

Desenho e Modelação Geométrica II

Dr. J. L. L. L.

MEMec 20/21

→ Introdução ao Desenvolvimento de Produto

O que é um produto?

- Um produto pode ser um bem, uma ideia, um método, informação, um objeto ou serviço
- Um produto serve uma necessidade ou satisfaz um desejo
- Os utilizadores finais deste produto vêem-no como um conjunto de características físicas (tangíveis) e serviços (intangíveis) que lhes trazem um benefício.

Desenvolvimento de Produto

- O desenvolvimento de um novo produto é a transformação de uma oportunidade de mercado num produto vendável

Conjunto de atividades

Planeamento → Conceito → Design Geral → Design Detalhes → teste e Refinamento

→ Desenhos de Conjunto, Cortes e Listas de Peças

↓
Produção

Desenhos Conjunto

- Vistas e Perspetivas de Conjunto
- Linhas de Referência e Numeração de peças
- Cortes de conjunto e de Atravancamento
- Listas de peças
- Posições extremas e Trajetórias de peças Móveis

→ Toleranciamento Dimensional

- Dimensões exatas não são necessárias no projeto
- O importante é limitar os erros admissíveis de fabricação de acordo com as funções do elemento cotado.

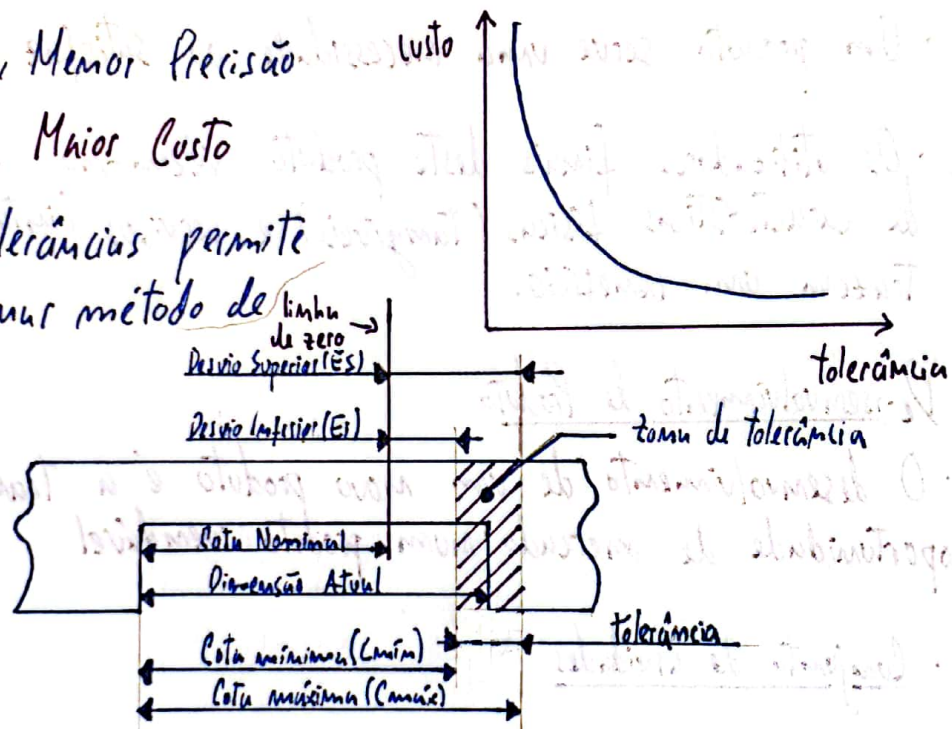
São definidas tolerâncias dimensionais que traduzem os limites admissíveis para os erros dimensionais de fabricação das peças.

• Maior Tolerância, Menor Precisão

• Maior Precisão, Maior Custo

• A escolha de tolerâncias permite selecionar/condicionar método de fabricação

• Conceitos



Cota nominal (C_n, c_n) - Cota não toleranciada inscrita nos desenhos

Cota máxima ($C_{máx}, c_{máx}$) - Dimensão máxima permitida ao elemento

Cota mínima ($C_{mín}, c_{mín}$) - Dimensão mínima permitida ao elemento

Desvio Superior (ES, es) - Diferença entre a cota máxima e a cota nominal:

$$ES = C_{máx} - C_n$$

Desvio Inferior (EI, ei) - Diferença entre a cota mínima e a cota nominal:

$$EI = C_{mín} - C_n$$

Linha de zero - É uma linha que, na representação gráfica dos desvios e ajustamentos, representa a cota nominal e em relação à qual os desvios são definidos.

Tolerância - Quantidade que uma dimensão pode variar

$$T = C_{\max} - C_{\min}$$

$$T = ES - EI$$

Zona de Tolerância - Zona compreendida entre as cotas máxima e mínima.

Tolerância Fundamental - Valor admissível para o erro de fabrico de acordo a função a desempenhar pelo elemento a toleranciar.

Desvio Fundamental - Posição da zona de tolerância em relação à linha de zero. É o desvio mais próximo da linha zero.

Classe de tolerância - Combinação de uma tolerância fundamental com um desvio fundamental.

Veio

- Elemento externo que vai estar contido noutro elemento
- Cotas, tolerâncias e desvios indicados com letras minúsculas (ex: $C_{\max}$, $C_{\min}$, t , es , ei)

Furo

- Elemento interno que vai conter outro elemento.
- Cotas, tolerâncias e desvios indicados com letras maiúsculas (ex: $C_{\max}$, T , ES , EI)

Nota:

- Desvios têm que ter mesmo número de casas decimais
- Desvios têm que estar no mesmo sistema de unidades

Sistema ISO

Sistema ISO de Tolerâncias Lineares:

- Cota Nominal
- Classes de Qualidade (IT)
- Desvios Fundamentais (posição da zona de tolerância relativamente à linha zero).

Classes de Qualidade IT:

- A norma ISO 286-1 define 20 classes
- Cotas na mesma classe têm a mesma precisão

Table 1 — Values of standard tolerance grades for nominal sizes up to 3 150 mm

Nominal size mm		Standard tolerance grades																			
		IT01	IT0	IT1	IT2	IT3	IT4	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12	IT13	IT14	IT15	IT16	IT17	IT18
Above	Up to and including	Standard tolerance values																			
		μm										mm									
—	3	0,3	0,5	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	0,4	0,6	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	0,4	0,6	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	0,5	0,8	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	0,6	1	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	0,6	1	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	0,8	1,2	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	1	1,5	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
120	180	1,2	2	3,5	5	8	12	18	25	40	63	100	160	250	0,4	0,63	1	1,6	2,5	4	6,3
180	250	2	3	4,5	7	10	14	20	29	46	72	115	185	290	0,46	0,72	1,15	1,85	2,9	4,6	7,2
250	315	2,5	4	6	8	12	16	23	32	52	81	130	210	320	0,52	0,81	1,3	2,1	3,2	5,2	8,1
315	400	3	5	7	9	13	18	25	36	57	89	140	230	360	0,57	0,89	1,4	2,3	3,6	5,7	8,9
400	500	4	6	8	10	15	20	27	40	63	97	155	250	400	0,63	0,97	1,55	2,5	4	6,3	9,7
500	630			9	11	16	22	32	44	70	110	175	280	440	0,7	1,1	1,75	2,8	4,4	7	11
630	800			10	13	18	25	36	50	80	125	200	320	500	0,8	1,25	2	3,2	5	8	12,5
800	1 000			11	15	21	28	40	56	90	140	230	360	560	0,9	1,4	2,3	3,6	5,6	9	14
1 000	1 250			13	18	24	33	47	66	105	165	260	420	660	1,05	1,65	2,6	4,2	6,6	10,5	16,5
1 250	1 600			15	21	29	39	55	78	125	195	310	500	780	1,25	1,95	3,1	5	7,8	12,5	19,5
1 600	2 000			18	25	35	46	65	92	150	230	370	600	920	1,5	2,3	3,7	6	9,2	15	23
2 000	2 500			22	30	41	55	78	110	175	280	440	700	1 100	1,75	2,8	4,4	7	11	17,5	28
2 500	3 150			26	36	50	68	96	135	210	330	540	860	1 350	2,1	3,3	5,4	8,6	13,5	21	33

Classes Relativamente à Aplicação

Classe de Qualidade	Utilização
IT01 a IT4	Instrumentos de verificação (calibres, padrões, etc.)
IT5 e IT6	Construção mecânica de grande precisão
IT7 e IT8	Construção mecânica cuidada
IT9 e IT10	Construção mecânica corrente
IT12 a IT18	Construção mecânica grosseira (laminagem, estampagem, fundição, forjamento)

Classes Relativamente ao Processo de Fabrico

Processo	Qualidade IT							
	4	5	6	7	8	9	10	11
Polimento								
Esmerilamento								
Torneamento para acabamento								
Rectificação								
Brochagem								
Mandrilagem								
Torneamento								
Boreamento								
Fresagem								
Furação								
Fundição Injectada								

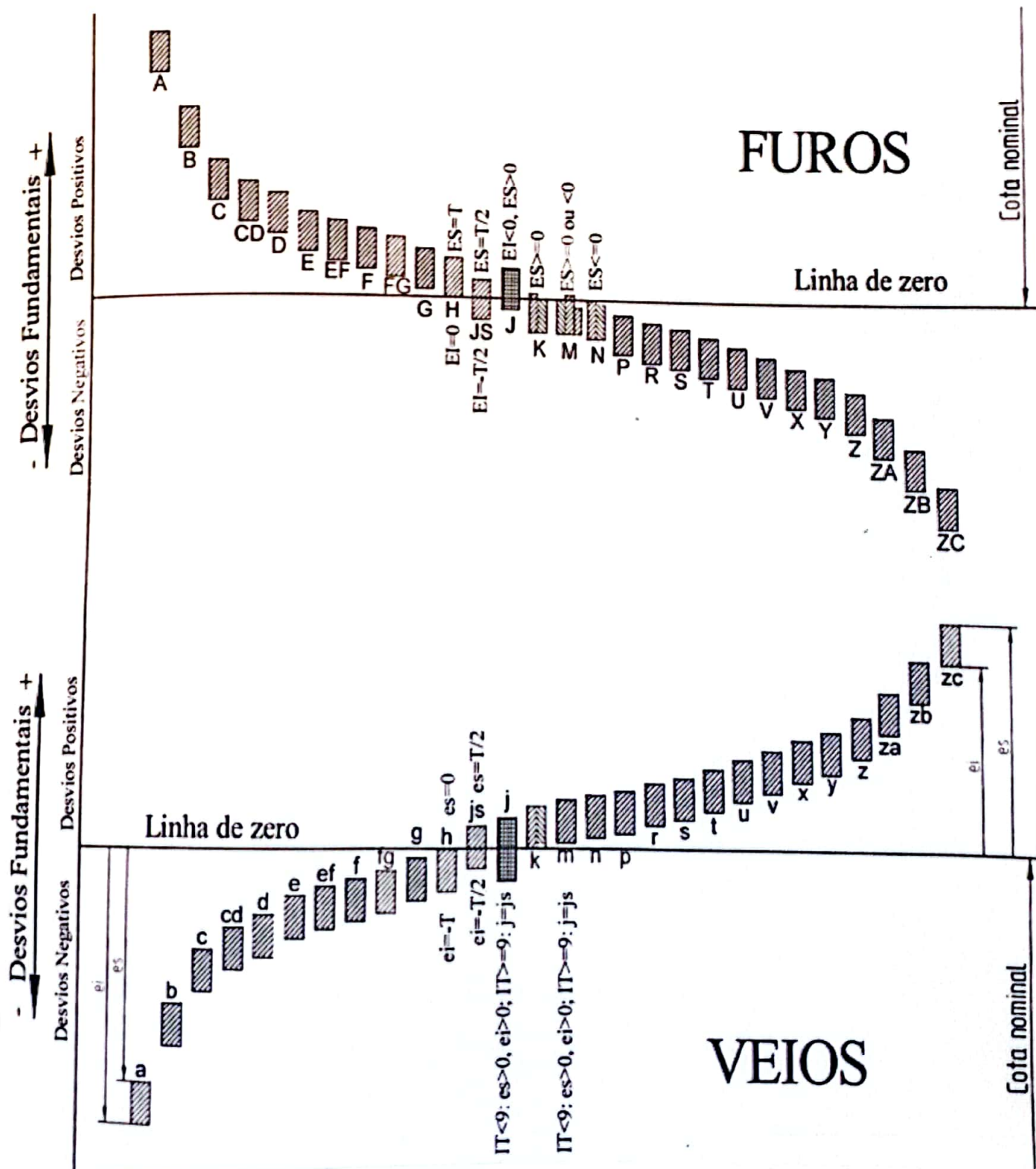
Classes de Desvios Fundamentais:

A norma ISO 286-1 define 28 classes de desvios fundamentais para Furos e outras 28 classes para veios.

São designados por letras: $A, B, C, CD, D, E, \dots$ $u, v, w, x, y, z, za, zb, zc, \dots$

Furos

Veios



Veios:

Table 2 — Values of the fundamental deviations for holes A to M

Fundamental deviation values in micrometres

Nominal size mm		Fundamental deviation values																			
Above	Up to and including	Lower limit deviation, EI													Upper limit deviation, ES						
		All standard tolerance grades													IT6	IT7	IT8	Up to and including IT8	Above IT8	Up to and including IT8	Above IT8
		A ^a	B ^a	C	CD	D	E	EF	F	FG	G	H	JS	J							
—	3	+270	+140	+60	+34	+20	+14	+10	+6	+4	+2	0		+2	+4	+6	0	0	-2	-2	
3	6	+270	+140	+70	+46	+30	+20	+14	+10	+6	+4	0		+5	+8	+10	-1 + Δ		-4 + Δ	-4	
6	10	+280	+150	+80	+56	+40	+25	+18	+13	+8	+5	0		+5	+8	+12	-1 + Δ		-6 + Δ	-6	
10	14	+290	+150	+95	+70	+50	+32	+23	+16	+10	+6	0		+6	+10	+15	-1 + Δ		-7 + Δ	-7	
14	18													+8	+12	+20	-2 + Δ		-8 + Δ	-8	
18	24	+300	+160	+110	+85	+65	+40	+28	+20	+12	+7	0		+8	+12	+20	-2 + Δ		-8 + Δ	-8	
24	30													+10	+14	+24	-2 + Δ		-9 + Δ	-9	
30	40	+310	+170	+120	+100	+80	+50	+35	+25	+15	+9	0		+10	+14	+24	-2 + Δ		-9 + Δ	-9	
40	50	+320	+180	+130										+13	+18	+28	-2 + Δ		-11 + Δ	-11	
50	65	+340	+190	+140		+100	+60		+30		+10	0		+16	+22	+34	-3 + Δ		-13 + Δ	-13	
65	80	+360	+200	+150										+18	+26	+41	-3 + Δ		-15 + Δ	-15	
80	100	+380	+220	+170		+120	+72		+36		+12	0		+22	+30	+47	-4 + Δ		-17 + Δ	-17	
100	120	+410	+240	+180										+25	+36	+55	-4 + Δ		-20 + Δ	-20	
120	140	+460	+260	+200		+145	+85		+43		+14	0		+29	+39	+60	-4 + Δ		-21 + Δ	-21	
140	160	+520	+280	+210										+33	+43	+66	-5 + Δ		-23 + Δ	-23	
160	180	+580	+310	+230		+170	+100		+50		+15	0					0		-26		
180	200	+660	+340	+240													0		-30		
200	225	+740	+380	+260		+190	+110		+56		+17	0					0		-34		
225	250	+820	+420	+280													0		-40		
250	280	+920	+480	+300		+210	+125		+62		+18	0					0		-48		
280	315	+1 050	+540	+330													0		-58		
315	355	+1 200	+600	+360		+230	+135		+68		+20	0					0		-68		
355	400	+1 350	+680	+400													0		-76		
400	450	+1 500	+760	+440		+260	+145		+76		+22	0					0				
450	500	+1 650	+840	+480													0				
500	560					+290	+160		+80		+24	0					0				
560	630																0				
630	710					+320	+170		+86		+26	0					0				
710	800																0				
800	900					+350	+195		+98		+28	0					0				
900	1 000																0				
1 000	1 120					+390	+220		+110		+30	0					0				
1 120	1 250																0				
1 250	1 400					+430	+240		+120		+32	0					0				
1 400	1 600																0				
1 600	1 800					+480	+260		+130		+34	0					0				
1 800	2 000																0				
2 000	2 240					+520	+290		+145		+36	0					0				
2 240	2 500																0				
2 500	2 800																0				
2 800	3 150																0				

Deviations = $\pm ITn/2$, where n is the standard tolerance grade number

^a Fundamental deviations A and B shall not be used for nominal sizes ≤ 1 mm.

^b Special case: for tolerance class M6 in the range above 250 mm up to and including 315 mm, $ES = -9 \mu\text{m}$ (instead of $-11 \mu\text{m}$ according to the calculation).

^c For determining the values K and M, see 4.3.2.5.

^d For Δ values, see Table 3.

^a Fundamental deviations A and B shall not be used for nominal sizes ≤ 1 mm.

^b Special case: for tolerance class M6 in the range above 250 mm up to and including 315 mm, $ES = -9 \mu\text{m}$ (instead of $-11 \mu\text{m}$ according to the calculation).

^c For determining the values K and M, see 4.3.2.5.

^d For Δ values, see Table 3.

(continuação)

Table 3 — Values of the fundamental deviations for holes N to ZC

Nominal size mm		Fundamental deviation values														Values for Δ												
Above	Up to and including	Upper limit deviation, ES														Standard tolerance grades above IT7												
		Standard tolerance grades above IT7																										
		Up to and including IT8	Above IT8	Up to and including IT7	P	R	S	T	U	V	X	Y	Z	ZA	ZB	ZC	IT3	IT4	IT5	IT6	IT7	IT8						
		N ^{a,b}		P to ZC ^a															Standard tolerance grades									
		-4	-4																									
—	3				-6	-10	-14		-18		-20		-26	-32	-40	-60	0	0	0	0	0	0						
3	6				-12	-15	-19		-23		-28		-35	-42	-50	-80	1	1.5	1	3	4	6						
6	10				-15	-19	-23		-28		-34		-42	-52	-67	-97	1	1.5	2	3	6	7						
10	14				-18	-23	-28		-33		-40		-50	-64	-90	-130	1	2	3	3	7	9						
14	18									-39	-45		-60	-77	-108	-150												
18	24				-22	-28	-35		-41	-47	-54	-63	-73	-98	-136	-188	1.5	2	3	4	8	12						
24	30							-41	-48	-55	-64	-75	-88	-118	-160	-218												
30	40				-26	-34	-43	-48	-60	-68	-80	-94	-112	-148	-200	-274	1.5	3	4	5	9	14						
40	50							-54	-70	-81	-97	-114	-136	-180	-242	-325												
50	65				-32	-41	-53	-66	-87	-102	-122	-144	-172	-226	-300	-405	2	3	5	6	11	19						
65	80					-43	-59	-75	-102	-120	-146	-178	-210	-274	-360	-480												
80	100				-37	-54	-79	-104	-124	-146	-172	-210	-254	-310	-400	-525	2	4	5	7	13	19						
100	120					-63	-92	-122	-144	-170	-202	-248	-300	-365	-470	-620												
120	140					-65	-100	-134	-190	-228	-280	-340	-415	-535	-700	-900	3	4	6	7	15	23						
140	160				-43	-68	-108	-146	-210	-252	-310	-380	-465	-600	-780	-1 000												
160	180					-77	-122	-166	-236	-284	-350	-425	-520	-670	-880	-1 150												
180	200					-50	-80	-130	-258	-310	-385	-470	-575	-740	-960	-1 250	3	4	6	9	17	29						
200	225					-58	-94	-140	-284	-340	-425	-520	-640	-820	-1 050	-1 350												
225	250					-56	-94	-158	-315	-385	-475	-580	-710	-920	-1 200	-1 550												
250	280						-98	-170	-350	-425	-525	-650	-790	-1 000	-1 300	-1 700	4	4	7	9	20	29						
280	315					-62	-108	-190	-390	-475	-590	-730	-900	-1 150	-1 500	-1 900												
315	355						-114	-208	-435	-530	-660	-820	-1 000	-1 300	-1 650	-2 100	4	5	7	11	21	32						
355	400						-126	-232	-490	-595	-740	-920	-1 100	-1 450	-1 850	-2 400												
400	450						-132	-252	-540	-660	-820	-1 000	-1 250	-1 600	-2 100	-2 800	5	5	7	13	23	34						
450	500																											
500	560				-78	-150	-280	-400	-600																			
560	630					-155	-310	-450	-660																			

(continuação)

Table 3 (continued)

Nominal size mm		Fundamental deviation values Upper limit deviation, ES													Values for Δ							
Above	Up to and including	Up to and including IT8	Above IT8	Up to and including IT7	Standard tolerance grades above IT7													Standard tolerance grades				
					P	R	S	T	U	V	X	Y	Z	ZA	ZB	ZC	IT3	IT4	IT5	IT6	IT7	IT8
630	710	-50		Values as for standard tolerance grades above IT7 increased by Δ	-88	-175	-340	-500	-740													
710	800					-100	-185	-380	-560	-840												
800	900	-56					-210	-430	-620	-940												
900	1 000						-220	-470	-680	-1 050												
1 000	1 120	-66				-120	-250	-520	-780	-1 150												
1 120	1 250						-260	-580	-840	-1 300												
1 250	1 400	-78				-140	-300	-640	-960	-1 450												
1 400	1 600						-330	-720	-1 050	-1 600												
1 600	1 800	-92				-170	-370	-820	-1 200	-1 850												
1 800	2 000						-400	-920	-1 350	-2 000												
2 000	2 240	-110			-195	-440	-1 000	-1 500	-2 300													
2 240	2 500					-460	-1 100	-1 650	-2 500													
2 500	2 800	-135			-240	-550	-1 250	-1 900	-2 900													
2 800	3 150					-580	-1 400	-2 100	-3 200													

a For determining the values N and P to ZC, see 4.3.2.5

b Fundamental deviations N for standard tolerance grades above IT8 shall not be used for nominal sizes ≤ 1 mm.

^a For determining the values N and P to ZC, see 4.3.2.5

^b Fundamental deviations N for standard tolerance grades above IT8 shall not be used for nominal sizes ≤ 1 mm.

Veios:

Table 4 — Values of the fundamental deviations for shafts a to j

Fundamental deviation values in micrometres

Nominal size mm		Fundamental deviation values													Lower deviation, <i>e_i</i>		
Above	Up to and includ- ing	Upper limit deviation, <i>e_s</i>													Lower deviation, <i>e_i</i>		
		All standard tolerance grades													IT5 and IT6	IT7	IT8
		a ^a	b ^a	c	cd	d	e	ef	f	fg	g	h	js	j			
—	3	−270	−140	−60	−34	−20	−14	−10	−6	−4	−2	0		−2	−4	−6	
3	6	−270	−140	−70	−46	−30	−20	−14	−10	−6	−4	0		−2	−4		
6	10	−280	−150	−80	−56	−40	−25	−18	−13	−8	−5	0		−2	−5		
10	14	−290	−150	−95	−70	−50	−32	−23	−16	−10	−6	0		−3	−6		
14	18																
18	24	−300	−160	−110	−85	−65	−40	−25	−20	−12	−7	0		−4	−8		
24	30																
30	40	−310	−170	−120	−100	−80	−50	−35	−25	−15	−9	0		−5	−10		
40	50	−320	−180	−130													
50	65	−340	−190	−140		−100	−60		−30		−10	0		−7	−12		
65	80	−360	−200	−150													
80	100	−380	−220	−170		−120	−72		−36		−12	0		−9	−15		
100	120	−410	−240	−180													
120	140	−460	−260	−200		−145	−85		−43		−14	0		−11	−18		
140	160	−520	−280	−210													
160	180	−580	−310	−230		−170	−100		−50		−15	0		−13	−21		
180	200	−660	−340	−240													
200	225	−740	−380	−260		−190	−110		−56		−17	0		−16	−26		
225	250	−820	−420	−280													
250	280	−920	−480	−300		−210	−125		−62		−18	0		−18	−28		
280	315	−1 050	−540	−330													
315	355	−1 200	−600	−360		−230	−135		−68		−20	0		−20	−32		
355	400	−1 350	−680	−400													
400	450	−1 500	−760	−440		−260	−145		−76		−22	0					
450	500	−1 650	−840	−480													
500	560					−290	−160		−80		−24	0					
560	630																
630	710					−320	−170		−86		−26	0					
710	800																
800	900					−350	−195		−98		−28	0					
900	1 000																
1 000	1 120					−390	−220		−110		−30	0					
1 120	1 250																
1 250	1 400					−430	−240		−120		−32	0					
1 400	1 600																
1 600	1 800					−480	−260		−130		−34	0					
1 800	2 000																
2 000	2 240					−520	−290		−145		−38	0					
2 240	2 500																
2 500	2 800																
2 800	3 150																

Deviations = ± IT*n*/2, where *n* is the standard tolerance grade number

^a Fundamental deviations a and b shall not be used for nominal sizes ≤ 1 mm.

Deviations = $\pm ITn/2$, where n is the standard tolerance grade number

^a Fundamental deviations a and b shall not be used for nominal sizes ≤ 1 mm.

(continuação)

Table 5 — Values of the fundamental deviations for shafts k to zc

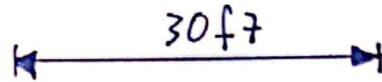
Fundamental deviation values in micrometres

Nominal size mm		Fundamental deviation values Lower limit deviation, <i>ei</i>																
Above	Up to and including	IT4 to IT7	Up to and including IT3 and above IT7	All standard tolerance grades														
				k	m	n	p	r	s	t	u	v	x	y	z	za	zb	zc
—	3	0	0	+2	+4	+6	+10	+14		+18		+20		+28	+32	+40	+60	
3	6	+1	0	+4	+8	+12	+15	+19		+23		+28		+35	+42	+50	+80	
6	10	+1	0	+6	+10	+15	+19	+23		+28		+34		+42	+52	+67	+97	
10	14	+1	0	+7	+12	+18	+23	+28		+33		+40		+50	+64	+90	+130	
14	18											+39	+45		+60	+77	+108	+150
18	24	+2	0	+8	+15	+22	+28	+35		+41	+47	+54	+63	+73	+98	+138	+188	
24	30																	+41
30	40	+2	0	+9	+17	+26	+34	+43		+48	+60	+68	+80	+94	+112	+148	+200	
40	50																	+54
50	65	+2	0	+11	+20	+32	+41	+53	+66	+87	+102	+122	+144	+172	+226	+300	+405	
65	80																	+43
80	100	+3	0	+13	+23	+37	+51	+71	+91	+124	+146	+178	+214	+258	+335	+445	+585	
100	120																	+54
120	140	+3	0	+15	+27	+43	+63	+82	+122	+170	+202	+248	+300	+365	+470	+620	+800	
140	160																	+65
160	180	+4	0	+17	+31	+50	+68	+108	+148	+210	+252	+310	+380	+465	+600	+780	+1 000	
180	200																	+77
200	225	+4	0	+17	+31	+50	+80	+130	+180	+258	+310	+385	+470	+575	+740	+960	+1 250	
225	250																	+84
250	280	+4	0	+20	+34	+56	+94	+158	+218	+315	+385	+475	+580	+710	+920	+1 200	+1 550	
280	315																	+98
315	355	+4	0	+21	+37	+62	+108	+190	+268	+390	+475	+590	+730	+900	+1 150	+1 500	+1 900	
355	400																	+114
400	450	+5	0	+23	+40	+68	+126	+232	+330	+490	+595	+740	+920	+1 100	+1 450	+1 850	+2 400	
450	500																	+132
500	560	0	0	+26	+44	+78	+150	+280	+400	+600								
560	630																	+155
630	710	0	0	+30	+50	+88	+175	+340	+500	+740								
710	800																	+185
800	900	0	0	+34	+56	+100	+210	+430	+620	+940								
900	1 000																	+220
1 000	1 120	0	0	+40	+66	+120	+250	+520	+780	+1 150								
1 120	1 250																	+260
1 250	1 400	0	0	+48	+78	+140	+300	+640	+960	+1 450								
1 400	1 600																	+330
1 600	1 800	0	0	+58	+92	+170	+370	+820	+1 200	+1 850								
1 800	2 000																	+400
2 000	2 240	0	0	+68	+110	+195	+440	+1 000	+1 500	+2 300								
2 240	2 500																	+460
2 500	2 800	0	0	+76	+135	+240	+550	+1 250	+1 900	+2 900								
2 800	3 150																	+580

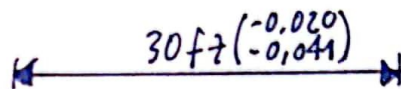
Representação

- Para além da cota nominal surge a indicação do desvio fundamental e da classe de qualidade
- A simbologia ISO pode coexistir com a cotação convencional

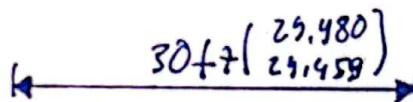
Simbologia ISO



Simbologia ISO e desvios



Simbologia ISO e cotas limites



Explicação:

$$C_{\min} = 30,000 - 0,020 - 0,021 = 29,459 \text{ mm}$$

$$C_{\max} = 30,000 - 0,020 = 29,980 \text{ mm}$$

Neste caso é IT7
pois é f7. O f indica o desvio fundamental (ver na tabela)

$$C_{\min} = \text{cota} + \text{desvio fundamental} + IT$$

$$C_{\max} = \text{cota} + \text{desvio fundamental}$$

Imaginando que a classe é H8-f7 (rotativo justo)

$$C_{\min} = 30,000 + 0,000 = 30,000 \text{ mm}$$

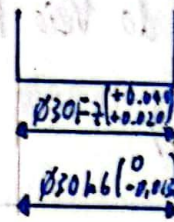
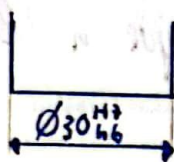
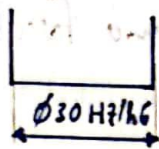
$$C_{\max} = 30,000 + 0,000 + 0,033 = 30,033 \text{ mm}$$

Nas páginas seguintes estão as classes explicadas

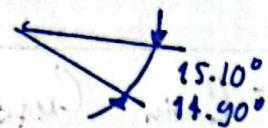
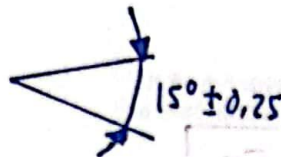
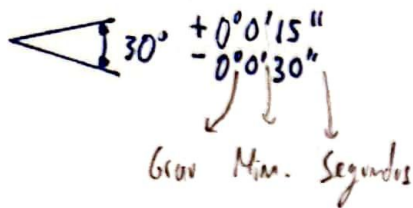
$$C_{\min} = \text{cota} + \text{desvio fundamental}$$

$$C_{\max} = \text{cota} + \text{desvio fundamental} + IT$$

• Tolerâncias em Desenhos de Conjunto



• Tolerâncias Angulares



→ Toleranciamento Dimensional: Ajustamentos

• Ajustamento - Diferença nas dimensões de dois peças ou elementos, antes da montagem.

• Tipos de Ajustamento:

- Folga
- Incerto
- Aperto

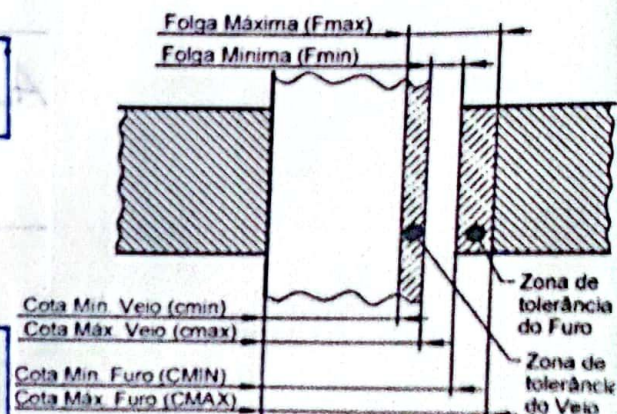
• Ajustamento com Folga

- Cota Máxima do veio (C_{max}) Menor que a Cota Mínima Furo (C_{min})
- Folga Máxima (F_{max})

$$F_{max} = C_{max} - C_{min} = ES - ei$$

- Folga Mínima (F_{min})

$$F_{min} = C_{min} - C_{max} = EI - es$$



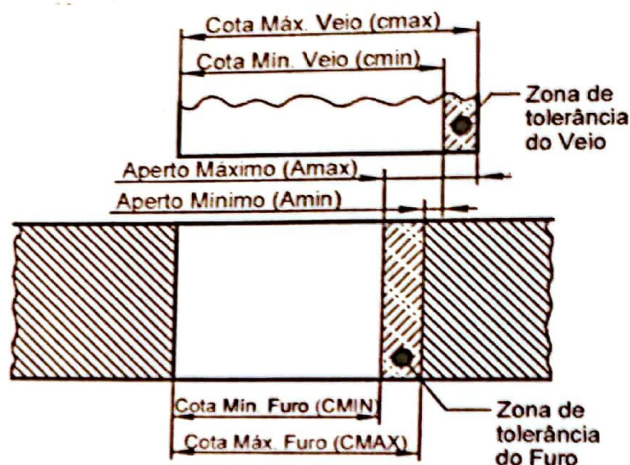
Ajustamento com Aperto

- Cota Mínima (C_{min}) do Veio Menor que a Cota Máxima Furo (C_{max})
- Aperto Máximo (A_{max})

$$A_{max} = C_{max} - C_{min} = ES - EI$$

Aperto Mínimo (A_{min})

$$A_{min} = C_{min} - C_{max} = ei - ES$$

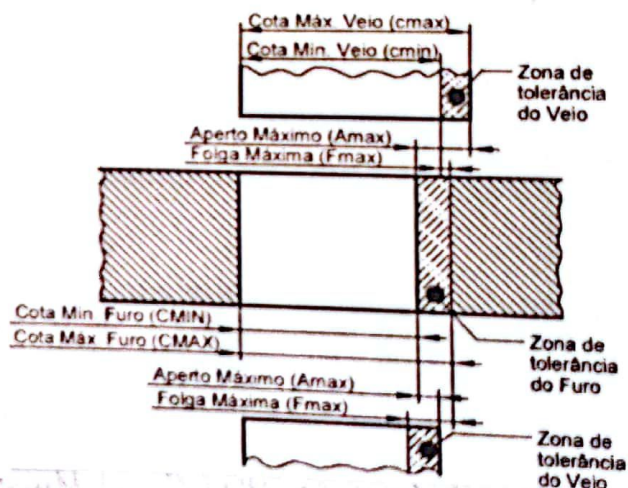


Ajustamento Incerto

- Zonas de Tolerância do Veio e Furo Interseccionam-se

- Dependendo da Peça pode haver aperto ou folga

- Apenas se calculam
 - Folga máxima
 - Aperto máximo



Tolerância do Ajustamento (T_{aj})

- Combinação das zonas de tolerância do veio e furo

$$T_{aj} = F_{max} - F_{min} = A_{max} - A_{min}$$

$$T_{aj} = T + t$$

Classe de Ajustamento

- Combinação de uma classe de tolerância de um furo com uma de um veio.

Classes de Tolerância - ISO 1829

- Combinações normalizadas de classes de tolerância de furos e eixos
- Reduz substancialmente o número de classes de tolerância possíveis.

4.4 Selection of tolerance classes

Whenever possible, the tolerance classes should be chosen from those corresponding to the classes for holes and shafts given in Figures 10 and 11, respectively. The first choice should preferably be made from the tolerance classes, shown in the frames.

NOTE 1 The tolerance system of limits and fits gives the possibility of a very wide choice among the various tolerance classes (see Tables 2 to 5), even if this choice is limited only to those shown in ISO 286-2. By restricting the selection of tolerance classes, an unnecessary multiplicity of tools and gauges can be avoided.

NOTE 2 The tolerance classes of Figures 10 and 11 apply only to general purposes which do not require a more specific selection of tolerance classes. Keyways, for example, require a more specific selection.

NOTE 3 Deviations js and JS may be replaced by the corresponding deviations j and J if necessary in a specific application.

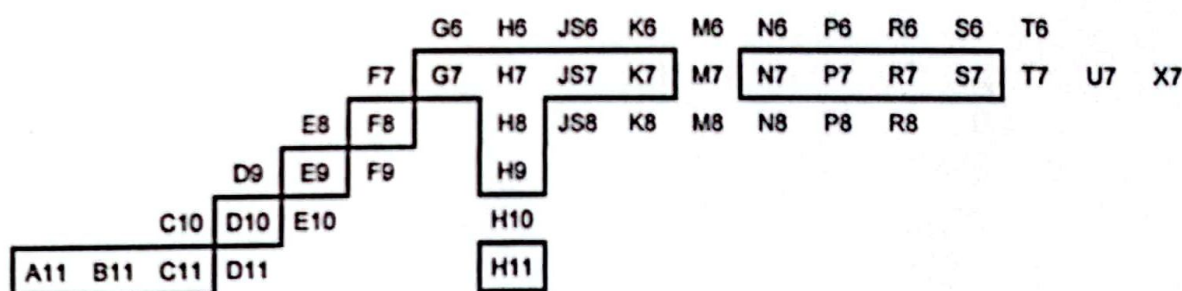


Figure 10 — Holes

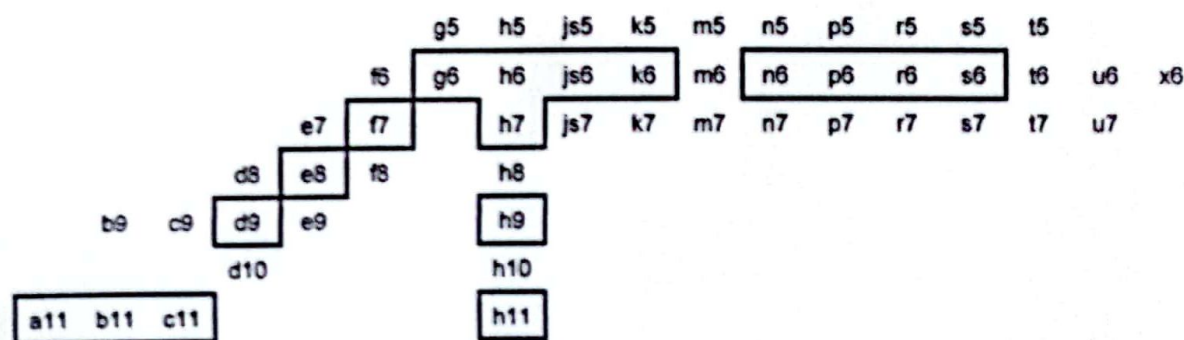


Figure 11 — Shafts

Escolha de Classes de Ajustamento

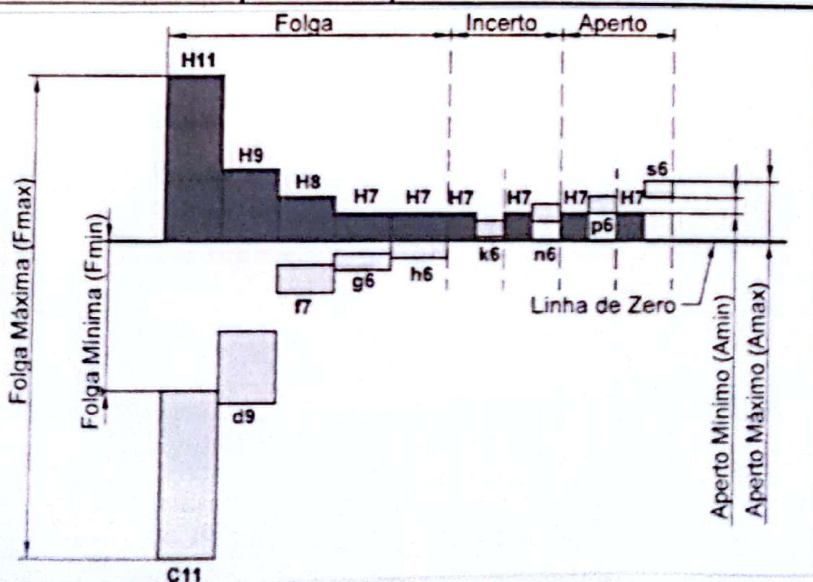
Fatores Importantes

Escolher classes de tolerância em função do ajustamento requerido pelas condições de funcionamento

Tolerâncias devem ser o mais elevadas possível (sem prejudicar os requisitos funcionais)

Escolher uma qualidade inferior para o furo (furos são mais difíceis de maquinar)

Tipo de Ajustamento	Classe	Características	Montagem	Aplicações
Livre	H11-c11	Grande folga, precisão muito fraca, permite grandes velocidades	À mão	Parafusos, eixos
Rotativo	H9-d9	Para movimentos rápidos, permite grandes variações de temperatura e lubrificantes de elevada viscosidade		Casquilhos, êmbolos
Rotativo Justo	H8-f7	Boa precisão garantindo folga, permite velocidades moderadas e lubrificação com lubrificantes de baixa viscosidade		
Deslizante	H7-g6	Permite deslocamentos e rotações com precisão		Guias
Deslizante Justo	H7-h6	Folga mínima nula, permite uma montagem precisa dos veios e uma desmontagem fácil	À mão sob pressão	Rodas dentadas
Ligeiramente Preso	H7-k6	Para montagens que necessitam de uma fixação suficientemente rígida, mas que permita a desmontagem	Com maço	Rolamentos, chavetas
Bloqueado	H7-n6		Com martelo	Engrenagens, rolamentos, uniões
Apertado a Frio	H7-p6	Para peças que necessitam de ser alinhadas e montadas rigidamente. Não permite desmontar	Prensa a frio	Pinhões em veios motores
Apertado a Quente	H7-s6	Para conjuntos cuja função é transmitir grandes esforços	Prensa a quente	Rotores de motores



↑
Ajustamentos Recomendados
(Furo Normal)

→ Estudos de Superfície

- Controlar o acabamento superficial
- Acabamento Superficial afeta:
 - Toleranciamento Dimensional
 - Desgaste da peça
 - Lubrificação
 - Resistência à fadiga
 - Resistência à corrosão
 - Estética
- Normalizado: ISO 1302 - 2002
- Rugosidade
 - Medidas das irregularidades da superfície
- Grav de Acabamento
 - Dimensão do conjunto das irregularidades superficiais
- Estrias
 - Sulcos deixados na superfície pelas ferramentas
- Perfil da Superfície
 - Perfil obtido pelo corte da superfície por um plano
- Medidas de Rugosidade

• Média

$$R_a = \frac{1}{c} \int_0^c |z(x)| dx$$

• Média quadrática

$$R_q = \sqrt{\frac{1}{c} \int_0^c z^2(x) dx}$$



R_a (μm)	Comprimento de base (mm)	Distância entre medições (mm)
0,006 - 0,02	0,08	0,4
0,02 - 0,1	0,25	1,25
0,1 - 2	0,8	4
2 - 10	2,5	12,5
10 - 80	8	40

→ Medidas de rugosidade

Rugosidade e Tolerâncias Dimensionais

Valores de Rugosidade Média (R_a) máxima compatíveis com as Tolerâncias ISO (μm)										
Tolerâncias ISO	Grupos de dimensões (mm)									
	≤ 3		$>3 - \leq 18$		$>18 - \leq 80$		$>8 - \leq 250$		>250	
	Tol. [μm]	R_a [μm]	Tol. [μm]	R_a [μm]	Tol. [μm]	R_a [μm]	Tol. [μm]	R_a [μm]	Tol. [μm]	R_a [μm]
IT6	6	0,2	8 - 11	0,3	13 - 19	0,5	22 - 29	0,8	32 - 40	1,2
IT7	10	0,3	12 - 18	0,5	21 - 30	0,8	35 - 46	1,2	52 - 63	2
IT8	14	0,5	18 - 27	0,8	33 - 46	1,2	54 - 72	2	81 - 97	3
IT9	25	0,8	30 - 43	1,2	52 - 74	2	87 - 115	3	130 - 155	5
IT10	40	1,2	48 - 70	2	84 - 120	3	140 - 185	5	210 - 250	8
IT11	60	2	75 - 110	3	130 - 190	5	220 - 290	8	320 - 400	12
IT12	100	3	120 - 180	5	210 - 300	8	350 - 460	12	520 - 630	20

Manfè G., Pozza R., Scarato G., Disegno Meccanico, Vol. 2, 2004

Rugosidade em função do processo de fabricação

Operação/Processo de Fabrico	Rugosidade Média (μm)												
	50	25	12,5	6,3	3,2	1,6	0,8	0,4	0,2	0,1	0,05	0,025	0,012
Corte por chama													
Corte com serra													
Limar, Aplainar													
Furação (broca helicoidal)													
Mandrilar													
Escarear													
Fresar													
Tornear													
Corte por LASER													
Rectificar													

Equipamentos de Medição

Escala de rugosidade normalizada

- Comparação por toque
- O mais simples
- Requer pessoal especializado

Rugosímetro Manual

- Mais preciso
- Medição direta de rugosidade

Rugosímetro Estacionário

- O mais preciso
- Controlado por Computador
- Trajetória de medição programável
- Limita o tamanho das peças a medir

Recomendações

- A medição deve ser realizada nas direções que fornecem os valores mais elevados
- A calibração dos equipamentos está normalizada
• ISO 5436

Representação

- Simbologia de Estudos de Superfície
- Normalizada na ISO 1302-2002

Símbolo	Significado
✓	Símbolo Básico
▽	Obriga remoção de material (por maquinaria)
▽	Proíbe a remoção de material

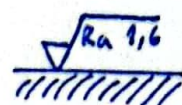
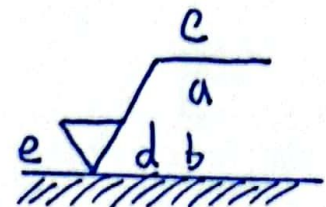
Legendas

a. Qualidade de superfície

- Rugosidade (média ou outra medida)
- Valores em micrômetro (μm)
- Especificações da medição da rugosidade

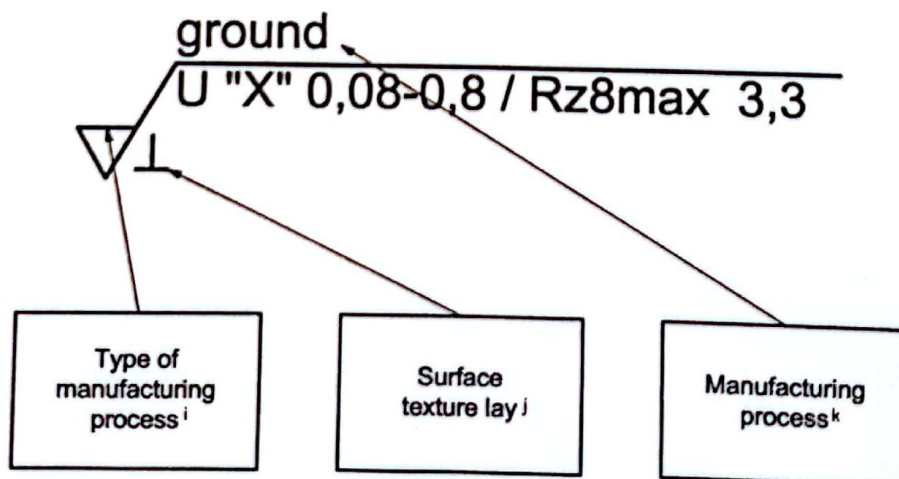
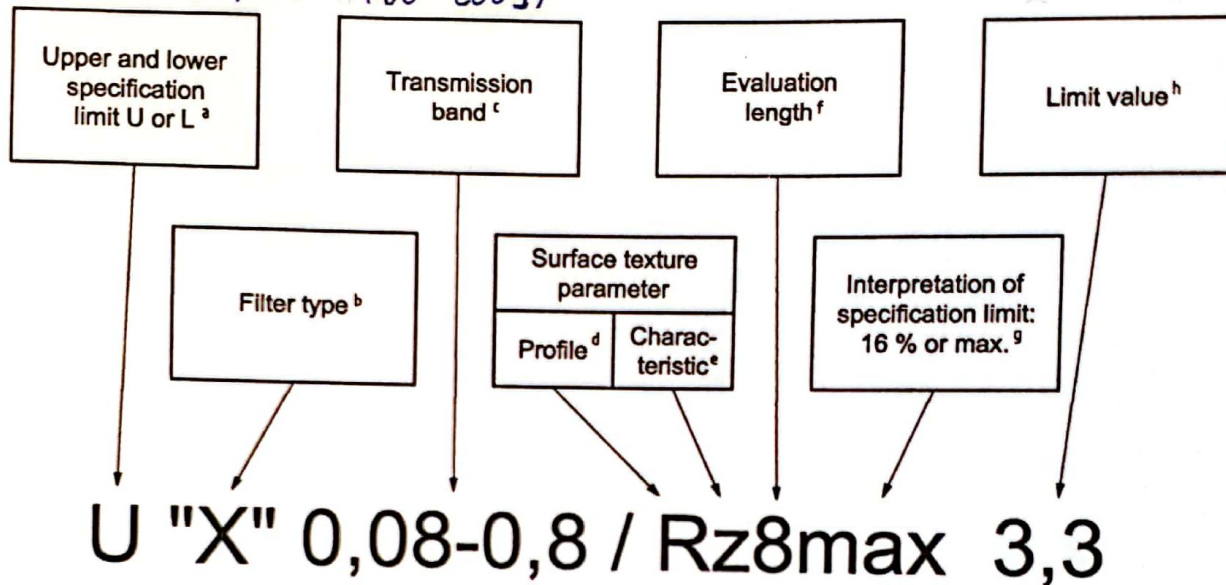
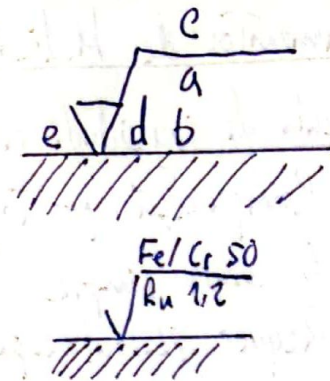
b. Estudos de superfície secundários

- Segue o formato de a.
- O símbolo deve ser aumentado se mais um estudo de superfície secundário é necessário



c. Processo de fabrico

- Indica o processo de fabrico (nome) para atingir o estado de superfície
- Pode indicar o revestimento a acrescentar (ISO 1456-2009)



- a Indication of upper (U) or lower (L) specification limit — see 6.6 for details.
- b Filter type "X". The standardized filter is the Gaussian filter (ISO 11562). The former standardized filter was the 2RC-filter. In the future, other filter types may be standardized. In the transition period it may be convenient for some companies to indicate the filter type on drawings. Filter type may be indicated as "Gaussian" or "2RC". This is not standardized, but an indication of filter name as proposed here is unambiguous.
- c The transmission band is indicated as short-wave or long-wave filter — see 6.5 for details.
- d Profile (*R*, *W* or *P*) — see 6.2 for details.
- e Characteristic/parameter — see 6.2 for details.
- f Evaluation length as the number of sampling lengths — see 6.3 for details. When using motif parameters, the evaluation length is indicated between two oblique strokes in front of the surface texture parameter symbols (see also 6.3.3).
- g Interpretation of the specification limit ("16 %-rule" or "max-rule") — see 6.4 for details.
- h Limit value in micrometres.
- i Type of manufacturing process — see 4.3 and 4.4 for details.
- j Surface texture lay — see clause 8 for details.
- k Manufacturing process — see clause 7 for details.

Table 2 — Indication of surface lay

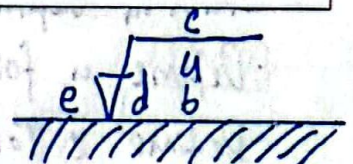
Graphical symbol	Interpretation and example	
=	Parallel to plane of projection of view in which symbol is used	
⊥	Perpendicular to plane of projection of view in which symbol is used	
X	Crossed in two oblique directions relative to plane of projection of view in which symbol is used	
M	Multi-directional	
C	Approx. circular relative to centre of surface to which symbol applies	
R	Approx. radial relative to centre of surface to which symbol applies	
P	Lay is particulate, non-directional, or protuberant	

If it is necessary to specify a surface pattern which is not clearly defined by these symbols, this shall be achieved by the addition of a suitable note to the drawing.

e. Sobre Espessura

Normalmente aplicada a peças submetidas a vários processos de maquinagem

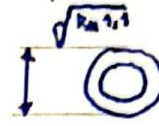
Indica a quantidade de material a deixar para posterior maquinagem



Turned
3 $\sqrt{Rz 3,1}$

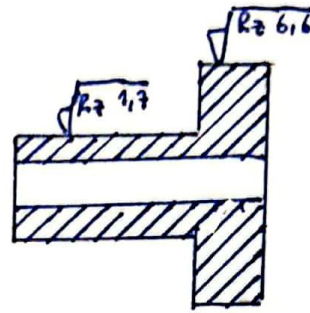
- Posicionamento do símbolo
- Semelhante a cotas (ISO 129-1)

• Em superfícies cilíndricas



Simplificações

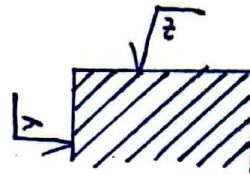
- União das superfícies com o mesmo estado
- Indicar junto à legenda com as exceções entre parêntesis



$$\sqrt{Ra 2,5} \left(\sqrt{Ra 1,7} \quad \sqrt{Ra 6,6} \right)$$

Símbolos complexos

- Indicar junto à peça, legenda ou espaço para notas.



$$\sqrt{z} = \sqrt{\frac{URz 1,7}{L Ra 0,9}}$$

$$\sqrt{y} = \sqrt{Ra 3,1}$$

- Toleranciamento Geométrico: Aspectos Gerais e Toleranciamento de Forma
- Toleranciamento Dimensional não é suficiente para garantir montagem
 - Linguagem rigorosa para toleranciar
 - Forma
 - Orientação
 - Posição
 - Normalizada no Sistema ISO (ISO 8015, ISO 14660-1, ISO/TS17...)
 - O Toleranciamento Geométrico
 - Facilita definição dos processos de fabrico
 - Define a forma de verificação de qualidade
 - Define e tolerancia as relações geométricas com base na função
 - Permite tolerâncias menores para a mesma funcionalidade
 - Apenas especificadas quando essenciais

Elemento

- termo geral aplicado a uma porção física (ex: superfície, furo, rebo)

Elemento Dimensional

- Corresponde a uma cota associada a um elemento ou conjunto de elementos.

Referencial

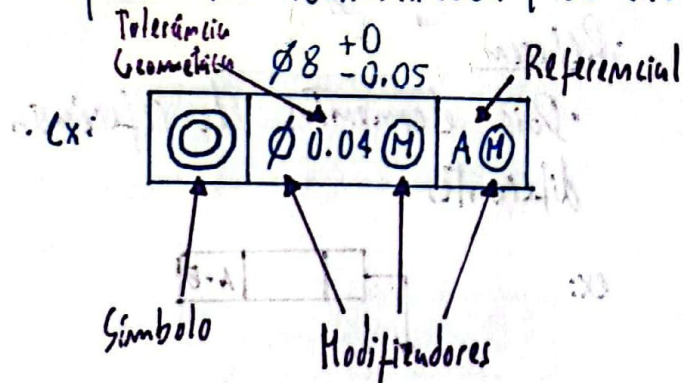
- Elemento em relação ao qual é definida uma tolerância geométrica

Zona de tolerância

- Área ou volume definidos pelos valores das tolerâncias geométricas

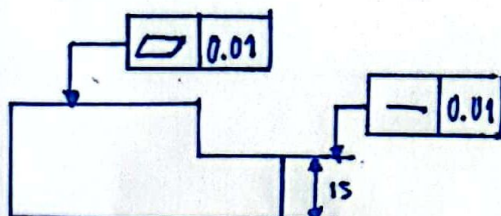
Representação de tolerâncias geométricas

- Representação Normalizada (ISO 1101, ISO 5459)



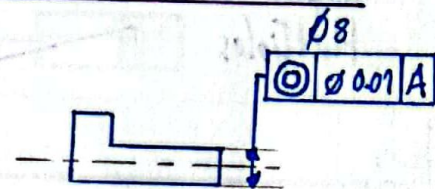
Representação em Arestas ou Superfícies

- Seta aponta diretamente para o elemento.
- Para uma linha de chamada no prolongamento do elemento

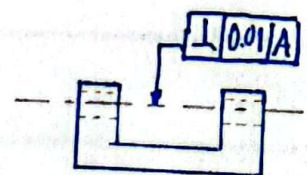


Representação em Eixos e Linhas de Centro

- Seta aponta para o prolongamento da linha de cota.

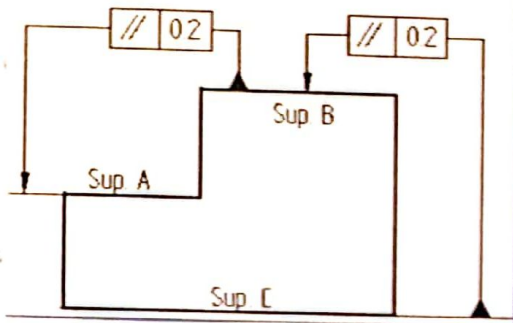


- Seta aponta diretamente para o eixo



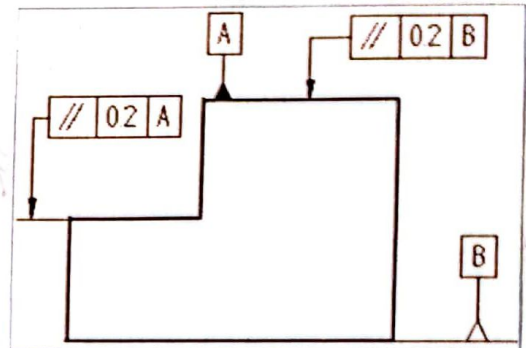
Referenciais - Indicação Direta

- Quadro da tolerância é ligado diretamente por linha de chamada ao elemento que serve de referencial



Referenciais - Indicação Indireta

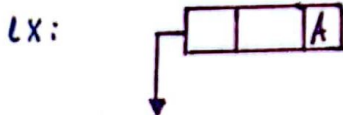
- Elemento de referência identificado por uma linha de chamada e uma letra



Referenciais Múltiplos

Referencial singular

- Apenas um elemento de referência



Referencial Composto

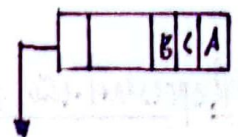
- Dois elementos de referência diferentes



Referenciais Múltiplos

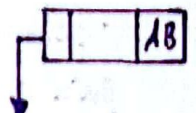
Com ordenação

- Primário: B
- Secundário: C
- Terciário: A



Sem ordenação

ordem dos referenciais é indiferente

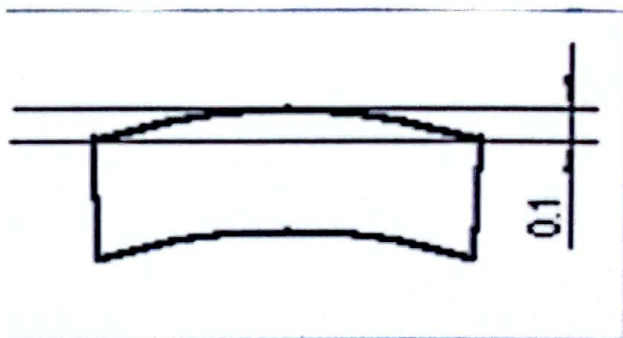
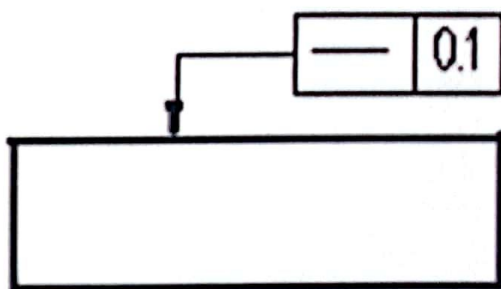


Símbolos

Símbolo	Característica Toleranciada	Indicação do Referencial
—	Rectilismo	Nunca
▱	Planeza	
○	Circularidade	
⊘	Cilindricidade	
⌒	Forma de um contorno	Facultativo
⌒	Forma de uma superfície	

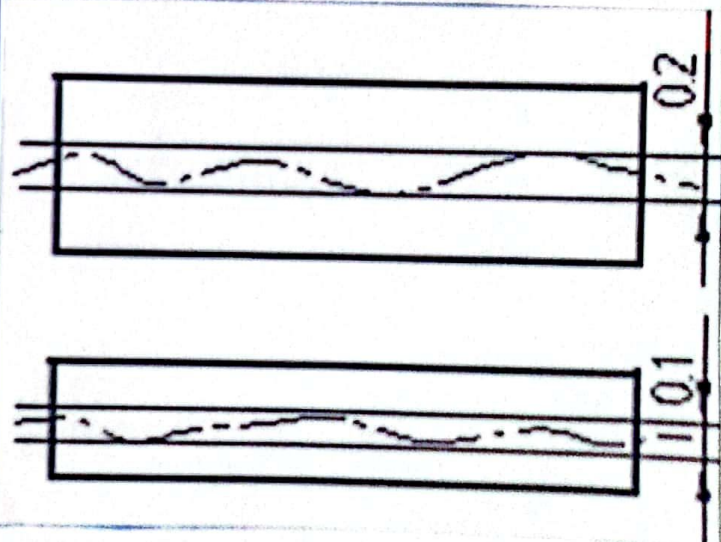
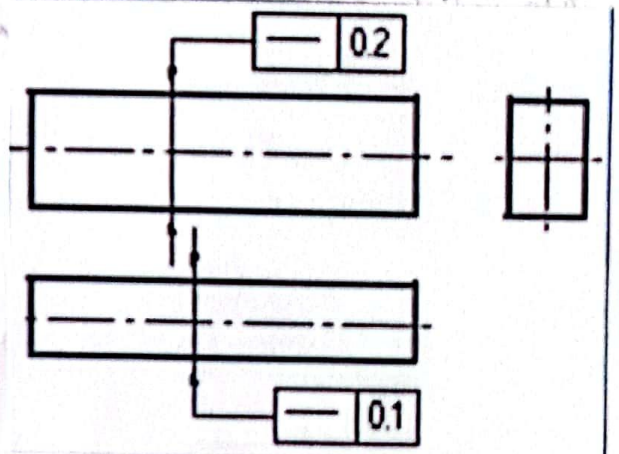
Rectilismo

- Definida numa aresta
- Qualquer linha paralela ao plano de projeção tem que estar contida entre duas linhas paralelas com 0,1mm de separação.



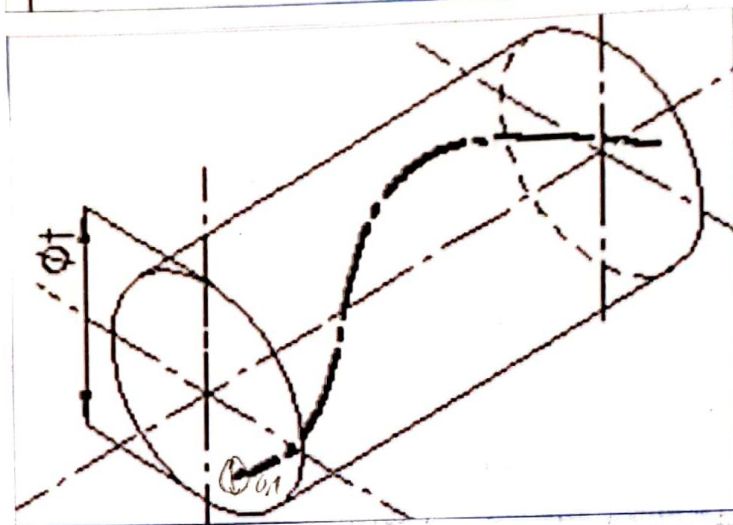
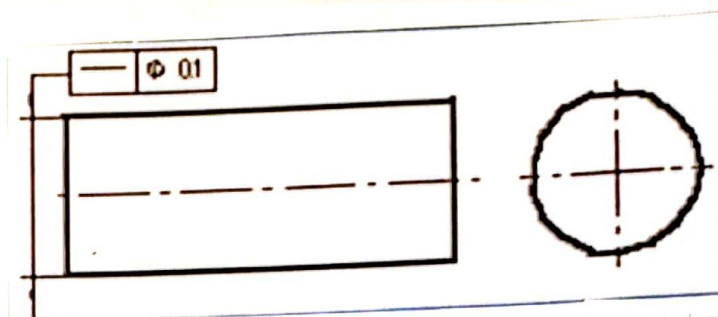
Dois direcções perpendiculares definidas

- A linha de eixo deve estar contida dentro do paralelepípedo com dimensões 0,1 por 0,2mm



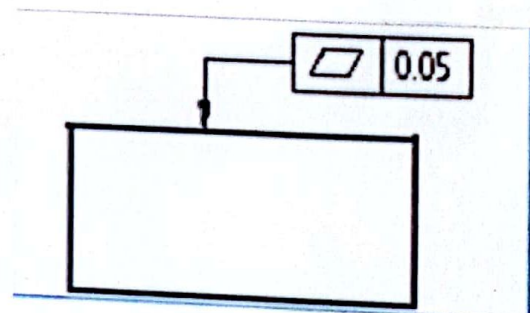
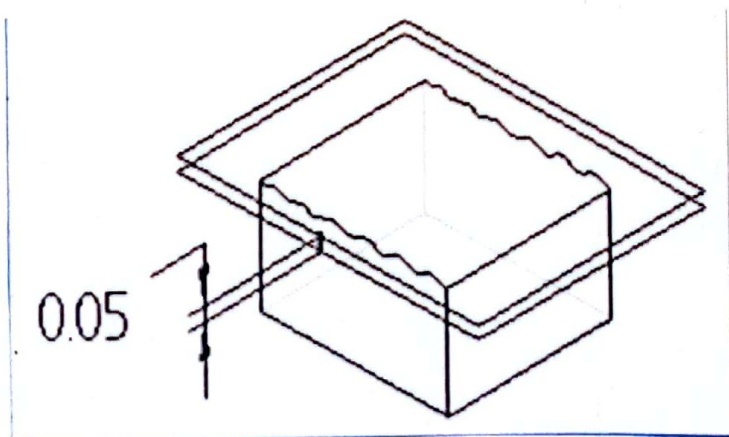
Definido num cilindro

O eixo do cilindro tem de estar contido numa zona de tolerância cilíndrica de diâmetro 0,1mm



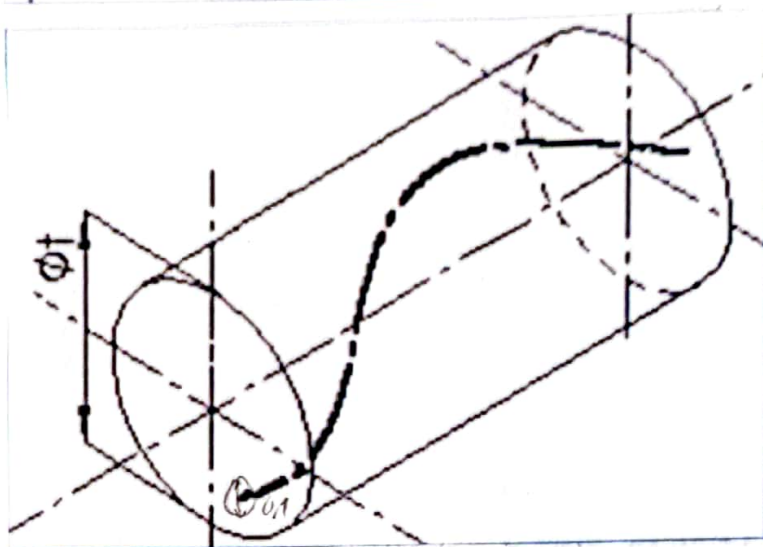
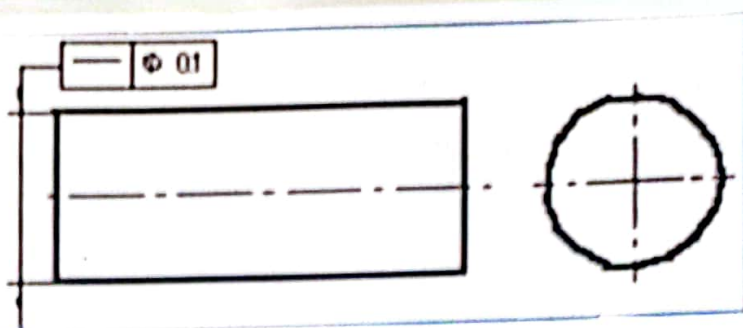
Planicidade

Superfície tem que estar contida entre dois planos paralelos que distam entre si 0,05mm



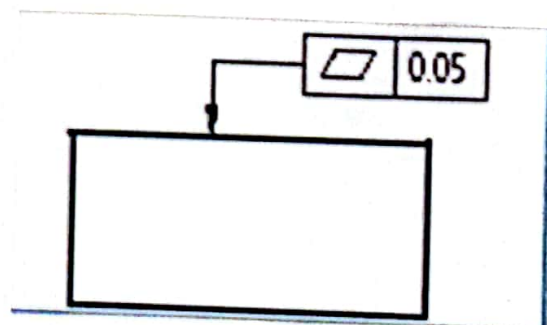
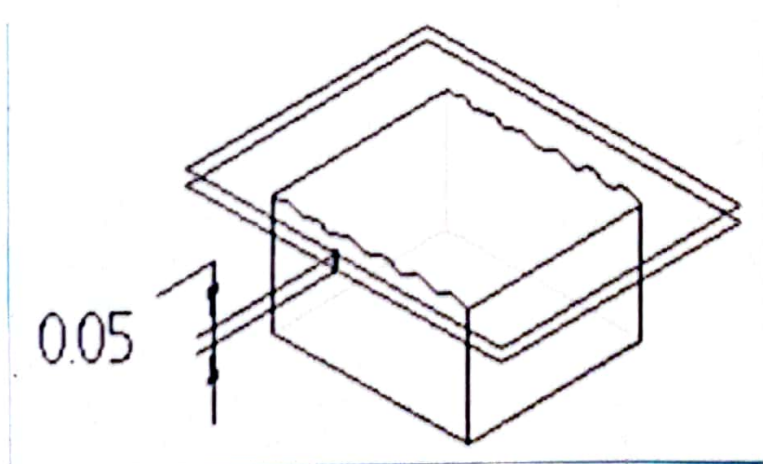
Definido num cilindro

- O eixo do cilindro tem de estar contido numa zona de tolerância cilíndrica de diâmetro $0,1\text{mm}$



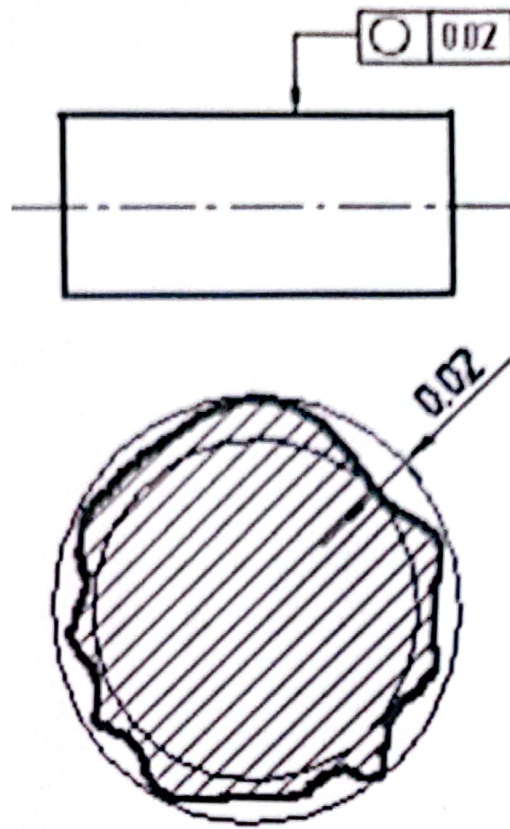
Plumetea

- Superfície tem que estar contida entre dois planos paralelos que distam entre si $0,05\text{mm}$



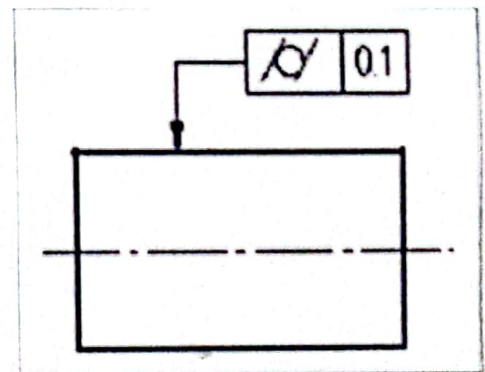
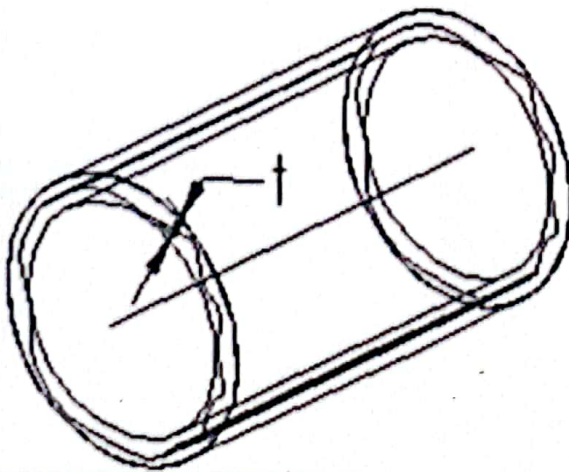
Circularidade

- Todas as seções transversais da peça têm que estar contidas entre dois círculos com uma diferença de raio de $0,02\text{mm}$



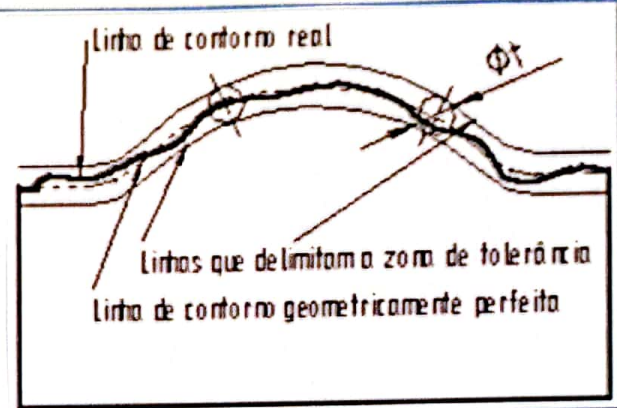
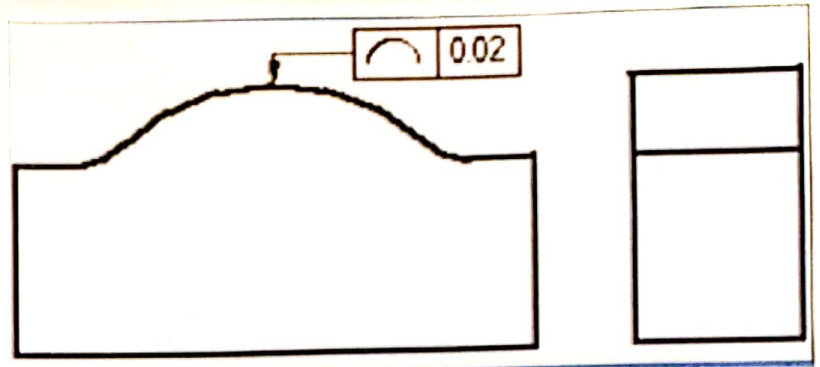
Cilindricidade

- A superfície do cilindro tem que estar contida entre dois cilindros coaxiais com uma diferença de raio de $0,1\text{mm}$.
- Combinação
 - Retilismo num cilindro
 - Circularidade



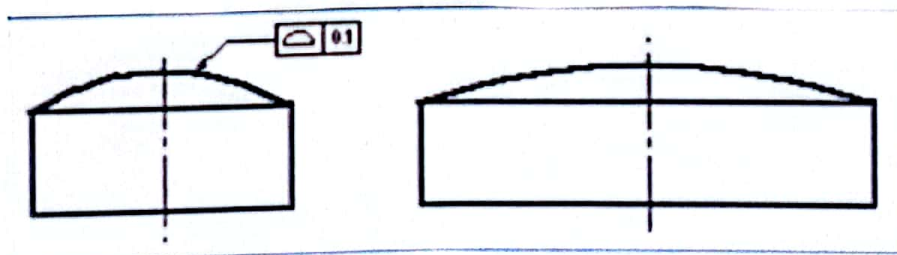
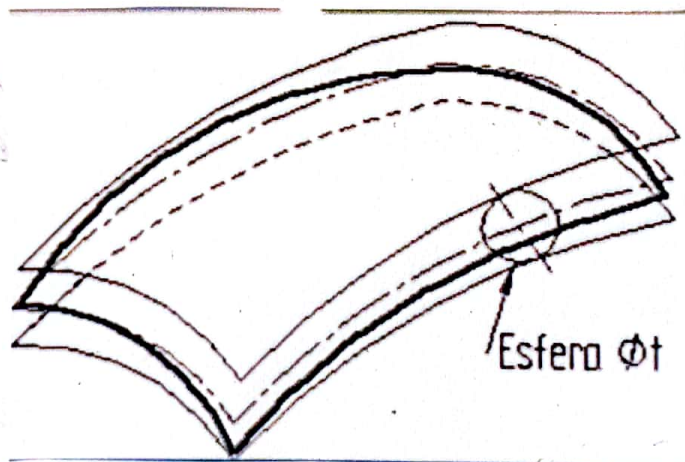
Forma de Contorno

- Semelhante ao retilismo
- Para contornos arbitrários
- Limites especificados por linhas tangentes a círculos de raio $0,02\text{mm}$ com o centro no contorno definido



Forma de Superfície

- Semelhante à planicidade
- Para superfícies arbitrárias
- Limites especificados por superfícies tangentes a esferas de raio $0,1\text{mm}$ com o centro na superfície definida



Toleranciamento Geométrico: Toleranciamento de Orientação e Posição

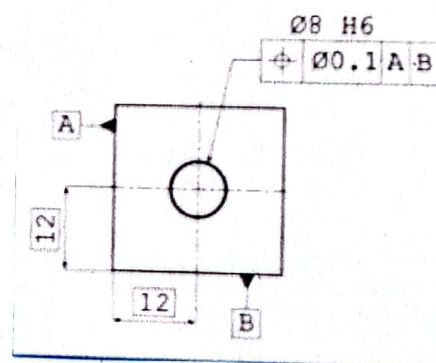
Cotas Teoricamente Exatas

Toleranciamento Geométrico de Posição

Símbolo	Característica Toleranciada	Indicação do Referencial
$\oplus$	Posição	Sempre
$\equiv$	Simetria	
$\odot$	Concentricidade ou Coaxialidade	

Cotas teoricamente Exatas

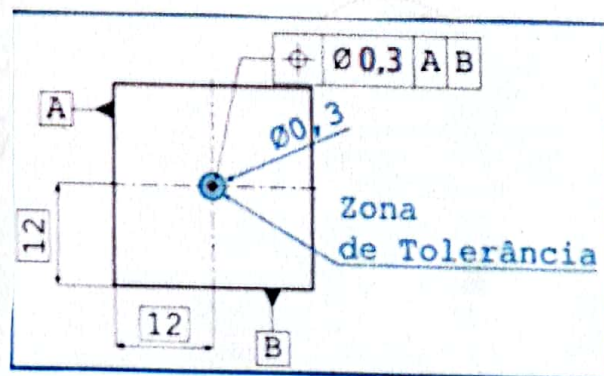
- Cotas de elementos com tolerâncias de posição ou orientação
- Cotas inscritas num retângulo
- Não faz sentido utilizar tolerâncias dimensionais e geométricas de posição ao mesmo tempo



Posição

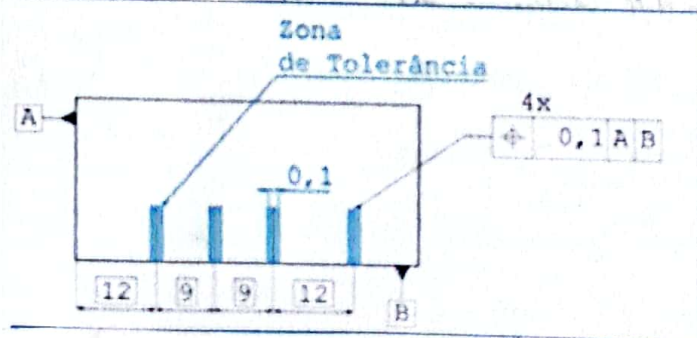
Posição de um ponto

- O ponto deve estar contido num círculo de diâmetro 0,3mm



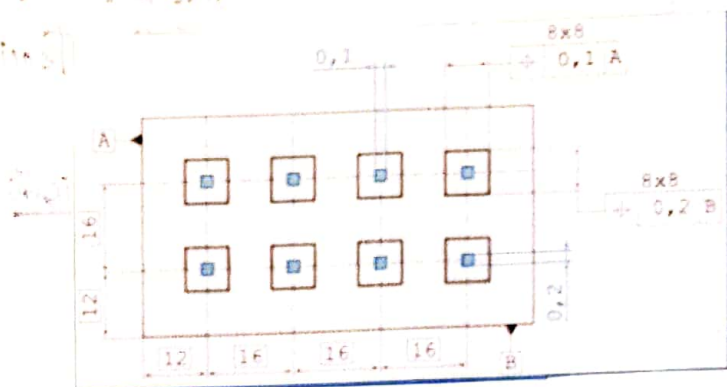
Posição de uma linha

- A linha deve estar contida entre duas linhas paralelas afastadas em 0,1mm



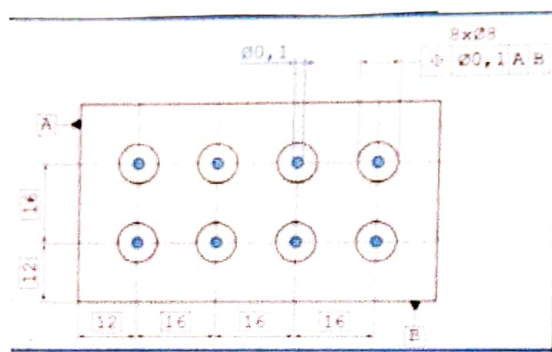
• posição em duas direções

- O eixo de cada furo deve estar dentro de um retângulo com dimensões $0,1\text{mm} \times 0,2\text{mm}$



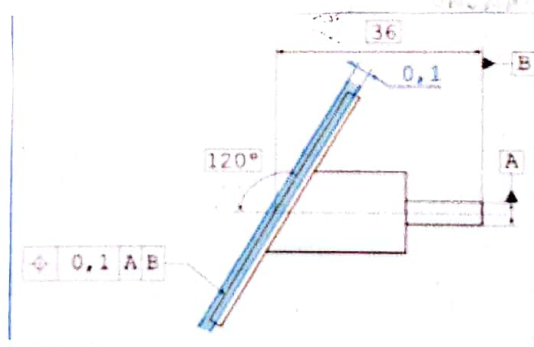
• zona de tolerância circular

- O eixo de cada furo deve estar dentro de um círculo com diâmetro $0,1\text{mm}$



• posição de um plano

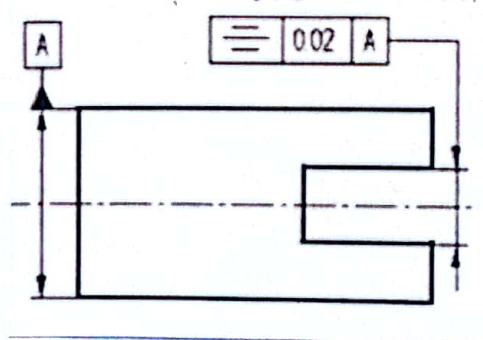
- O plano deve estar contido entre dois planos afastados $0,1\text{mm}$ posicionados relativamente aos referências



• Simetria

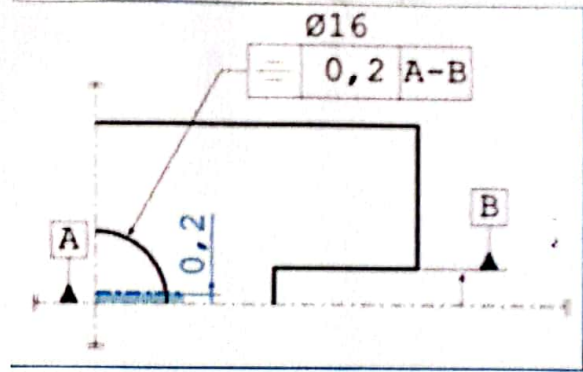
- tolerância de um plano médio

- O plano médio da reentrância tem que estar contido entre dois planos separados por $0,02\text{mm}$, posicionados simetricamente ao plano de simetria A



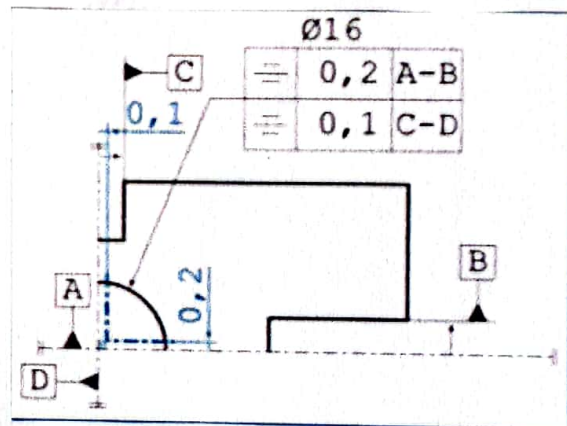
Tolerância de um eixo

- O eixo do furo tem que estar contido entre duas linhas paralelas simétricas separadas por 0,2mm relativamente ao plano de simetria A-B



Tolerância de dois eixos

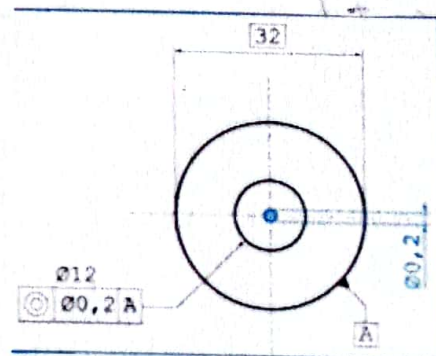
- O centro do furo deve estar dentro de um paralelepípedo com $0,1 \times 0,2\text{mm}$ simétrico aos planos de simetria A-B e C-D



Com centridade ou coaxialidade

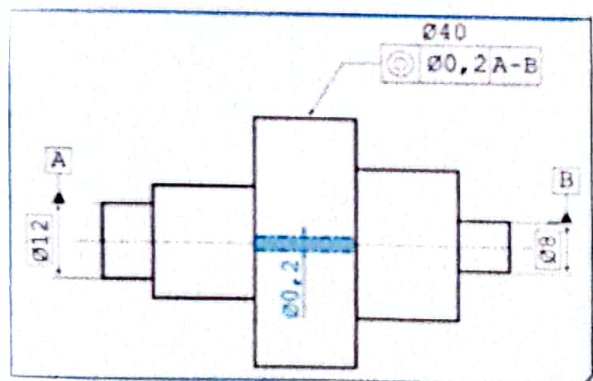
Concentricidade de um ponto

- O centro do furo deve estar contido numa zona de tolerância circular com 0,2mm de diâmetro



Coaxialidade de um eixo

- O eixo do cilindro deve estar contido num cilindro com diâmetro 0,2mm centrado no eixo A-B



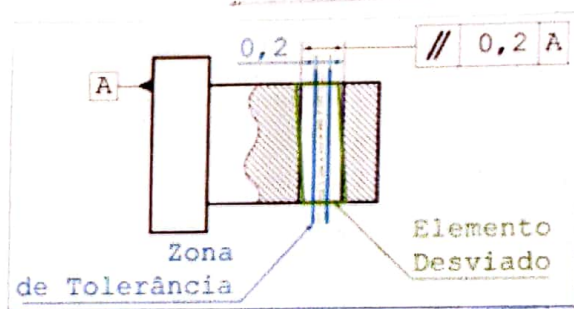
-1 Toleranciamento geométrico de orientação

Símbolo	Característica Toleranciada	Indicação do Referencial
//	Paralelismo	Sempre
⊥	Perpendicularidade	
∠	Angularidade	

Paralelismo

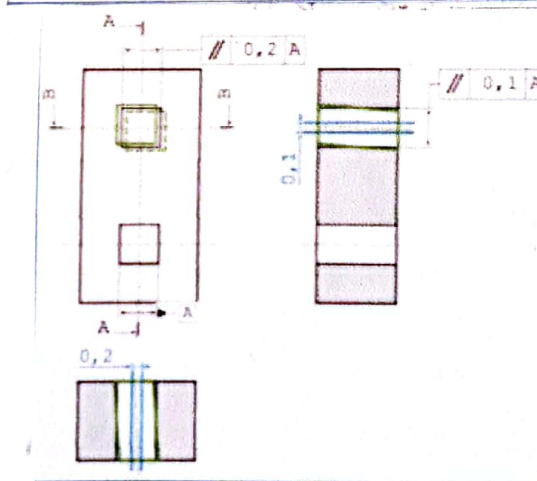
Zona de tolerância definida num plano

- O eixo toleranciado está contido entre duas linhas paralelas à aresta A distando 0,2mm



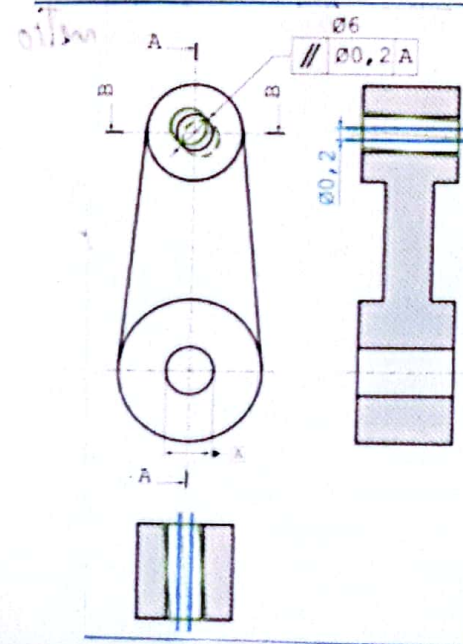
Tolerância Paralelepipedica

- O eixo toleranciado deve estar contido num paralelepípedo com largura 0,2mm, altura 0,1mm. As arestas ao comprimento são paralelas a A



Tolerância Cilíndrica

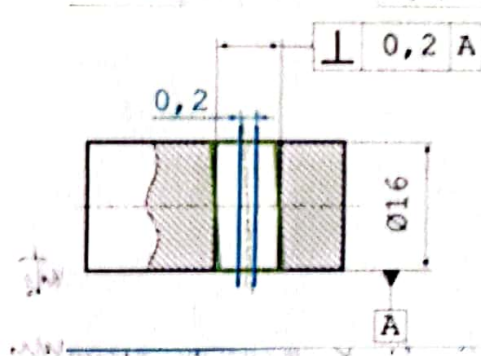
- O eixo toleranciado deve estar contido num cilindro com diâmetro 0,2mm e eixo paralelo a A



Perpendicularidade

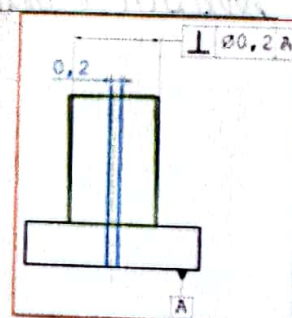
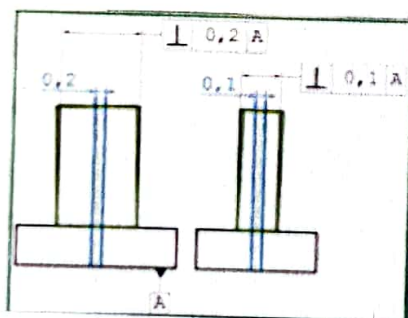
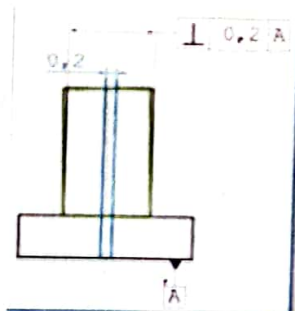
Perpendicularidade entre linhas

- O eixo tolerenciado está entre duas linhas perpendiculares ao eixo definido por A, distando 0,2mm entre si



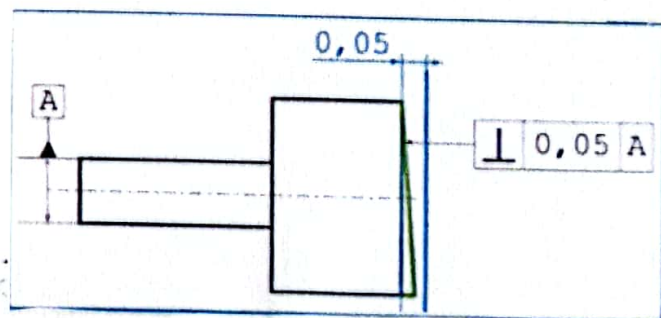
Perpendicularidade entre linha e superfície

- Norma direção: eixo entre duas linhas perp. a A
- Duas direções: eixo dentro paralelepípedo perp. a A
- Cilíndrica: eixo dentro de cilindro perpendicular a A



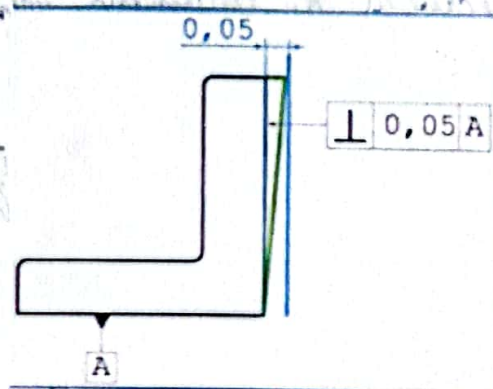
Entre uma superfície e uma linha

- A superfície está dentro de dois planos perpendiculares ao eixo definido por A, distando 0,05mm entre si



Entre duas superfícies

- A superfície está dentro de dois planos perpendiculares ao plano A, distando 0,05mm entre si

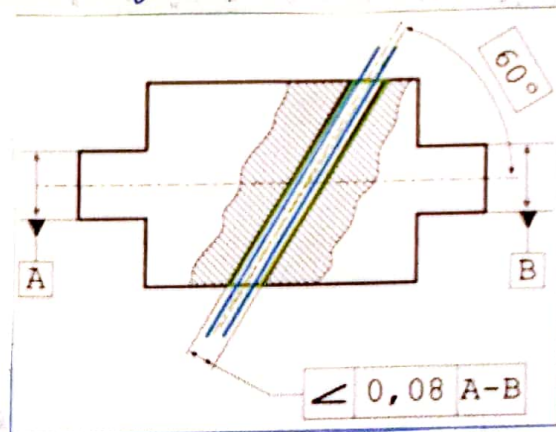


Angulicidade

• Generalização da perpendicularidade para ângulos arbitrários

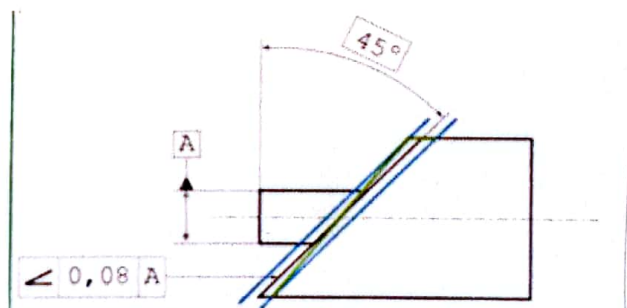
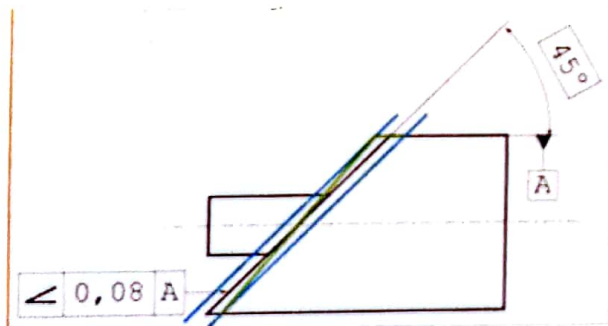
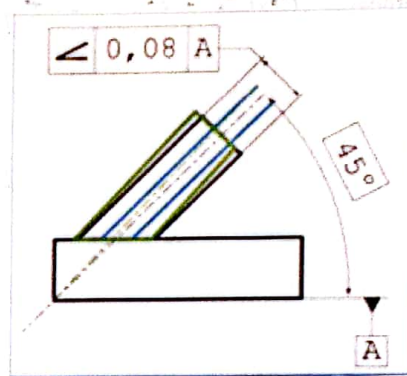
Angulicidade entre linhas

- O eixo do furo está entre duas linhas a 60° relativamente ao eixo A-B distando 0,08mm



Angulicidade

- Entre linha e superfície
- Entre superfície e linha
- Entre duas superfícies



Toleranciamento Geométrico: Batimento e toleranciamento Geométrico geral

As tolerâncias de Batimento controlam simultaneamente desvios de forma e de localização de um dado elemento relativamente aos referenciais.

São medidas dinamicamente (exigem uma revolução de 360° da peça)

A sua aplicação é limitada a peças de revolução

• Butimento Circular

- Radial
- Axial

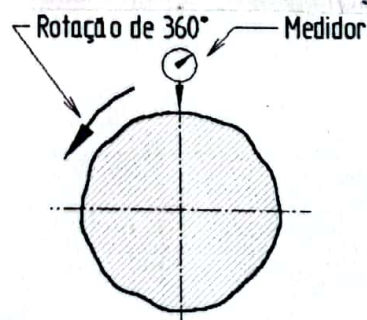
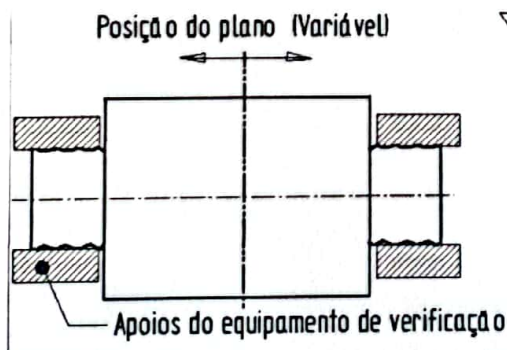
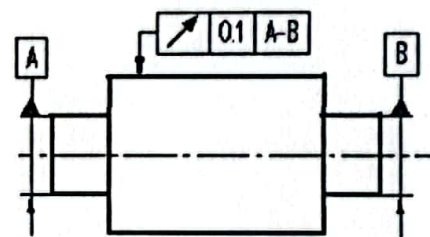
• Butimento Total

- Radial
- Axial

→ Tolerância de Butimento Circular

• Butimento - Radial

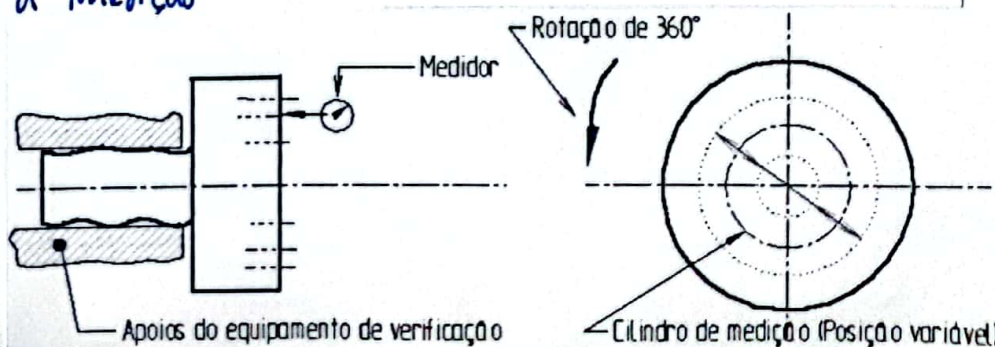
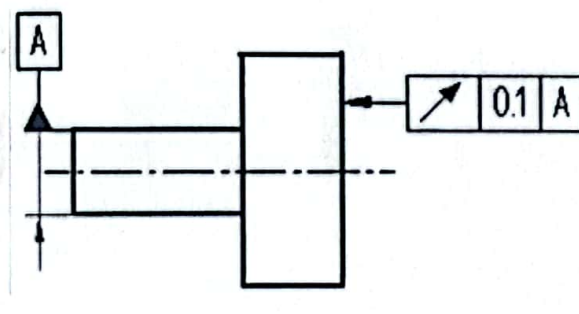
O butimento radial não deve ser superior a 0,1mm durante uma rotação completa da peça, e para qualquer um dos planos correspondentes a cada uma das seções transversais da peça



A cilindridade e coaxialidade são verificadas automaticamente

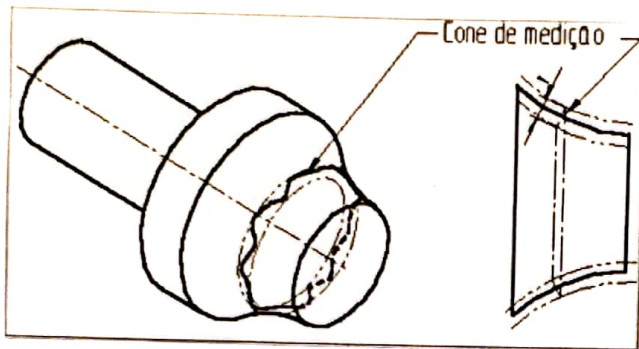
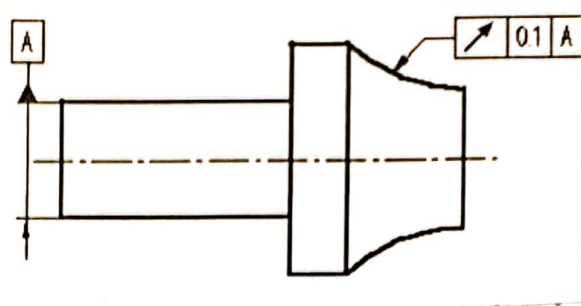
• Butimento Axial

Idêntica à indicada para o butimento radial, com a diferença que a medição é axial.



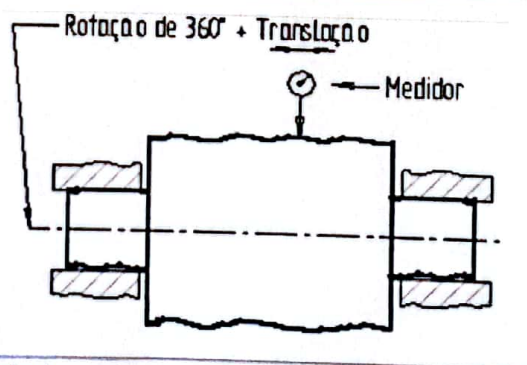
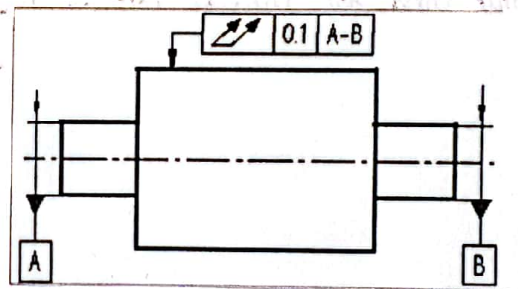
Batimento em qualquer direção

O batimento na direção normal à superfície considerada, não pode exceder 0.1mm, durante uma rotação completa da peça.



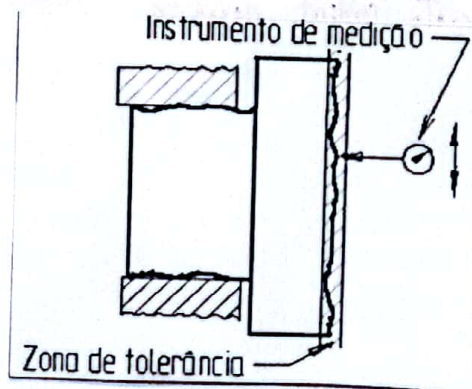
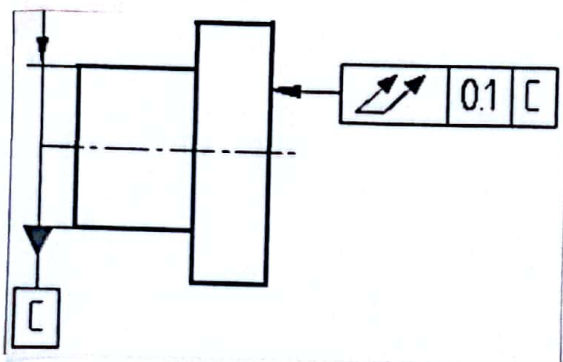
Batimento total radial

A diferença entre o batimento e o batimento total é que o primeiro é verificado independentemente para cada seção, enquanto o batimento total é verificado para todas as seções.



Batimento total axial

Semelhante ao batimento mas para toda a superfície.



- tal como para o toleranciamento dimensional, a indicação do toleranciamento geométrico nos desenhos pode ser simplificada quando a classe de tolerância é igual para todas as características geométricas toleranciadas.

- 3 classes gerais do toleranciamento geométrico (H, K, L)

- As tolerâncias geométricas gerais não se aplicam:

· Cilindricidade e coaxialidade

· Contorno de linhas e de superfícies

· Angularidade e tolerância de posição

· Batimento total

Classe de Tolerância	Tolerância Geral de Retilismo e Planeza para a gama de comprimentos nominais (mm)					
Designação	≤10	10 a 30	30 a 100	100 a 300	300 a 1000	1000 a 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

Classe de Tolerância	Tolerância Geral de Perpendicularidade para a gama de comprimentos nominais (mm)			
Designação	≤100	100 a 300	300 a 1000	1000 a 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

Classe de Tolerância	Tolerância Geral de Simetria para a gama de comprimentos nominais (mm)			
Designação	≤100	100 a 300	300 a 1000	1000 a 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

Classe de Tolerância	Tolerância Geral de Batimento (mm)
H	0,5
K	1
L	2

Toleranciamento Geométrico: Princípios Fundamentais do Toleranciamento

Princípio da Independência

- Tolerâncias Dimensionais e Geométricas são verificadas independentemente.

- Devo ser indicado junto à legenda: ISO 8015
- Pode ser revogado em casos especiais com indicação no desenho - Modificadores

Princípio do Máximo Material

- Facilita o fabrico ao permitir tolerâncias mais elevadas, sem prejudicar a montagem
- Pode ser aplicado a elementos e/ou referenciais.
- Da aplicação do máximo material resulta uma tolerância de bônus

Condição de máximo material (CMM)

- O elemento tem a maior quantidade possível de material, permitido pelo toleranciamento dimensional.

Condição de mínimo material (CmM)

- Idem, para a mínima quantidade de material

Condição Virtual (CV)

- Corresponde à fronteira limite de um elemento geometricamente perfeito
- obtida a partir das cotas (em máximo material) e tolerâncias inscritas no desenho
- A CV não pode ser violada
- À Condição Virtual está associada a Cota Virtual

No caso de um veio, corresponde à soma da cota na situação de máximo material (cota máxima) e o valor das tolerâncias geométricas

No caso de um furo corresponde à subtração da cota na situação de máximo material (cota mínima) e o valor das tolerâncias geométricas