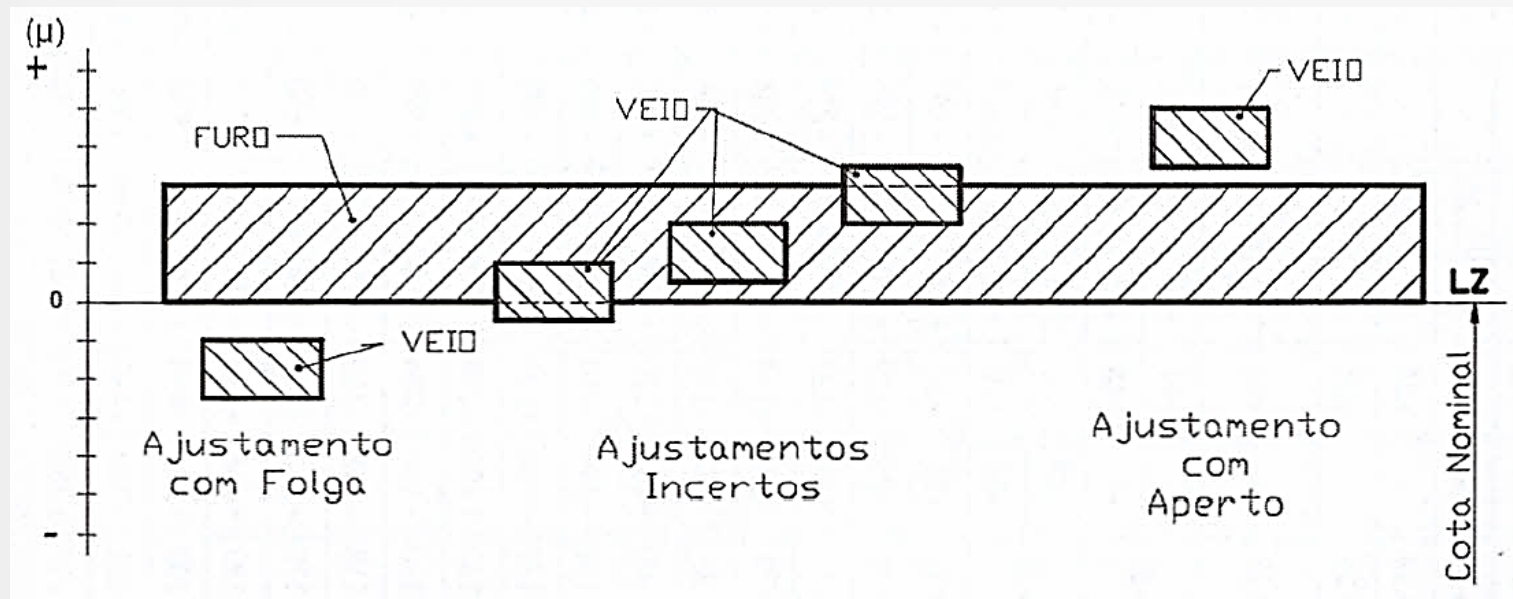


- Generalidades



Acetatos e imagens baseados nos livros:

- Desenho Técnico Moderno, Arlindo Silva, João dias, Luís Sousa, 2º Ed., Lidel
- Desenho Técnico Básico, vol.3, Simões Morais, 23ªEd., Porto Editora, Lda
- Desenho Construção Metalomecânica, Pedro Martins, 1ªEd, CENFIM, FCA, Lidel



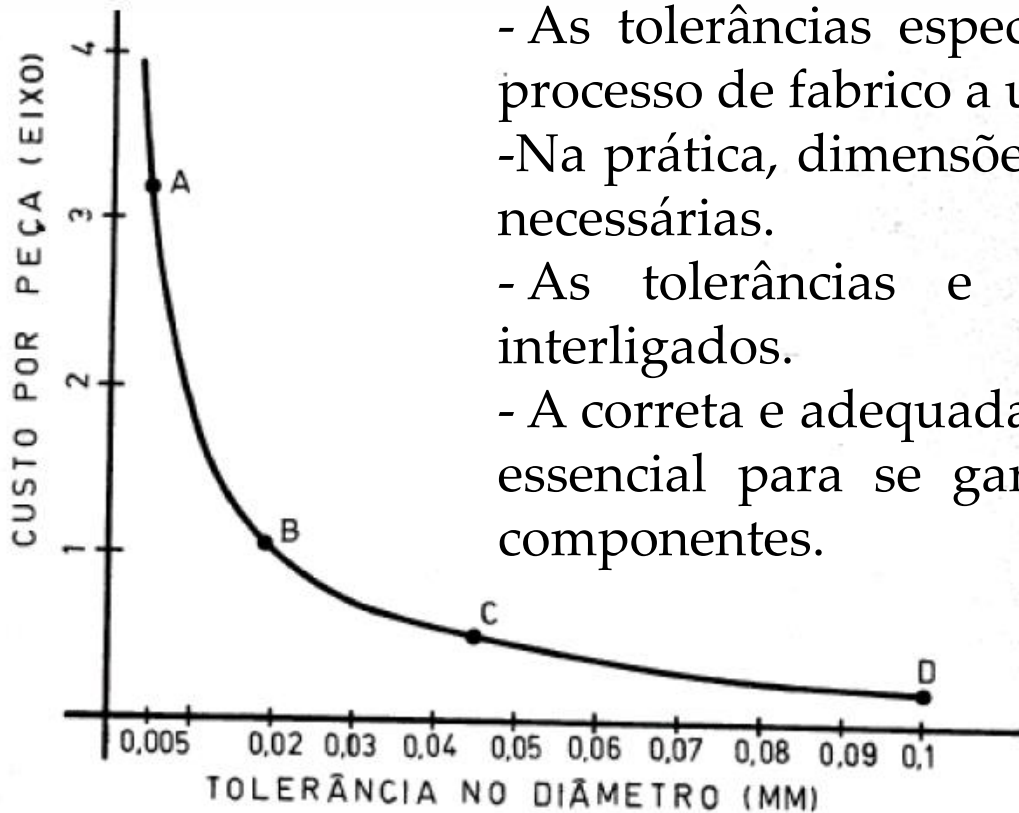
Objetivos

- Compreender a importância do toleranciamento dimensional para o fabrico;
- Usar o sistema ISO de desvios e ajustamentos;
- Determinar o tipo de ajustamento mais adequado em cada situação ;
- Ler e inscrever cotas toleranciadas nos desenhos;
- Conhecer a interação do toleranciamento com os processos de fabrico e de verificação;
- Especificar o acabamento superficial das peças e indicá-lo nos desenhos.



Toleranciamento Dimensional

- O toleranciamento dimensional destina-se a limitar os erros dimensionais no fabrico das peças.
- Quanto maior é a precisão exigida, maior é o custo.



Varição do custo de fabricação de um eixo com a tolerância

- As tolerâncias especificadas podem condicionar o processo de fabrico a usar e vice-versa,
- Na prática, dimensões exatas não são possíveis nem necessárias.
- As tolerâncias e estados de superfície estão interligados.
- A correta e adequada especificação das tolerâncias é essencial para se garantir a correta montagem de componentes.



Toleranciamento Dimensional - Definições

Elemento – Uma característica ou pormenor individual da peça, como seja uma superfície, uma reentrância, um cilindro, um furo ou uma linha de eixo.

Veio – Elemento interno que, numa montagem, vai estar contido noutra peça.

Furo – Elemento externo que, numa montagem, vai conter outra peça.

Tolerância (T) – É a quantidade que uma dimensão especificada pode variar.

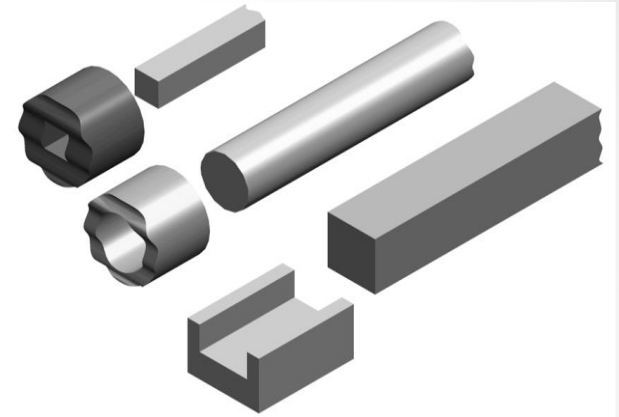
$$T = C_{max} - C_{min}$$

Zona de tolerância – Zona compreendida entre a cota máxima e a cota mínima.

Tolerância fundamental (IT) – Classe de qualidade de acordo com o sistema ISO de desvios e ajustamentos.

Desvio fundamental – É a posição da zona de tolerância em relação à linha de zero.

Classe da tolerância – Termo usado para designar a combinação de uma tolerância fundamental com um desvio fundamental, (Exemplo h8 ou G10).



Toleranciamento Dimensional - Definições

Cota Máxima (C_{max}, c_{max}) – Dimensão máxima permitida ao elemento.

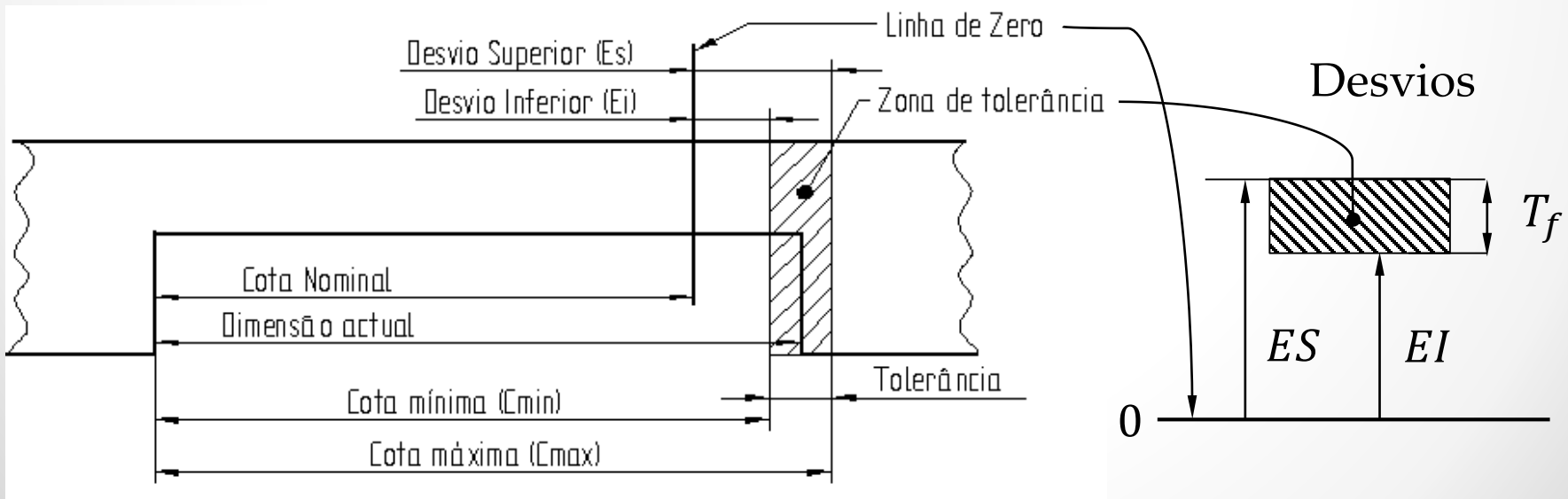
Cota Mínima (C_{min}, c_{min}) – Dimensão mínima permitida ao elemento.

Cota Nominal (C_n, c_n) – Cota não toleranciada inscrita nos desenhos.

Desvio Superior (ES, es) - $ES = C_{max} - C_n$ / $es = c_{max} - c_n$

Desvio Inferior (EI, ei) - $EI = C_{min} - C_n$ / $ei = c_{min} - c_n$

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





Sistema ISO - Tolerâncias Lineares

O valor da tolerância depende de três factores:

- 1) Cota nominal.
- 2) Qualidade.
- 3) Posição da zona de tolerância em relação à linha de zero (importante nas montagens)

Classes de qualidade IT

- A norma ISO 286-1 define 20 classes de tolerâncias fundamentais:

IT01, IT0, IT1, IT2, IT3 ...IT18

- Todas as cotas pertencentes à mesma classe têm o mesmo grau de precisão independentemente da cota nominal.



Aplicação das classes de tolerância fundamentais

| 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 cuidada. |
| 9 a 11 | Construção mecânica corrente. |
| 12 a 18 | Construção mecânica grosseira (laminagem, estampagem, fundição, forjamento). |

Processos de fabrico vs. classes de tolerância

| 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 | | | | | | | | ■ |



Sistema ISO - Cota nominal vs. Classes de qualidade IT

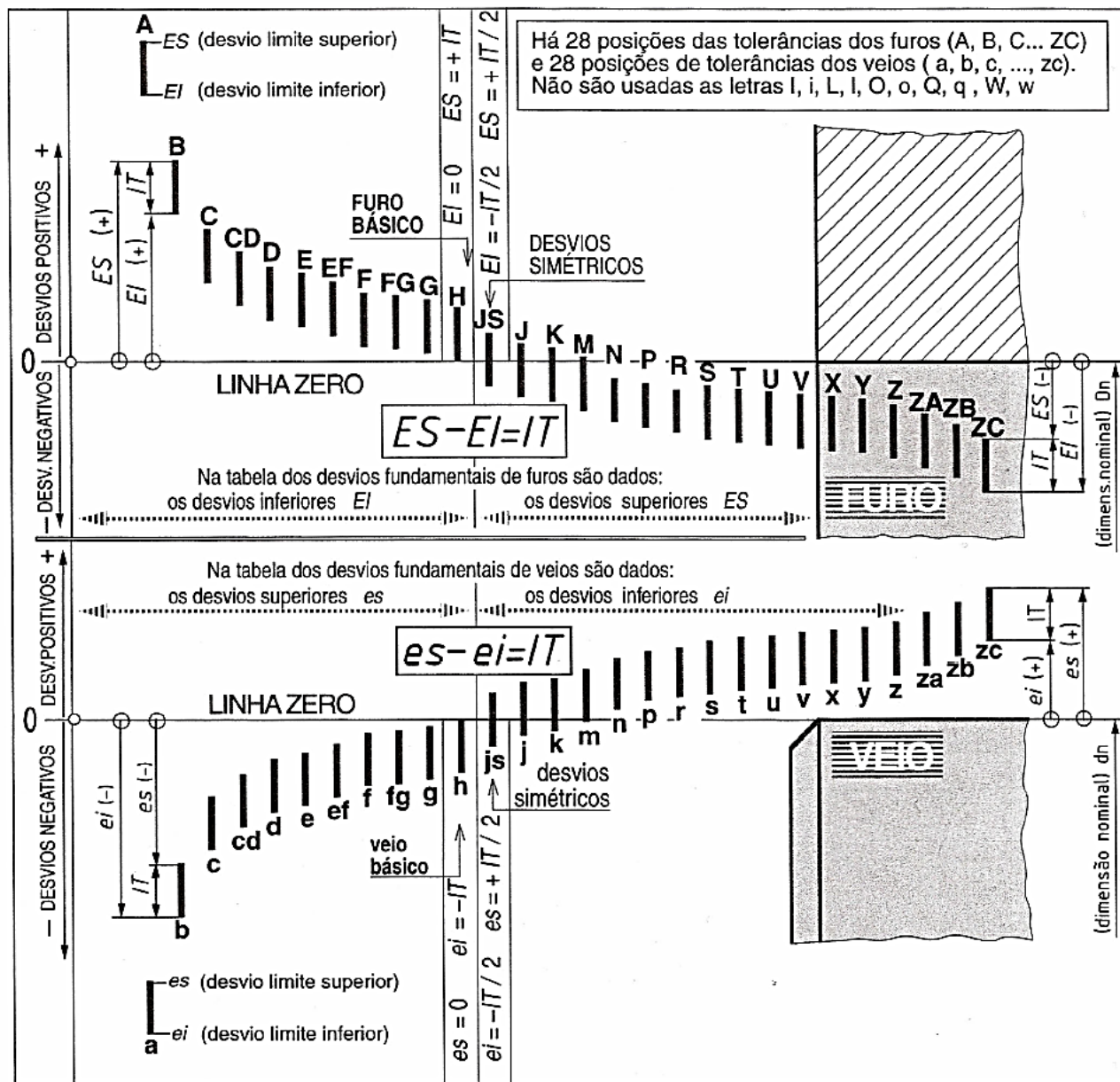
| TOLERÂNCIAS FUNDAMENTAIS ISO - PEÇAS LISAS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|-------|-------|-------|------|-------------------|------|------|------|------|------|------|
| Dim.nom. | Tolerâncias em μm | | | | | | | | | | | | | Tolerâncias em mm | | | | | | |
| em mm | IT01 | IT0 | IT1 | IT2 | IT3 | IT4 | IT5 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 | IT11 | IT12 | IT13 | IT14 | IT15 | IT16 | IT17 | IT18 |
| de 0 a 1 | 0,3 | 0,5 | 0,8 | 1,2 | 2 | 3 | 4 | 6 | 10 | 14 | 25 | 40 | 60 | 0,1 | 0,14 | | | | | |
| >1 a 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 | 1,0 | 1,4 |
| >3 a 6 | 0,4 | 0,6 | 1 | 1,5 | 2,5 | 4 | 5 | 8 | 12 | 18 | 30 | 48 | 75 | 0,12 | 0,18 | 0,30 | 0,48 | 0,75 | 1,2 | 1,8 |
| >6 a 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 a 18 | 0,5 | 0,8 | 1,2 | 2 | 3 | 5 | 8 | 11 | 18 | 27 | 43 | 70 | 0,11 | 0,18 | 0,27 | 0,43 | 0,7 | 1,1 | 1,8 | 2,7 |
| >18 a 30 | 0,6 | 1 | 1,5 | 2,5 | 4 | 6 | 9 | 13 | 21 | 33 | 52 | 84 | 0,13 | 0,21 | 0,33 | 0,52 | 0,84 | 1,3 | 2,1 | 3,3 |
| >30 a 50 | 0,6 | 1 | 1,5 | 2,5 | 4 | 7 | 11 | 16 | 25 | 39 | 62 | 0,1 | 0,16 | 0,25 | 0,39 | 0,62 | 1,0 | 1,6 | 2,5 | 3,9 |
| >50 a 80 | 0,8 | 1,2 | 2 | 3 | 5 | 8 | 13 | 19 | 30 | 46 | 74 | 0,12 | 0,19 | 0,3 | 0,46 | 0,74 | 1,2 | 1,9 | 3,0 | 4,6 |
| >80 a 120 | 1 | 1,5 | 2,5 | 4 | 6 | 10 | 15 | 22 | 35 | 54 | 87 | 0,14 | 0,22 | 0,35 | 0,54 | 0,87 | 1,4 | 2,2 | 3,5 | 5,4 |
| >120 a 180 | 1,2 | 2 | 3,5 | 5 | 8 | 12 | 18 | 25 | 40 | 63 | 0,1 | 0,16 | 0,25 | 0,4 | 0,63 | 1,0 | 1,6 | 2,5 | 4,0 | 6,3 |
| >180 a 250 | 2 | 3 | 4,5 | 7 | 10 | 14 | 20 | 29 | 46 | 72 | 0,115 | 0,185 | 0,29 | 0,46 | 0,72 | 1,15 | 1,85 | 2,9 | 4,6 | 7,2 |
| >250 a 315 | 2,5 | 4 | 6 | 8 | 12 | 16 | 23 | 32 | 52 | 81 | 0,13 | 0,21 | 0,32 | 0,52 | 0,81 | 1,3 | 2,1 | 3,2 | 5,2 | 8,1 |
| >315 a 400 | 3 | 5 | 7 | 9 | 13 | 18 | 25 | 36 | 57 | 89 | 0,14 | 0,23 | 0,36 | 0,57 | 0,89 | 1,4 | 2,3 | 3,6 | 5,7 | 8,9 |
| >400 a 500 | 4 | 6 | 8 | 10 | 15 | 20 | 27 | 40 | 63 | 97 | 0,155 | 0,25 | 0,40 | 0,63 | 0,97 | 1,55 | 2,5 | 4,0 | 6,3 | 9,7 |
| >500 a 630 | | | 9 | 11 | 16 | 22 | 32 | 44 | 70 | 0,11 | 0,175 | 0,28 | 0,44 | 0,7 | 1,1 | 1,75 | 2,8 | 4,4 | 7 | 11 |
| >630 a 800 | | | 10 | 13 | 18 | 25 | 36 | 50 | 80 | 0,125 | 0,2 | 0,32 | 0,5 | 0,8 | 1,25 | 2,0 | 3,2 | 5 | 8 | 12,5 |
| >800 a 1000 | | | 11 | 15 | 21 | 28 | 40 | 56 | 90 | 0,14 | 0,23 | 0,36 | 0,56 | 0,9 | 1,4 | 2,3 | 3,6 | 5,6 | 9 | 14 |
| >1000 a 1250 | | | 13 | 18 | 24 | 33 | 47 | 66 | 0,105 | 0,165 | 0,26 | 0,42 | 0,66 | 1,05 | 1,65 | 2,6 | 4,2 | 6,6 | 10,5 | 16,5 |



Sistema ISO - Posição dos desvios fundamentais

Posição dos desvios fundamentais para furos e veios

- 28 Classes





Sistema ISO - Cota nominal vs. desvios fundamentais veio

| DIÂM. NOM. | | DESVIOS SUPERIORES e_s (todos os graus) | | | | | | | | | | | DESVIOS INFERIORES e_i (todos os graus) | | | | | | | |
|------------|-----|---|-------|-------|-----|--------|--------|-----|-----|----|-----|---|---|-----|----|-------|-----|-----|-----|------|
| > | até | a | b | c | cd | d | e | ef | f | fg | g | h | j5/6 | j7 | j8 | k4/k7 | m | n | p | r |
| | 3 | -0,27 | -0,14 | -60 | -34 | -20 | -14 | -10 | -6 | -4 | -2 | 0 | -2 | -4 | -6 | 0 | +2 | +4 | +6 | +10 |
| 3 | 6 | -0,27 | -0,14 | -70 | -46 | -30 | -20 | -14 | -10 | -6 | -4 | 0 | -2 | -4 | | +1 | +4 | +8 | +12 | +15 |
| 6 | 10 | -0,28 | -0,15 | -80 | -56 | -40 | -25 | -18 | -13 | -8 | -5 | 0 | -2 | -5 | | +1 | +6 | +10 | +15 | +19 |
| 10 | 14 | -0,29 | -0,15 | -95 | | -50 | -32 | | -16 | | -6 | 0 | -3 | -6 | | +1 | +7 | +12 | +18 | +23 |
| 14 | 18 | -0,29 | -0,15 | -95 | | -50 | -32 | | -16 | | -6 | 0 | -3 | -6 | | +1 | +7 | +12 | +18 | +23 |
| 18 | 24 | -0,30 | -0,16 | -0,11 | | -65 | -40 | | -20 | | -7 | 0 | -4 | -8 | | +2 | +8 | +15 | +22 | +28 |
| 24 | 30 | -0,30 | -0,16 | -0,11 | | -65 | -40 | | -20 | | -7 | 0 | -4 | -8 | | +2 | +8 | +15 | +22 | +28 |
| 30 | 40 | -0,31 | -0,17 | -0,12 | | -80 | -50 | | -25 | | -9 | 0 | -5 | -10 | | +2 | +9 | +17 | +26 | +34 |
| 40 | 50 | -0,32 | -0,18 | -0,13 | | -80 | -50 | | -25 | | -9 | 0 | -5 | -10 | | +2 | +9 | +17 | +26 | +34 |
| 50 | 65 | -0,34 | -0,19 | -0,14 | | -0,10 | -60 | | -30 | | -10 | 0 | -7 | -12 | | +2 | +11 | +20 | +32 | +41 |
| 65 | 80 | -0,36 | -0,20 | -0,15 | | -0,10 | -60 | | -30 | | -10 | 0 | -7 | -12 | | +2 | +11 | +20 | +32 | +43 |
| 80 | 100 | -0,38 | -0,22 | -0,17 | | -0,12 | -72 | | -36 | | -12 | 0 | -9 | -15 | | +3 | +13 | +23 | +37 | +51 |
| 100 | 120 | -0,41 | -0,24 | -0,18 | | -0,12 | -72 | | -36 | | -12 | 0 | -9 | -15 | | +3 | +13 | +23 | +37 | +54 |
| 120 | 140 | -0,46 | -0,26 | -0,20 | | -0,145 | -85 | | -43 | | -14 | 0 | -11 | -18 | | +3 | +15 | +27 | +43 | +63 |
| 140 | 160 | -0,52 | -0,28 | -0,21 | | -0,145 | -85 | | -43 | | -14 | 0 | -11 | -18 | | +3 | +15 | +27 | +43 | +65 |
| 160 | 180 | -0,58 | -0,31 | -0,23 | | -0,145 | -85 | | -43 | | -14 | 0 | -11 | -18 | | +3 | +15 | +27 | +43 | +68 |
| 180 | 200 | -0,66 | -0,34 | -0,24 | | -0,17 | -0,10 | | -50 | | -15 | 0 | -13 | -21 | | +4 | +17 | +31 | +50 | +77 |
| 200 | 225 | -0,74 | -0,38 | -0,26 | | -0,17 | -0,10 | | -50 | | -15 | 0 | -13 | -21 | | +4 | +17 | +31 | +50 | +80 |
| 225 | 250 | -0,82 | -0,42 | -0,28 | | -0,17 | -0,10 | | -50 | | -15 | 0 | -13 | -21 | | +4 | +17 | +31 | +50 | +84 |
| 250 | 280 | -0,92 | -0,48 | -0,30 | | -0,19 | -0,11 | | -56 | | -17 | 0 | -16 | -26 | | +4 | +20 | +34 | +56 | +94 |
| 280 | 315 | -1,05 | -0,54 | -0,33 | | -0,19 | -0,11 | | -56 | | -17 | 0 | -16 | -26 | | +4 | +20 | +34 | +56 | +98 |
| 315 | 355 | -1,20 | -0,60 | -0,36 | | -0,21 | -0,125 | | -62 | | -18 | 0 | -18 | -28 | | +4 | +21 | +37 | +62 | +106 |
| 355 | 400 | -1,35 | -0,68 | -0,40 | | -0,21 | -0,125 | | -62 | | -18 | 0 | -18 | -28 | | +4 | +21 | +37 | +62 | +114 |
| 400 | 450 | -1,50 | -0,76 | -0,44 | | -0,23 | -0,135 | | -68 | | -20 | 0 | -20 | -30 | | +5 | +23 | +40 | +68 | +126 |



Sistema ISO - Cota nominal vs. desvios fundamentais furo

| DIÂM. NOM. | | DESVIOS INFERIORES EI (todos os graus) | | | | | | | | | | | DESVIOS SUPERIORES ES | | | | | | | DESV. SUPEI | | |
|------------|-----|--|-------|-------|-----|--------|--------|-----|-----|----|-----|---|-----------------------|-----|-----|--------|--------|------|--------|-------------|-----|------|
| > | até | A | B | C | CD | D | E | EF | F | FG | G | H | J6 | J7 | J8 | K (S8) | M (S8) | (≥9) | N (S8) | N (>9) | P | R |
| | 3 | | +0,14 | +60 | +34 | +20 | +14 | +10 | +6 | +4 | +2 | 0 | +2 | +4 | +6 | 0 | -2+Δ | -2 | -4 | | -6 | -10 |
| 3 | 6 | +0,27 | +0,14 | +70 | +46 | +30 | +20 | +14 | +10 | +6 | +4 | 0 | +5 | +6 | +10 | -1+Δ | -4+Δ | -4 | -8+Δ | -4 | -12 | -15 |
| 6 | 10 | +0,28 | +0,15 | +80 | +56 | +40 | +25 | +18 | +13 | +8 | +5 | 0 | +5 | +8 | +12 | -1+Δ | -6+Δ | -6 | -10+Δ | 0 | -15 | -19 |
| 10 | 14 | +0,29 | +0,15 | +95 | | +50 | +32 | | +16 | | +6 | 0 | +6 | +10 | +15 | -1+Δ | -7+Δ | -7 | -12+Δ | 0 | -18 | -23 |
| 14 | 18 | +0,29 | +0,15 | +95 | | +50 | +32 | | +16 | | +6 | 0 | +6 | +10 | +15 | -1+Δ | -7+Δ | -7 | -12+Δ | 0 | -18 | -23 |
| 18 | 24 | +0,30 | +0,16 | +0,11 | | +65 | +40 | | +20 | | +7 | 0 | +8 | +12 | +20 | -2+Δ | -8+Δ | -8 | -15+Δ | 0 | -22 | -28 |
| 24 | 30 | +0,30 | +0,16 | +0,11 | | +65 | +40 | | +20 | | +7 | 0 | +8 | +12 | +20 | -2+Δ | -8+Δ | -8 | -15+Δ | 0 | -22 | -28 |
| 30 | 40 | +0,31 | +0,17 | +0,12 | | +80 | +50 | | +25 | | +9 | 0 | +10 | +14 | +24 | -2+Δ | -9+Δ | -9 | -17+Δ | 0 | -26 | -34 |
| 40 | 50 | +0,32 | +0,18 | +0,13 | | +80 | +50 | | +25 | | +9 | 0 | +10 | +14 | +24 | -2+Δ | -9+Δ | -9 | -17+Δ | 0 | -26 | -34 |
| 50 | 65 | +0,34 | +0,19 | +0,14 | | +0,10 | +60 | | +30 | | +10 | 0 | +13 | +18 | +28 | -2+Δ | -11+Δ | -11 | -20+Δ | 0 | -32 | -41 |
| 65 | 80 | +0,36 | +0,20 | +0,15 | | +0,10 | +60 | | +30 | | +10 | 0 | +13 | +18 | +28 | -2+Δ | -11+Δ | -11 | -20+Δ | 0 | -32 | -43 |
| 80 | 100 | +0,38 | +0,22 | +0,17 | | +0,12 | +72 | | +36 | | +12 | 0 | +16 | +22 | +34 | -3+Δ | -13+Δ | -13 | -23+Δ | 0 | -37 | -51 |
| 100 | 120 | +0,41 | +0,24 | +0,18 | | +0,12 | +72 | | +36 | | +12 | 0 | +16 | +22 | +34 | -3+Δ | -13+Δ | -13 | -23+Δ | 0 | -37 | -54 |
| 120 | 140 | +0,46 | +0,26 | +0,20 | | +0,145 | +85 | | +43 | | +14 | 0 | +18 | +26 | +41 | -3+Δ | -15+Δ | -15 | -27+Δ | 0 | -43 | -63 |
| 140 | 160 | +0,52 | +0,28 | +0,21 | | +0,145 | +85 | | +43 | | +14 | 0 | +18 | +26 | +41 | -3+Δ | -15+Δ | -15 | -27+Δ | 0 | -43 | -65 |
| 160 | 180 | +0,58 | +0,31 | +0,23 | | +0,145 | +85 | | +43 | | +14 | 0 | +18 | +26 | +41 | -3+Δ | -15+Δ | -15 | -27+Δ | 0 | -43 | -68 |
| 180 | 200 | +0,66 | +0,34 | +0,24 | | +0,17 | +0,1 | | +50 | | +15 | 0 | +22 | +30 | +47 | -4+Δ | -17+Δ | -17 | -31+Δ | 0 | -50 | -77 |
| 200 | 225 | +0,74 | +0,38 | +0,26 | | +0,17 | +0,10 | | +50 | | +15 | 0 | +22 | +30 | +47 | -4+Δ | -17+Δ | -17 | -31+Δ | 0 | -50 | -80 |
| 225 | 250 | +0,82 | +0,42 | +0,28 | | +0,17 | +0,10 | | +50 | | +15 | 0 | +22 | +30 | +47 | -4+Δ | -17+Δ | -17 | -31+Δ | 0 | -50 | -84 |
| 250 | 280 | +0,92 | +0,48 | +0,30 | | +0,19 | +0,11 | | +56 | | +17 | 0 | +25 | +36 | +55 | -4+Δ | -20+Δ | -20 | -34+Δ | 0 | -56 | -94 |
| 280 | 315 | +1,05 | +0,54 | +0,33 | | +0,19 | +0,11 | | +56 | | +17 | 0 | +25 | +36 | +55 | -4+Δ | -20+Δ | -20 | -34+Δ | 0 | -56 | -98 |
| 315 | 355 | +1,20 | +0,60 | +0,36 | | +0,21 | +0,125 | | +62 | | +18 | 0 | +29 | +39 | +60 | -4+Δ | -21+Δ | -21 | -37+Δ | 0 | -62 | -108 |
| 355 | 400 | +1,35 | +0,68 | +0,40 | | +0,21 | +0,125 | | +62 | | +18 | 0 | +29 | +39 | +60 | -4+Δ | -21+Δ | -21 | -37+Δ | 0 | -62 | -114 |



Sistema ISO - Inscrição das tolerâncias nos desenhos

- Quando são indicados os dois desvios, estes devem ter, obrigatoriamente, o mesmo número de casas decimais, excepto se um dos desvios é zero.

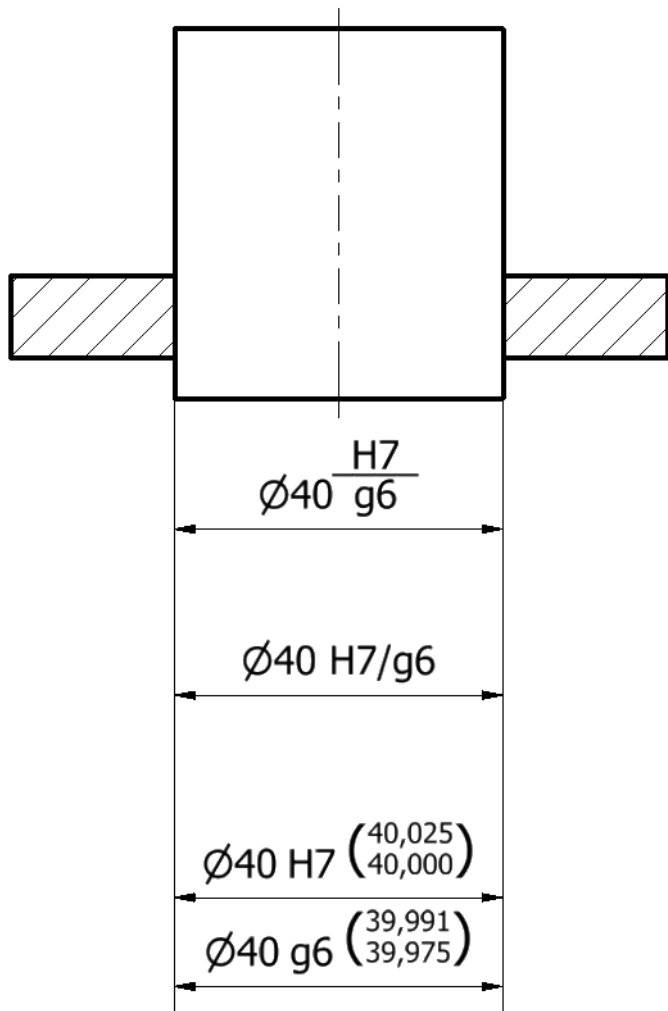
- Os desvios, ou a tolerância, devem obrigatoriamente ser indicados no mesmo sistema de unidades da cota.

| | |
|-----------------------------------|--|
| Simbologia ISO | 40 g6 |
| Simbologia ISO e desvios | 40 g6 $\begin{pmatrix} -0,009 \\ -0,025 \end{pmatrix}$ |
| Simbologia ISO e cotas limites | 40 g6 $\begin{pmatrix} 39,991 \\ 39,975 \end{pmatrix}$ |
| Cota nominal e os desvios | 40 $\begin{matrix} -0,009 \\ -0,025 \end{matrix}$ |
| Cota nominal e desvios | 40 $\begin{matrix} +0,000 \\ -0,040 \end{matrix}$ |
| Cota nominal e desvios simétricos | 40 $\pm 0,030$ |
| Cotas limites | 39,991 39,975 |
| Cota limite numa direcção | 40 MAX |

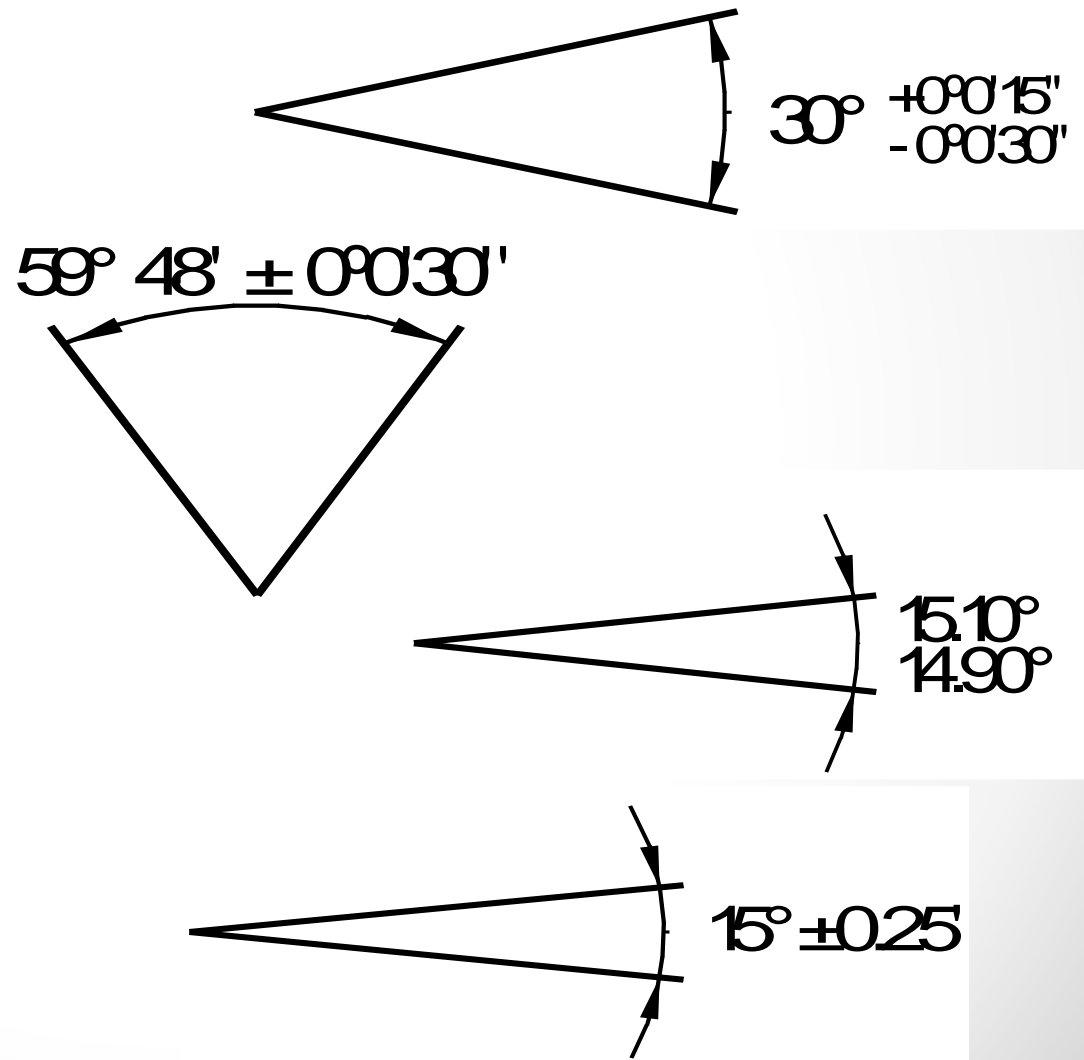


Sistema ISO - Inscrição das tolerâncias nos desenhos

Indicação de tolerâncias em conjunto - Ajustamentos



Indicação de tolerâncias angulares



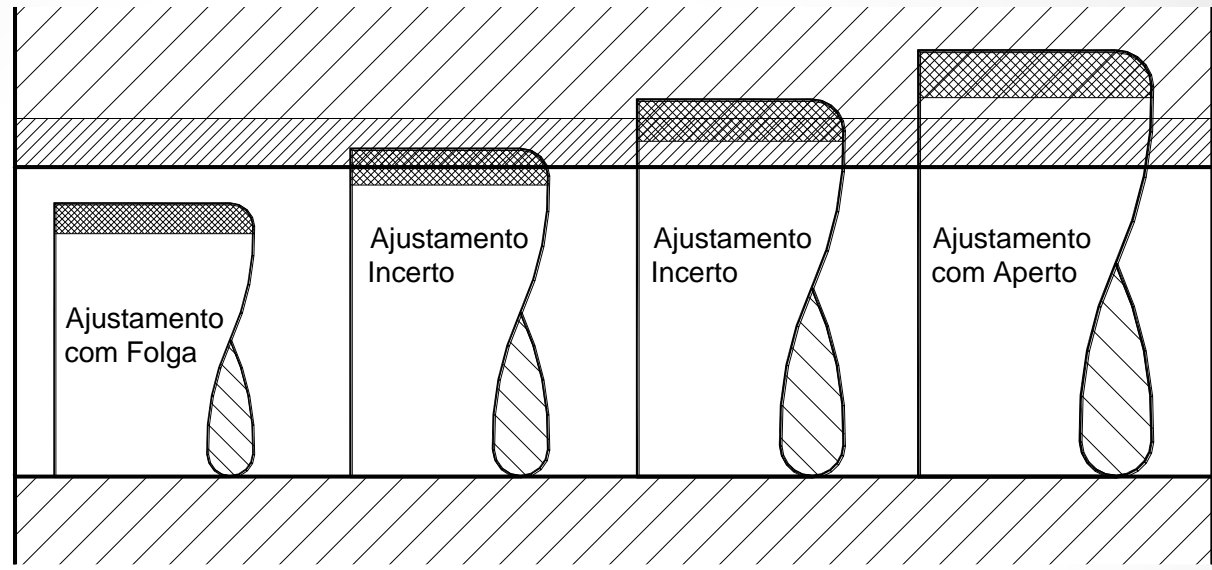


Ajustamento – É a relação obtida na diferença, antes da montagem, das dimensões das duas peças ou elementos.

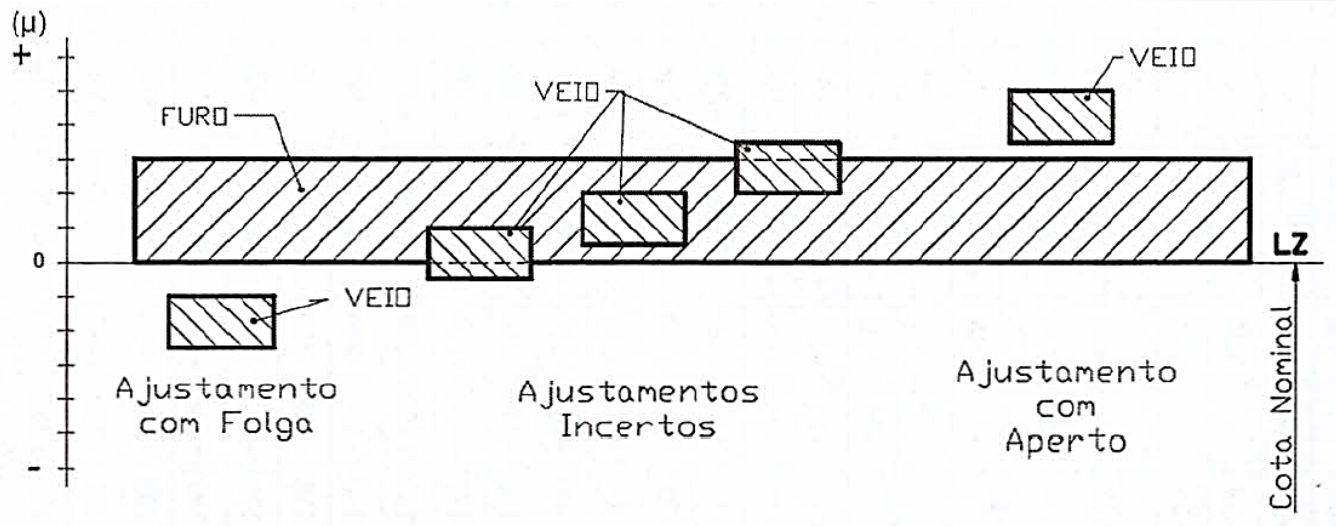
Tipo de Ajustamento

1. **Ajustamento com Folga:** A cota mínima do furo (C_{min}) é maior que a cota máxima do veio (c_{max}).
2. **Ajustamento Incerto:** A cota real do furo pode ser maior ou menor que a cota real do veio, ou seja, pode ocorrer um Ajustamento com Aperto ou com Folga.
3. **Ajustamento com Aperto:** A cota máxima do furo (C_{max}) é menor que a cota mínima do veio (c_{min}).

Representação do ajustamento com as Cotas Limites



Representação do ajustamento com os Desvios



Folga $C_{min} > c_{max}$

Aperto $C_{max} < c_{min}$



Sistema ISO – Tipos de Ajustamentos

| | |
|---------------|---|
| Folga máxima | $F_{max} = C_{max} - c_{min} = ES - ei$ |
| Folga mínima | $F_{min} = C_{min} - c_{mma} = EI - es$ |
| Aperto máximo | $A_{max} = c_{max} - C_{min} = es - EI$ |
| Aperto mínimo | $A_{min} = c_{min} - C_{max} = ei - ES$ |

Tolerância do ajustamento (T_{aj})

É definida como a soma algébrica das tolerâncias dos dois elementos.

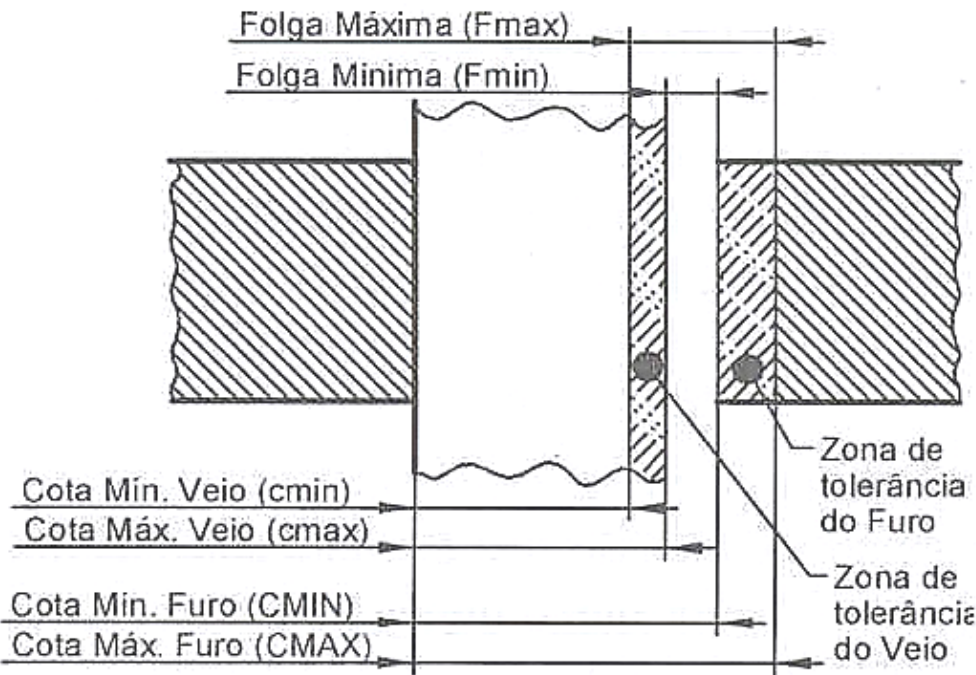
$$T_{aj} = t + T$$

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

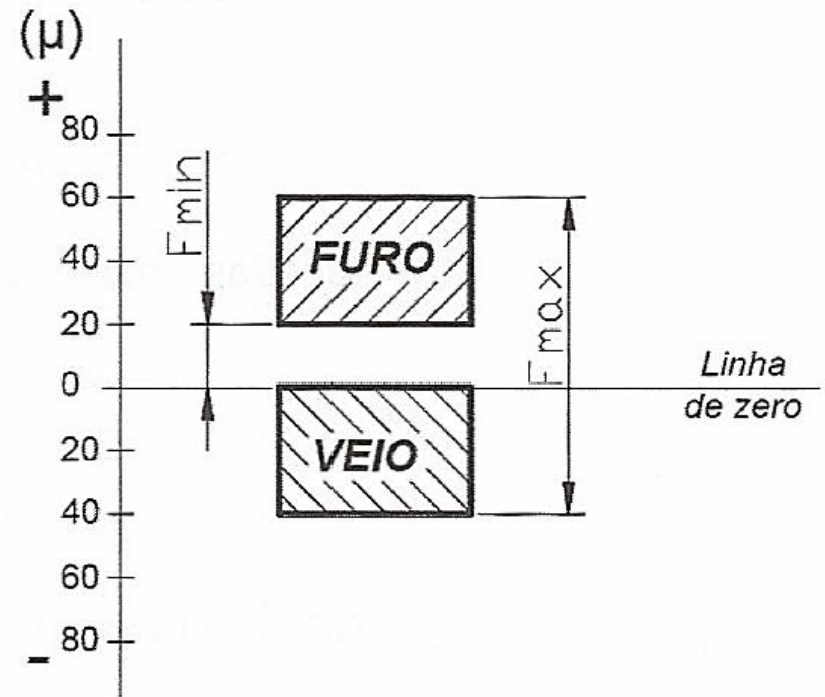
$$T_{aj} = A_{max} - A_{min}$$

Ajustamento com Folga: A cota mínima do furo (C_{min}) é maior que a cota máxima do veio (c_{max})

Cotas limites

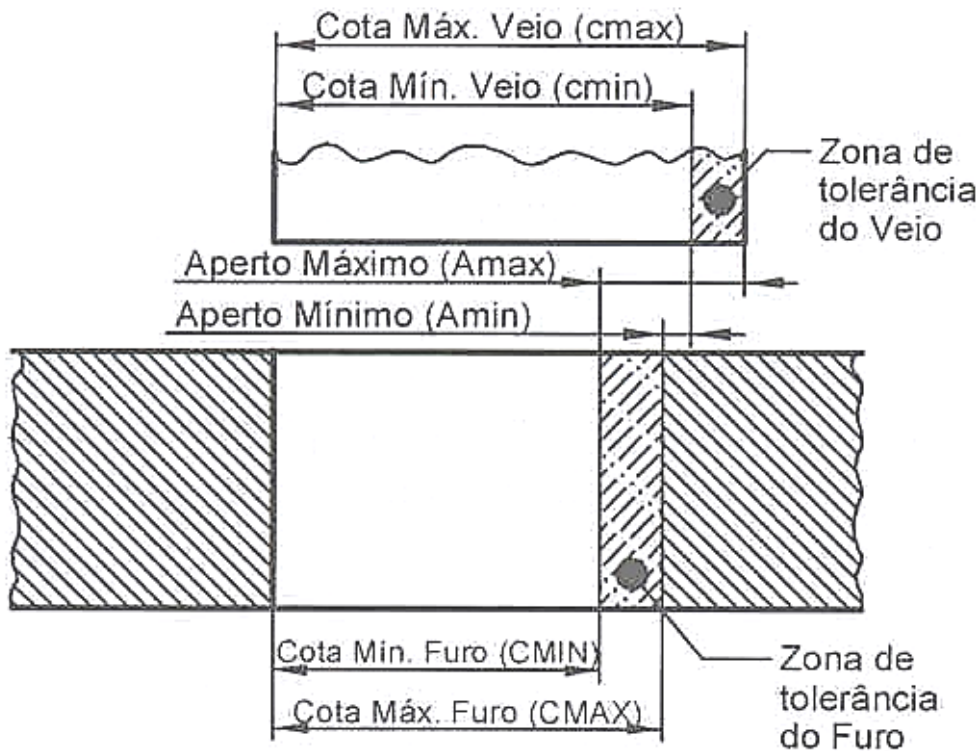


Desvios

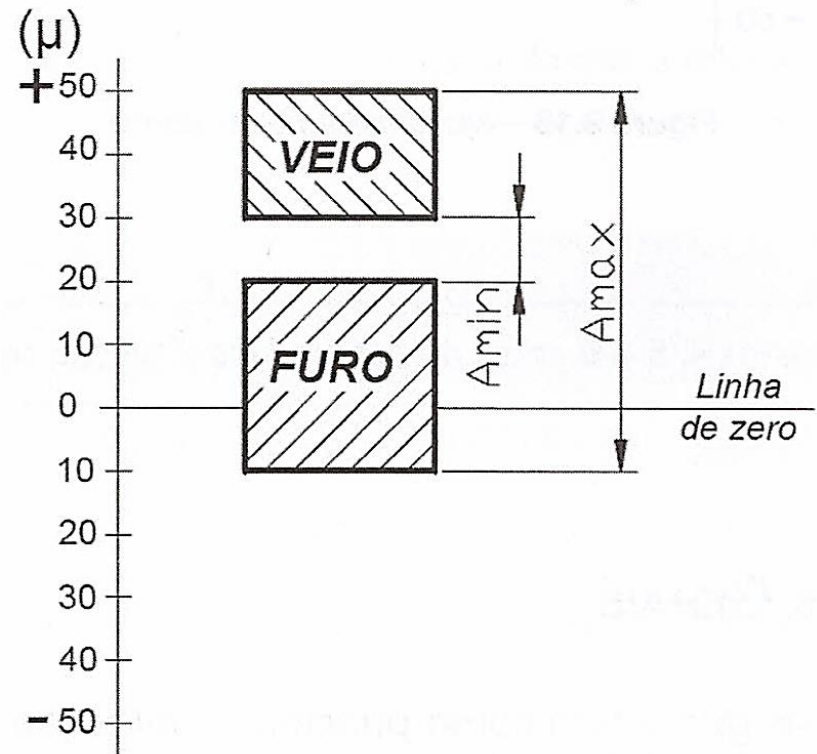


Ajustamento com Aperto: A cota máxima do furo (C_{max}) é menor que a cota mínima do veio (c_{min}).

Cotas limites



Desvios

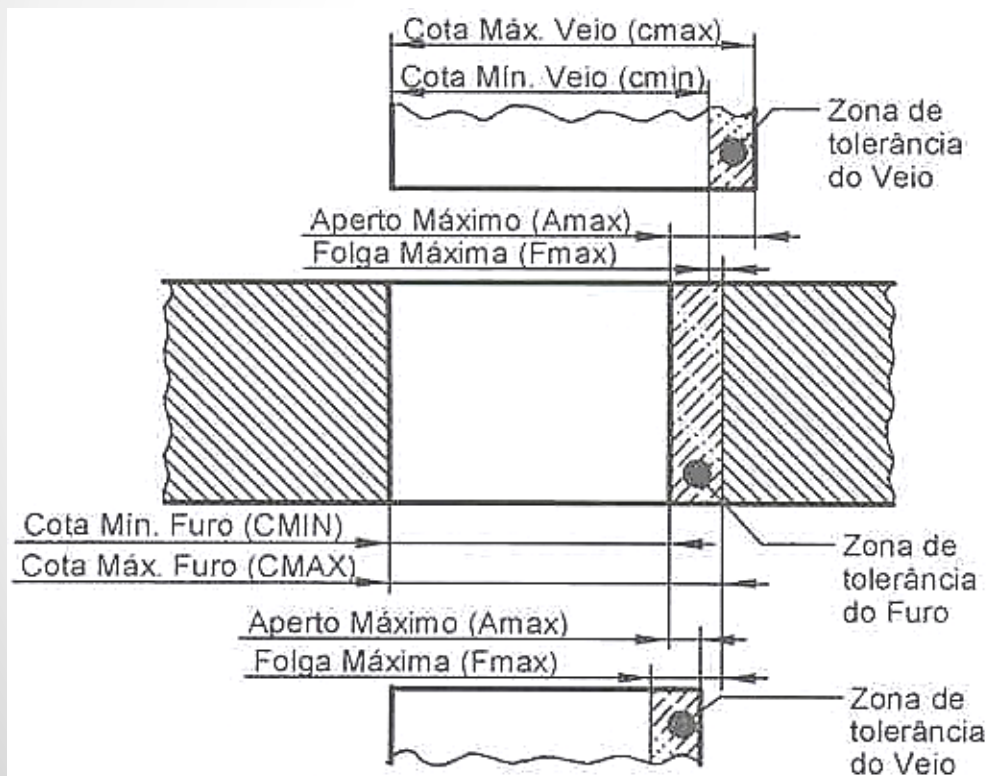




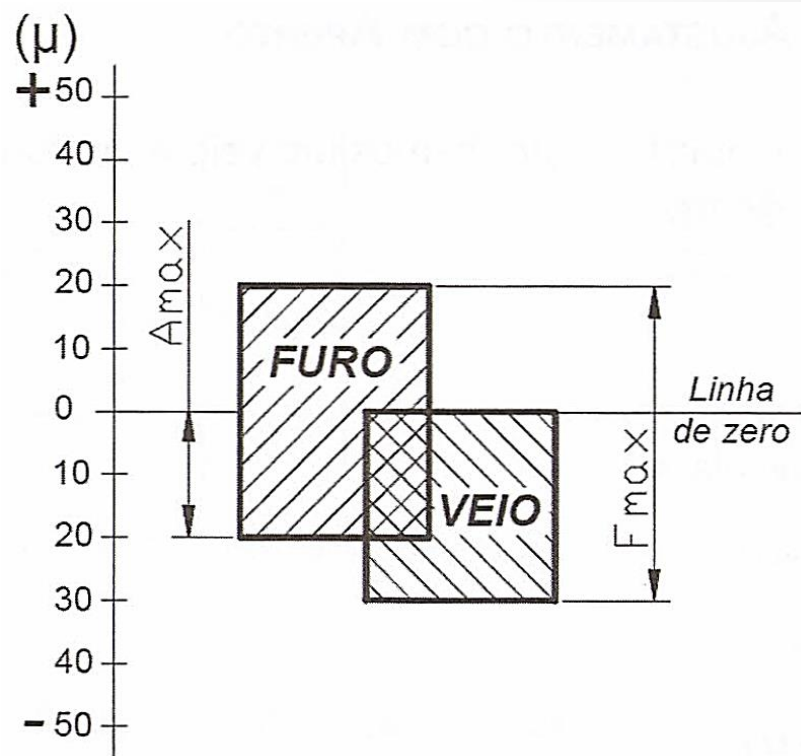
Sistema ISO – Ajustamento Incerto

Ajustamento Incerto: A cota real do furo pode ser maior ou menor que a cota real do veio, ou seja, pode ocorrer um Ajustamento com Aperto ou com Folga.

Cotas limites



Desvios





Sistema ISO – Ajustamento Recomendados

A racionalização de ferramentas e de calibres necessários à verificação das cotas tolerânciadas levou a seleção e normalização dos ajustamentos.

Classe do ajustamento – Resulta da combinação de uma classe de tolerâncias para furos com uma classe de tolerâncias para veios (ex.: H7/u9).

Existem duas sistemas para a realização destas combinações:

Sistema ISO de Furo Normal ou Furo Básico

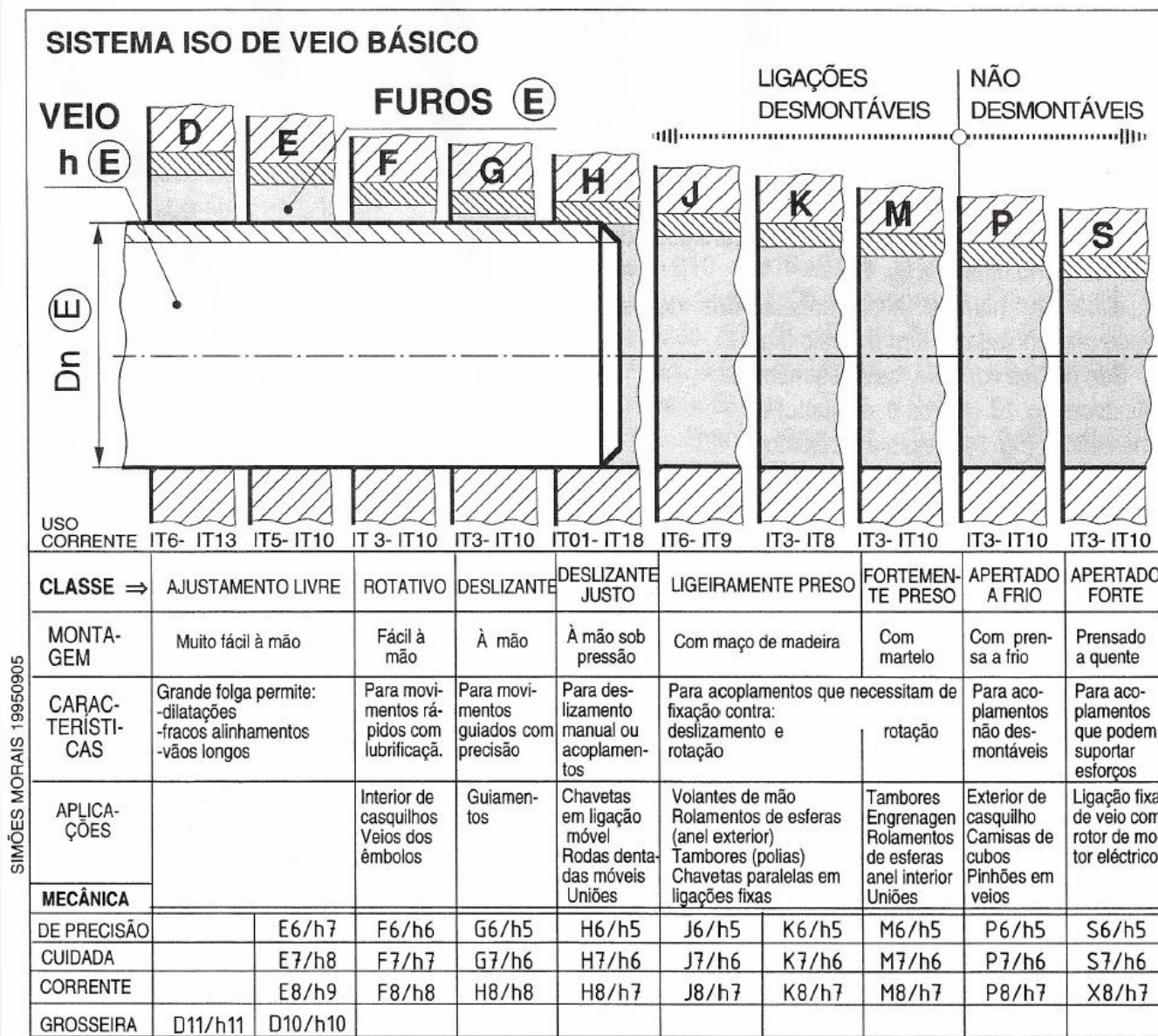
Baseado num furo com desvio fundamental na posição H

Sistema ISO de Veio Normal ou Veio Básico

Baseado num veio com desvio fundamental na posição h



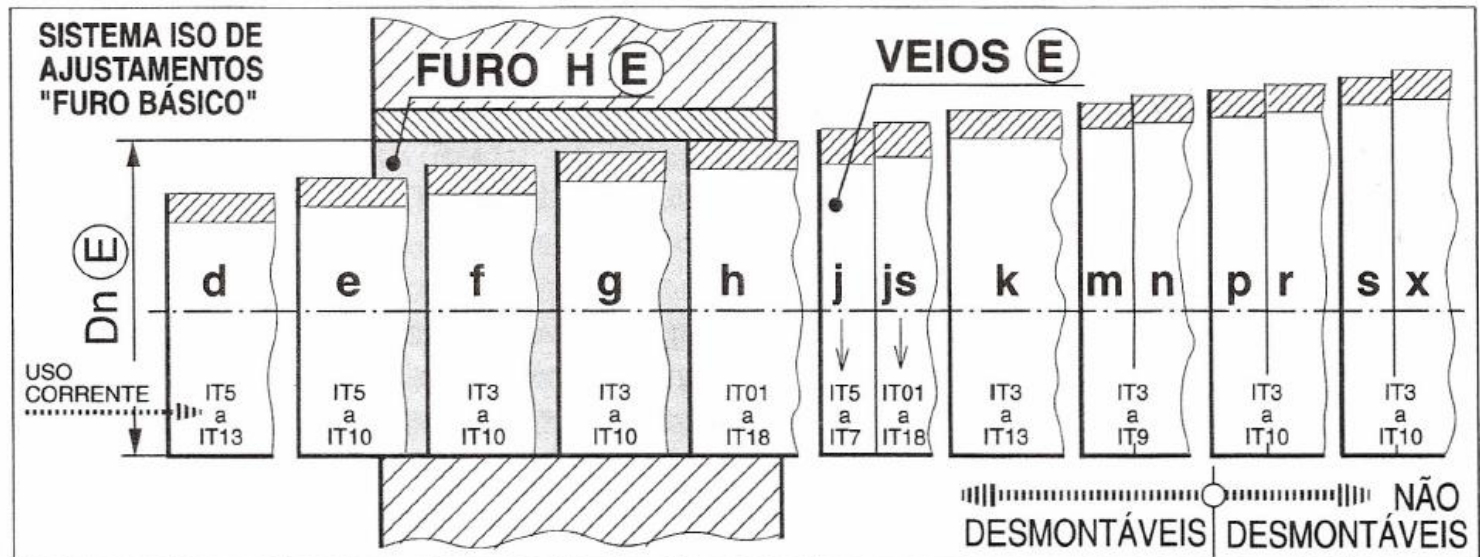
Sistema ISO – Sistema de Veio Básico



SIMÕES MORAIS 19950905



Sistema ISO – Sistema de Furo Básico



| CLASSE | ⇒ | AJUSTAMENTO LIVRE | ROTATIVO | DES- LIZANTE | DES- LIZANTE JUSTO | LIGEIRAMENTE PRESO | FORTE- MENTE PRESO | APERTADO A FRIO | APERTADO FORTE | |
|-----------------|---|--|--|---------------------------------------|--|---|--|---|---|-------|
| MONTAGEM | ⇒ | Muito fácil à mão | Fácil à mão | À mão | À mão sob pressão | Com maço de madeira | Com martelo | Com prensa a frio | Pressado a quente ou a frio | |
| CARACTERÍSTICAS | ⇒ | Grande folga permite: -dilatações -fracos alinhamentos -vãos longos | Para movimentos rápidos com lubrificação. | Para movimentos guiados com exactidão | Para deslizamento manual ou acoplamentos | Para acoplamentos que necessitam de fixação contra deslizamento e rotação | Para acoplamentos que necessitam de rotação | Para acoplamentos não desmontáveis | Para acoplamentos que podem suportar esforços | |
| APLICAÇÕES | ⇒ | Parafusos - porcas Eixos em suportes e rodas livres Articulações | Interior de casquilhos Veios de êmbolos | Guiamentos | Chavetas em ligação móvel Rodas dentadas móveis Uniões | Volantes de mão Rolamentos de esferas (anel exterior) Tambores (polias) Chavetas paralelas em ligações fixas | Tambores Engrenagens Rolamentos de esferas (anel interno) Uniões | Exterior de casquilho Camisas de cubos Pinhões em veios | Ligação fixa de veio com rotor de motor eléctrico | |
| MECÂNICA | | | | | | | | | | |
| EXACTIDÃO | | H6/e7 | H6/f6 | H6/g5 | H6/h5 | H6/j5 | H6/k5 | H6/m5 | H6/p5 | H6/s5 |
| CUIDADA | | H7/e8 | H7/f7 | H7/g6 | H7/h6 | H7/j6 | H7/k6 | H7/m6 | H7/p6 | H7/s6 |
| CORRENTE | | H8/e9 | H8/f8 | H8/h8 | H8/h7 | H8/j7 | H8/k7 | H8/m7 | H8/p7 | H8/x7 |
| GROSSEIRA | | H11/d11 | H10/d10 | | | | | | | |

SIMÕES MORAIS 19950905



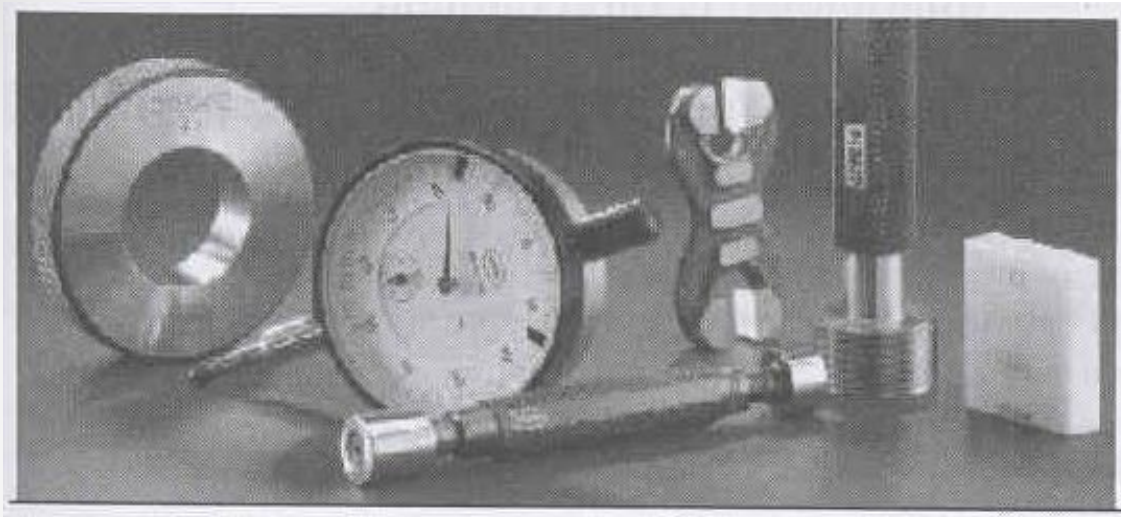
As dimensões reais das peças variam com a temperatura;

Peças de grande qualidade e elevada precisão dimensional, a temperatura à qual se realiza o ensaio não pode ser arbitrária;

A norma ISO 1:1975 estabelece que, o sistema ISO de desvios e ajustamentos é definido para uma temperatura de 20°C,

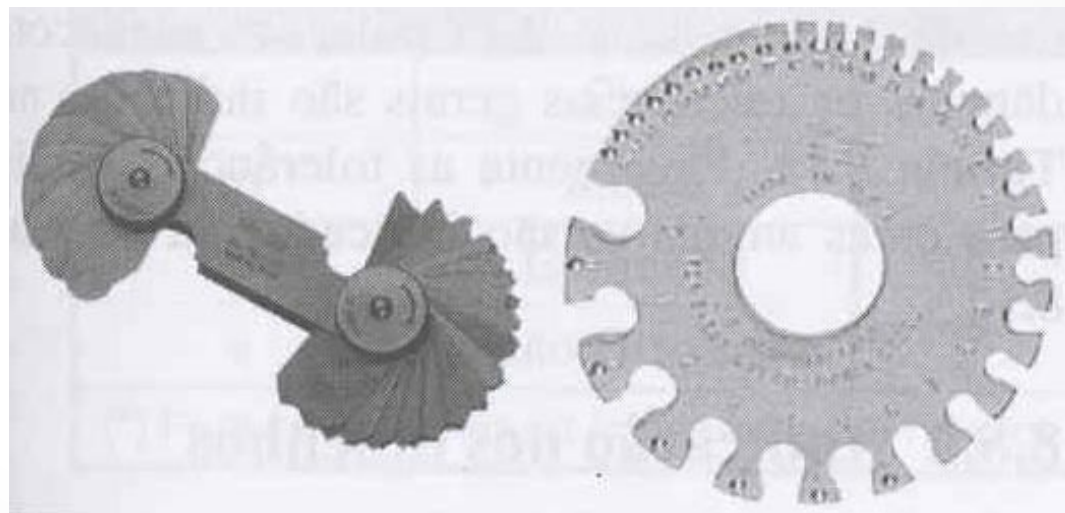


Equipamentos de controlo e verificação dimensional



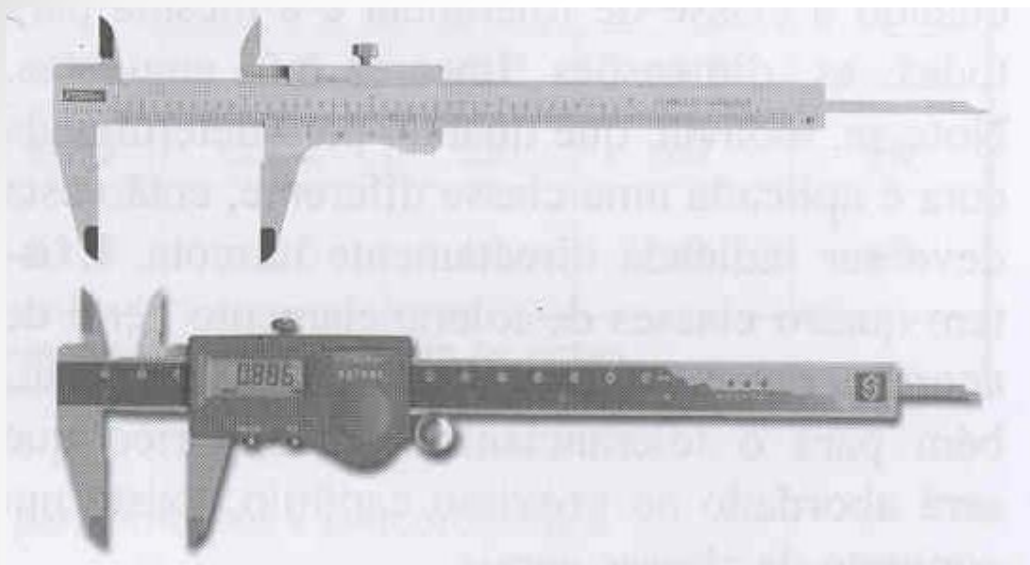
Calibres

Escantilhões





Equipamentos de controlo e verificação dimensional



Paquímetros

Micrómetro





Outros equipamentos

