CFAC – Concepção e Fabrico Assistidos por Computador



Toleranciamento Geral

João Manuel R. S. Tavares

Bibliografia

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

Índice

- Tolerâncias Gerais;
- Tolerâncias para dimensões lineares e angulares sem indicações de tolerâncias individuais (ISO 2768-1: 1989);
- Tolerâncias geométricas para elementos sem indicações de tolerâncias individuais (ISO 2768-2: 1989);
- Tolerâncias dimensionais e geométricas gerais e sobreespessuras para trabalho mecânico para peças moldadas (ISO 8062-3);
- Soldadura – Tolerâncias gerais para construções soldadas – Dimensões para comprimentos e ângulos – Forma e posição (ISO 13920);
- Conceitos para o toleranciamento geral de características geométricas;
- Cotagem e toleranciamento de peças não rígidas (ISO 10579).

Tolerâncias Gerais

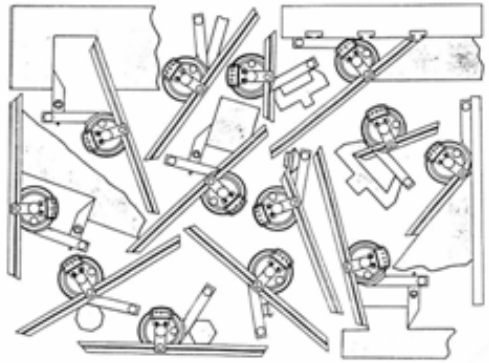
- **Tolerâncias gerais para peças obtidas por arranque de apara**:
  - **O toleranciamento no desenho deverá ser completo**, afim de assegurar que os aspectos dimensionais e geométricos de todos os elementos estejam limitados, isto é, **nada deve ser deixado ao critério do pessoal da oficina ou do serviço de controlo**.
  - **A utilização de tolerâncias gerais dimensionais e geométricas simplifica a tarefa de assegurar o cumprimento deste pré-requisito.**
- **Tolerâncias para dimensões lineares e angulares sem indicações de tolerâncias individuais (ISO 2768-1: 1989):**
  - **As tolerâncias para as dimensões sem indicação directa de tolerância são especificadas segundo quatro classes de tolerância (f - fina, m - média, c - grosseira e v - muito grosseira). Dizem respeito a dimensões de peças obtidas por arranque de apara ou executadas em chapa.**

Tolerâncias para dimensões lineares e angulares sem indicações de tolerâncias individuais (ISO 2768-1: 1989)

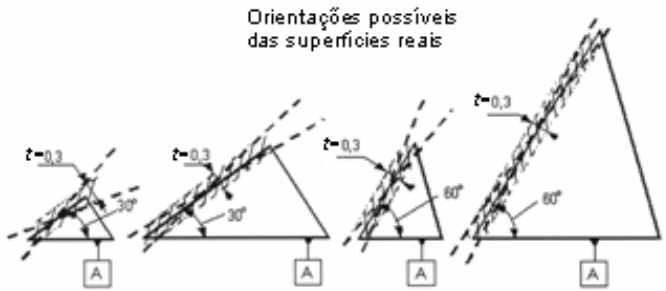
- **Esta norma aplica-se**, exclusivamente, às seguintes dimensões sem indicação de tolerância:
  - dimensões lineares;
  - dimensões angulares, incluindo aquelas que não são indicadas, como os ângulos rectos (90º), a menos que se aplique a ISO 2768-2.;
  - dimensões lineares e angulares obtidas ao maquinar peças montadas.
- Por outro lado, **esta norma não se aplica** às seguintes dimensões:
  - dimensões lineares e angulares cujas tolerâncias gerais são definidas através de referência a outras normas de tolerâncias gerais (ex.: ISO 8062 e ISO 13920);
  - dimensões auxiliares, indicadas entre parêntesis;
  - dimensões teoricamente exactas, indicadas num quadro rectangular.
- **A escolha de uma classe de tolerância deve ter em conta a exactidão oficinal corrente**.

Tolerâncias para dimensões lineares e angulares sem indicações de tolerâncias individuais (ISO 2768-1: 1989)

- **As tolerâncias gerais para as dimensões lineares e angulares aplicam-se se os desenhos fazem referência à norma ISO 2768-1.**
- **Valores das tolerâncias dimensionais lineares e angulares gerais**:
  - Os valores estão indicados, nas tabelas, em termos dos respectivos **desvios admissíveis simétricos**.
  - As **tolerâncias para as dimensões angulares estão indicadas em função do comprimento do lado mais curto do ângulo considerado**.



a) Verificação



b) Tolerância angular +/– versus comprimento do lado

Tolerâncias para dimensões lineares e angulares sem indicações de tolerâncias individuais (ISO 2768-1: 1989)

- Tolerâncias gerais para peças obtidas por arranque de apara:

1-TOLERÂNCIAS DIMENSIONAIS GERAIS ISO 2768-1

Desvios em mm

1.1-TOLERÂNCIAS LINEARES T_D

DIMENSÕES / CLASSE	0,5 ... 3	>3 ... 6	>6 ... 30	>30 ... 120	>120 ... 400	>400 ... 1000	>1000 ... 2000	>2000 ... 4000
Fina f	±0,05	±0,05	±0,1	±0,15	±0,2	±0,3	±0,5	—
Média m	±0,1	±0,1	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2	±2
Grosseira c	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2	±2	±3	±4
Muito gr. v	—	±0,5	±1	±1,5	±2,5	±4	±6	±8

Chanfros altura h arredondados raio R

CLASSE	0,5...3	>3...6	>6
f e m	±0,2	±0,5	±1
c e v	±0,4	±1	±2

1.2-TOLERÂNCIAS ANGULARES T_A



Desvios: em °'

lado mais curto L	≤10	>10 ... 50	>50...120	>120...400	>400
Fina f, média m	±1°	±0°30'	±0°20'	±0°10'	±0° 5'
grosseira c	±1° 30'	±1°	±0° 30'	±0° 15'	±0° 10'
muito gros. v	±3°	±2°	±1°	±0° 30'	±0°20'

Tolerâncias para dimensões lineares e angulares sem indicações de tolerâncias individuais (ISO 2768-1: 1989)

- Tolerâncias gerais para peças obtidas por arranque de apara (cont.):

2-TOLERÂNCIAS GEOMÉTRICAS GERAIS ISO 2768-2 Tolerâncias em mm

2.1-TOLERÂNCIAS DE FORMA:

.1 - RECTITUDE T_-

.2 - PLANEZA $T_\square$

DIMENSÃO / CLASSE	≤10	>10 ... 30	>30 ... 100	>100 ... 300	>300 ... 1000	>1000 ... 3000
H	0,02	0,05	0,1	0,2	0,3	0,4
K	0,05	0,1	0,2	0,4	0,6	0,8
L	0,1	0,2	0,4	0,8	1,2	1,6

.3 - CIRCULARIDADE $T_\circ$ — Faz-se $T_\circ = T_D$ (mas sempre $T_\circ \leq T_{/}$)

.4 - CILINDRICIDADE $T_{\square\!\!/}$ — $T_{\square\!\!/}$ resulta de $T_\circ$ e (T_- e $T_{//}$ das geratrizes)

.5 FORMA DE UMA LINHA QUALQUER ou SUPERFÍCIE QUALQUER $T_\frown$ — $T_\frown$ e $T_\square$ são substituídas por T_D

2.2-TOLERÂNCIA DE ORIENTAÇÃO

.1 - PERPENDICULARIDADE $T_\perp$

DIMENSÃO / CLASSE	≤100	>100 ... 300	>300 ... 1000	>1000 .. 3000
H	0,2	0,3	0,4	0,5
K	0,4	0,6	0,8	1
L	0,6	1	1,5	2

Tolerâncias para dimensões lineares e angulares sem indicações de tolerâncias individuais (ISO 2768-1: 1989)

- Tolerâncias gerais para peças obtidas por arranque de apara (cont.):

2 - PARALELISMO	$T_{//}$	Considera-se $T_{//} = T_D$ ou $T_{//} = T_b / T_-$ (tomando o maior valor)
3 - ANGULARIDADE (INCLINAÇÃO)	$T_\angle$	Substituida por T_A
2.3-TOLERÂNCIAS DE POSIÇÃO		
1 - LOCALIZAÇÃO	$T_\oplus$	Substituida pelos T_D das coordenadas
.2 - CONCENTRICIDADE E COAXIALIDADE	$T_\odot$	Considerar $T_\odot \leq T_\nearrow$
.3 - SIMETRIA	$T_=$	

DIMENSÃO / CLASSE	≤100	>100... 300	>300... 1000	>1000... 3000
H	0,5	0,5	0,5	0,5
K	0,6	0,6	0,8	1
L	0,6	1	1,5	2

2.4-TOLERÂNCIAS DE BATIMENTO

.1 - BATIMENTO CIRCULAR $T_\nearrow$ (radial, axial ou em qualquer direcção)

CLASSE	$T_\nearrow$
H	0,1
K	0,2
L	0,5

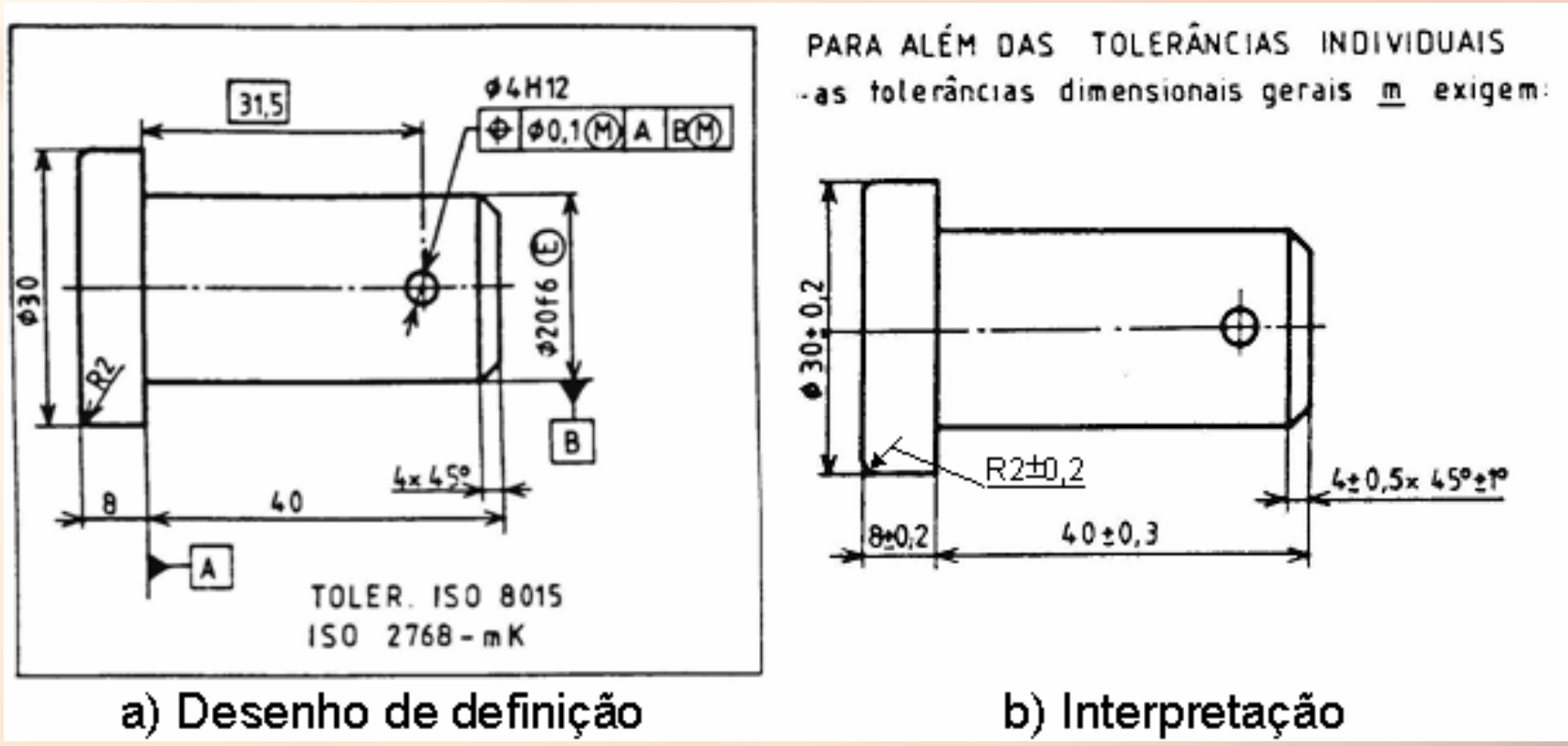
EX: INDICAÇÃO NO DESENHO ISO 2768-mK

Nas tolerâncias gerais de orientação e de posição, o elemento mais longo é tomado como elemento de referência e a tolerância é aplicada ao elemento mais curto.

Tolerâncias para dimensões lineares e angulares sem indicações de tolerâncias individuais (ISO 2768-1: 1989)

- **As tolerâncias gerais especificadas em unidades angulares controlam apenas a orientação geral de linhas ou de elementos de linha de superfícies, mas não os seus desvios de forma.**
- **Indicações nos desenhos**:
  - Para especificar tolerâncias gerais, em conformidade com a ISO 2768-1, deve ser indicada a seguinte informação, no interior ou junto da legenda:
    - **ISO 2768**;
    - **a classe de tolerância, em conformidade com a ISO 2768-1**;
  - por exemplo: **ISO 2768-m**.

Tolerâncias para dimensões lineares e angulares sem indicações de tolerâncias individuais (ISO 2768-1: 1989)



Tolerâncias geométricas para elementos sem indicações de tolerâncias individuais (ISO 2768-2: 1989)

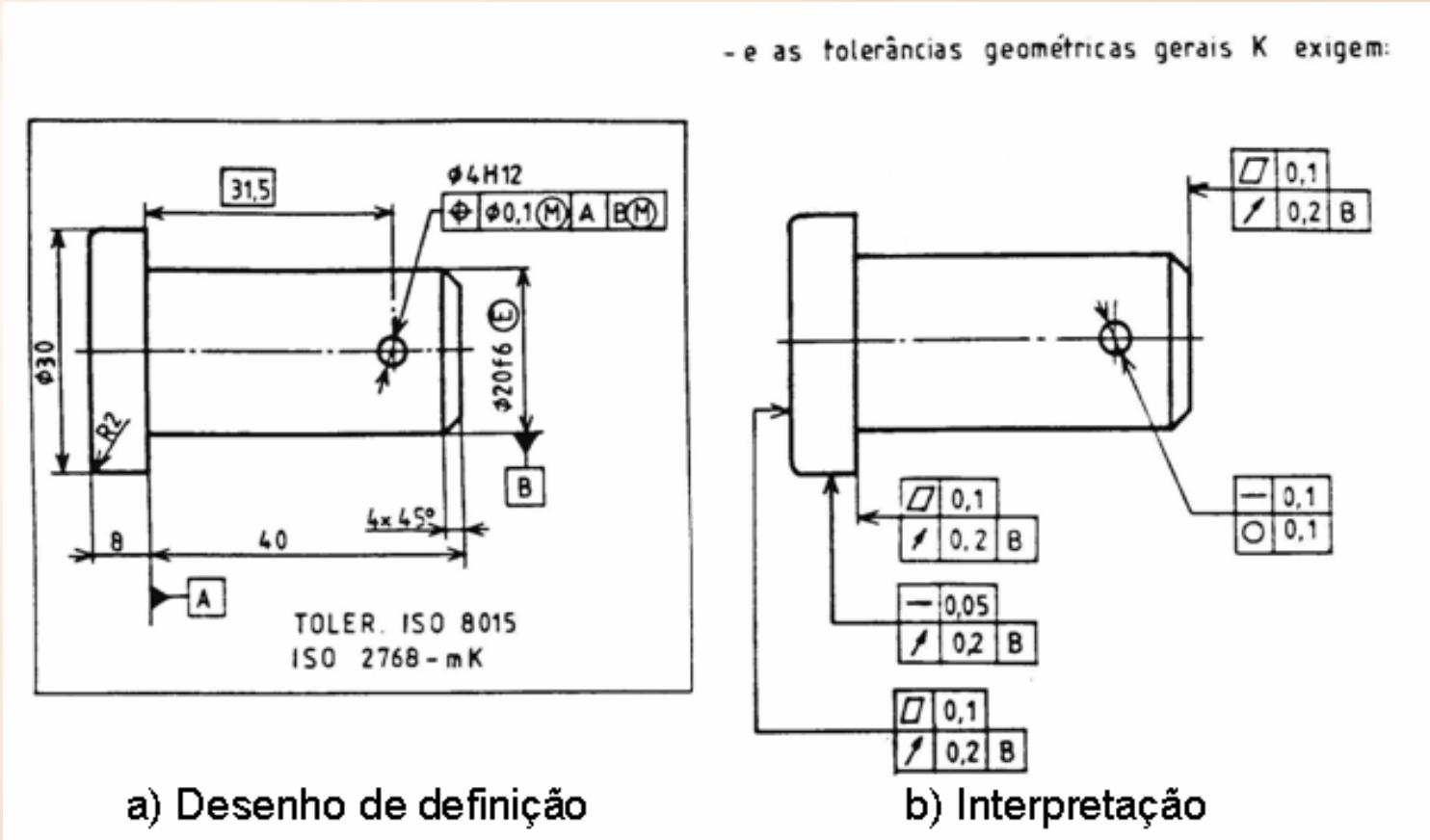
- **As tolerâncias geométricas gerais são especificadas em três classes de tolerância (H - fina, K - média e L - grosseira) e aplicam-se, sobretudo, a elementos que são obtidos por arranque de apara.**
- **A escolha de uma dada classe de tolerância deve ter em conta a exactidão oficinal corrente**. Tolerâncias mais apertadas ou tolerâncias mais largas e mais económicas, para um elemento individual qualquer, deverão ser indicadas directamente.
- **As tolerâncias geométricas gerais aplicam-se se os desenhos ou as especificações correspondentes fazem referência à norma ISO 2768-2**.
- **As tolerâncias geométricas gerais aplicam-se a todas as características geométricas toleranciadas, excluindo a cilindricidade, o perfil de uma linha qualquer, o perfil de uma superfície qualquer, a inclinação, a coaxialidade, a localização e o batimento total**.

Tolerâncias geométricas para elementos sem indicações de tolerâncias individuais (ISO 2768-2: 1989)

- **As tolerâncias geométricas gerais, em conformidade com a ISO 2768-2, deverão ser utilizadas quando o princípio de toleranciamento de base, em conformidade com a ISO 8015, é utilizado e indicado no desenho.**
- **Indicações nos desenhos:**
  - Se as tolerâncias geométricas gerais (ISO 2768-2) devem ser aplicadas em conjunto com as tolerâncias dimensionais gerais (ISO 2768-1), deve ser indicada a seguinte informação, no interior ou junto da legenda:
    - **ISO 2768**;
    - **a classe de tolerância em conformidade com a ISO 2768-1**;
    - **a classe de tolerância em conformidade com a ISO 2768-2**;
  - por exemplo: **ISO 2768-mK**.
- Se o **requisito de envolvente** também se aplicar a todos os elementos de tamanho simples (ex.: superfície cilíndrica ou duas superfícies planas paralelas), a designação geral especificada deve ser: **ISO 2768-mK-E**.

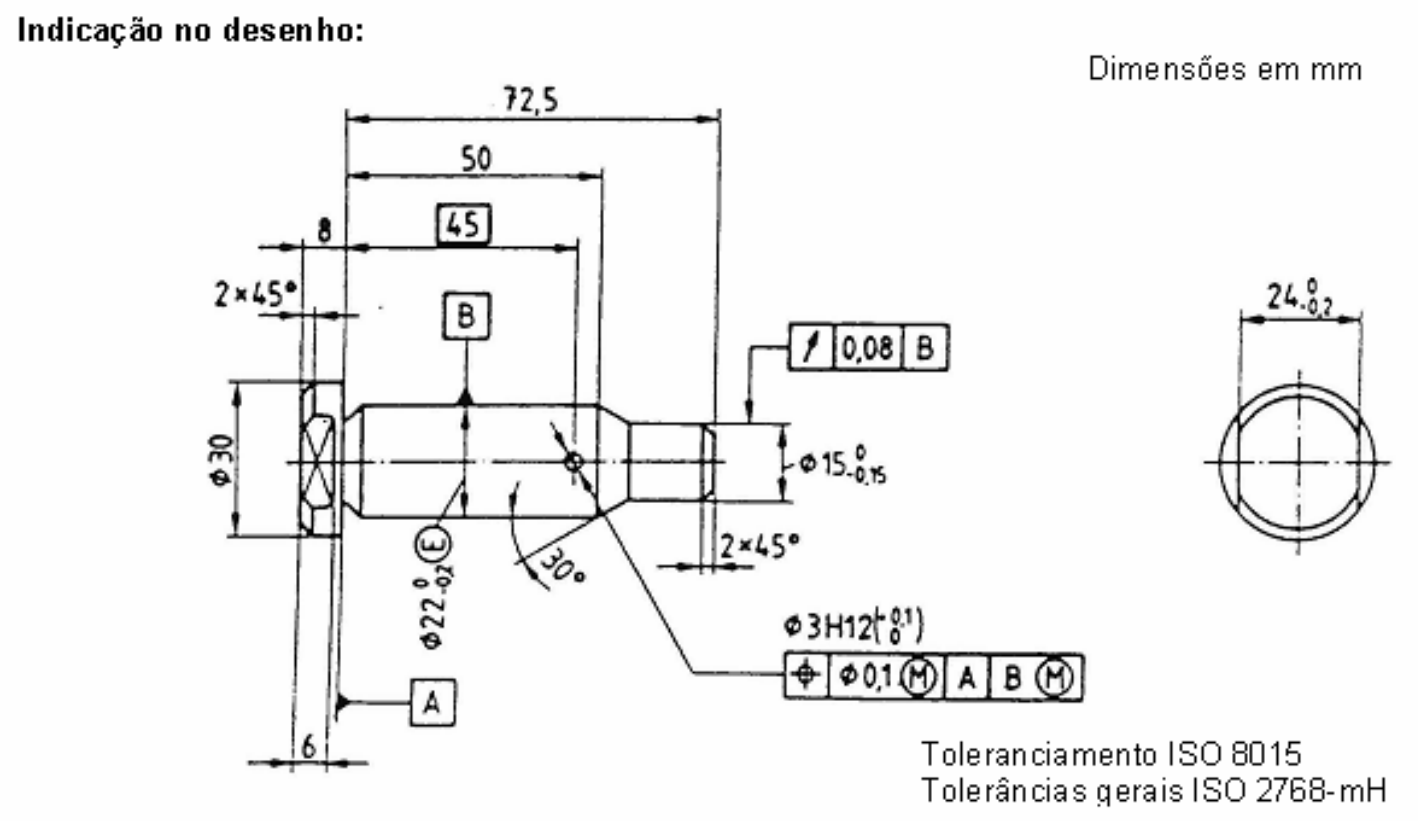
Tolerâncias geométricas para elementos sem indicações de tolerâncias individuais (ISO 2768-2: 1989)

- Exemplos:



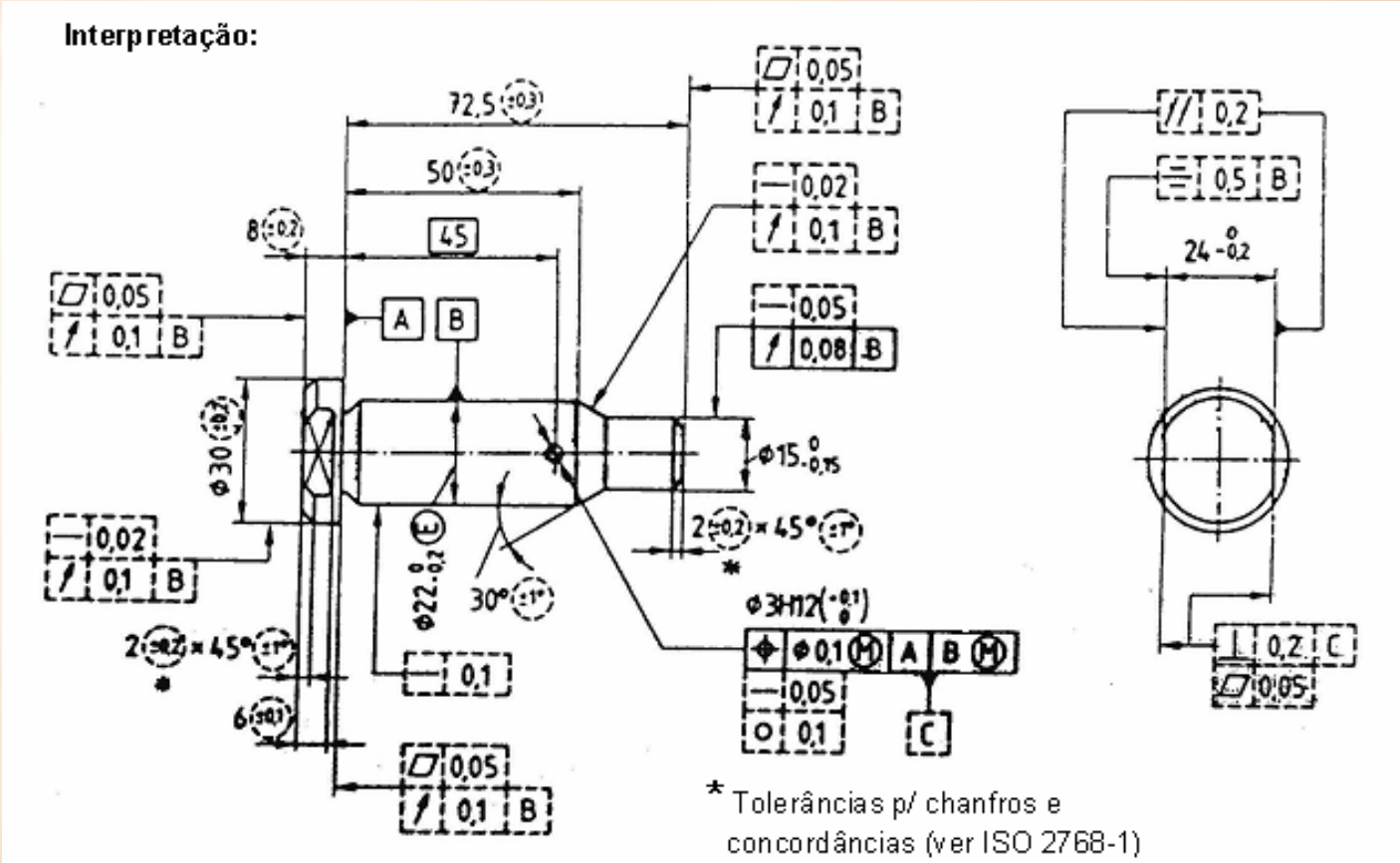
Tolerâncias geométricas para elementos sem indicações de tolerâncias individuais (ISO 2768-2: 1989)

- Exemplos:



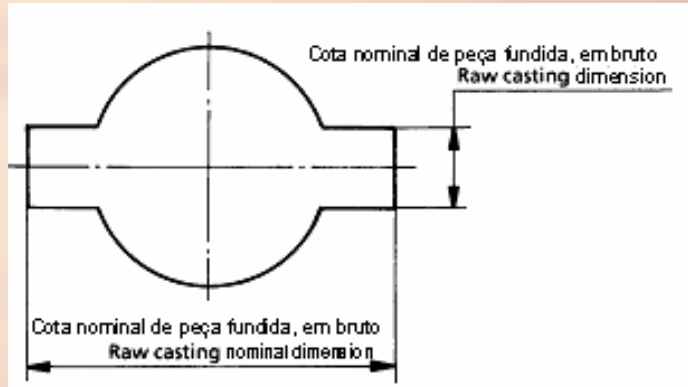
Tolerâncias geométricas para elementos sem indicações de tolerâncias individuais (ISO 2768-2: 1989)

- Exemplos (cont.):



Tolerâncias dimensionais e geométricas gerais e sobreespessuras para trabalho mecânico para peças moldadas (ISO 8062-3)

- **A norma ISO 8062-3 aplica-se**:
  - a **peças fundidas**, conforme estas são entregues ao cliente;
  - a **peças fundidas em todos os metais e suas ligas**, produzidas através de vários processos de fabricação de peças fundidas.
- A tolerância especificada para uma peça fundida **pode determinar o método de fundição**.
- **Cotagem**:
  - A **cota nominal de uma peça fundida é a dimensão de uma peça em bruto**, antes de ser maquinada, **incluindo a necessária sobreespessura para trabalho mecânico**.



Indicações no desenho

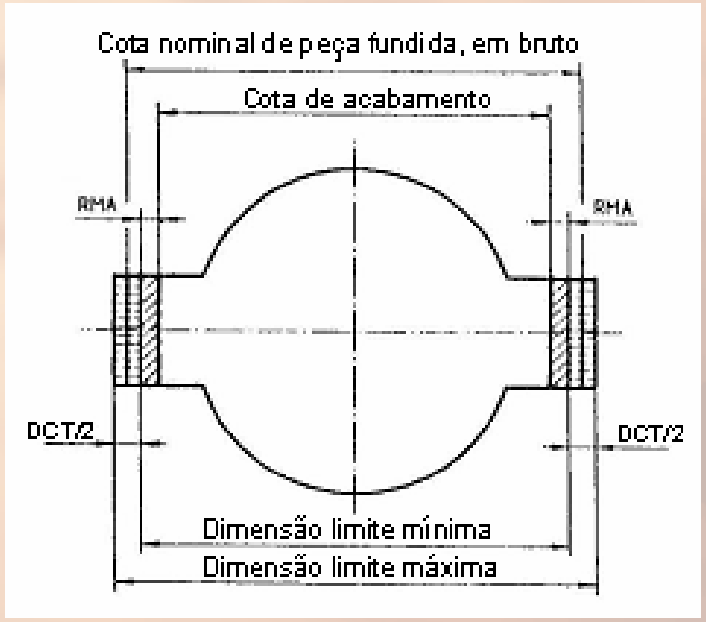
Tolerâncias dimensionais e geométricas gerais e sobreespessuras para trabalho mecânico para peças moldadas (ISO 8062-3)

- **A sobreespessura requerida para trabalho mecânico, RMA** ("required machining allowance"), em peças fundidas, em bruto, **é o valor mínimo de sobreespessura de material necessário para permitir a remoção dos efeitos da fundição na superfície**, através de subsequente operação de maquinar, de modo a permitir atingir o estado de superfície desejado e a necessária exactidão dimensional.

- **Graus de tolerância:**
  - Quando se utilizam tolerâncias gerais, é necessário verificar se são necessárias:
    - tolerâncias mais pequenas, por razões funcionais, ou
    - tolerâncias mais largas, por razões económicas.
  - Em ambos os casos, devem ser indicadas tolerâncias individuais.

Tolerâncias dimensionais e geométricas gerais e sobreespessuras para trabalho mecânico para peças moldadas (ISO 8062-3)

- **Graus de tolerância dimensional para peças fundidas (DCTG)**:
  - **Estão definidos 16 graus de tolerâncias dimensionais gerais para peças fundidas** (" dimensional casting tolerance grades"), designados de **DCTG1 a DCTG16**.
  - Por omissão, **as tolerâncias das peças fundidas (DCT) têm desvios simétricos**.
  - **Se uma tolerância tiver que ser assimétrica, esta deve ser especificada individualmente**.



Tolerâncias dimensionais e geométricas gerais e sobreespessuras para trabalho mecânico para peças moldadas (ISO 8062-3)

- **Tolerâncias dimensionais lineares de peças fundidas (DCTG):**

Dimensões nominais de peças em bruto mm acima	até e incl.	Tolerâncias dimensionais lineares de peças fundidas (mm) — Graus de tolerância dimensional de peças fundidas (**DCTG**) [1] 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16 [2]
-	10	0,09	0,13	0,18	0,26	0,36	0,52	0,74	1	1,5	2	2,8	4,2	-	-	-	-
10	16	0,1	0,14	0,2	0,28	0,38	0,54	0,78	1,1	1,6	2,2	3	4,4	-	-	-	-
16	25	0,11	0,15	0,22	0,3	0,42	0,58	0,82	1,2	1,7	2,4	3,2	4,6	6	8	10	12
25	40	0,12	0,17	0,24	0,32	0,46	0,64	0,9	1,3	1,8	2,6	3,6	5	7	9	11	14
40	63	0,13	0,18	0,26	0,36	0,5	0,7	1	1,4	2	2,8	4	5,6	8	10	12	16
63	100	0,14	0,2	0,28	0,4	0,56	0,78	1,1	1,6	2,2	3,2	4,4	6	9	11	14	18
100	160	0,15	0,22	0,3	0,44	0,62	0,88	1,2	1,8	2,5	3,6	5	7	10	12	16	20
160	250	-	0,24	0,34	0,5	0,7	1	1,4	2	2,8	4	5,6	8	11	14	18	22
250	400	-	-	0,4	0,56	0,78	1,1	1,6	2,2	3,2	4,4	6,2	9	12	16	20	25
400	630	-	-	-	0,64	0,9	1,2	1,8	2,6	3,6	5	7	10	14	18	22	28
630	1000	-	-	-	-	1	1,4	2	2,8	4	6	8	11	16	20	25	32
1000	1600	-	-	-	-	-	1,6	2,2	3,2	4,6	7	9	13	18	23	29	37
1600	2500	-	-	-	-	-	-	2,6	3,8	5,4	8	10	15	21	26	33	42
2500	4000	-	-	-	-	-	-	-	4,4	6,2	9	12	17	24	30	38	49
4000	6300	-	-	-	-	-	-	-	-	7	10	14	20	28	35	44	56
6300	10000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11	16	23	32	40	50	64

1) Para espessuras de parede, nos graus DCTG1 a DCTG15, adopta-se um grau imediatamente superior.

2) O grau 16 existe apenas para espessuras de parede de peças fundidas especificadas com DCTG 15.

Tolerâncias dimensionais e geométricas gerais e sobreespessuras para trabalho mecânico para peças moldadas (ISO 8062-3)

- **Graus de tolerância geométrica (GCTG)**:
  - **Existem 7 graus de tolerância geométrica (GCTG) para peças fundidas**, designados de **GCTG 2 a GCTG 8**.
  - O grau GCTG 1 fica reservado para valores mais finos que podem vir a ser requeridos no futuro.
  - As tolerâncias geométricas de forma (rectitude, planeza, circularidade) e de orientação (inclinação, paralelismo, perpendicularidade) não se aplicam a elementos com ângulo de saída ("draft").
    Estes elementos necessitam de tolerâncias indicadas individualmente, em conformidade com a função e com as recomendações do fabricante.
  - Outras tolerâncias geométricas (ex.: inclinação, perfil, localização, planeza de zona comum) devem ser indicadas individualmente.

Tolerâncias dimensionais e geométricas gerais e sobreespessuras para trabalho mecânico para peças moldadas (ISO 8062-3)

- **Graus de tolerância geométrica (GCTG):**

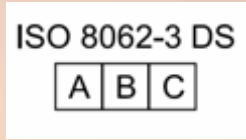
Dimensão nominal relativa à peça moldada		Tolerâncias geométricas de peças fundidas (mm)						
mm acima	até e incluindo	Graus de tolerância geométrica de peças fundidas (**GCTG**) 2	3	4	5	6	7	8
Tolerâncias de rectitude								
-	10	0,08	0,12	0,18	0,27	0,4	0,6	0,9
10	30	0,12	0,18	0,27	0,4	0,6	0,9	1,4
30	100	0,18	0,27	0,4	0,6	0,9	1,4	2
100	300	0,27	0,4	0,6	0,9	1,4	2	3
300	1000	0,4	0,6	0,9	1,4	2	3	4,5
1000	3000	-	-	-	3	4	6	9
3000	6000	-	-	-	6	8	12	18
6000	10000	-	-	-	12	16	24	36
Tolerâncias de planeza								
-	10	0,12	0,18	0,27	0,4	0,6	0,9	1,4
10	30	0,18	0,27	0,4	0,6	0,9	1,4	2,0
30	100	0,27	0,4	0,6	0,9	1,4	2	3,0
100	300	0,4	0,6	0,9	1,4	2	3	4,5
300	1000	0,6	0,9	1,4	2	3	4,5	7
1000	3000	-	-	-	4	6	9	14
3000	6000	-	-	-	8	12	18	28
6000	10000	-	-	-	16	24	36	56

Tolerâncias dimensionais e geométricas gerais e sobreespessuras para trabalho mecânico para peças moldadas (ISO 8062-3)

- **Graus de tolerância geométrica (GCTG)** (cont.):

Tolerâncias de circularidade, paralelismo, perpendicularidade e simetria								
-	10	0,18	0,27	0,4	0,6	0,9	1,4	2
10	30	0,27	0,4	0,6	0,9	1,4	2	3
30	100	0,4	0,6	0,9	1,4	2	3	4,5
100	300	0,6	0,9	1,4	2	3	4,5	7
300	1000	0,9	1,4	2	3	4,5	7	10
1000	3000	-	-	-	6	9	14	20
3000	6000	-	-	-	12	18	28	40
6000	10000	-	-	-	24	36	56	80
Tolerâncias de coaxialidade								
-	10	0,27	0,4	0,6	0,9	1,4	2	3
10	30	0,4	0,6	0,9	1,4	2	3	4,5
30	100	0,6	0,9	1,4	2	3	4,5	7
100	300	0,9	1,4	2	3	4,5	7	10
300	1000	1,4	2	3	4,5	7	10	15
1000	3000	-	-	-	9	14	20	30
3000	6000	-	-	-	18	28	40	60
6000	10000	-	-	-	36	56	80	120

Tolerâncias dimensionais e geométricas gerais e sobreespessuras para trabalho mecânico para peças moldadas (ISO 8062-3)



- **Referências especificadas**:
  - **Nas tolerâncias gerais de orientação deve ser especificado, no desenho, um sistema de referências especificadas ("datum system") e identificado pela indicação "ISO 8062-3 DS" no interior ou junto da legenda do desenho**.
  - **Este sistema de referências especificadas não se aplica a tolerâncias geométricas gerais de coaxialidade e de simetria**.
  - Para referências especificadas de tolerâncias de coaxialidade gerais, aplicam-se as seguintes condições:
    - Se um elemento cilíndrico se estender sobre todo o comprimento de todos os outros elementos cilíndricos coaxiais, o seu eixo é tomado como a referência simples.
      Caso contrário, usa-se uma referência comum, composta pelos eixos dos dois elementos mais afastados, sobre a linha de eixo do desenho considerado.
    - Se existir mais do que uma possibilidade (elementos internos ou externos), usa-se o elemento com o maior diâmetro.
    - As tolerâncias gerais de coaxialidade aplicam-se também aos próprios elementos de referência, se for considerada uma referência especificada comum.

Tolerâncias dimensionais e geométricas gerais e sobreespessuras para trabalho mecânico para peças moldadas (ISO 8062-3)

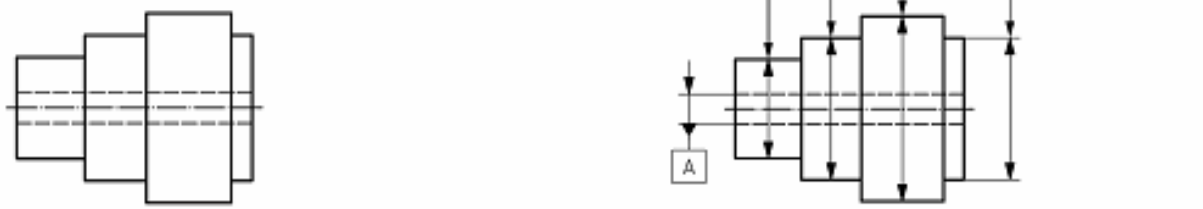
- **Referências especificadas**:
  - Para referências especificadas de tolerâncias de simetria gerais, aplicam-se as seguintes condições:
    - Se um elemento de tamanho se estender sobre todo o comprimento de todos os outros elementos co-simétricos, o seu plano mediano é tomado como a referência simples. Caso contrário, usa-se uma referência comum, composta pelos planos medianos dos dois elementos mais afastados, sobre a linha de eixo (plano) do desenho considerado.
    - Se existir mais do que uma possibilidade, usa-se o elemento com o maior tamanho.
    - Um dos dois elementos de referência pode ser cilíndrico.
    - As tolerâncias gerais de simetria aplicam-se também aos próprios elementos de referência, se for considerada uma referência especificada comum.

Tolerâncias dimensionais e geométricas gerais e sobreespessuras para trabalho mecânico para peças moldadas (ISO 8062-3)

- **Referências especificadas (exemplos):**

ISO 8062-3 DS

A	B	C



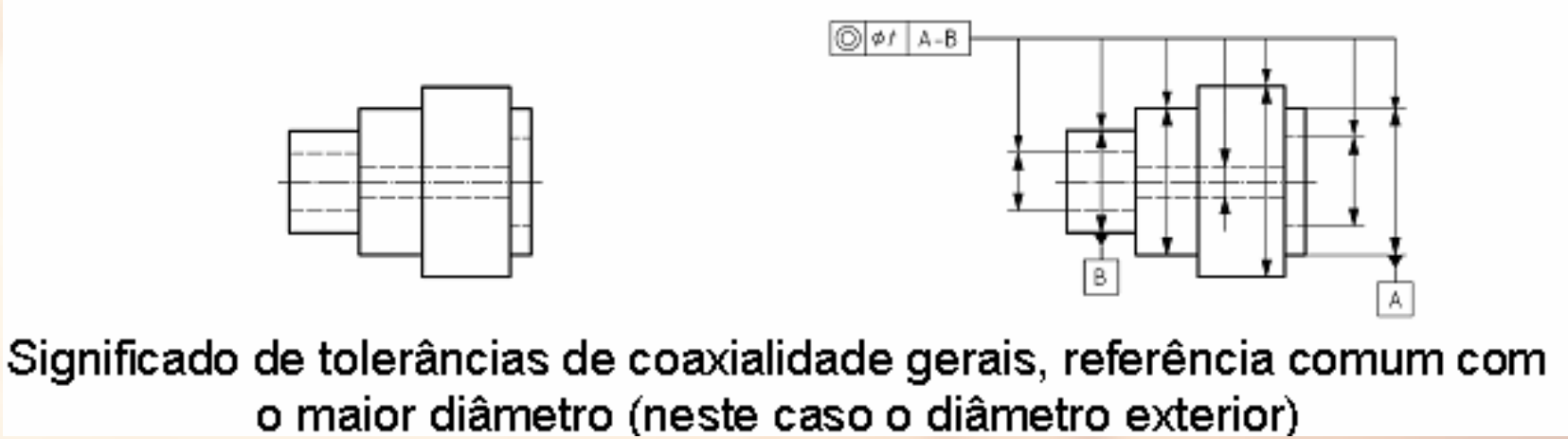
Significado de tolerâncias de coaxialidade gerais, referência simples



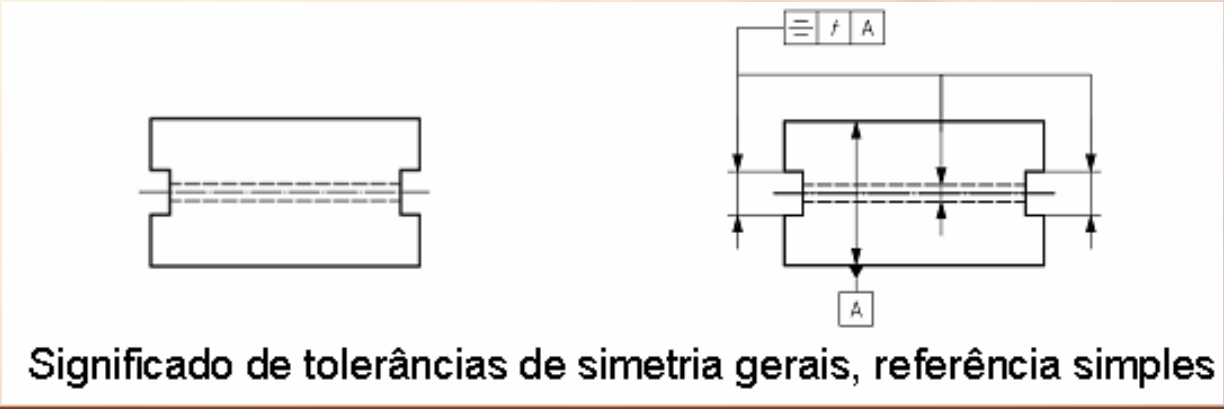
Significado de tolerâncias de coaxialidade gerais, referência comum

Tolerâncias dimensionais e geométricas gerais e sobreespessuras para trabalho mecânico para peças moldadas (ISO 8062-3)

- Referências especificadas (exemplos):



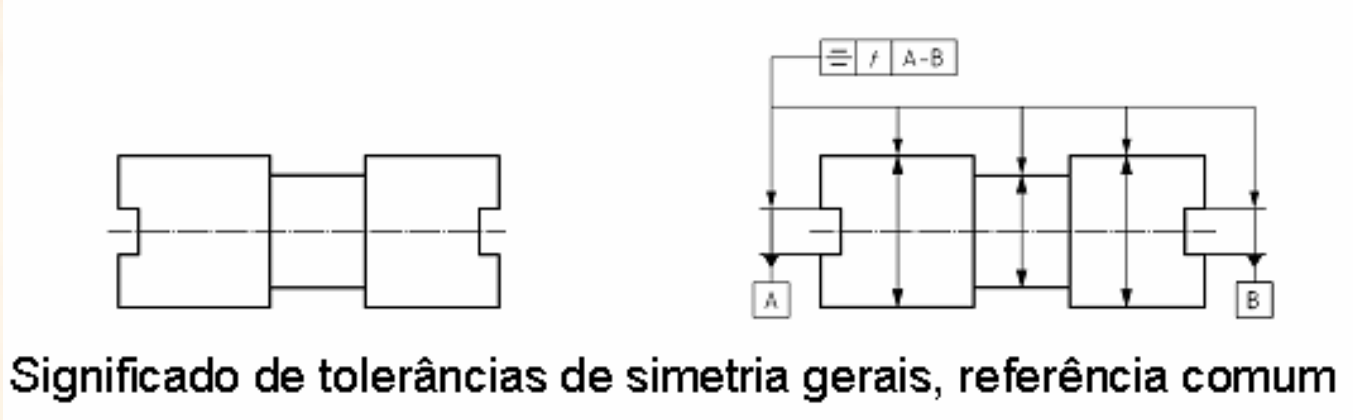
Significado de tolerâncias de coaxialidade gerais, referência comum com o maior diâmetro (neste caso o diâmetro exterior)



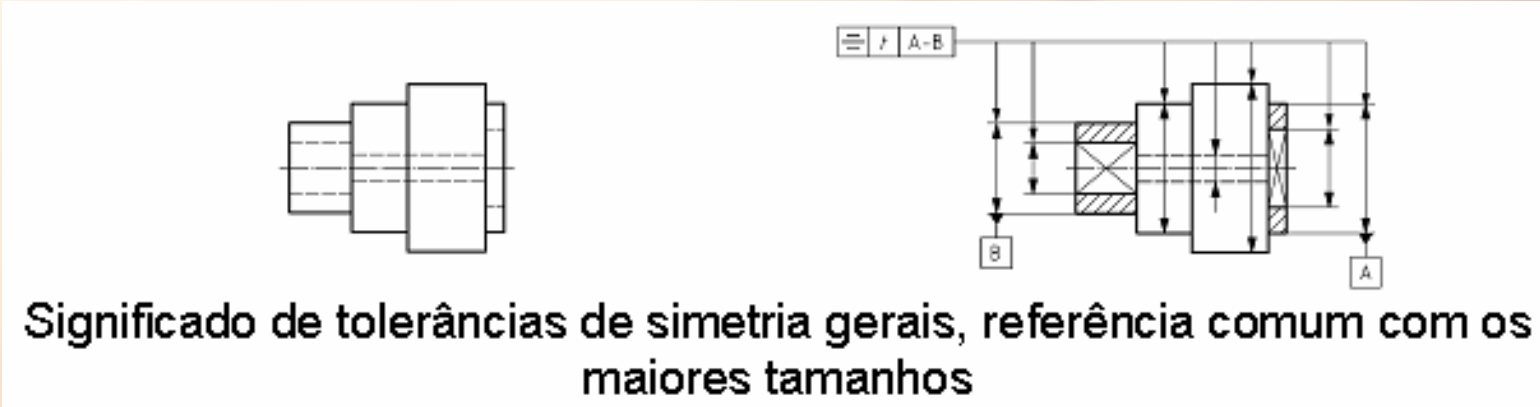
Significado de tolerâncias de simetria gerais, referência simples

Tolerâncias dimensionais e geométricas gerais e sobreespessuras para trabalho mecânico para peças moldadas (ISO 8062-3)

- Referências especificadas (exemplos):



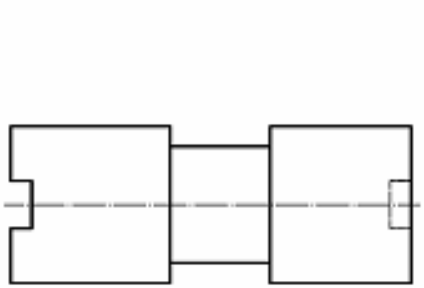
Significado de tolerâncias de simetria gerais, referência comum

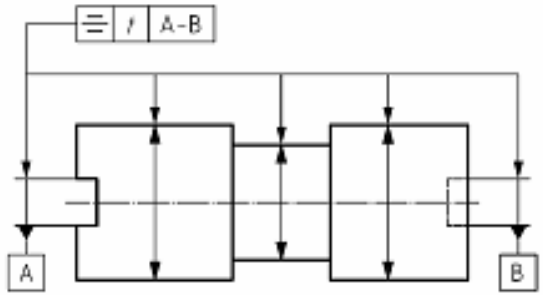


Significado de tolerâncias de simetria gerais, referência comum com os maiores tamanhos

Tolerâncias dimensionais e geométricas gerais e sobreespessuras para trabalho mecânico para peças moldadas (ISO 8062-3)

- **Referências especificadas (exemplos):**

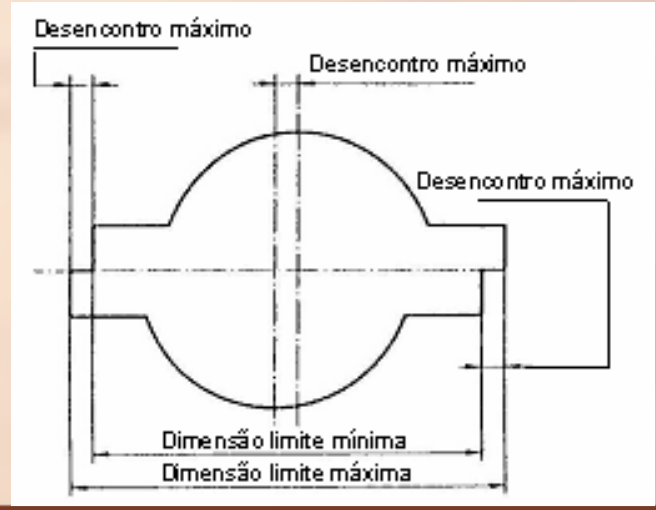




Significado de tolerâncias de simetria gerais, referência comum com uma referência cilíndrica

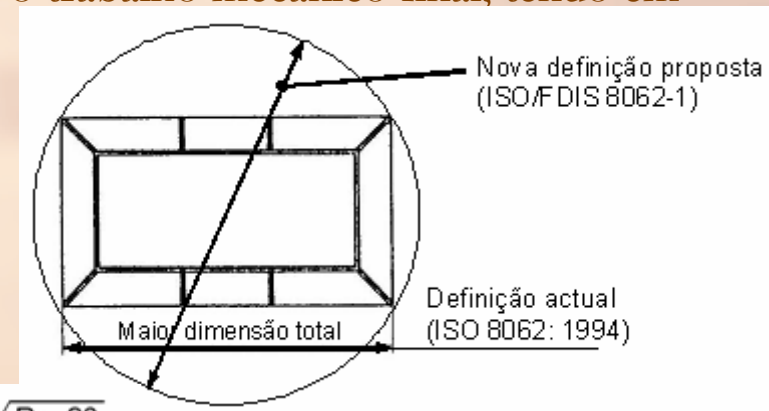
Tolerâncias dimensionais e geométricas gerais e sobreespessuras para trabalho mecânico para peças moldadas (ISO 8062-3)

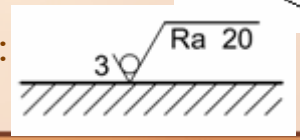
- **Desencontro da superfície de apartação ou de junta (SMI)** ("surface mismatch"):
  - **Degrau na superfície de uma peça moldada**, causado por diferenças dimensionais, deslocamento ou desalinhamento entre as partes constituintes de um molde.
  - Se for necessário restringir ainda mais o valor do desencontro da superfície de apartação, o valor máximo admissível deve ser indicado, individualmente.
- **Espessura de parede**:
  - Por omissão, **a tolerância para a espessura da parede**, nos graus DCTG1 a DCTG15, **deve ser um grau mais larga do que a tolerância geral especificada para as outras dimensões**.



Tolerâncias dimensionais e geométricas gerais e sobreespessuras para trabalho mecânico para peças moldadas (ISO 8062-3)

- **Sobreespessuras requeridas para trabalho mecânico, RMA**:
  - Como condição geral, os graus de sobreespessura requerida para trabalho mecânico (RMAG – "required machining allowance grades") especificados **aplicam-se a toda a peça fundida em bruto** (para todas as superfícies a maquinar).
  - O **valor a especificar deve ser seleccionado a partir da máxima dimensão de atravancamento da peça fundida acabada**, após a operação de maquinar final.
  - **A máxima dimensão de atravancamento é o diâmetro da menor esfera que pode conter a peça fundida acabada**, após o trabalho mecânico final, tendo em conta, apenas, as cotas nominais.
  - Em peças fundidas em areia, as superfícies dos topos podem necessitar de maior sobreespessura para trabalho mecânico do que as restantes superfícies.
  - Os graus de RMA mais grosseiros seleccionados para tais superfícies devem ser indicados individualmente:





Tolerâncias dimensionais e geométricas gerais e sobreespessuras para trabalho mecânico para peças moldadas (ISO 8062-3)

- **Sobreespessuras requeridas para trabalho mecânico, RMA**:
  - A dimensão máxima de um elemento, enquanto fundido, não deve exceder a dimensão acabada, mais a sobreespessura requerida para trabalho mecânico, mais a tolerância total da peça fundida.
  - Quando aplicável, a saída ("draft") deve ser considerada adicionalmente.
  - **Estão definidos 10 graus de sobreespessura requerida para trabalho mecânico, designados de RMAG A a RMAG K**.

Tolerâncias dimensionais e geométricas gerais e sobreespessuras para trabalho mecânico para peças moldadas (ISO 8062-3)

- **Sobreespessuras requeridas para trabalho mecânico, RMAG:**

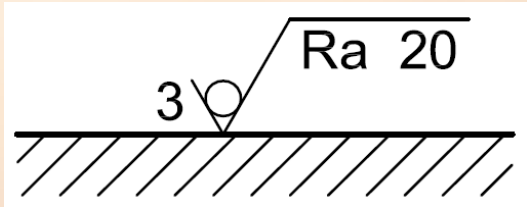
Máx. dimensão de atravancamento [1] mm		mm Sobreespessura requerida para trabalho mecânico									
>	Até e inclus.	Graus de sobreespessura requerida para trabalho mecânico (**RMAG**)									
		A [2]	B [2]	C	D	E	F	G	H	J	K
-	40	0,1	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,5	0,7	1	2
40	63	0,1	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5	0,7	1	1,4	3
63	100	0,2	0,3	0,4	0,5	0,7	1	1,4	2	2,8	4
100	160	0,3	0,4	0,5	0,8	1,1	1,5	2,2	3	4	6
160	250	0,3	0,5	0,7	1	1,4	2	2,8	4	5,5	8
250	400	0,4	0,7	0,9	1,3	1,8	2,5	3,5	5	7	10
400	630	0,5	0,8	1,1	1,5	2,2	3	4	6	9	12
630	1000	0,6	0,9	1,2	1,8	2,5	3,5	5	7	10	14
1000	1600	0,7	1	1,4	2	2,8	4	5,5	8	11	16
1600	2500	0,8	1,1	1,6	2,2	3,2	4,5	6	9	13	18
2500	4000	0,9	1,3	1,8	2,5	3,5	5	7	10	14	20
4000	6300	1	1,4	2	2,8	4	5,5	8	11	16	22
6300	10000	1,1	1,5	2,2	3	4,5	6	9	12	17	24

1) Máxima dimensão de atravancamente da peça fundida, após trabalho mecânico final.

2) Os graus A e B devem ser aplicados, apenas, em casos especiais, por exemplo, com produção em série, na qual o modelo, o processo de fundição e o processo de trabalho mecânico, no que respeita às superfícies de aperto e superfícies de referência especificada ou parciais, foram acordados entre o cliente e a fundição.

Tolerâncias dimensionais e geométricas gerais e sobreespessuras para trabalho mecânico para peças moldadas (ISO 8062-3)

- **Indicação nos desenhos:**
  - **Indicação das tolerâncias dimensionais gerais de peças fundidas:**
    - Indicações no desenho, no interior ou junto da legenda:
      - **com informação geral relativa às tolerâncias;**
      - Ex.: **Tolerâncias gerais ISO 8062-3 – DCTG 12**
      - **com uma restrição adicional de desencontro (SMI);**
      - Ex.: **Tolerâncias gerais ISO 8062-3 – DCTG 12 – SMI ±1,5**
  - **Indicação das sobreespessuras para trabalho mecânico:**
    - **com informação geral;**
    - Ex.: **Toler. gerais ISO 8062-3 – DCTG 12 – RMA 6 (RMAG H)**
    - **com uma sobreespessura para trabalho mecânico particular:**
      - Exemplo:



Tolerâncias dimensionais e geométricas gerais e sobreespessuras para trabalho mecânico para peças moldadas (ISO 8062-3)

- **Indicação nos desenhos:**
  - Indicação de tolerâncias geométricas de peças fundidas:
    - **Para tolerâncias geométricas gerais aplicadas em conjunto com as tolerâncias dimensionais gerais**:
      - **Tolerâncias gerais ISO 8062-3 – DCTG 12 – RMA 6 (RMAG H) – GCTG 7**
    - **Para tolerâncias geométricas gerais de peças fundidas**;
    - Ex.: **Tolerâncias gerais ISO 8062-3 – GCTG 7**

- **Tolerâncias dimensionais e geométricas de peças fundidas:**
  - A exactidão de um processo de fundição está dependente de muitos factores, entre os quais:
    - complexidade da concepção;
    - tipo de equipamento (modelos ou moldes);
    - metal ou liga em causa;
    - estado do equipamento (modelos ou moldes);
    - métodos de trabalho da fundição.

Tolerâncias dimensionais e geométricas gerais e sobreespessuras para trabalho mecânico para peças moldadas (ISO 8062-3)

- **Graus de tolerância dimensional para peças fundidas (DCTG), em bruto, produzidas em grandes séries:**

Método	Grau de tolerância para peças fundidas, DCTG								
	Material da peça fundida								
	Aço	Ferro fundido cinzento	Ferro fundido nodular	Ferro fundido maleável	Ligas de cobre	Ligas de zinco	Ligas de metais ligeiros	Ligas à base de níquel	Ligas à base de cobalto
Fundição em areia, moldação manual	11 a 14	11 a 14	11 a 14	11 a 14	10 a 13	10 a 13	9 a 12	11 a 14	11 a 14
Fundição em areia, moldação à máquina, e moldação em carapaça	8 a 12	8 a 12	8 a 12	8 a 12	8 a 10	8 a 10	7 a 9	8 a 12	8 a 12
Molde metálico permanente (gravidade e baixa pressão)	---	7 a 9	7 a 9	7 a 9	7 a 9	7 a 9	6 a 8	---	---
Fundição em molde, sob pressão	---	---	---	---	6 a 8	3 a 6	6 [1)]	---	---
Fundição em cera perdida [2)]	4 a 6	4 a 6	4 a 6	---	4 a 6	---	4 a 6	4 a 6	4 a 6

Tolerâncias dimensionais e geométricas gerais e sobreespessuras para trabalho mecânico para peças moldadas (ISO 8062-3)

- **Graus de tolerância dimensional para peças fundidas (DCTG), em bruto, produzidas em grandes séries (cont.):**

NOTA 1: Os graus de tolerância indicados são os que podem, normalmente, ser obtidos para peças fundidas produzidas em grandes séries, se os factores de produção que influenciam a exactidão dimensional da peça fundida tiverem sido completamente optimizados.

NOTA 2: Para peças fundidas complexas, recomenda-se um grau de tolerância mais largo.

1) A máxima dimensão de atravancamento influencia fortemente a escolha do grau de tolerância. Os graus de tolerância seguintes são recomendados para as **máximas dimensões de atravancamento**:
dimensões de atravancamento > 50 mm → DCTG 7; > 180 mm → DCTG 8; > 500 mm → DCTG 9.

2) Para peças fundidas em cera perdida e para as máximas dimensões de atravancamento, recomenda-se:
dimensões de atravancamento > 100 mm → DCTG 4 a 8; > 400 mm → DCTG 4 a 9.

Tolerâncias dimensionais e geométricas gerais e sobreespessuras para trabalho mecânico para peças moldadas (ISO 8062-3)

- **Graus de tolerância dimensional para peças fundidas (DCTG), em bruto, produzidas em pequenas séries ou peça-a-peça:**

Método	Material de moldação	Grau de tolerância para peças fundidas, DCTG							
		Material da peça fundida							
		Aço	Ferro fundido cinzento	Ferro fundido nodular	Ferro fundido maleável	Ligas de cobre	Ligas de metais ligeiros	Ligas à base de níquel	Ligas à base de cobalto
Fundição em areia, moldação manual	Areia verde	13 a 15	13 a 15	13 a 15	13 a 15	13 a 15	11 a 13	13 a 15	13 a 15
	autosecativa	12 a 14	11 a 14	11 a 14	11 a 14	10 a 13	10 a 13	12 a 14	12 a 14

NOTA: Os graus de tolerância indicados são os que podem, normalmente, ser obtidos para peças fundidas produzidas em pequenas séries ou peça-a-peça.

NOTA: Os valores deste quadro aplicam-se, geralmente, para dimensões nominais maiores do que 25 mm. Para dimensões menores, normalmente, podem ser asseguradas tolerâncias mais finas, de um ponto de vista económico e prático:

a) dimensões nominais até 10 mm: 3 graus mais finos;
b) dimensões nominais de 10 mm até 16 mm: 2 graus mais finos;
c) dimensões nominais de 16 mm até 25 mm: 1 grau mais fino.

Tolerâncias dimensionais e geométricas gerais e sobreespessuras para trabalho mecânico para peças moldadas (ISO 8062-3)

- **Graus de tolerância geométrica para peças fundidas (GCTG):**

Método	Material da peça fundida								
	Aço	Ferro fundido cinzento	Ferro fundido nodular	Ferro fundido maleável	Ligas de cobre	Ligas de zinco	Ligas de metais ligeiros	Ligas à base de níquel	Ligas à base de cobalto
Fundição em areia, moldação manual	6 a 8	5 a 7	5 a 7	5 a 7	5 a 7	5 a 7	5 a 7	6 a 8	6 a 8
Fundição em areia, moldação à máquina, e moldação em carapaça	5 a 7	4 a 6	4 a 6	4 a 6	4 a 6	4 a 6	4 a 6	5 a 7	5 a 7
Molde metálico permanente (gravidade e baixa pressão)	---	---	---	---	3 a 5	---	3 a 5	---	---
Fundição em molde, sob pressão [1]	---	---	---	---	2 a 4	2 a 4	2 a 4	---	---
Fundição em cera perdida	4 a 6 [2]	3 a 5	3 a 5	3 a 5	3 a 5	2 a 4	3 a 5	4 a 6 [2]	4 a 6 [2]

1) Aplicam-se os seguintes graus: GCTG 2 deverá ser usado apenas por acordo especial; GCTG 3, para peças fundidas correntes, sem gavetas (movimentos) para a superfície de contomo; GCTG 4, para peças fundidas complexas, bem como com gavetas (movimentos) para a superfície de contorno.

2) Para peças fundidas em cera perdida: dimensões > 100 mm → grau 4 a 8; > 400 mm → grau 4 a 9.

Tolerâncias dimensionais e geométricas gerais e sobreespessuras para trabalho mecânico para peças moldadas (ISO 8062-3)

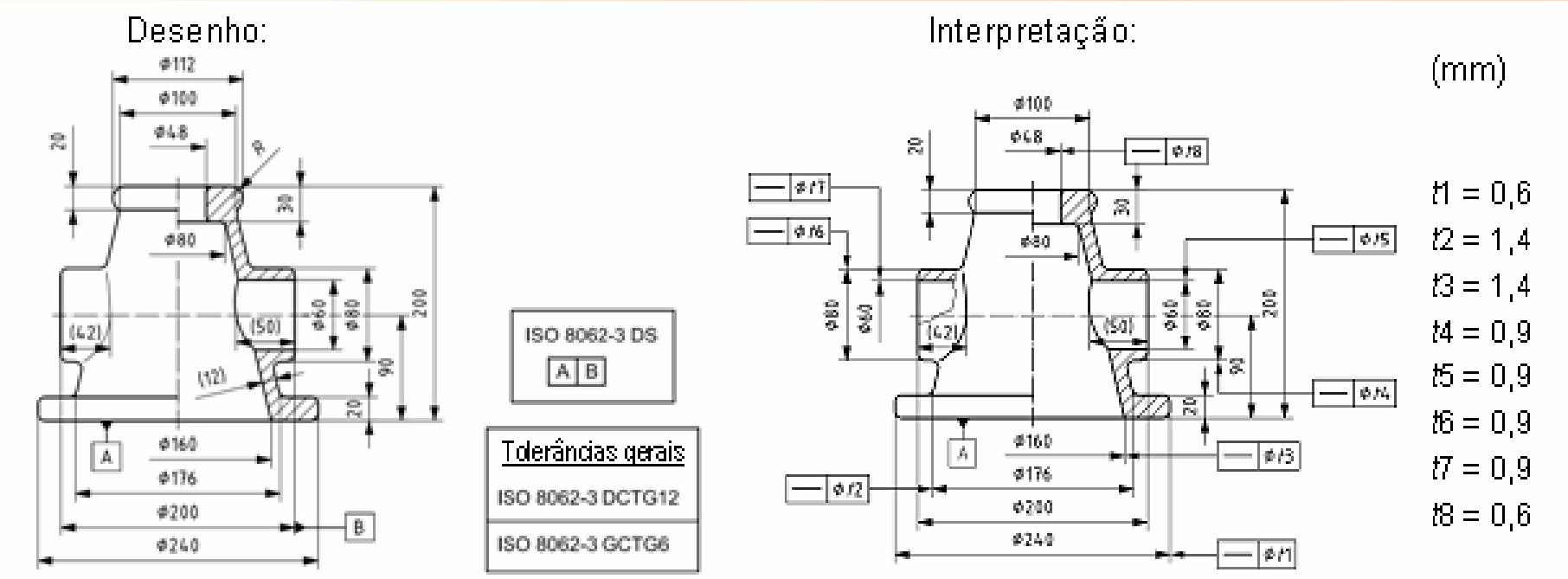
- **Graus típicos de sobreespessura requerida para trabalho mecânico em peças fundidas em bruto (RMAG):**

Método	Grau de sobreespessura requerida para trabalho mecânico, **RMAG**								
	Material da peça fundida								
	Aço	Ferro fundido cinzento	Ferro fundido nodular	Ferro fundido maleável	Ligas de cobre	Ligas de zinco	Ligas de metais ligeiros	Ligas à base de níquel	Ligas à base de cobalto
Fundição em areia, moldação manual	G a K	F a H [1)]	F a H [1)]	F a H	F a H	F a H	F a H [1)]	G a K	G a K
Fundição em areia, moldação à máquina, e moldação em carapaça	F a H	E a G	E a G	E a G	E a G	E a G	E a G	F a H	F a H
Molde metálico permanente (gravidade e baixa pressão)	---	D a F	D a F	D a F	D a F	D a F	D a F	---	---
Fundição em molde, sob pressão	---	---	---	---	B a D	A a D	B a D	---	---
Fundição em cera perdida	E	E	E	---	E	---	E	E	E

1) Para peças fundidas com a máxima dimensão de atravancamento maior do que 6300 mm, aplicam-se os graus F a K.

Tolerâncias dimensionais e geométricas gerais e sobreespessuras para trabalho mecânico para peças moldadas (ISO 8062-3)

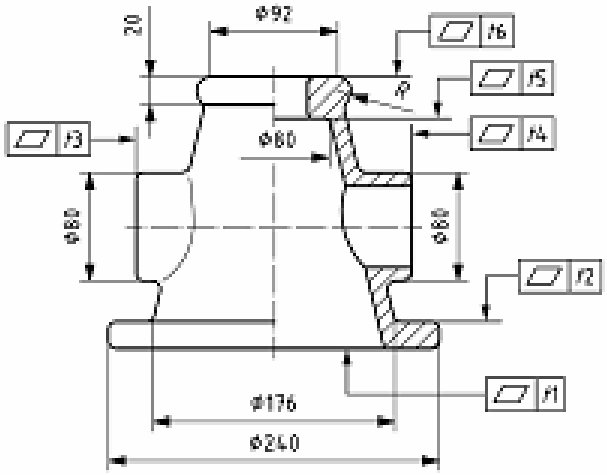
- **Exemplo de aplicação das tolerâncias geométricas gerais para peças fundidas:**



Tolerâncias dimensionais e geométricas gerais e sobreespessuras para trabalho mecânico para peças moldadas (ISO 8062-3)

- **Exemplo de aplicação das tolerâncias geométricas gerais para peças fundidas (cont.):**

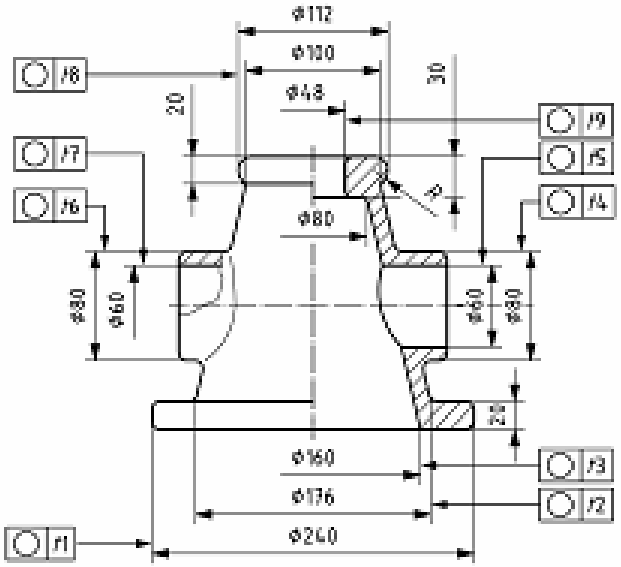
Interpretação:



(mm)

t1 = 2
t2 = 2
t3 = 1,4
t4 = 1,4
t5 = 1,4
t6 = 1,4

Interpretação:

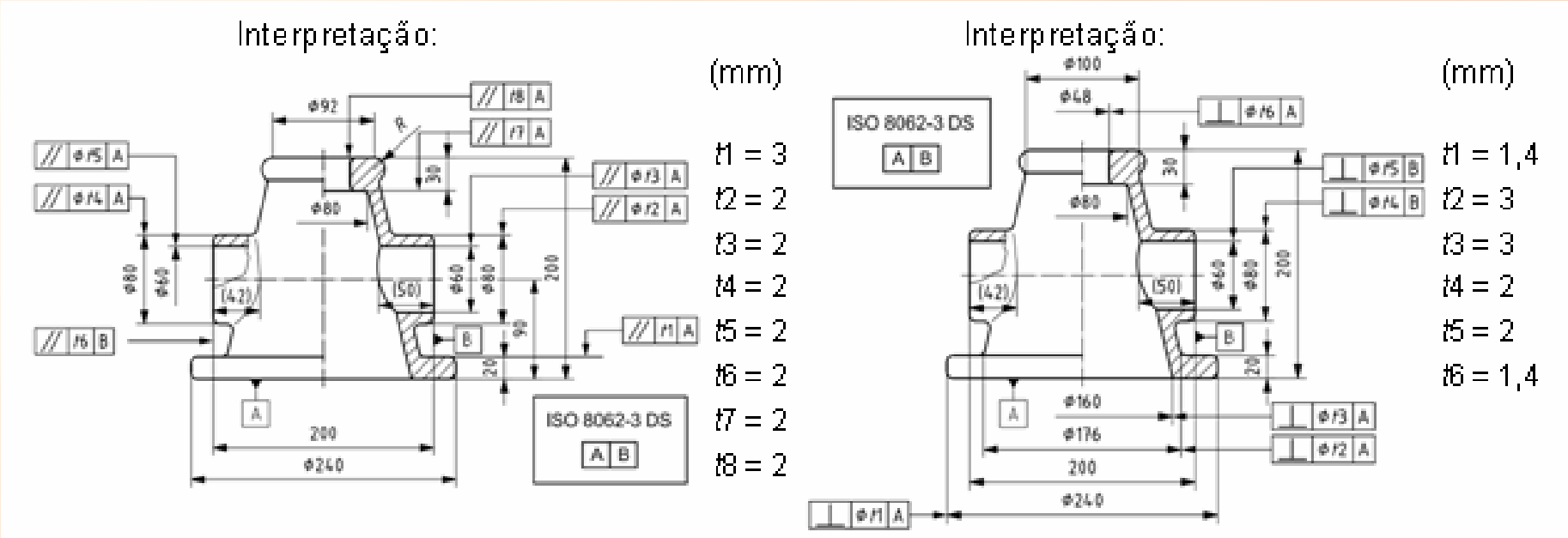


(mm)

t1 = 3
t2 = 3
t3 = 3
t4 = 2
t5 = 2
t6 = 2
t7 = 2
t8 = 3
t9 = 2

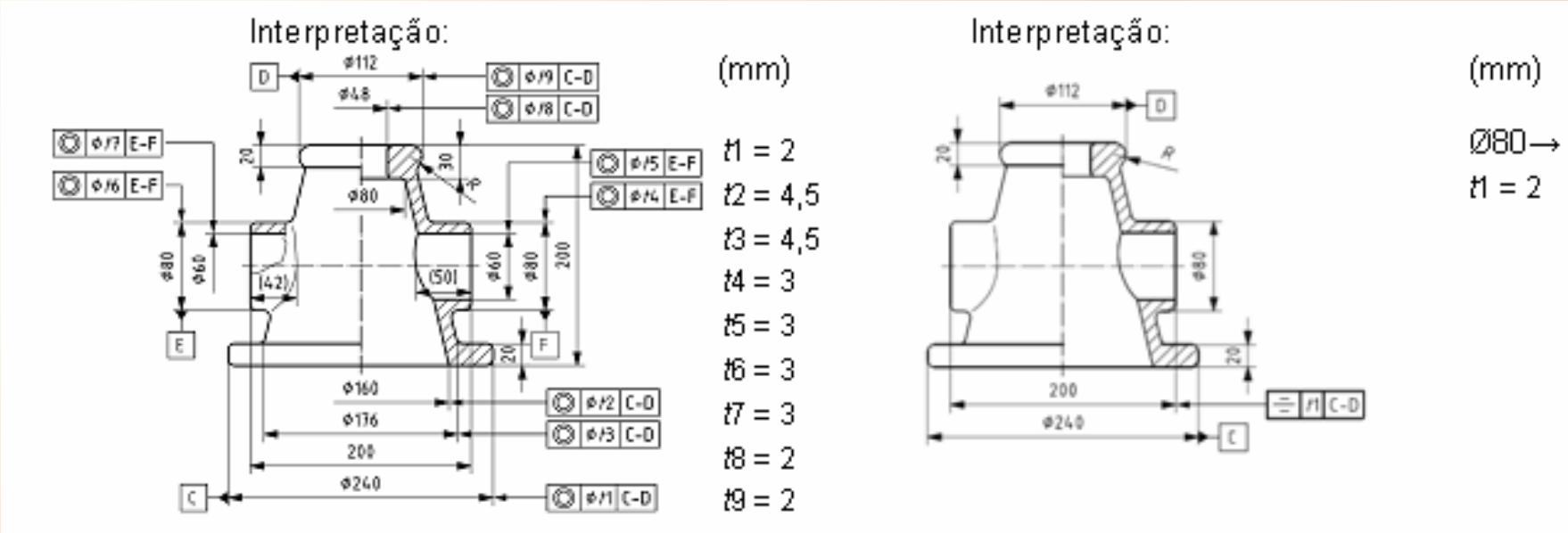
Tolerâncias dimensionais e geométricas gerais e sobreespessuras para trabalho mecânico para peças moldadas (ISO 8062-3)

- **Exemplo de aplicação das tolerâncias geométricas gerais para peças fundidas (cont.):**



Tolerâncias dimensionais e geométricas gerais e sobreespessuras para trabalho mecânico para peças moldadas (ISO 8062-3)

- **Exemplo de aplicação das tolerâncias geométricas gerais para peças fundidas (cont.):**



Soldadura – Tolerâncias gerais para construções soldadas – Dimensões para comprimentos e ângulos – Forma e posição

- A **norma ISO 13920: 1996 especifica tolerâncias gerais para dimensões lineares e angulares e para a forma e a posição de estruturas soldadas, em quatro classes**, baseadas na exactidão oficinal corrente e seleccionadas de acordo com os requisitos funcionais.
- **As tolerâncias aplicáveis são sempre as que estão especificadas no desenho**. Em vez de especificar tolerâncias individuais, podem ser utilizadas as classes de tolerância em conformidade com esta norma.
- As tolerâncias gerais para dimensões lineares e angulares e para a forma e a posição, especificadas nesta norma, **aplicam-se a soldaduras em geral, conjuntos de peças soldadas e estruturas soldadas**, etc. Para estruturas complexas, podem ser necessárias disposições especiais.
- **As especificações indicadas nesta norma são baseadas no princípio de independência, especificado na ISO 8015**, de acordo com o qual, as tolerâncias dimensionais e geométricas aplicam-se, independentemente umas das outras.

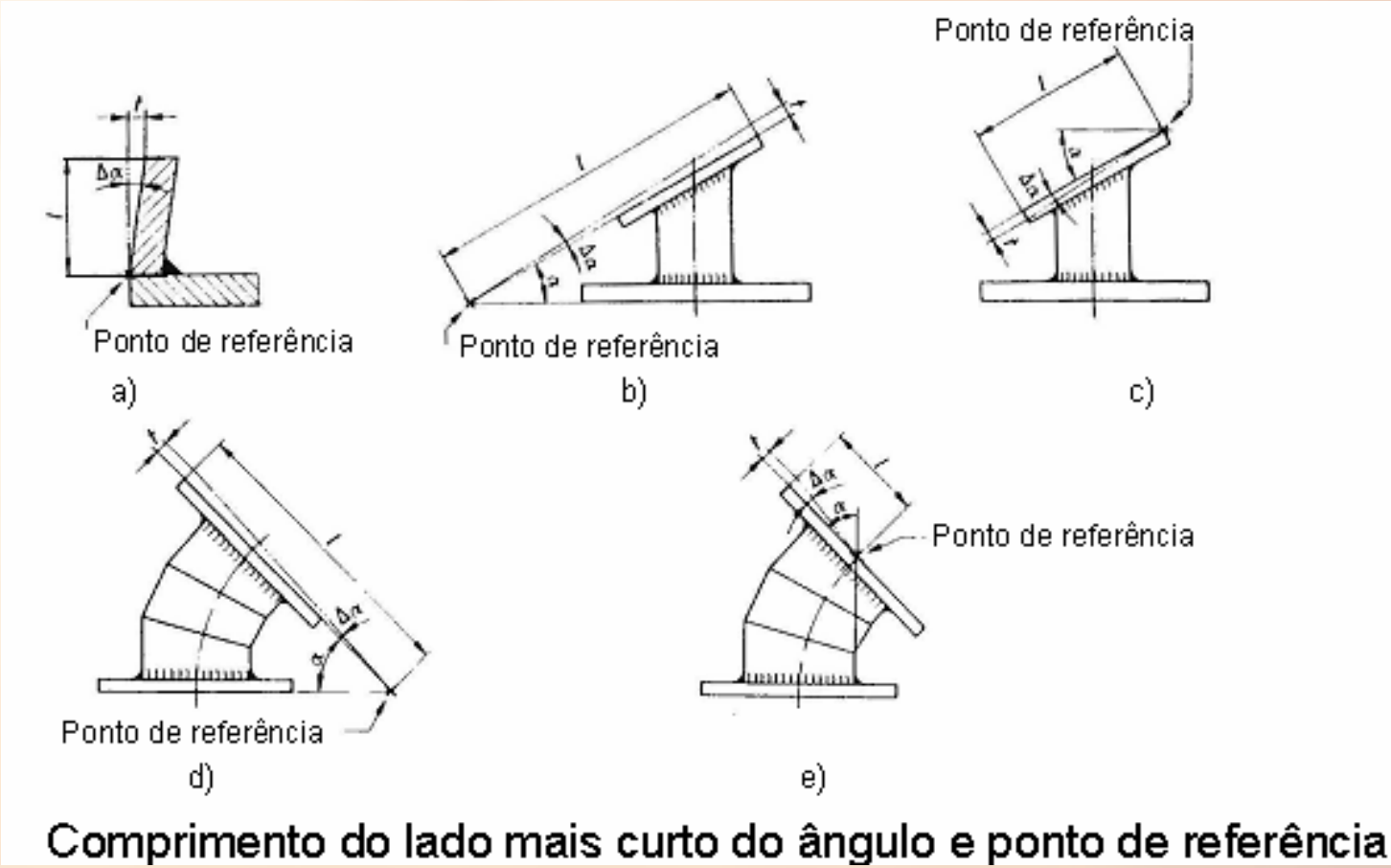
Soldadura – Tolerâncias gerais para construções soldadas – Dimensões para comprimentos e ângulos – Forma e posição

- **Tolerâncias para dimensões lineares:**

Gama de tamanhos nominais *l* em mm											
Classe de tolerância	2 a 30	> 30 até 120	> 120 até 400	> 400 até 1000	> 1000 até 2000	> 2000 até 4000	> 4000 até 8000	> 8000 até 12000	> 12000 até 16000	> 16000 até 20000	> 20000
	Tolerâncias *t* em mm										
A	±1	±1	±1	±2	±3	±4	±5	±6	±7	±8	±9
B		±2	±2	±3	±4	±6	±8	±10	±12	±14	±16
C		±3	±4	±6	±8	±11	±14	±18	±21	±24	±27
D		±4	±7	±9	±12	±16	±21	±27	±32	±36	±40

- **Nas tolerâncias para dimensões angulares, o comprimento do lado mais curto do ângulo deve ser utilizado na determinação das tolerâncias a aplicar**. O comprimento do lado pode também ser assumido como sendo prolongado até um ponto de referência especificado. Neste caso, o respectivo ponto de referência deve ser indicado no desenho.

Soldadura – Tolerâncias gerais para construções soldadas – Dimensões para comprimentos e ângulos – Forma e posição



Comprimento do lado mais curto do ângulo e ponto de referência

Soldadura – Tolerâncias gerais para construções soldadas – Dimensões para comprimentos e ângulos – Forma e posição

- **Tolerâncias para dimensões angulares:**

Classe de tolerância	Gama de tamanhos nominais *l* em mm (comprimento do lado mais curto)		
	Até 400	> 400 até 1000	> 1000
	Tolerâncias $\Delta\alpha$ (em graus e minutos)		
A	± 20'	± 15'	± 10'
B	± 45'	± 30'	± 20'
C	± 1°	± 45'	± 30'
D	± 1° 30'	± 1° 15'	± 1°
	Tolerâncias *t* calculadas e arredondadas, em mm/m [1]		
A	± 6	± 4,5	± 3
B	± 13	± 9	± 6
C	± 18	± 13	± 9
D	± 26	± 22	± 18

[1] O valor indicado em mm/m corresponde ao valor da tangente da tolerância geral. É para ser multiplicado pelo comprimento, em m, do lado mais curto.

Soldadura – Tolerâncias gerais para construções soldadas – Dimensões para comprimentos e ângulos – Forma e posição

- **As tolerâncias de rectitude, planeza e paralelismo aplicam-se às dimensões totais de uma soldadura em geral, de um conjunto de peças soldadas ou de uma estrutura soldada e também em secções, nas quais as dimensões estão indicadas.**

- **Outras tolerâncias de forma e posição, por exemplo, tolerâncias de coaxialidade e de simetria não foram especificadas**. Se tais tolerâncias forem requeridas, por razões de funcionamento, devem ser indicadas nos desenhos, tal como especificado na ISO 1101.

Soldadura – Tolerâncias gerais para construções soldadas – Dimensões para comprimentos e ângulos – Forma e posição

- **Tolerâncias de rectitude, planeza e paralelismo:**

Gama de tamanhos nominais *l* em mm (relativos ao lado maior da superfície)										
Classe de tolerância	> 30 até 120	> 120 até 400	> 400 até 1000	> 1000 até 2000	> 2000 até 4000	> 4000 até 8000	> 8000 até 12000	> 12000 até 16000	> 16000 até 20000	> 20000
	Tolerâncias *t* em mm									
E	0,5	1	1,5	2	3	4	5	6	7	8
F	1	1,5	3	4,5	6	8	10	12	14	16
G	1,5	3	5,5	9	11	16	20	22	25	25
H	2,5	5	9	14	18	26	32	36	40	40

- **Indicações nos desenhos:**
  - **A designação da classe de tolerância seleccionada (ex.: ISO 13920-B) ou a sua combinação com uma classe de tolerância (ex.: ISO 13920-BE), deve ser inscrita na área apropriada, no desenho.**

Conceitos para o toleranciamento geral de características geométricas

- **As tolerâncias gerais deverão ser indicadas no desenho, através de referência às normas**:
  - ISO 2768,
  - ISO 8062 e/ou
  - ISO 13920,
  - conforme os casos.
- **Os valores das tolerâncias gerais correspondem**:
  - às classes de exactidão oficinal corrente e/ou
  - aos graus de exactidão de fundição corrente
  - sendo a classe de tolerância e/ou o grau de tolerância apropriados escolhidos e indicados no desenho.
- **Se, por razões funcionais, um elemento exigir um valor de tolerância inferior às "tolerâncias gerais", então o elemento deverá ter uma tolerância menor, indicada individualmente, junto do elemento respectivo**.

Conceitos para o toleranciamento geral de características geométricas

- Quando a função de um elemento admite uma tolerância igual ou superior aos valores da tolerância geral, aquela não deverá ser indicada individualmente, mas deverá ser especificada no desenho, em termos de toleranciamento geral.
  Podem existir "excepções à regra", quando a função do elemento admite uma tolerância superior às tolerâncias gerais e essa tolerância mais larga permite uma economia de fabricação.
  Nesses casos especiais, a tolerância mais larga deverá ser especificada individualmente, junto do elemento em questão.

- **A utilização de tolerâncias gerais apresenta as seguintes vantagens**:
  - os **desenhos são mais fáceis de ler** e, por isso, a comunicação torna-se mais efectiva para o utilizador;
  - **o desenhador poupa tempo**, evitando cálculos de tolerâncias detalhados, já que basta saber se a função admite uma tolerância superior ou igual à tolerância geral;

Conceitos para o toleranciamento geral de características geométricas

- **A utilização de tolerâncias gerais apresenta as seguintes vantagens (cont.)**:
  - o desenho permite referenciar, facilmente, quais os elementos que podem ser produzidos pela capacidade normal do processo; **facilitando a gestão do sistema de qualidade**, através da redução dos níveis de inspecção;
  - os elementos restantes que são afectados por tolerâncias individuais serão, normalmente, aqueles para os quais a função requer tolerâncias relativamente apertadas e que podem, portanto, necessitar de esforços particulares durante a produção – **a análise dos requisitos a controlar é facilitada**;
  - os responsáveis pelos serviços de compras e de subcontratação podem **negociar os contratos mais facilmente**, uma vez que a "exactidão oficinal corrente" e/ou a "exactidão de fundição corrente" é conhecida, antes que o contrato seja adjudicado.

Conceitos para o toleranciamento geral de características geométricas

- **Estas vantagens só são plenamente alcançadas quando existe uma confiança suficiente de que as tolerâncias dimensionais e geométricas gerais e a RMA (em peças fundidas) não serão ultrapassadas**, ou seja, quando a exactidão corrente, da oficina ou da fundição em questão, é igual ou superior à das tolerâncias gerais indicadas no desenho.

- **A oficina ou a fundição deverá**:
  - **determinar**, por meio de medições, **qual a sua exactidão corrente**;
  - **aceitar apenas desenhos cujas tolerâncias gerais sejam iguais ou maiores do que a sua exactidão corrente**;
  - **verificar, por amostragem, que a sua exactidão corrente não se deteriora** (não é intenção do conceito de toleranciamento geral, verificar cada elemento em cada peça).

- **As tolerâncias gerais definem a exactidão requerida.**

Cotagem e toleranciamento de peças não rígidas (ISO 10579)

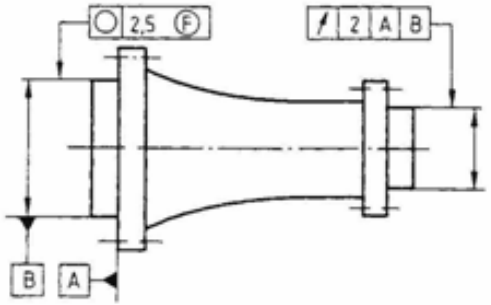
- **"Peças não rígidas" são peças que, quando retiradas do seu ambiente de fabricação, podem deformar-se significativamente em relação aos seus limites definidos,** devido ao seu peso, à sua flexibilidade ou à libertação de tensões internas resultantes dos processos de fabricação.
- **Uma Peça não rígida deforma-se até um ponto em que, no estado livre, ultrapassa as tolerâncias dimensionais e/ou geométricas indicadas no desenho** [ex.: peças de material rígido (peças de chapa metálica fina) ou de material flexível (tais como borracha, plásticos, etc.)].
- Em vez de, ou em complemento a, avaliar a peça convencionalmente (na sua condição de estado livre), **pode ser necessário avaliar a peça quando sujeita a uma restrição não superior à aceitável, na condição de montada.**
- **Estado livre: condição de uma peça sujeita, apenas, à acção da força da gravidade.**

Cotagem e toleranciamento de peças não rígidas (ISO 10579)

- Para peças não rígidas, identificadas no desenho pela indicação "ISO 10579-NR", aplica-se a condição de restrição, a menos que as cotas e as tolerâncias sejam qualificadas pelo símbolo Ⓕ.
- Indicações nos desenhos:
  - Conforme seja apropriado, os desenhos de peças não rígidas devem incluir as seguintes indicações:
    - A indicação "ISO 10579-NR", na legenda ou perto dela.
    - As condições sob as quais a peça deve ser restringida, de modo a satisfazer os requisitos do desenho, inscritas numa nota.
    - Variações geométricas admissíveis no estado livre, com o símbolo modificador Ⓕ incluído no quadro de tolerância.
    - As condições sob as quais as tolerâncias geométricas, no estado livre, são satisfeitas (sentido da acção da gravidade, orientação da peça, etc.).

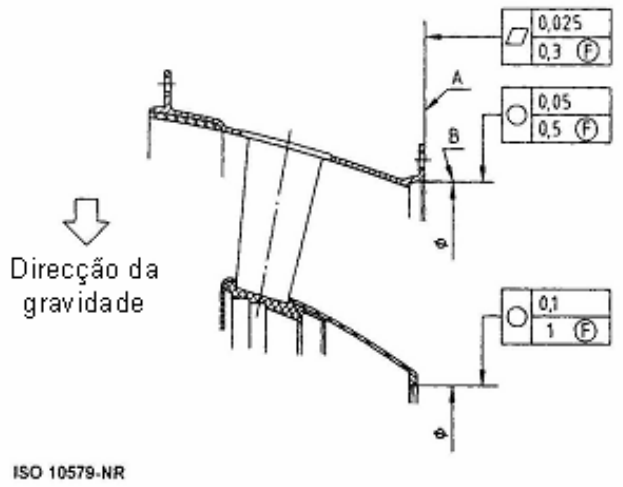
Cotagem e toleranciamento de peças não rígidas (ISO 10579)

- **Exemplos de indicação e interpretação:**

Indicação no desenho	Interpretação
 ISO 10579-NR **Condição de restrição:** A superfície indicada como referência especificada A é montada (com 64 parafusos e porcas M6 apertados até um binário de 9 N·m a 15 N·m) e o elemento indicado como referência especificada B é restringido no correspondente limite de máximo de matéria.	A tolerância geométrica, seguida do **símbolo** Ⓕ deve ser assegurada no **estado livre**. Outras tolerâncias geométricas aplicam-se sob as condições indicadas na nota.

Cotagem e toleranciamento de peças não rígidas (ISO 10579)

- Exemplos de indicação e interpretação:

Indicação no desenho	Interpretação
 **Condição de restrição:** A superfície indicada como referência especificada A é montada (com 120 parafusos e porcas M20 apertados até um binário de 18 N·m a 20 N·m) e o elemento indicado como referência especificada B é restringido no correspondente limite de máximo de matéria.	As tolerâncias geométricas, seguidas do **símbolo** Ⓕ devem ser asseguradas no **estado livre**. Outras tolerâncias geométricas aplicam-se sob as condições indicadas na nota.