

Tolerância dimensional

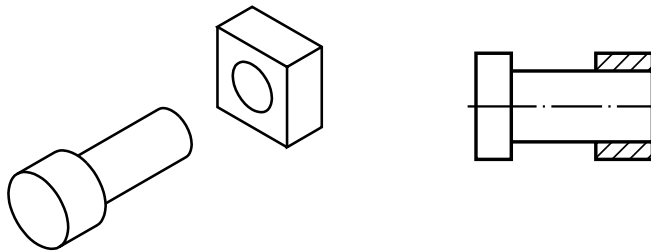
Introdução

É muito difícil executar peças com as medidas rigorosamente exatas porque todo processo de fabricação está sujeito a imprecisões. Sempre acontecem **variações** ou **desvios** das cotas indicadas no desenho. Entretanto, é necessário que peças semelhantes, tomadas ao acaso, sejam **intercambiáveis**, isto é, possam ser substituídas entre si, sem que haja necessidade de reparos e ajustes. A prática tem demonstrado que as medidas das peças podem variar, **dentro de certos limites**, para mais ou para menos, sem que isto prejudique a **qualidade**. Esses **desvios aceitáveis** nas medidas das peças caracterizam o que chamamos de **tolerância dimensional**, que é o assunto que você vai aprender nesta aula.

Nossa aula

As tolerâncias vêm indicadas, nos desenhos técnicos, por valores e símbolos apropriados. Por isso, você deve identificar essa simbologia e também ser capaz de interpretar os gráficos e as tabelas correspondentes.

As peças, em geral, não funcionam isoladamente. Elas trabalham associadas a outras peças, formando **conjuntos mecânicos** que desempenham funções determinadas. Veja um exemplo abaixo:



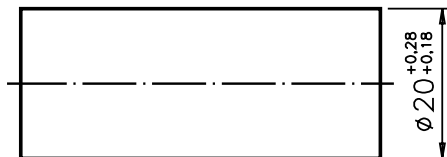
Num conjunto, as peças se ajustam, isto é, se encaixam umas nas outras de diferentes maneiras e você também vai aprender a reconhecer os tipos de ajustes possíveis entre peças de conjuntos mecânicos.

No Brasil, o sistema de tolerâncias recomendado pela ABNT segue as normas internacionais ISO (International Organization For Standardization). A observância dessas normas, tanto no planejamento do projeto como na execução da peça, é essencial para aumentar a produtividade da indústria nacional e para tornar o produto brasileiro competitivo em comparação com seus similares estrangeiros.

As cotas indicadas no desenho técnico são chamadas de **dimensões nominais**. É impossível executar as peças com os valores exatos dessas dimensões porque vários fatores interferem no processo de produção, tais como imperfeições dos instrumentos de medição e das máquinas, deformações do material e falhas do operador. Então, procura-se determinar **desvios**, dentro dos quais a peça possa funcionar corretamente. Esses desvios são chamados de **afastamentos**.

Afastamentos

Os afastamentos são desvios aceitáveis das dimensões nominais, para mais ou menos, que permitem a execução da peça sem prejuízo para seu funcionamento e intercambiabilidade. Eles podem ser indicados no desenho técnico como mostra a ilustração a seguir:



ESC 1:1

Neste exemplo, a dimensão nominal do diâmetro do pino é **20 mm**. Os afastamentos são: **+ 0,28 mm** (vinte e oito centésimos de milímetro) e **+ 0,18 mm** (dezoito centésimos de milímetro). O sinal **+** (mais) indica que os afastamentos são positivos, isto é, que as variações da dimensão nominal são para valores maiores.

O afastamento de maior valor (0,28 mm, no exemplo) é chamado de **afastamento superior**; o de menor valor (0,18 mm) é chamado de **afastamento inferior**. Tanto um quanto outro indicam os limites **máximo** e **mínimo** da dimensão real da peça.

Somando o afastamento superior à dimensão nominal obtemos a **dimensão máxima**, isto é, a maior medida aceitável da cota depois de executada a peça. Então, no exemplo dado, a dimensão máxima do diâmetro corresponde a: $20 \text{ mm} + 0,28 \text{ mm} = \mathbf{20,28 \text{ mm}}$.

Somando o afastamento inferior à dimensão nominal obtemos a **dimensão mínima**, isto é, a **menor** medida que a cota pode ter depois de fabricada. No mesmo exemplo, a dimensão mínima é igual a $20 \text{ mm} + 0,18 \text{ mm}$, ou seja, **20,18 mm**.

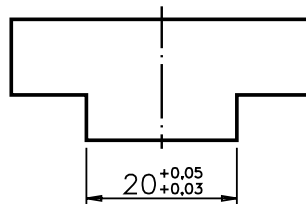
Assim, os valores: 20,28 mm e 20,18 mm correspondem aos limites máximo e mínimo da dimensão do diâmetro da peça.

Depois de executado, o diâmetro da peça pode ter qualquer valor dentro desses dois limites.

A dimensão encontrada, depois de executada a peça, é a **dimensão efetiva** ou **real**; ela deve estar dentro dos limites da **dimensão máxima** e da **dimensão mínima**.

Verificando o entendimento

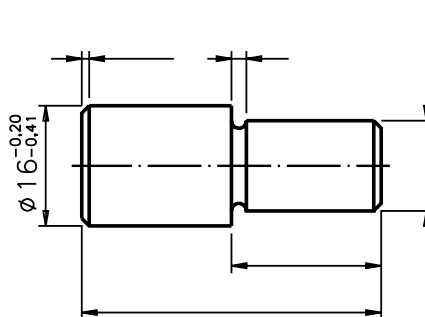
Analise a vista ortográfica cotada e faça o que é pedido.



- a) Complete os espaços com os valores correspondentes:
- afastamento superior: ;
 - afastamento inferior: ;
 - dimensão máxima: ;
 - dimensão mínima: ;
- b) Dentre as medidas abaixo, assinale com um X as cotas que podem ser dimensões efetivas deste ressalto:
- 20,5 () 20,04 () 20,06 () 20,03 ()

Veja se você acertou: **a)** afastamento superior: +0,05 mm; afastamento inferior: + 0,03 mm; dimensão máxima: 20,05 mm; dimensão mínima: 20,03 mm; **b)** 20,04 e 20,03 mm.

Quando os dois afastamentos são positivos, a dimensão efetiva da peça é sempre **maior** que a dimensão nominal. Entretanto, há casos em que a cota apresenta dois afastamentos negativos, ou seja, as duas variações em relação à dimensão nominal são para menor, como no próximo exemplo.

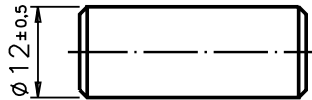


ESC 1:1

A cota **Ø 16** apresenta dois afastamentos com sinal - (menos), o que indica que os afastamentos são negativos: - 0,20 e - 0,41. Quando isso acontece, o afastamento superior corresponde ao de **menor** valor numérico absoluto. No exemplo, o valor **0,20** é menor que **0,41**; logo, o afastamento - **0,20** corresponde ao afastamento superior e - **0,41** corresponde ao afastamento inferior.

Para saber qual a **dimensão máxima** que a cota pode ter basta **subtrair** o afastamento superior da dimensão nominal. No exemplo: **16,00 - 0,20 = 15,80**. Para obter a **dimensão mínima** você deve subtrair o afastamento inferior da dimensão nominal. Então: **16,00 - 0,41 = 15,59**. A dimensão efetiva deste diâmetro pode, portanto, variar dentro desses dois limites, ou seja, entre 15,80 mm e 15,59 mm. Neste caso, de dois afastamentos negativos, a dimensão efetiva da cota será sempre menor que a dimensão nominal.

Há casos em que os dois afastamentos têm sentidos diferentes, isto é, um é positivo e o outro é negativo. Veja:

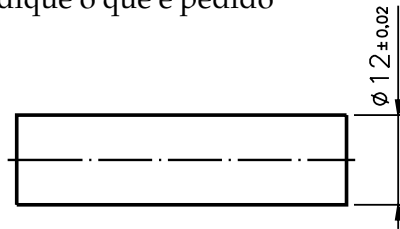


ESC 1:1

Quando isso acontece, o afastamento **positivo** sempre corresponde ao afastamento **superior** e o afastamento **negativo** corresponde ao afastamento **inferior**.

Verificando o entendimento

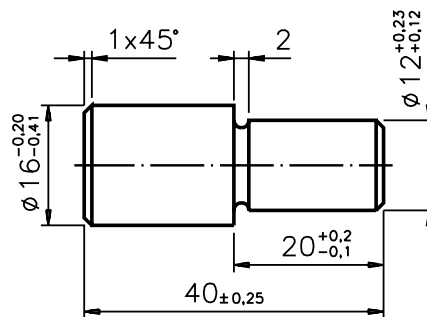
Analise o pino e indique o que é pedido



- a) afastamento superior: ;
b) afastamento inferior:

Neste caso, os dois afastamentos têm o mesmo valor numérico. O que determina qual é o afastamento superior é o sinal de + (mais) e o que determina o afastamento inferior é o sinal de - (menos). Logo: **a)** afastamento superior: + 0,02; **b)** afastamento inferior: - 0,02.

Numa mesma peça, as cotas podem vir acompanhadas de diferentes afastamentos, de acordo com as necessidades funcionais de cada parte. Analise o desenho técnico do pino com rebaixo, ao lado. Depois, interprete as cotas pedidas.



ESC 1:1

Verificando o entendimento

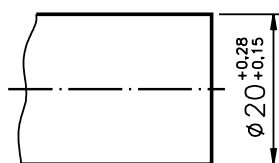
Observe o desenho técnico e complete os espaços em branco.

- a) A dimensão nominal do comprimento da peça é.....; o afastamento superior é e o afastamento inferior é.....;
b) O diâmetro da parte rebaixada tem dois afastamentos positivos: e; logo; a dimensão efetiva deste diâmetro deve ser um valor entre e.....;
c) A dimensão máxima do comprimento da parte rebaixada é e a dimensão mínima é.....;
d) O diâmetro maior da peça tem 2 afastamentos negativos, logo a dimensão efetiva desta cota é que a dimensão nominal.

Confira suas respostas: **a)** 40, + 0,25 e - 0,25; **b)** + 0,23 e + 0,12; 12,23 mm e 12,12 mm; **c)** 20,2 mm e 19,9 mm; **d)** menor.

Tolerância

Tolerância é a **variação** entre a dimensão máxima e a dimensão mínima. Para obtê-la, calculamos a diferença entre uma e outra dimensão. Acompanhe o cálculo da tolerância, no próximo exemplo:



Cálculo da tolerância
ESC 1:1

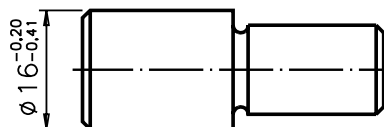
Dimensão máxima	Dimensão mínima
20,00	20,00
+ 0,28	+ 0,15
20,28	20,15

Dimensão máxima:	20,28
Dimensão mínima:	- 20,15
Tolerância:	0,13

Na cota $20^{+0,15}_{+0,28}$, a tolerância é **0,13 mm** (treze centésimos de milímetro).

Verificando o entendimento

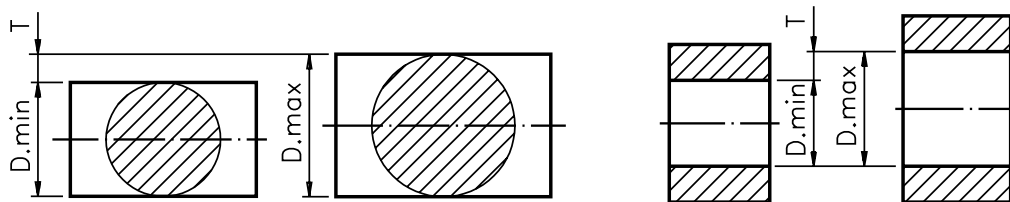
Calcule a tolerância da cota indicada no desenho.



Tolerância =

Nesse exemplo, os dois afastamentos são negativos. Assim, tanto a dimensão máxima como a dimensão mínima são menores que a dimensão nominal e devem ser encontradas por subtração. Para a cota $\varnothing 16$ mm, a tolerância é de 0,21 mm (vinte e um centésimos de milímetro).

A tolerância pode ser representada graficamente. Veja:



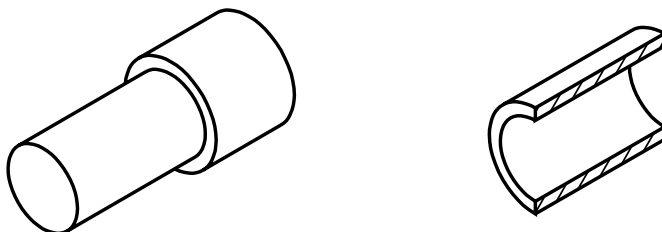
Nessa representação, os valores dos afastamentos estão exagerados. O exagero tem por finalidade facilitar a visualização do **campo de tolerância**, que é o conjunto dos valores compreendidos entre o afastamento superior e o afastamento inferior; corresponde ao intervalo que vai da dimensão mínima à dimensão máxima.

Qualquer dimensão efetiva entre os afastamentos superior e inferior, inclusive a dimensão máxima e a dimensão mínima, está dentro do campo de tolerância.

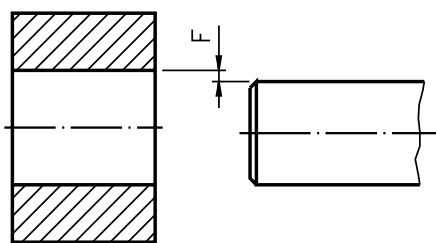
As tolerâncias de peças que funcionam em conjunto dependem da função que estas peças vão exercer. Conforme a função, um tipo de ajuste é necessário. É o que você vai aprender a seguir.

Ajustes

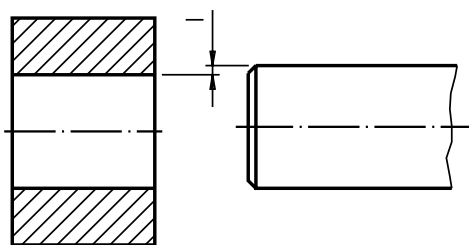
Para entender o que são ajustes precisamos antes saber o que são eixos e furos de peças. Quando falamos em ajustes, **eixo** é o nome genérico dado a qualquer peça, ou parte de peça, que funciona alojada em outra. Em geral, a superfície externa de um eixo trabalha acoplada, isto é, unida à superfície interna de um furo. Veja, a seguir, um eixo e uma bucha. Observe que a bucha está em corte para mostrar seu interior que é um furo.



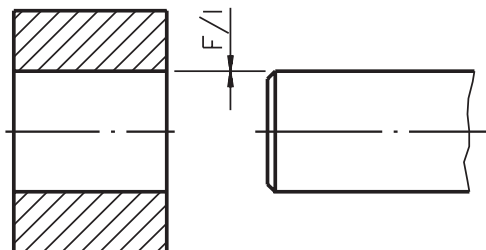
Eixos e furos de formas variadas podem funcionar ajustados entre si. Dependendo da função do eixo, existem várias classes de ajustes. Se o eixo se encaixa no furo de modo a deslizar ou girar livremente, temos um **ajuste com folga**.



Quando o eixo se encaixa no furo com certo esforço, de modo a ficar fixo, temos um **ajuste com interferência**.



Existem situações intermediárias em que o eixo pode se encaixar no furo com folga ou com interferência, dependendo das suas dimensões efetivas. É o que chamamos de **ajuste incerto**.

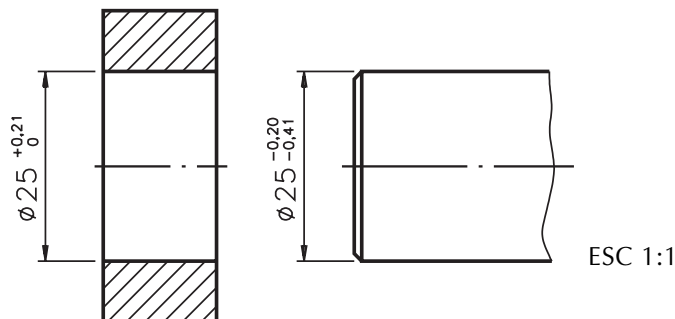


Em geral, eixos e furos que se encaixam têm a **mesma** dimensão nominal. O que varia é o campo de tolerância dessas peças.

O tipo de ajuste entre um furo e um eixo depende dos afastamentos determinados. A seguir, você vai estudar cada classe de ajuste mais detalhadamente.

Ajuste com folga

Quando o afastamento superior do eixo é menor ou igual ao afastamento inferior do furo, temos um **ajuste com folga**. Acompanhe um exemplo:

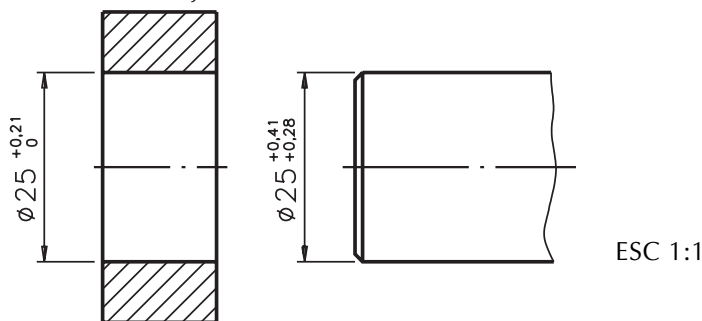


Os diâmetros do furo e do eixo têm a mesma dimensão nominal: 25 mm. O afastamento superior do eixo é **-0,20**; a dimensão máxima do **eixo** é: 25 mm - 0,20 mm = **24,80 mm**; a dimensão mínima do furo é: 25,00 mm - 0,00 mm = **25,00 mm**.

Portanto, a dimensão máxima do eixo (24,80 mm) é **menor** que a dimensão mínima do furo (25,00 mm) o que caracteriza um **ajuste com folga**. Para obter a folga, basta subtrair a dimensão do eixo da dimensão do furo. Neste exemplo, a folga é 25,00 mm - 24,80 mm = **0,20 mm**.

Ajuste com interferência

Neste tipo de ajuste o afastamento superior do furo é menor ou igual ao afastamento inferior do eixo. Veja:

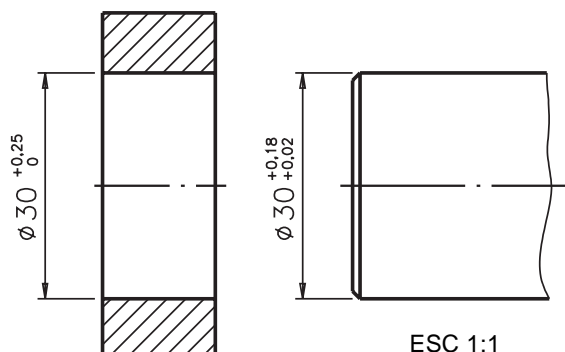


Na cota do furo $25^{+0,21}_0$, o afastamento superior é **+0,21**; na cota do eixo: $25^{+0,41}_{+0,28}$, o afastamento inferior é **+0,28**. Portanto, o primeiro é **menor** que o segundo, confirmando que se trata de um ajuste com interferência.

Para obter o valor da interferência, basta calcular a diferença entre a dimensão efetiva do eixo e a dimensão efetiva do furo. Imagine que a peça pronta ficou com as seguintes medidas efetivas: diâmetro do eixo igual a 25,28 mm e diâmetro do furo igual a 25,21 mm. A interferência corresponde a: 25,28 mm - 25,21 mm = **0,07 mm**. Como o diâmetro do eixo é maior que o diâmetro do furo, estas duas peças serão acopladas sob pressão.

Ajuste incerto

É o ajuste intermediário entre o ajuste com folga e o ajuste com interferência. Neste caso, o afastamento superior do eixo é maior que o afastamento inferior do furo, e o afastamento superior do furo é maior que o afastamento inferior do eixo. Acompanhe o próximo exemplo com bastante atenção.



Compare: o afastamento superior do eixo (+0,18) é **maior** que o afastamento inferior do furo (0,00) e o afastamento superior do furo (+0,25) é **maior** que o afastamento inferior do eixo (+0,02). Logo, estamos falando de um **ajuste incerto**.

Este nome está ligado ao fato de que não sabemos, de antemão, se as peças acopladas vão ser ajustadas com folga ou com interferência. Isso vai depender das dimensões efetivas do eixo e do furo.

Sistema de tolerância e ajustes ABNT/ISO

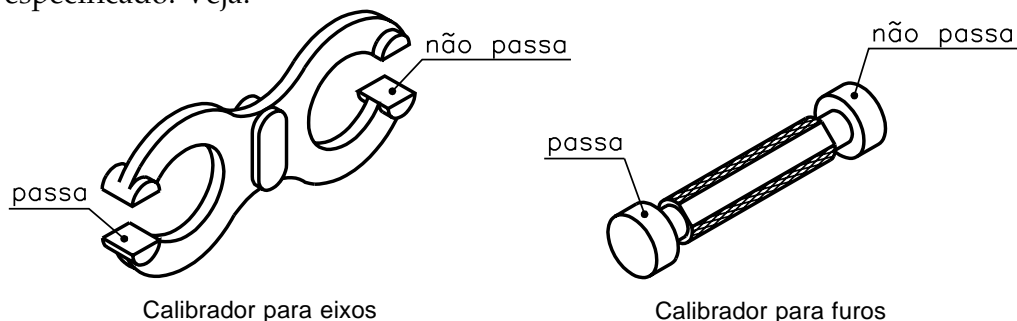
As tolerâncias não são escolhidas ao acaso. Em 1926, entidades internacionais organizaram um sistema normalizado que acabou sendo adotado no Brasil pela ABNT: o **sistema de tolerâncias e ajustes ABNT/ISO** (NBR 6158).

O sistema **ISO** consiste num conjunto de princípios, regras e tabelas que possibilita a escolha racional de tolerâncias e ajustes de modo a tornar mais econômica a produção de peças mecânicas intercambiáveis. Este sistema foi estudado, inicialmente, para a produção de peças mecânicas com até 500 mm de diâmetro; depois, foi ampliado para peças com até 3150 mm de diâmetro. Ele estabelece uma série de tolerâncias fundamentais que determinam a **precisão** da peça, ou seja, a **qualidade de trabalho**, uma exigência que varia de peça para peça, de uma máquina para outra.

A norma brasileira prevê **18** qualidades de trabalho. Essas qualidades são identificadas pelas letras: **IT** seguidas de numerais. A cada uma delas corresponde um valor de tolerância. Observe, no quadro abaixo, as qualidades de trabalho para eixos e furos:

		Qualidade de Trabalho																	
		IT01	IT0	IT1	IT2	IT3	IT4	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12	IT13	IT14	IT15	IT16
Eixos																			
Furos																			

A letra **I** vem de **ISO** e a letra **T** vem de **tolerância**; os numerais: 01, 0, 1, 2,... 16, referem-se às **18** qualidades de trabalho; a qualidade **IT 01** corresponde ao menor valor de tolerância. As qualidades **01 a 3**, no caso dos eixos, e **01 a 4**, no caso dos furos, estão associadas à mecânica **extraprecisa**. É o caso dos **calibradores**, que são instrumentos de alta precisão. Eles servem para verificar se as medidas das peças produzidas estão dentro do campo de tolerância especificado. Veja:



No extremo oposto, as qualidades **11 a 16** correspondem às maiores tolerâncias de fabricação. Essas qualidades são aceitáveis para peças isoladas, que não requerem grande precisão; daí o fato de estarem classificadas como **mecânica grosseira**.

Peças que funcionam acopladas a outras têm, em geral, sua qualidade estabelecida entre **IT 4 e IT 11**, se forem eixos; já os furos têm sua qualidade entre **IT 5 e IT 11**. Essa faixa corresponde à **mecânica corrente**, ou **mecânica de precisão**.

Verifique se ficou bem entendido, resolvendo o próximo exercício.

Verificando o entendimento

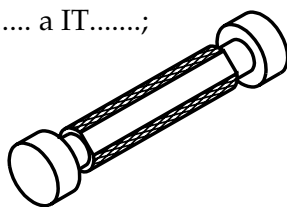
Observe as ilustrações de peças e escreva, nas linhas correspondentes, as faixas de tolerância ISO aceitáveis para cada caso.

Calibrador para furo

Mola cônica de compressão

a) de IT a IT.....;

b) de IT a IT.....;

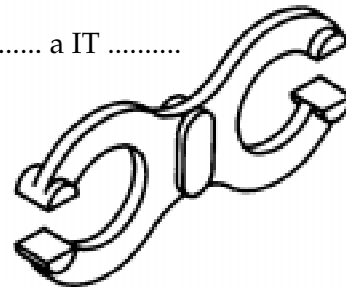
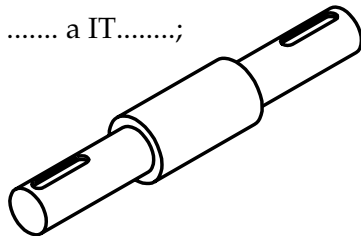


Eixo

Calibrador para eixos

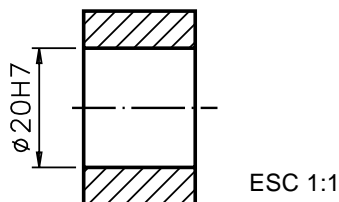
c) de IT a IT.....;

d) de IT a IT



Veja agora as respostas corretas: **a)** mostra um calibrador para furos, que é um instrumento de alta precisão. Logo, a qualidade de trabalho do **eixo** do calibrador deve estar na faixa de **IT 01 a IT 3**; **b)** temos uma mola cônica de compressão. Seu funcionamento não depende de ajustes precisos. A qualidade de trabalho pode variar entre **IT 12 e IT 16**; **c)** é um eixo, que funciona acoplado a furos. Neste caso, a qualidade de trabalho pode variar entre **IT 4 e IT 11**; **d)** um calibrador de eixos. A parte do calibrador que serve para verificar as medidas dos eixos tem a forma de **furo**. Portanto, a qualidade de trabalho deve estar entre **IT 01 e IT 4**.

Nos desenhos técnicos com indicação de tolerância, a qualidade de trabalho vem indicada apenas pelo numeral, **sem o IT**. Antes do numeral vem uma ou duas letras, que representam o campo de tolerância no sistema ISO. Veja um exemplo.

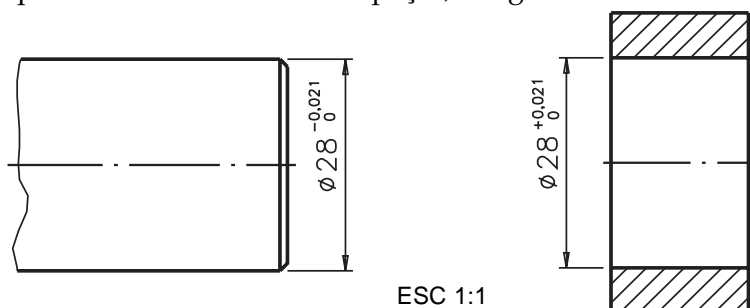


A dimensão nominal da cota é **20 mm**. A tolerância é indicada por **H7**. O número **7**, você já sabe, indica a qualidade de trabalho; ele está associado a uma qualidade de trabalho da mecânica corrente.

A seguir, você vai aprender a interpretar o significado da **letra** que vem antes do numeral.

Campos de tolerância ISO

Compare os desenhos das duas peças, a seguir:

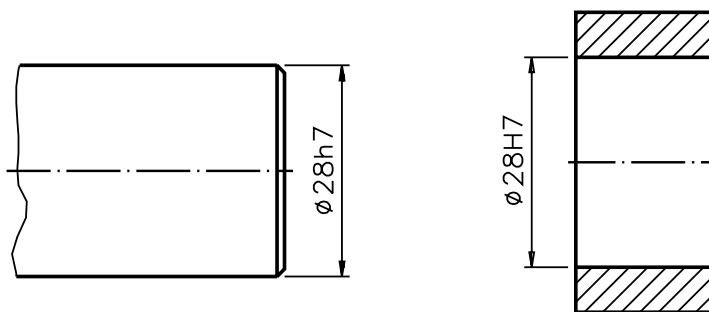


Observe que **eixo** e o **furo** têm a mesma dimensão nominal: **28 mm**. Veja, também que os valores das tolerâncias, nos dois casos, são **iguais**:

	Eixo	Furo
Dimensão máxima:	28,000	28,021
Dimensão mínima:	- <u>27,979</u>	- <u>28,000</u>
Tolerância:	0,021	0,021

Como os valores de tolerâncias são iguais (0,021mm), concluímos que as duas peças apresentam a mesma qualidade de trabalho. Mas, atenção: os **campos de tolerâncias** das duas peças são **diferentes**! O **eixo** compreende os valores que vão de 27,979 mm a 28,000 mm; o campo de tolerância do **furo** está entre 28,000 mm e 28,021 mm. Como você vê, os campos de tolerância **não** coincidem.

No sistema ISO, essas tolerâncias devem ser indicadas como segue:



A tolerância do eixo vem indicada por **h7**. O numeral **7** é indicativo da qualidade de trabalho e, no caso, corresponde à mecânica corrente. A letra **h** identifica o **campo de tolerância**, ou seja, o conjunto de valores aceitáveis após a execução da peça, que vai da dimensão mínima até a dimensão máxima.

O sistema ISO estabelece **28** campos de tolerâncias, identificados por letras do alfabeto latino. Cada letra está associada a um determinado campo de tolerância. Os campos de tolerância para **eixo** são representados por **letras minúsculas, como mostra a ilustração** a seguir:

a	b	c	cd	d	e	ef	f	fg	g	h	j	js	k
m	n	p	r	s	t	u	v	x	y	z	za	zb	zc

Volte a examinar o desenho técnico do furo. Observe que a tolerância do furo vem indicada por **H7**. O numeral **7** mostra que a qualidade de trabalho é a mesma do eixo analisado anteriormente. A letra **H** identifica o campo de tolerância.

Os 28 campos de tolerância para **furos** são representados por **letras maiúsculas**:

A	B	C	CD	D	E	EF	F	FG	G	H	J	JS	K
M	N	P	R	S	T	U	V	X	Y	Z	ZA	ZB	ZC

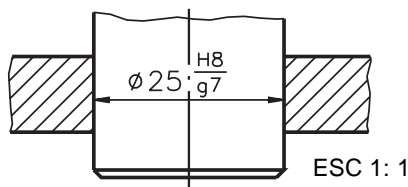
Verificando o entendimento

Análise as cotas com indicação de tolerância ISO e escreva **F** para as que se referem a furos e **E** para as que se referem a eixos.

- a) 21H6 () c) 30h5 () e) 485 E9 ()
 b) 18f 7 () d) 150h7 () f) 500 M8 ()

Sabendo que os campos de tolerância dos furos são identificados por letras maiúsculas você deve ter escrito a letra **F** nas alternativas: a, e, f. Como os campos de tolerância dos eixos são identificados por letras minúsculas, você deve ter escrito a letra **E** nas alternativas b, c, d.

Enquanto as tolerâncias dos **eixos** referem-se a medidas **exteriores**, as tolerâncias de **furos** referem-se a medidas **interiores**. Eixos e furos geralmente funcionam acoplados, por meio de ajustes. No desenho técnico de eixo e furo, o acoplamento é indicado pela dimensão nominal comum às duas peças ajustadas, seguida dos símbolos correspondentes. Veja um exemplo a seguir:

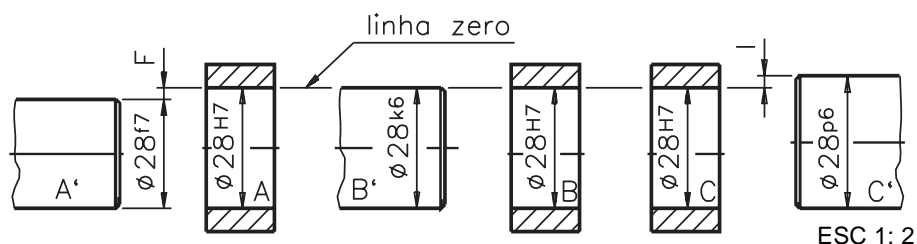


A dimensão nominal comum ao eixo e ao furo é **25 mm**. A tolerância do furo vem sempre indicada ao alto: **H8**; a do eixo vem indicada abaixo: **g7**.

São inúmeras as possibilidades de combinação de tolerâncias de eixos e furos, com a mesma dimensão nominal, para cada classe de ajuste. Mas, para economia de custos de produção, apenas algumas combinações selecionadas de ajustes são recomendadas, por meio de tabelas divulgadas pela ABNT. Antes de aprender a consultar essas tabelas, porém, é importante que você conheça melhor os ajustes estabelecidos no sistema ABNT/ISO: sistema furo-base e sistema eixo-base.

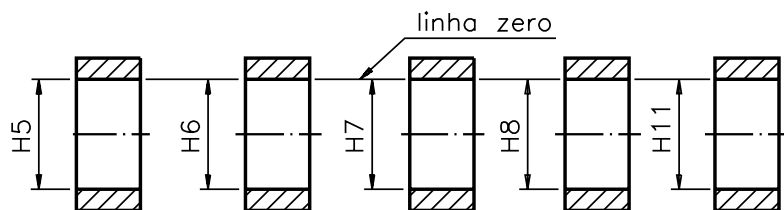
Sistema furo-base

Observe o desenho a seguir:



Imagine que este desenho representa parte de uma máquina com vários furos, onde são acoplados vários eixos. Note que todos os furos têm a mesma dimensão nominal e a mesma tolerância H7; já as tolerâncias dos eixos variam: f7, k6, p6. A **linha zero**, que você vê representada no desenho, serve para indicar a dimensão nominal e fixar a origem dos afastamentos. No furo **A**, o eixo **A'** deve girar com folga, num ajuste livre; no furo **B**, o eixo **B'** deve deslizar com leve aderência, num ajuste incerto; no furo **C**, o eixo **C'** pode entrar sob pressão, ficando fixo.

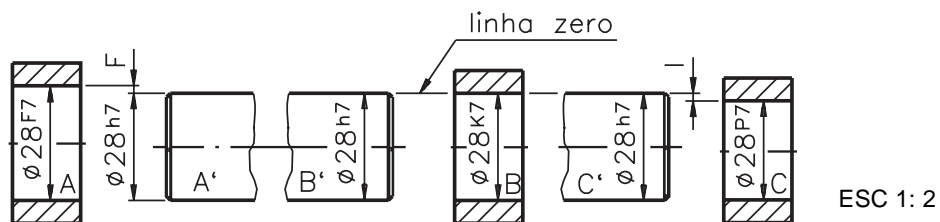
Para obter essas três classes de ajustes, uma vez que as tolerâncias dos furos são constantes, devemos variar as tolerâncias dos eixos, de acordo com a função de cada um. Este sistema de ajuste, em que os valores de tolerância dos **furos** são **fixos**, e os dos **eixos variam**, é chamado de **sistema furo-base**. Este sistema também é conhecido por **furo padrão** ou **furo único**. Veja quais são os sistemas **furo-base** recomendados pela ABNT a seguir:



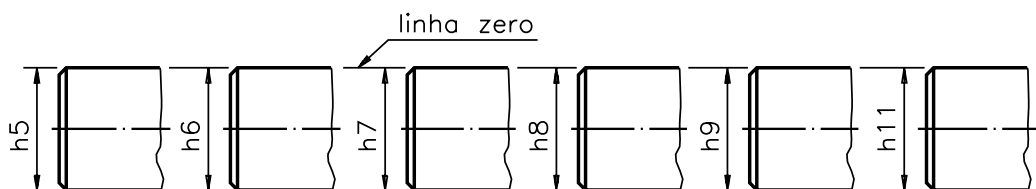
A letra **H** representa a tolerância do furo base e o numeral indicado ao lado indica a qualidade da mecânica. Agora, conheça outra possibilidade.

Sistema eixo-base

Imagine que o próximo desenho representa parte da mesma máquina com vários furos, onde são acoplados vários eixos, com funções diferentes. Os diferentes ajustes podem ser obtidos se as tolerâncias dos **eixos** mantiverem-se **constantes** e os **furos** forem fabricados com tolerâncias **variáveis**. Veja:



O eixo **A'** encaixa-se no furo **A** com folga; o eixo **B'** encaixa-se no furo **B** com leve aderência; o eixo **C'** encaixa-se no furo **C** com interferência. Veja a seguir alguns exemplos de eixos-base recomendados pela ABNT:

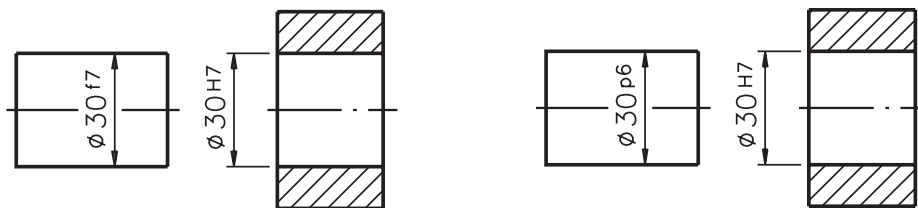


A letra **h** é indicativa de ajuste no sistema eixo-base.

Entre os dois sistemas, o **furo-base** é o que tem maior aceitação. Uma vez fixada a tolerância do furo, fica mais fácil obter o ajuste recomendado variando apenas as tolerâncias dos eixos.

Verificando o entendimento

Analise o desenho técnico e assinale com um X a alternativa que corresponde ao sistema de ajuste utilizado.



- a) () sistema furo-base
b) () sistema eixo-base

Você deve ter observado que enquanto as tolerâncias dos furos mantiveram-se fixas, as tolerâncias dos eixos variaram. Além disso, a letra **H** é indicativa de sistema furo-base. Portanto, a alternativa correta é **a**.

A unidade de medida adotada no sistema ABNT/ISO é o **micrometro**, também chamado de **mícron**. Ele equivale à milionésima parte do metro, isto é, se dividirmos o metro em 1 milhão de partes iguais, cada uma vale 1 mícron. Sua representação é dada pela letra grega μ (mi) seguida da letra **m**. Um mícron vale um milésimo de milímetro: **1 μ m = 0,001 mm**.

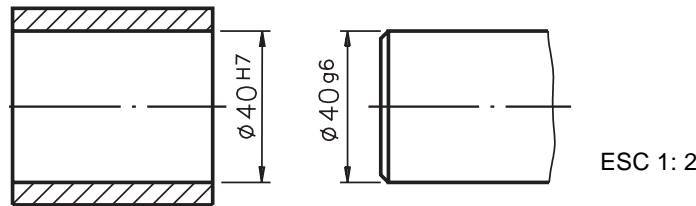
Nas tabelas de tolerâncias fundamentais, os valores de qualidades de trabalho são expressos em mícrons. Nas tabelas de ajustes recomendados todos os afastamentos são expressos em mícrons.

Interpretação de tolerâncias no sistema ABNT/ISO

Quando a tolerância vem indicada no sistema ABNT/ISO, os valores dos afastamentos não são expressos diretamente. Por isso, é necessário consultar tabelas apropriadas para identificá-los.

Para acompanhar as explicações, você deve consultar as tabelas apresentadas no final desta aula. Partes dessas tabelas estão reproduzidas no decorrer da instrução, para que você possa compreender melhor o que estamos apresentando.

Observe o próximo desenho técnico, com indicação das tolerâncias:



O diâmetro interno do furo representado neste desenho é **40 H7**. A dimensão nominal do diâmetro do furo é 40 mm. A tolerância vem representada por **H7**; a letra maiúscula **H** representa tolerância de furo padrão; o número **7** indica a qualidade de trabalho, que no caso corresponde a uma mecânica de precisão.

A tabela que corresponde a este ajuste tem o título de: **Ajustes recomendados - sistema furo-base H7**. Veja, a seguir, a reprodução do cabeçalho da tabela.

Dimensão nominal mm		Furo af. inf. af. sup.	EIXOS								
acima de	até	H7	f7	g6	h6	j6	k6	m6	n6	p6	r6

A primeira coluna - **Dimensão nominal - mm** - apresenta os grupos de dimensões de 0 até 500 mm. No exemplo, o diâmetro do furo é 40 mm. Esta medida situa-se no grupo de dimensão nominal entre **30** e **40**. Logo, os valores de afastamentos que nos interessam encontram-se na 9ª linha da tabela, reproduzida abaixo:

Dimensão nominal mm		Furo af. inf. af. sup.	EIXOS								
acima de	até	H7	f7	g6	h6	j6	k6	m6	n6	p6	r6
30	40	0 +25	-25 -50	-9 -25	0 -16	+11 -5	+18 +2	+25 +9	+33 +17	+42 +26	+50 +34

Na segunda coluna - **Furo** - vem indicada a tolerância, variável para cada grupo de dimensões, do furo base: H7. Volte a examinar a 9ª linha da tabela, onde se encontra a dimensão de 40 mm; na direção da coluna do furo aparecem os afastamentos do furo: **0** (afastamento inferior) e **+ 25** (afastamento superior). Note que nas tabelas que trazem **afastamentos de furos** o afastamento **inferior**, em geral, vem indicado **acima** do afastamento **superior**. Isso se explica porque, na usinagem de um furo, parte-se sempre da dimensão mínima para chegar a uma dimensão efetiva, dentro dos limites de tolerância especificados.

Lembre-se de que, nesta tabela, as medidas estão expressas em **mí crons**. Uma vez que $1\mu\text{m} = 0,001\text{ mm}$, então $25\mu\text{m} = 0,025\text{ mm}$. Portanto, a dimensão máxima do furo é: $40\text{ mm} + 0,025\text{ mm} = 40,025\text{ mm}$, e a dimensão mínima é 40 mm, porque o afastamento inferior é sempre **0** no sistema furo-base.

Agora, só falta identificar os valores dos afastamentos para o eixo **g6**. Observe novamente a 9ª linha da tabela anterior, na direção do eixo **g6**. Nesse ponto são indicados os afastamentos do eixo: $\begin{smallmatrix} -9 \\ -25 \end{smallmatrix}$ O superior - **9 μm** , que é o mesmo que - **0,009 mm**. O afastamento inferior é - **25 μm** , que é igual a - **0,025 mm**. Acompanhe o cálculo da dimensão máxima do eixo:

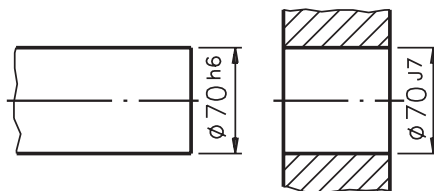
Dimensão nominal:	40,000
Afastamento superior:	- <u>0,009</u>
Dimensão máxima:	39,991

E agora veja o cálculo da dimensão mínima do eixo:

Dimensão nominal:	40,000
Afastamento inferior:	- <u>0,025</u>
Dimensão mínima:	39,975

Finalmente, comparando os afastamentos do furo e do eixo concluímos que estas peças se ajustarão com folga, porque o afastamento superior do eixo é menor que o afastamento inferior do furo.

No exemplo demonstrado, o eixo e o furo foram ajustados no **sistema furo-base**, que é o mais comum. Mas quando o ajuste é representado no sistema eixo-base, a interpretação da tabela é semelhante. É o que você vai ver, a seguir.



ESC 1:5

A dimensão nominal do eixo é igual à dimensão nominal do furo: **70 mm**. A tolerância do furo é **J7** e a tolerância do eixo é **h6**. O **h** indica que se trata de um ajuste no **sistema eixo-base**. Então, para identificar os afastamentos do eixo e do furo, você deverá consultar a tabela de **Ajustes recomendados - sistema eixo-base h6**. A tabela de ajustes recomendados no sistema eixo-base é semelhante à tabela do sistema furo-base. O que a diferencia são as variações das tolerâncias dos furos.

Primeiro, precisamos identificar em que grupo de dimensões se situa a dimensão nominal do eixo. No exemplo, a dimensão **70** encontra-se no grupo entre **65** e **80** (12ª linha). A seguir, basta localizar os valores dos afastamentos correspondentes ao eixo **h6** e ao furo **J7**, nessa linha. Veja:

Dimensão nominal mm		Eixo ^{af. sup. af. inf.}	F U R O S					afastamento inferior afastamento superior			
acima de	até	h6	F7	G7	H7	J7	K7	M7	N7	P7	R7
65	80	0 -19	+30 +49	+10 +40	0 +30	-12 +18	-21 +9	-30 0	-39 -9	-51 -21	-62 -32

A leitura da tabela indica que, quando a dimensão do eixo-base encontra-se no grupo de **65 a 80**, o afastamento superior do eixo é **0µm** e o inferior é **-19µm**. Para o furo de tolerância **J7**, o afastamento superior é **+18 µm** e o afastamento inferior é **-12µm**.

Verificando o entendimento

Tomando como base o desenho anterior, do eixo e do furo consulte a tabela e calcule:

- dimensão máxima do eixo;
- dimensão mínima do eixo;
- dimensão máxima do furo;
- dimensão mínima do furo.

Vamos conferir? Em primeiro lugar, você deve ter transformado os microns em milímetros, para facilitar os cálculos. Em seguida você deve ter feito as seguintes contas:

- dimensão nominal do eixo : 70,000

afastamento superior do eixo: + 0,000

dimensão máxima do eixo: 70,000
- dimensão nominal do eixo: 70,000

afastamento inferior do eixo: - 0,019

dimensão mínima do eixo: 69,981
- dimensão nominal do furo: 70,000

afastamento superior do furo: + 0,018

dimensão máxima do furo: 70,018
- dimensão nominal do furo: 70,000

afastamento inferior do furo: - 0,012

dimensão mínima do furo: 69,988

Verificando o entendimento

Sabendo que o afastamento superior do eixo (0) é maior que o inferior (-0,012 mm) e o afastamento superior do furo (0,018 mm) é maior que o inferior (-0,012 mm), responda:

Que tipo de ajuste haverá entre este furo e este eixo?

.....

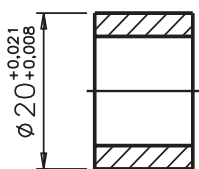
Analizando os afastamentos, você deve ter concluído que este é um caso de ajuste incerto, pois dependendo das medidas efetivas do eixo e do furo, tanto poderá resultar folga como leve interferência.

A aplicação do sistema de tolerâncias ABNT/ISO tende a se tornar cada vez mais freqüente nas empresas brasileiras que buscam na qualidade de serviços, produtos e processos os meios para enfrentar a concorrência internacional. Qualquer pessoa que deseje participar do progresso tecnológico industrial deve estar bastante familiarizada com este assunto.

Exercícios

Exercício 1

Analisar o desenho abaixo e escrever o que se pede.



- dimensão nominal:
- afastamento superior:.....;
- afastamento inferior:.....;
- dimensão máxima:.....;
- dimensão mínima:.....

Exercício 2

Faça um traço embaixo das medidas que se encontram no campo de tolerância da cota $16^{+0,18}_{-0,05}$.

- a) 16 mm b) 15,5 mm c) 16,05 mm d) 15,82 mm e) 15,95 mm

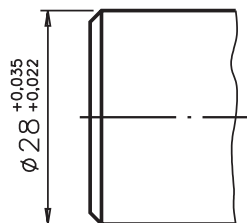
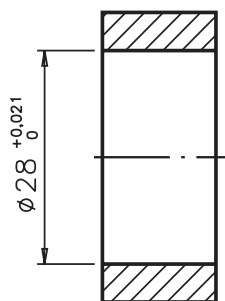
Exercício 3

Calcule a tolerância da cota $28^{-0,13}_{-0,20}$.

.....

Exercício 4

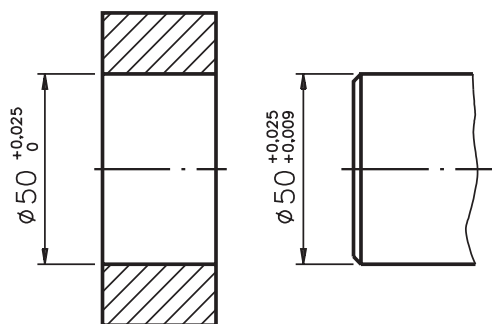
Analisar o desenho técnico cotado, observe os afastamentos e assinale com um X o tipo de ajuste correspondente.



- () ajuste com interferência;
- () ajuste com folga;
- () ajuste incerto.

Exercício 5

Um lote de peças foi produzido a partir do desenho técnico abaixo. Observando os afastamentos, você percebe que as peças são acopladas por ajuste incerto.



A seguir estão indicadas as dimensões efetivas de algumas peças produzidas. Escreva, nos parênteses, ao lado de cada alternativa, a letra **(F)** quando o ajuste apresentar folga ou a letra **(I)** quando o ajuste apresentar interferência.

- a) () diâmetro do eixo: **50,012 mm**; diâmetro do furo: **50,015 mm**.
- b) () diâmetro do eixo: **50,016 mm**; diâmetro do furo: **50,008 mm**.
- c) () diâmetro do eixo: **50,018 mm**; diâmetro do furo: **50,022 mm**.
- d) () diâmetro do eixo: **50,011 mm**; diâmetro do furo: **50,006 mm**.

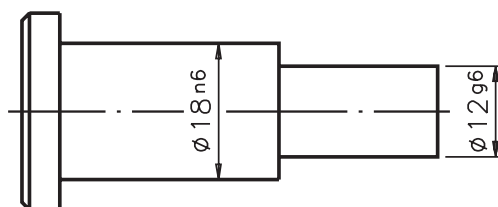
Exercício 6

Assinale com um X a faixa de qualidade de trabalho que corresponde à mecânica de precisão para furos.

- a) () de IT 01 a IT 3;
- b) () de IT 4 a IT 11;
- c) () de IT 12 a IT 16.

Exercício 7

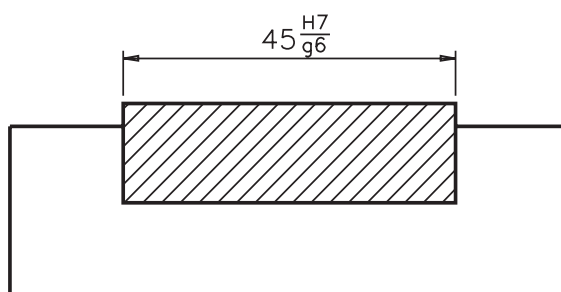
Análise o desenho abaixo e assinale com um X a alternativa que corresponde ao sistema de ajuste adotado.



- a) () sistema furo base;
- b) () sistema eixo base.

Exercício 8

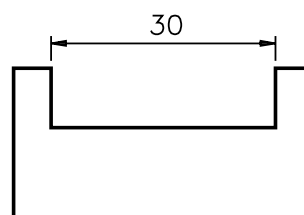
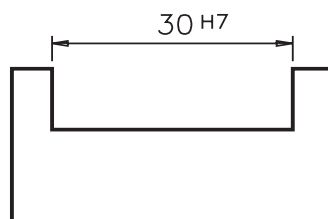
Analise o desenho técnico abaixo, consulte a tabela apropriada no final desta aula e escreva as informações solicitadas.



- a) afastamento superior do furo:
- b) afastamento inferior do furo:.....
- c) afastamento superior do eixo:.....
- d) afastamento inferior do eixo:.....

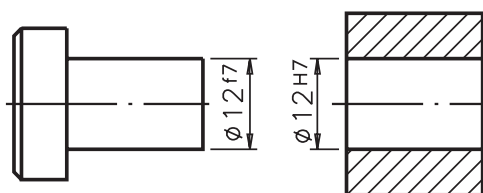
Exercício 9

No desenho técnico da esquerda, a tolerância vem indicada no sistema ABNT/ISO. Complete o desenho da direita, consultando a tabela e indicando os valores dos afastamentos correspondentes em milésimos de milímetros.



Exercício 10


Analise o desenho abaixo, consulte a tabela apropriada e assinale com um X o tipo de ajuste correspondente.



- a) () ajuste com folga;
- b) () ajuste com interferência;
- c) () ajuste incerto.

AJUSTES RECOMENDADOS - SISTEMA FURO-BASE H7(*)

Tolerância em milésimos de milímetros (µm)

Dimensão nominal mm		Furo ^{af. inf.} ^{af. sup.} 	EIXOS afastamento superior afastamento inferior								
acima de	até	H 7	f 7	g 6	h 6	j 6	k 6	m 6	n 6	p 6	r 6
0	1	0	- 6	- 2	0	+ 4	+ 6	-	+ 10	+ 12	+ 16
1	3	+ 10	- 16	- 8	- 6	- 2	0	-	+ 4	+ 6	+ 10
3	6	0 + 12	- 10 - 22	- 4 - 12	0 - 8	+ 6 - 2	+ 9 + 1	+ 12 + 4	+ 16 + 8	+ 20 + 12	+ 23 + 15
6	10	0 + 15	- 13 - 28	- 5 - 14	0 - 9	+ 7 - 2	+ 10 + 1	+ 15 + 6	+ 19 + 10	+ 24 + 15	+ 28 + 19
10	14	0	- 16	- 6	0	+ 8	+ 12	+ 18	+ 23	+ 29	+ 34
14	18	+ 18	- 34	- 17	- 11	- 3	+ 1	+ 7	+ 12	+ 18	+ 23
18	24	0	- 20	- 7	0	+ 9	+ 15	+ 21	+ 28	+ 35	+ 41
24	30	+ 21	- 41	- 20	- 13	- 4	+ 2	+ 8	+ 15	+ 22	+ 28
30	40	0	- 25	- 9	0	+ 11	+ 18	+ 25	+ 33	+ 42	+ 50
40	50	+ 25	- 50	- 25	- 16	- 5	+ 2	+ 9	+ 17	+ 26	+ 34
50	65	0	- 30	- 10	0	+ 12	+ 21	+ 30	+ 39	+ 51	+ 60 + 41
65	80	+ 30	- 60	- 29	- 19	- 7	+ 2	+ 1	+ 20	+ 32	+ 62 + 43
80	100	0	- 36	- 12	0	+ 13	+ 25	+ 35	+ 45	+ 59	+ 73 + 51
100	120	+ 35	- 71	- 34	- 22	- 9	+ 3	+ 13	+ 23	+ 37	+ 76 + 54
120	140	0	- 43	- 14	0	+ 14	+ 28	+ 40	+ 52	+ 68	+ 88 + 63
140	160										+ 90 + 65
160	180	+ 40	- 83	- 39	- 25	- 11	+ 3	+ 15	+ 27	+ 43	+ 93 + 68
180	200	0	- 50	- 15	0	+ 16	+ 33	+ 46	+ 60	+ 79	+ 106 + 77
200	225										+ 109 + 80
225	250	+ 46	- 96	- 44	- 29	- 13	+ 4	+ 17	+ 31	+ 50	+ 113 + 84
250	280	0	- 56	- 17	0	+ 16	+ 36	+ 52	+ 66	+ 88	+ 126 + 94
280	315	+ 52	- 108	- 49	- 32	- 16	+ 4	+ 20	+ 34	+ 56	+ 130 + 98
315	355	0	- 62	- 18	0	+ 18	+ 40	+ 57	+ 73	+ 98	+ 144 + 108
355	400	+ 57	- 119	- 54	- 36	- 18	+ 4	+ 21	+ 37	+ 62	+ 150 + 114
400	450	0	- 68	- 20	0	+ 20	+ 45	+ 63	+ 80	+ 108	+ 166 + 126
450	500	+ 63	- 131	- 60	- 40	- 20	+ 5	+ 23	+ 40	+ 68	+ 172 + 132

(*) Reprodução parcial de Tabela ABNT/ISO NBR 6158

AJUSTES RECOMENDADOS - SISTEMA EIXO-BASE h6(*)

Tolerância em milésimos de milímetros (µm)

Dimensão nominal mm		Eixo af. sup. af. inf.	<div> <div>afastamento inferior</div> <div>FUROS</div> <div>afastamento superior</div> </div>								
acima de	até	h 6	F 6	G 7	H 7	J 7	K 7	M 7	N 7	P 7	R 7
0	1	0	+ 6	+ 2	0	- 6	- 10	-	-	- 16	- 20
1	3	- 6	- 12	+ 12	+ 10	+ 4	0	-	-	- 6	- 10
3	6	0	+ 10	+ 4	0	- 6	- 9	- 12	- 16	- 20	- 23
		- 8	+ 18	+ 16	+ 12	+ 6	+ 3	0	- 4	- 8	- 11
6	10	0	+ 13	+ 5	0	- 7	- 10	- 15	- 19	- 24	- 28
		- 9	+ 22	+ 20	+ 15	+ 8	+ 5	0	- 4	- 9	- 13
10	14	0	+ 16	+ 6	0	- 8	- 12	- 18	- 23	- 29	- 34
14	18	- 11	+ 27	+ 24	+ 18	+ 10	+ 6	0	- 5	- 11	- 16
18	24	0	+ 20	+ 7	0	- 9	- 15	- 21	- 28	- 35	- 41
24	30	- 13	+ 33	+ 28	+ 21	+ 12	+ 6	0	- 7	- 14	- 20
30	40	0	+ 25	+ 9	0	- 11	- 18	- 25	- 33	- 42	- 50
40	50	- 16	+ 41	+ 34	+ 25	+ 14	+ 7	0	- 8	- 17	- 25
50	65	0	+ 30	+ 10	0	- 12	- 21	- 30	- 39	- 51	- 60
											- 30
65	80	- 19	+ 49	+ 40	+ 30	+ 18	+ 9	0	- 9	- 21	- 62
											- 32
80	100	0	+ 36	+ 12	0	- 13	- 25	- 35	- 45	- 59	- 73
											- 38
100	120	- 22	+ 58	+ 47	+ 35	+ 22	+ 10	0	- 10	- 24	- 76
											- 41
120	140	0	+ 43	+ 14	0	- 14	- 28	- 40	- 52	- 68	- 88
											- 48
140	160										- 90
											- 50
160	180	- 25	+ 68	+ 54	+ 40	+ 26	+ 12	0	- 12	- 28	- 93
											- 53
180	200	0	+ 50	+ 15	0	- 16	- 33	- 46	- 60	- 79	106
											- 60
200	225										- 109
											- 63
225	250	- 29	+ 79	+ 61	+ 46	+ 30	+ 13	0	- 14	- 33	- 113
											- 67
250	280	0	+ 56	+ 17	0	- 16	- 36	- 52	- 66	- 88	- 126
											- 74
280	315	- 32	+ 88	+ 69	+ 52	+ 36	+ 16	0	- 14	- 36	- 130
											- 78
315	355	0	+ 62	+ 18	0	- 18	- 40	- 57	- 73	- 98	- 144
											- 87
355	400	- 36	+ 98	+ 75	+ 57	+ 39	+ 17	0	- 16	- 41	- 150
											- 93
400	450	0	+ 68	+ 20	0	- 20	- 45	- 63	- 80	- 108	- 166
											- 103
450	500	- 40	+ 108	+ 83	+ 63	+ 43	+ 18	0	- 17	- 45	- 172
											- 109

(*) Reprodução parcial de Tabela ABNT/ISO NBR 6158