
DESENHO TÉCNICO MECÂNICO I (SEM0564)

AULA 07

ESTADO DE SUPERFÍCIE

TOLERÂNCIAS DIMENSIONAIS

TOLERÂNCIAS GEOMÉTRICAS

ESTADO DE SUPERFÍCIE

SUPERFÍCIES

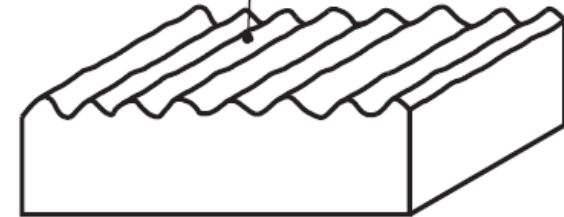
SUPERFÍCIE GEOMÉTRICA



Ideal

A superfície geométrica é, por definição, perfeita.

SUPERFÍCIE REAL



Superfície real, uma herança do método empregado na usinagem.

Real

Equação Característica	Esquema Representativo
$Ra = \frac{1}{L} \int_{x=0}^{x=L} y dx$ Rugosidade média (R_a)	

SIMBOLOGIA QUALITATIVA

SÍMBOLO	SIGNIFICADO
	Indica que a superfície deve permanecer bruta, sem acabamento, e as rebarbas devem ser eliminadas.
	Indica que a superfície deve ser desbastada. As estrias produzidas pela ferramenta podem ser percebidas pelo tato ou visão.
	Indica que a superfície deve ser alisada, apresentando dessa forma marcas pouco perceptíveis à visão.
	Indica que a superfície deve ser polida, e assim ficar lisa, brilhante, sem marcas visíveis.

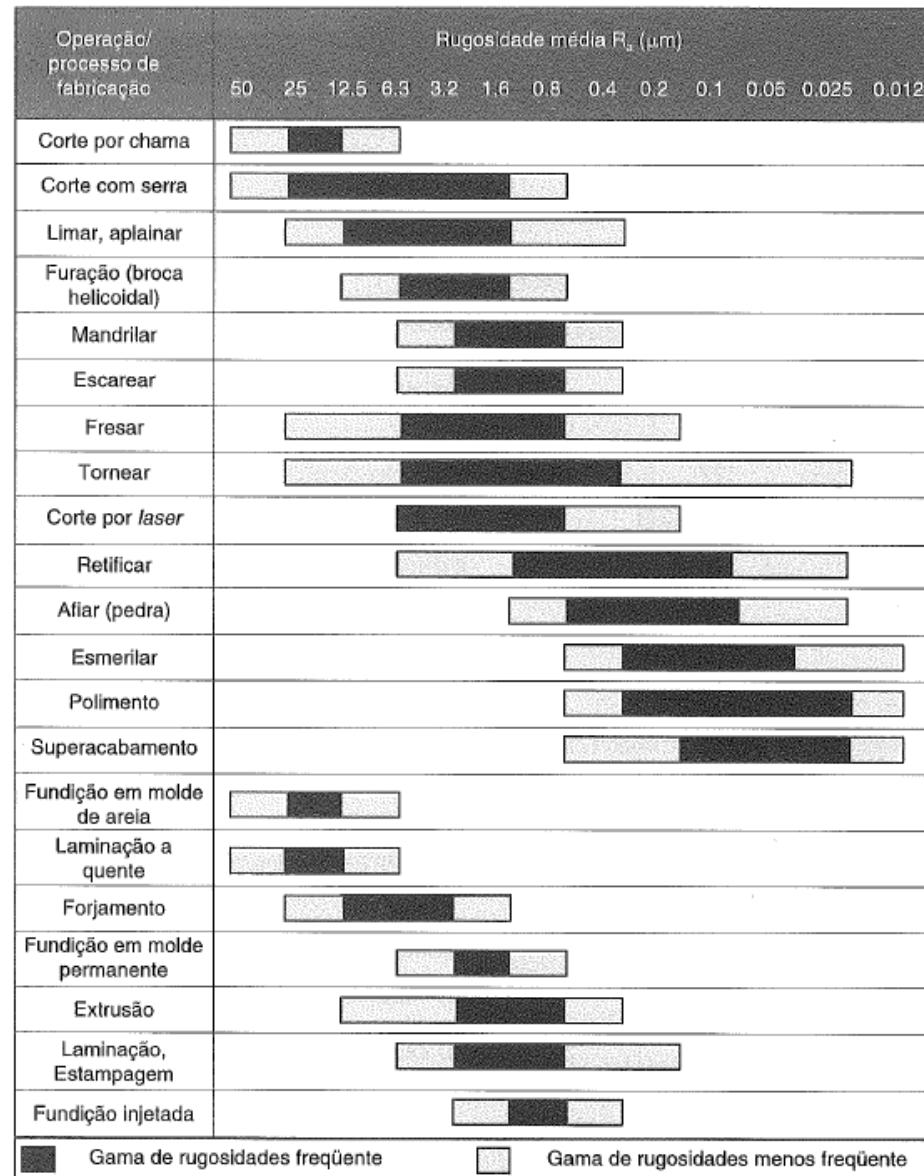
SIMBOLOGIA QUANTITATIVA

Classes de rugosidade	Desvio médio aritmético Ra (μm)
N 12	50
N 11	25
N 10	12,5
N 9	6,3
N 8	3,2
N 7	1,6
N 6	0,8
N 5	0,4
N 4	0,2
N 3	0,1
N 2	0,05
N 1	0,025

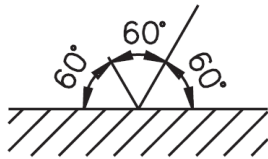
EQUIVALÊNCIA ENTRE SIMBOLOGIAS

SÍMBOLO DE ACABAMENTO SUPERFICIAL	SÍMBOLO INDICATIVO DE RUGOSIDADE
	
	de N 10 a N 12
	de N 7 a N 9
	de N 4 a N 6

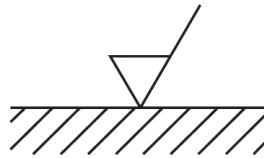
Processos de fabricação x rugosidade



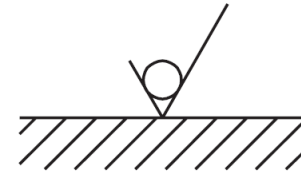
INDICAÇÃO EM PROJETO



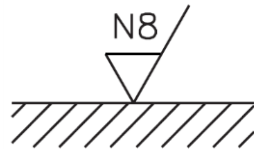
símbolo básico



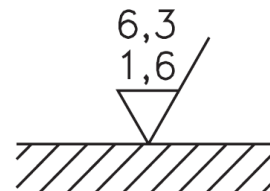
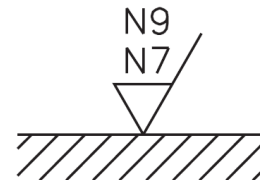
remoção exigida



remoção não permitida

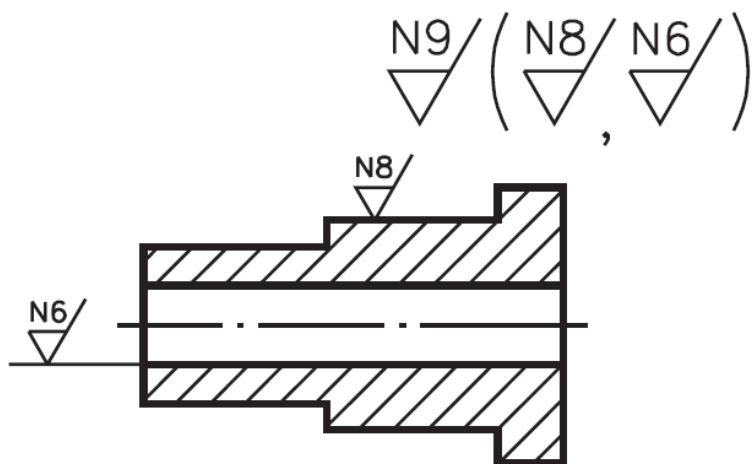


valor único

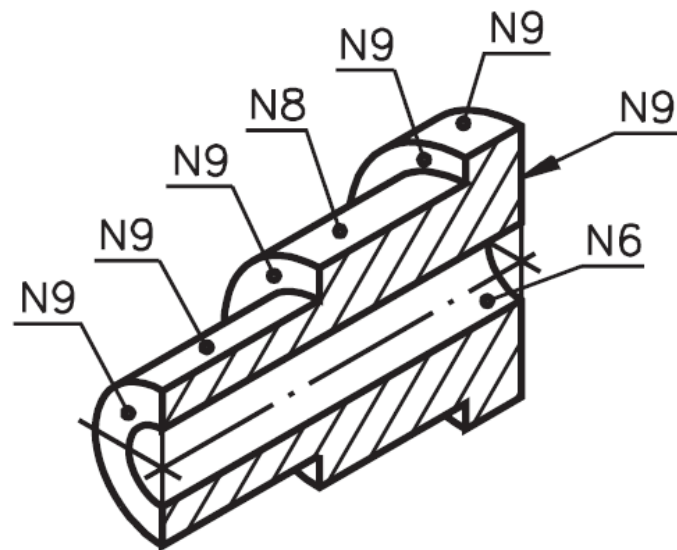


intervalo

INDICAÇÃO BÁSICA EM PROJETO



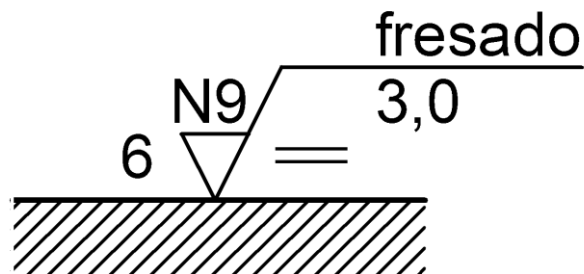
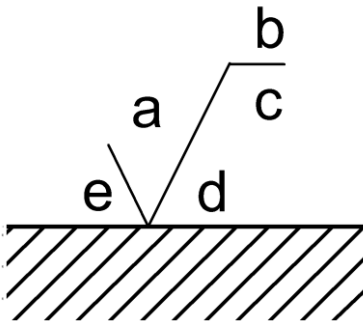
Aplicação em desenho técnico



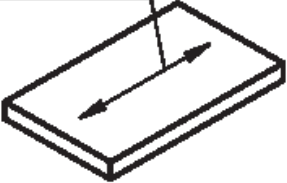
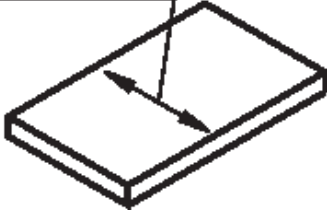
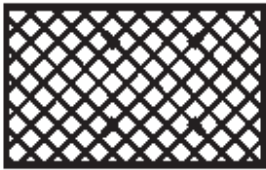
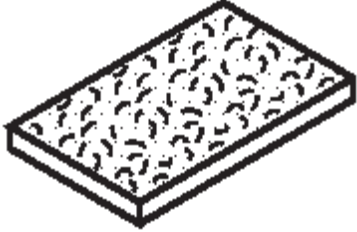
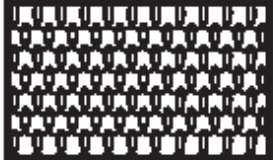
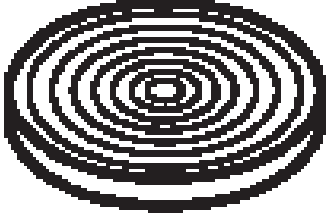
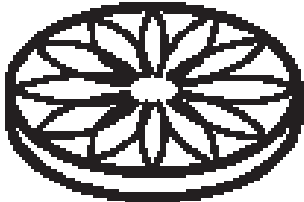
Significado da simbologia

SIMBOLOGIA

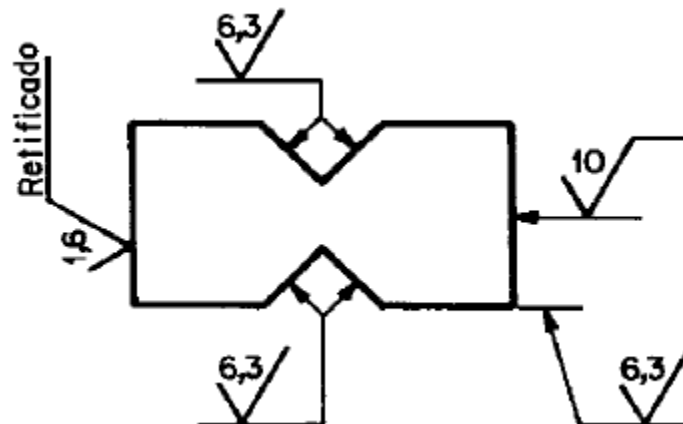
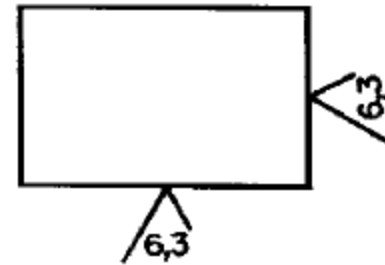
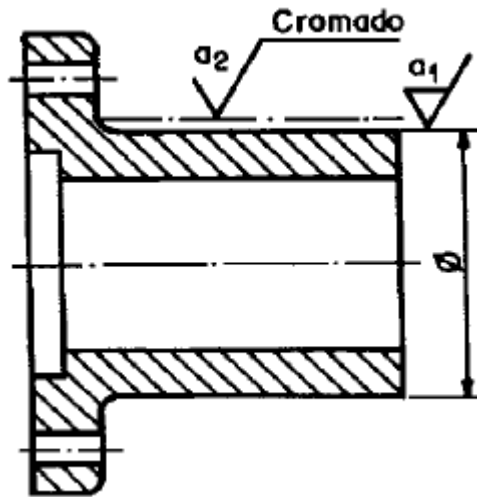
- a - valor da rugosidade R_a , em μm , ou classe de rugosidade N 1 a N 12;
- b - método de fabricação, tratamento ou revestimento da superfície;
- c - comprimento da amostra para avaliação da rugosidade, em mm;
- d - direção predominante das estrias;
- e - sobremetal para usinagem (m).



DIREÇÃO DAS ESTRIAS - SIMBOLOGIA

direção das estrias 	 	direção das estrias 	 
direção das estrias 	 		 
	 		 

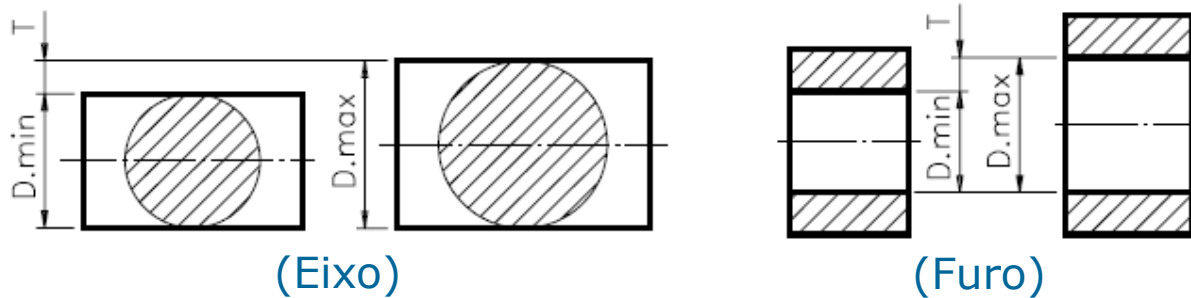
EXEMPLO DE APLICAÇÃO



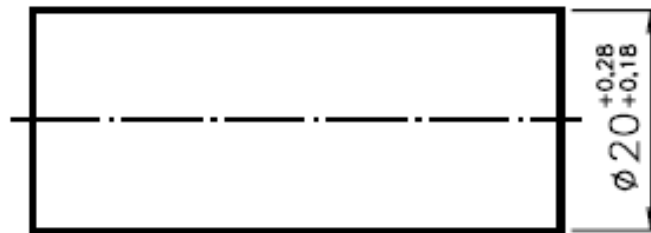
TOLERÂNCIA DIMENSIONAL

DEFINIÇÕES

Tolerância: variação entre as dimensões máxima e mínima de uma peça



Afastamentos: desvios aceitáveis da dimensão nominal, para mais e para menos



Medida nominal: 20 mm

Afastamento superior: 0,28 mm

Afastamento inferior: 0,18 mm

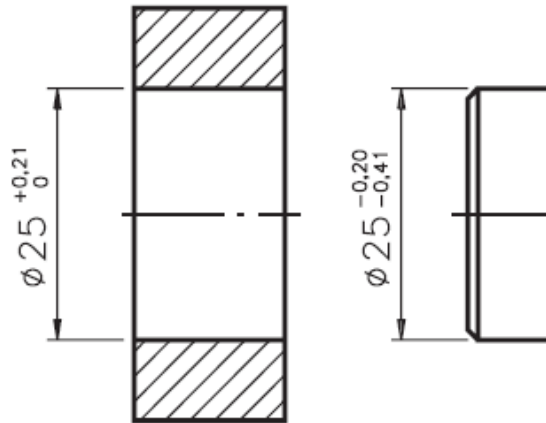
Dimensão máxima: 20,28 mm

Dimensão mínima: 20,18 mm

Tolerância: 0,10 mm

TIPOS DE AJUSTE

Ajuste com Folga



Furo

Dmax: 25,21

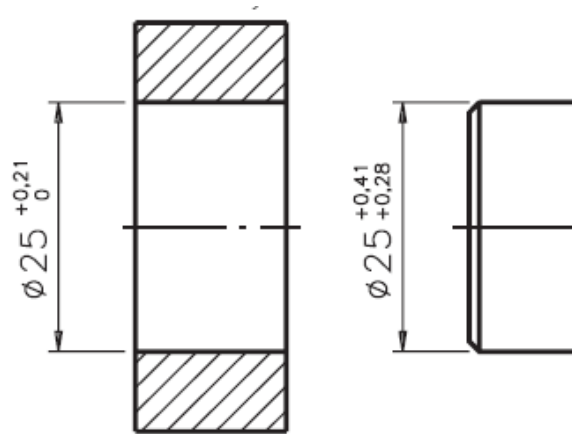
Dmin: 25,00

Eixo

Dmax eixo: 24,80

Dmin eixo: 24,59

Ajuste com Interferência



Furo

Dmax: 25,21

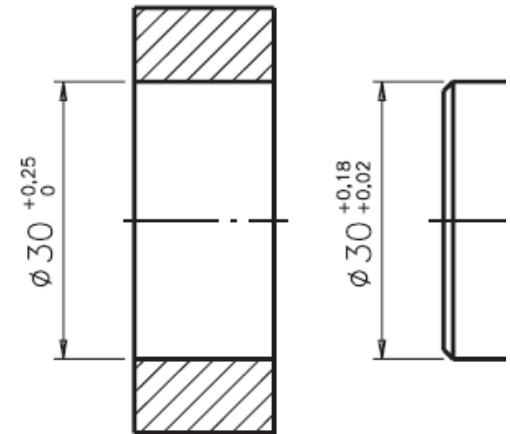
Dmin: 25,00

Eixo

Dmax eixo: 25,41

Dmin eixo: 25,28

Ajuste Incerto



Furo

Dmax: 30,25 (F)

Dmin: 30,00 (I)

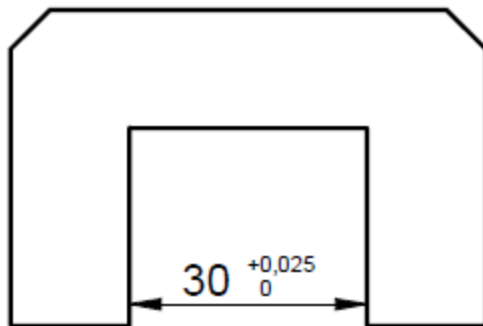
Eixo

Dmax eixo: 30,18 (I/F)

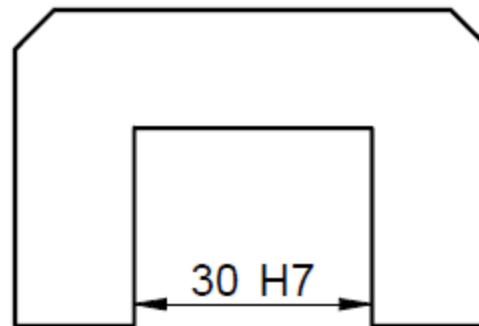
Dmin eixo: 30,02 (I/F)

As tolerâncias podem ser representadas por afastamentos ou pela norma ISO adotada pela ABNT.

**Por
afastamento**



**Pela norma
ISO**



SISTEMA DE TOLERÂNCIA E AJUSTES (ABNT/ISO)

Qualidade de trabalho: precisão da peça ou tamanho do intervalo

Classe de qualidade	Utilização
01 a 4	Instrumentos de verificação (calibres, padrões, etc.)
5 e 6	Construção mecânica de grande precisão
7 e 8	Construção mecânica cuidadosa
9 a 11	Construção mecânica corrente
12 a 18	Construção mecânica grosseira (laminação, estampagem, fundição, forjamento)

Campo de tolerância: valores entre as dimensões máxima e mínima ou posição do intervalo

(letras a/A a zc/ZC)

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

(Eixo)

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

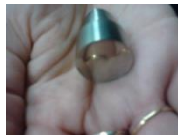
(Furo)

PROCESSOS DE FABRICAÇÃO E QUALIDADE DE TRABALHO

Pano
+
Água
+
Micropartículas Abrasivas



=>



Broca

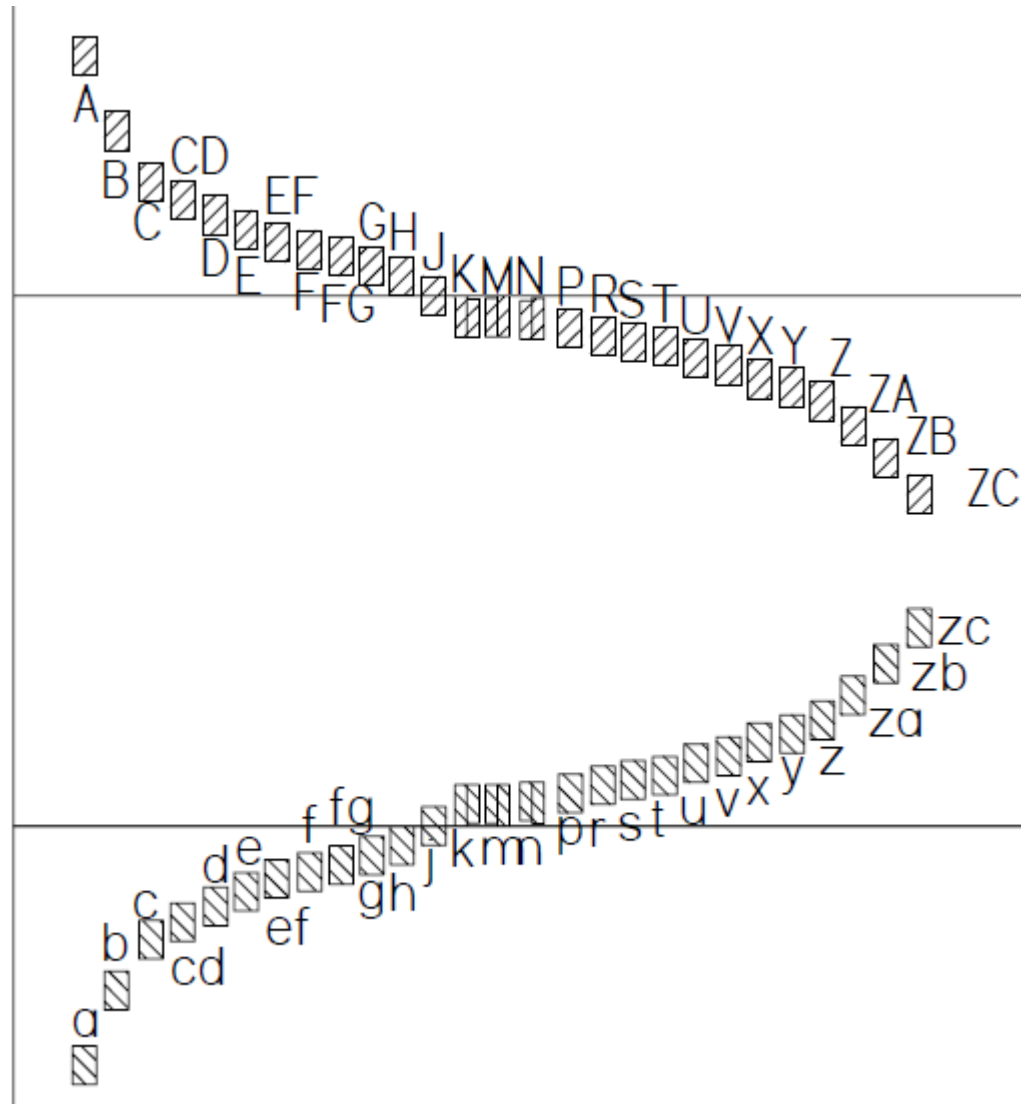
Processo	Qualidade IT							
	4	5	6	7	8	9	10	11
→ Polimento								
Rasqueteamento								
Torneamento para acabamento								
Retificação								
Brochamento								
Mandrillamento								
Torneamento								
Aplainamento								
Fresamento								
→ Furação								

PROCESSOS DE FABRICAÇÃO E QUALIDADE DE TRABALHO

Tabela 1 - Valores numéricos de graus de tolerância-padrão IT para dimensões nominais até 3150 mm^(A)

Dimensão nominal (mm)		Graus de tolerância-padrão																	
		IT1 ^(B)	IT2 ^(B)	IT3 ^(B)	T4 ^(B)	T5 ^(B)	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12	IT13	IT14 ^(C)	IT15 ^(C)	IT16 ^(C)	IT17 ^(C)	IT18 ^(C)
Acima	Até e inclusive	Tolerância																	
		(μm)											(mm)						
-	3 ^(C)	0,8	1,2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	0,1	0,14	0,25	0,4	0,6	1	1,4
3	6	1	1,5	2,5	4	5	8	12	18	30	48	75	0,12	0,18	0,3	0,48	0,75	1,2	1,8
6	10	1	1,5	2,5	4	6	9	15	22	36	58	90	0,15	0,22	0,36	0,58	0,9	1,5	2,2
10	18	1,2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	0,18	0,27	0,43	0,7	1,1	1,8	2,7
18	30	1,5	2,5	4	6	9	13	21	33	52	84	130	0,21	0,33	0,52	0,84	1,3	2,1	3,3
30	50	1,5	2,5	4	7	11	16	25	39	62	100	160	0,25	0,39	0,62	1	1,6	2,5	3,9
50	80	2	3	5	8	13	19	30	46	74	120	190	0,3	0,46	0,74	1,2	1,9	3	4,6
80	120	2,5	4	6	10	15	22	35	54	87	140	220	0,35	0,54	0,87	1,4	2,2	3,5	5,4

POSIÇÃO DOS CAMPOS DE TOLERÂNCIA



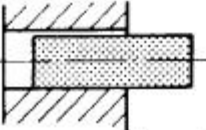
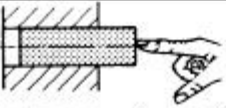
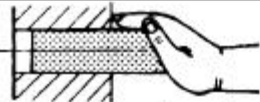
AJUSTES NORMALIZADOS (SISTEMA FURO-BASE H7)

Tolerância em milésimos de milímetros (μm)

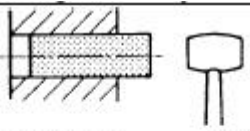
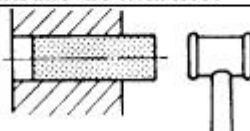
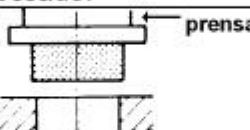
Dimensão nominal mm		Furo af. inf. af. sup.	EIXOS									
			afastamento superior					afastamento inferior				
acima de	até	H7	f7	g6	h6	j6	k6	m6	n6	p6	r6	
0	1	0	- 6	- 2	0	+ 4	+ 6		+ 10	+ 12	+ 16	
1	3	+ 10	- 16	- 8	- 6	- 2	0	-	+ 4	+ 6	+ 10	
3	6	0	- 10	- 4	0	+ 6	+ 9	+ 12	+ 16	+ 20	+ 23	
		+ 12	- 22	- 12	- 8	- 2	+ 1	+ 4	+ 8	+ 12	+ 15	
6	10	0	- 13	- 5	0	+ 7	+ 10	+ 15	+ 19	+ 24	+ 28	
		+ 15	- 28	- 14	- 9	- 2	+ 1	+ 6	+ 10	+ 15	+ 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	

Até 3150 mm

RECOMENDAÇÕES PRÁTICAS

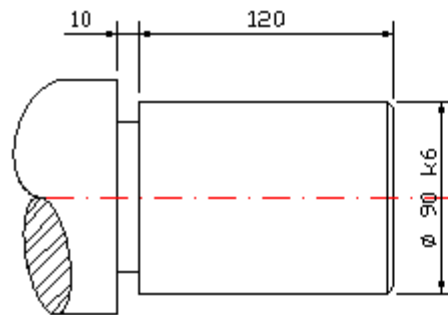
TIPO DE AJUSTE	EXEMPLO DE AJUSTE	EXTRA PRECISO	MECÂNICA PRECISA	MECÂNICA MÉDIA	MECÂNICA ORDINÁRIA	EXEMPLO DE APLICAÇÃO
LIVRE	 Montagem à mão, com facilidade.	$H_6 e_7$	$H_7 e_7$ $H_7 e_8$	$H_8 e_9$	$H_{11} a_{11}$	Peças cujos funcionamentos necessitam de folga por força de dilatação, mau alinhamento, etc.
ROTATIVO	 Montagem à mão podendo girar sem esforço.	$H_6 f_6$	$H_7 f_7$	$H_8 f_8$	$H_{10} d_{10}$ $H_{11} d_{11}$	Peças que giram ou deslizam com boa lubrificação. Ex.: eixos, mancais, etc.
DESLIZANTE	 Montagem à mão com leve pressão.	$H_6 g_5$	$H_7 g_6$	$H_8 g_8$ $H_8 h_8$	$H_{10} h_{10}$ $H_{11} h_{11}$	Peças que deslizam ou giram com grande precisão. Ex.: anéis de rolamentos, corredeiras, etc.
DESLIZANTE JUSTO	 Montagem à mão, porém, necessitando de algum esforço.	$H_6 h_5$	$H_7 h_6$			Encaixes fixos de precisão, órgãos lubrificados deslocáveis à mão. Ex.: punções, guias, etc.

RECOMENDAÇÕES PRÁTICAS

TIPO DE AJUSTE	EXEMPLO DE AJUSTE	EXTRA PRECISO	MECÂNICA PRECISA	MECÂNICA MÉDIA	MECÂNICA ORDINÁRIA	EXEMPLO DE APLICAÇÃO
ADERENTE FORÇADO LEVE	 Montagem com auxílio de martelo.	$H_6 j_5$	$H_7 j_6$			Órgãos que necessitam de freqüentes desmontagens. Ex.: polias, engrenagens, rolamentos, etc.
FORÇADO DURO	 Montagem com auxílio de martelo pesado.	$H_6 m_5$	$H_7 m_6$			Órgãos possíveis de montagens e desmontagens sem deformação das peças.
À PRESSÃO COM ESFORÇO	 Montagem com auxílio de balancim ou por dilatação	$H_6 p_5$	$H_7 p_6$			Peças impossíveis de serem desmontadas sem deformação. Ex.: buchas à pressão, etc.

EXEMPLO

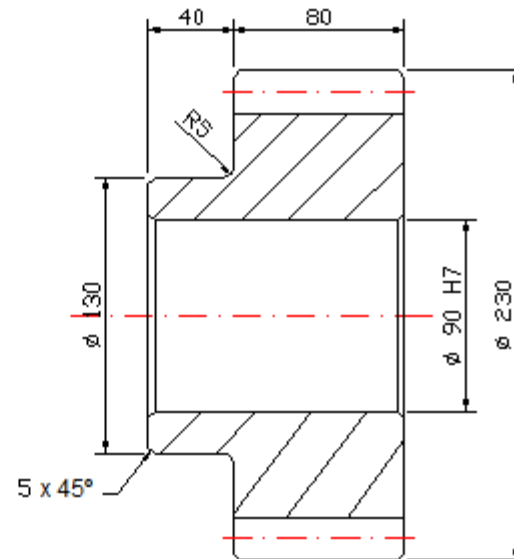
PONTA DE EIXO



$$90\ H7 = \begin{matrix} +35 \\ 0 \end{matrix} \mu\text{m}$$

$$90\ k6 = \begin{matrix} +25 \\ +3 \end{matrix} \mu\text{m}$$

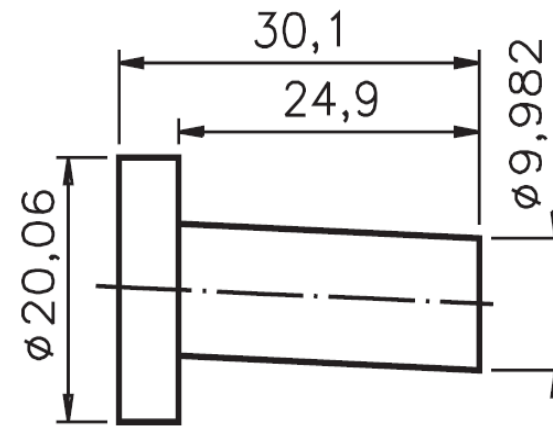
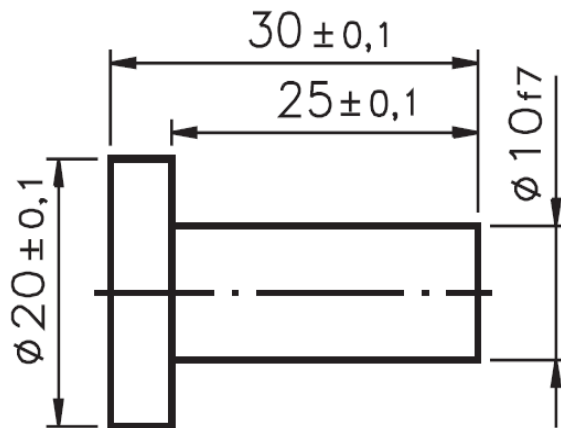
ENGRENAGEM



QUAL É O AJUSTE?

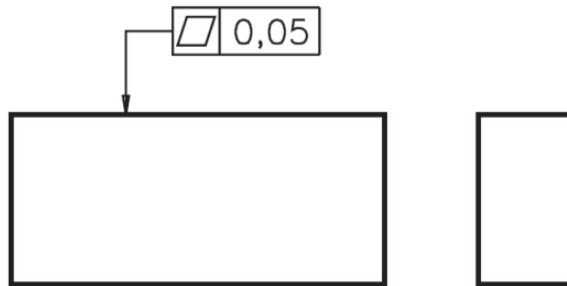
TOLERÂNCIAS GEOMÉTRICAS

Tolerância Dimensional: não garante a obtenção da geometria correta da peça

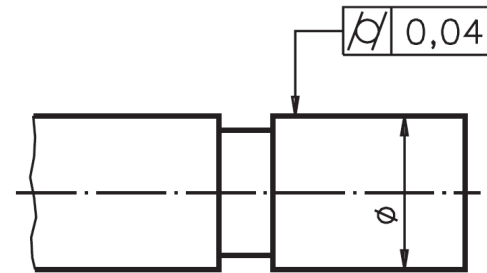


Tolerância Geométrica: variação aceitável das formas e posições dos elementos da peça

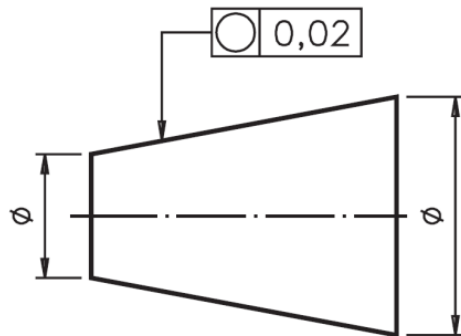
EXEMPLOS E SIMBOLOGIAS



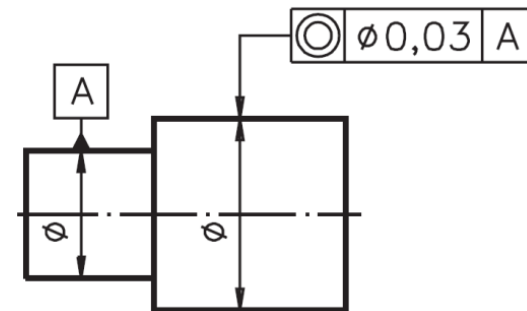
Planeza



Cilindricidade

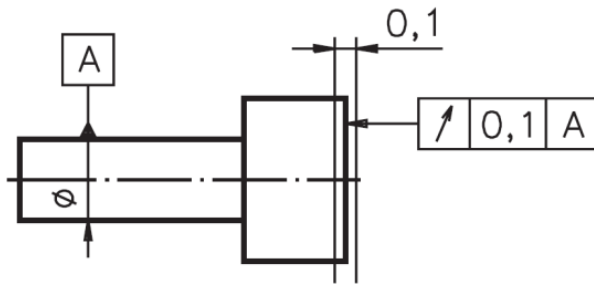


Circularidade

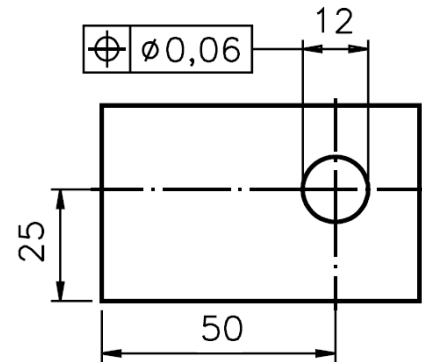


Concentricidade

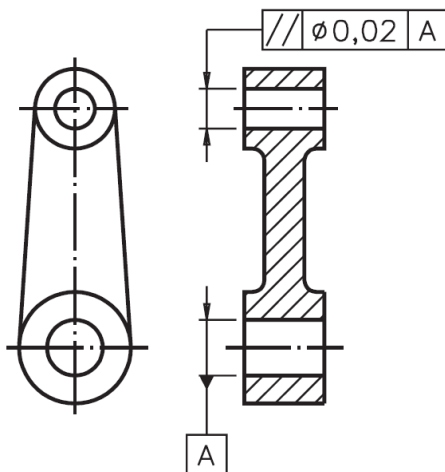
EXEMPLOS E SIMBOLOGIAS



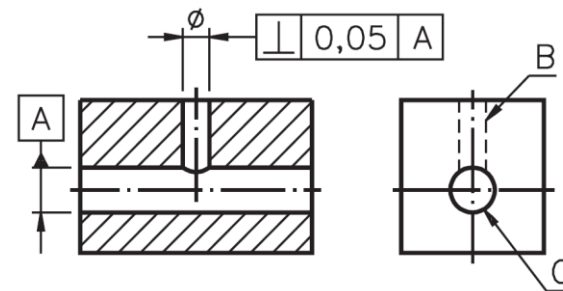
Batimento



Localização



Paralelismo



Perpendicularismo

QUADRO GERAL

TOLERÂNCIA DE FORMA PARA ELEMENTOS ISOLADOS

	Denominação	Símbolo
de linhas	Retilidade	—
	Circularidade	○
	Forma de linha qualquer	⌒
de superfícies	Planeza	▭
	Cilindricidade	⊘
	Forma de superfície qualquer	⌒

QUADRO GERAL

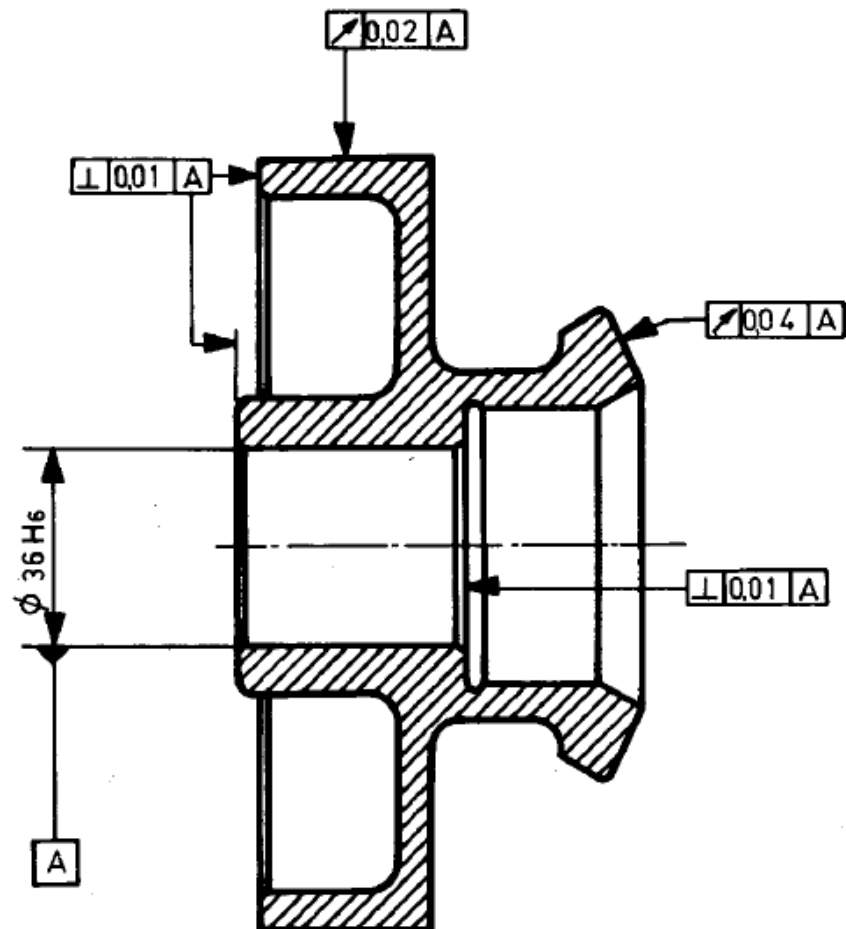
TOLERÂNCIA PARA ELEMENTOS ASSOCIADOS

	Denominação	Símbolo
de orientação	Paralelismo	//
	Perpendicularidade	⊥
	Inclinação	∠
de posição	Localização	⊕
	Concentricidade ou coaxialidade	◎
	Simetria	≡

TOLERÂNCIA DE BATIMENTO

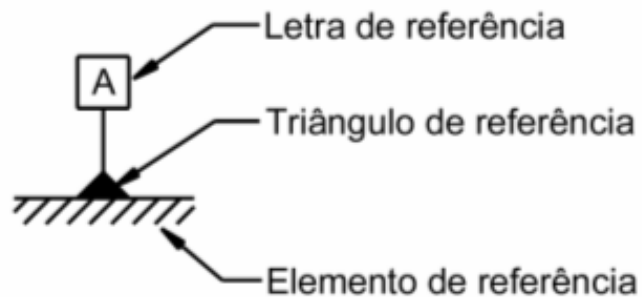
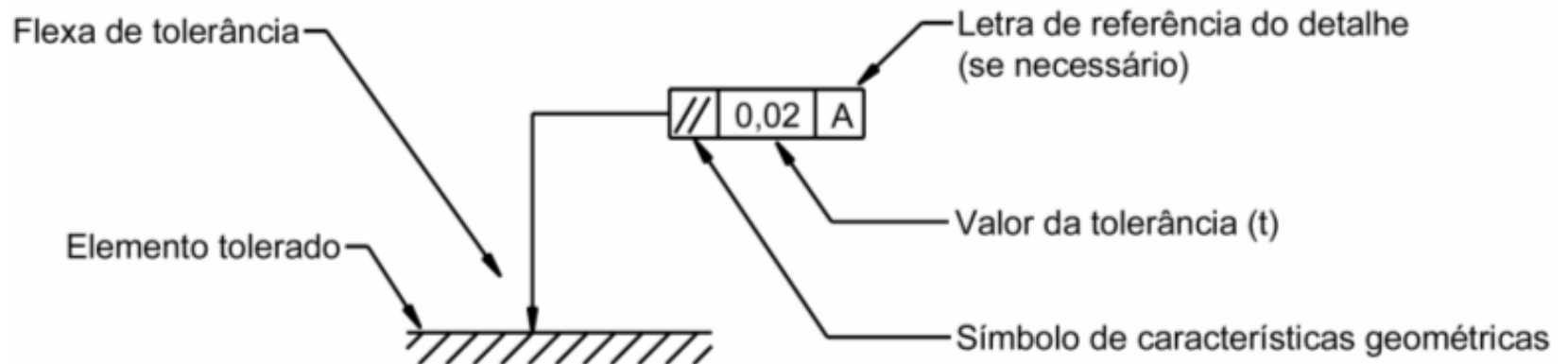
Radial	↗
Axial	

EXEMPLO



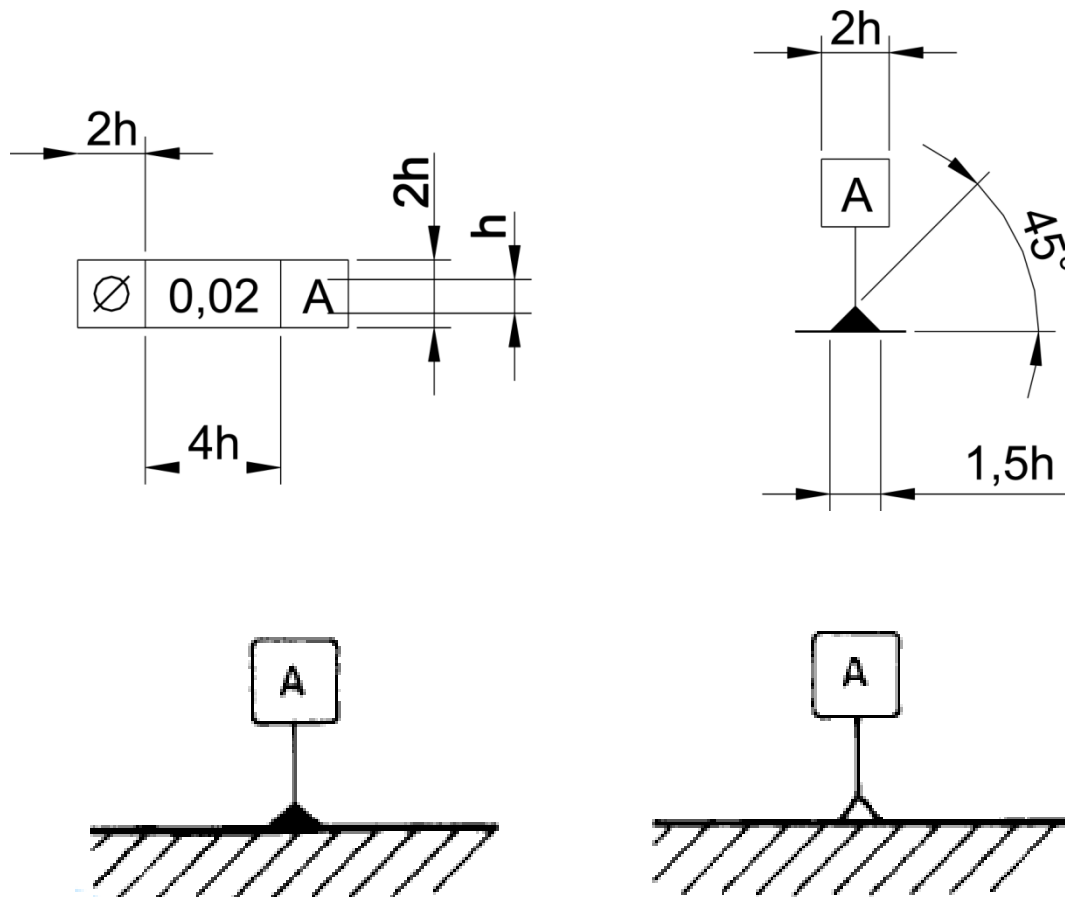
Roda de Atrito

REPRESENTAÇÕES - características



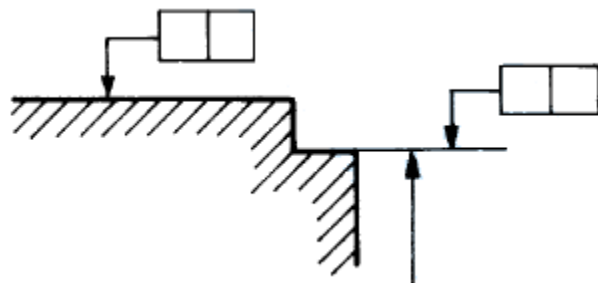
50 Cota de referência teoricamente exata

CARACTERÍSTICAS

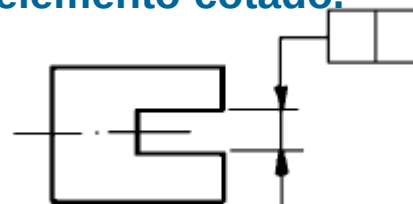


INDICAÇÃO DO ELEMENTO TOLERADO

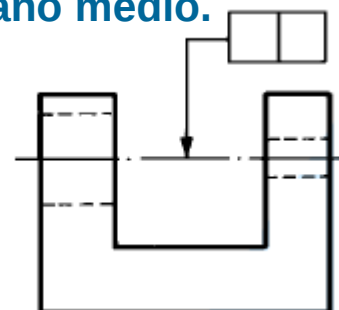
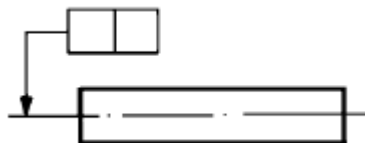
- Toca o contorno de um elemento ou o prolongamento do contorno (mas não uma linha de cota), se a tolerância se aplicar à linha ou à própria superfície.



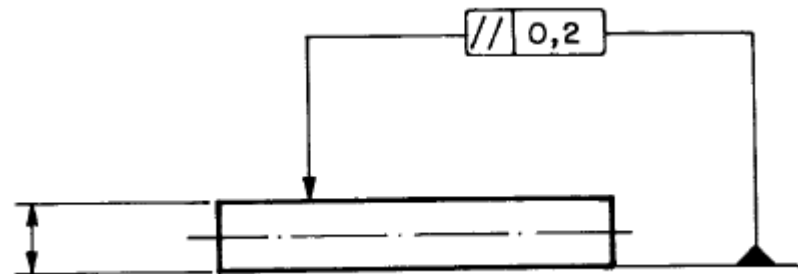
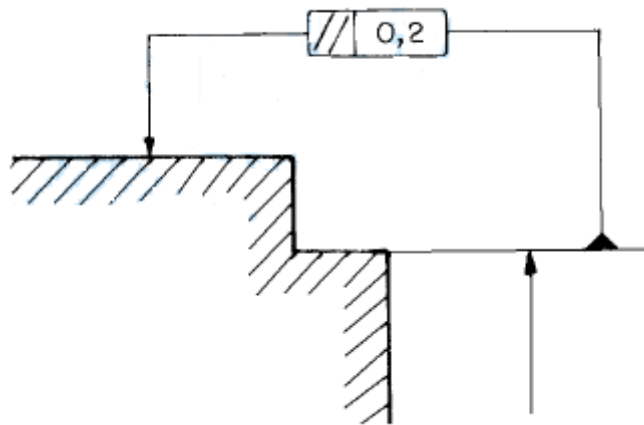
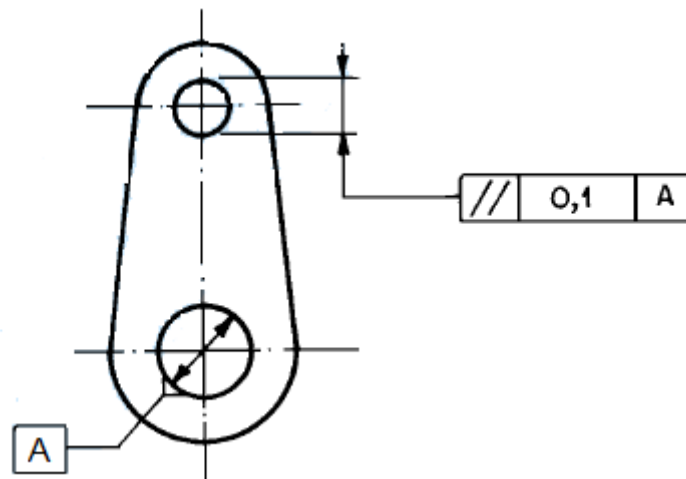
- Toca a linha de extensão, em prolongamento à linha de cota, quando a tolerância for aplicada ao eixo ou ao plano médio do elemento cotado.



- Toca o eixo, quando a tolerância for aplicada ao eixo ou ao plano médio de todos os elementos comuns a este eixo ou este plano médio.

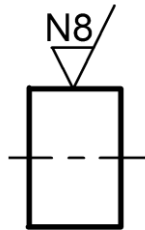


INDICAÇÃO DO CAMPO DE TOLERÂNCIA



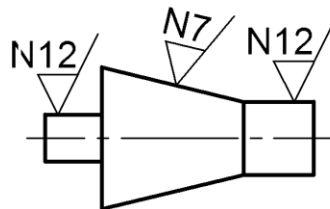
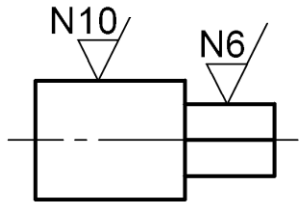
Exercício 7.1

a) Escreva nas linhas indicadas, a rugosidade das peças em sua grandeza máxima.



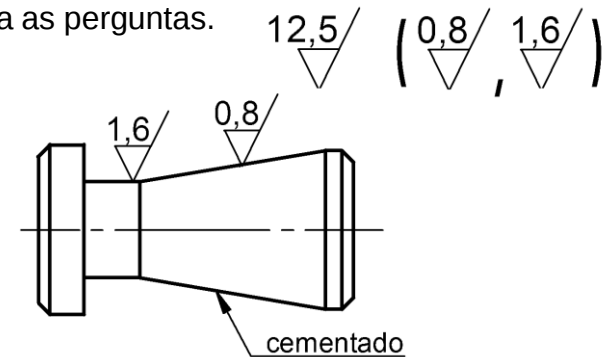
Exemplo:

a) N8 = 3,2 μ m



b) _____ , c) _____ ,

b) Responda as perguntas.

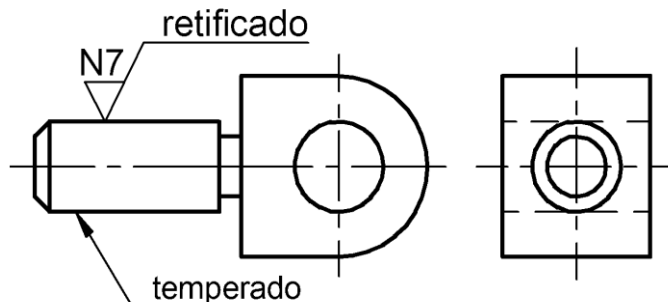


a) Que classe de rugosidade a maioria das superfícies da peça deverá receber?

b) Que outras classes de rugosidade a peça deverá receber?

c) Que tratamento térmico a peça deverá receber?

c) Analise o desenho e responda.



a) Qual é o modo de fabricação de obter o acabamento N7?

b) Qual é o tratamento indicado?

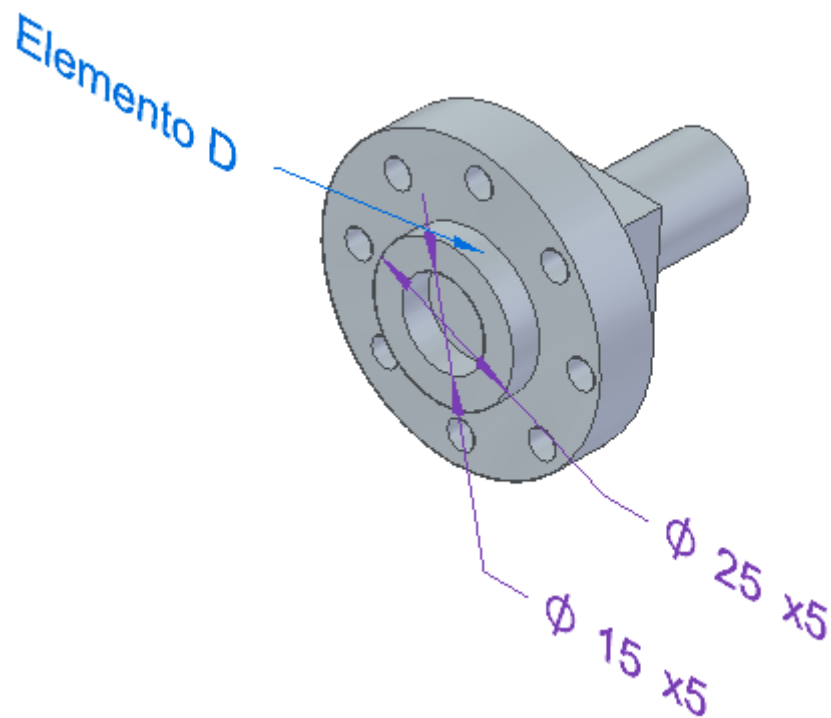
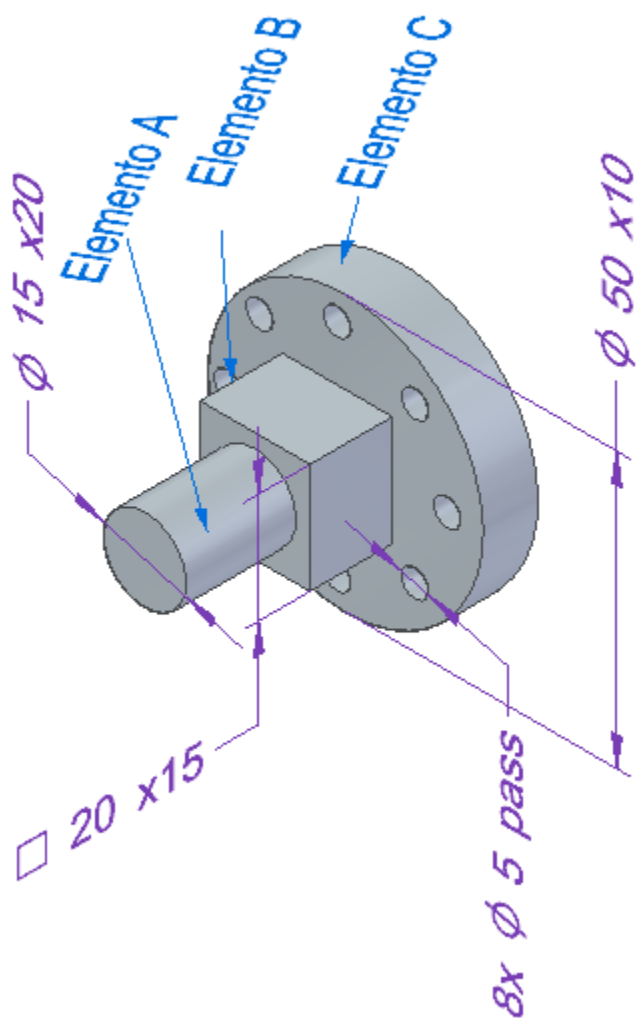
Fonte: Apostila Desenho Mecânico. Desenho com instrumentos. Convênio SENAI/São Paulo

Desenho técnico mecânico

Exercício 7.2

Faça as vistas necessárias para a peça indicada. Cotar, aplicar tolerâncias e indicar estado de superfície e acabamentos de acordo com as especificações a seguir:

- a) Os 8 furos iguais tem qualidade 6 e as tolerâncias estão na posição J.
- b) Os eixos tem qualidade 7 e as tolerâncias estão na posição g.
- c) No furo central do elemento D será montado um eixo. Selecione uma classe de tolerância adequada para o furo de modo a garantir um ajuste do tipo apertado a frio.
- d) Planeza das superfícies do elemento B, com tolerância de 0,1mm.
- e) Paralelismo das faces opostas do elemento B, com tolerância de 0,1mm.
- f) Perpendicularidade das faces do elemento B com tolerância de 0,2mm.
- g) Cilindricidade do furo central do elemento D com tolerância de 0,05mm.
- h) Elemento A com tolerância de circularidade de 0.25mm.
- i) Concentricidade de 0,02mm do furo central do elemento D em relação a ele mesmo.
- j) Coaxilidade de 0,04mm do eixo do elemento D em relação ao elemento C.
- k) Os elementos cilíndricos devem ter rugosidade máxima de 12,5 μm .
- l) O elemento prismático deve ter rugosidade máxima de 6,3 μm e mínima de 1,6 μm .
- m) Todos os furos devem ter rugosidade máxima de 0,4 μm .



REFERÊNCIAS

Silva, A., Ribeiro, C. T., Dias, J., Souza, L. **Desenho Técnico Moderno**. Ed. LTC, 4ª ed., 475p. 2006.

Agostinho, O., Rodrigues, A. C. S., Lirani, J. **Tolerâncias, Ajustes, Desvios e Análise de Dimensões**. Ed. Edgard Blücher, 43ª ed., 295p. 1977.

Novaski, O. **Introdução à Engenharia de Fabricação Mecânica**. Ed. Edgard Blücher, 1ª ed., 120p., 1994.

ABNT NBR ISO 2768-1:2001. Tolerâncias gerais - Parte 1: Tolerâncias para dimensões lineares e angulares sem indicação de tolerância individual.

ABNT NBR 6158:1995. Sistemas de tolerâncias e ajustes.

Gordo, N.; Ferreira, J. **Elementos de Máquina**, Escola SENAI-SP.

Vale, F. Apostila de Desenho de Máquina, 2004.

REFERÊNCIAS

ABNT NBR ISO 2768-2:2001. Tolerâncias gerais - Parte 2: Tolerâncias geométricas para elementos sem indicação de tolerância individual.

ABNT NBR 6409:1997. Tolerâncias geométricas – Tolerâncias de forma, orientação, posição e batimento – Generalidades, símbolos, definições e indicações em desenho.

Ferreira, J.; Silva, R. M. **Leitura e Interpretação de Desenho Técnico Mecânico**, Escola SENAI-SP.

ABNT NBR ISO 4287:2002. Especificações geométricas do produto (GPS) - Rugosidade: Método do perfil - Termos, definições e parâmetros da rugosidade.

ABNT NBR ISO 4288:2008. Especificações geométricas de produto (GPS) - Rugosidade: Método do perfil - Regras e procedimentos para avaliação de rugosidade.

ABNT NBR 8404:1984. Indicação do estado de superfícies em desenhos técnicos - Procedimento.