

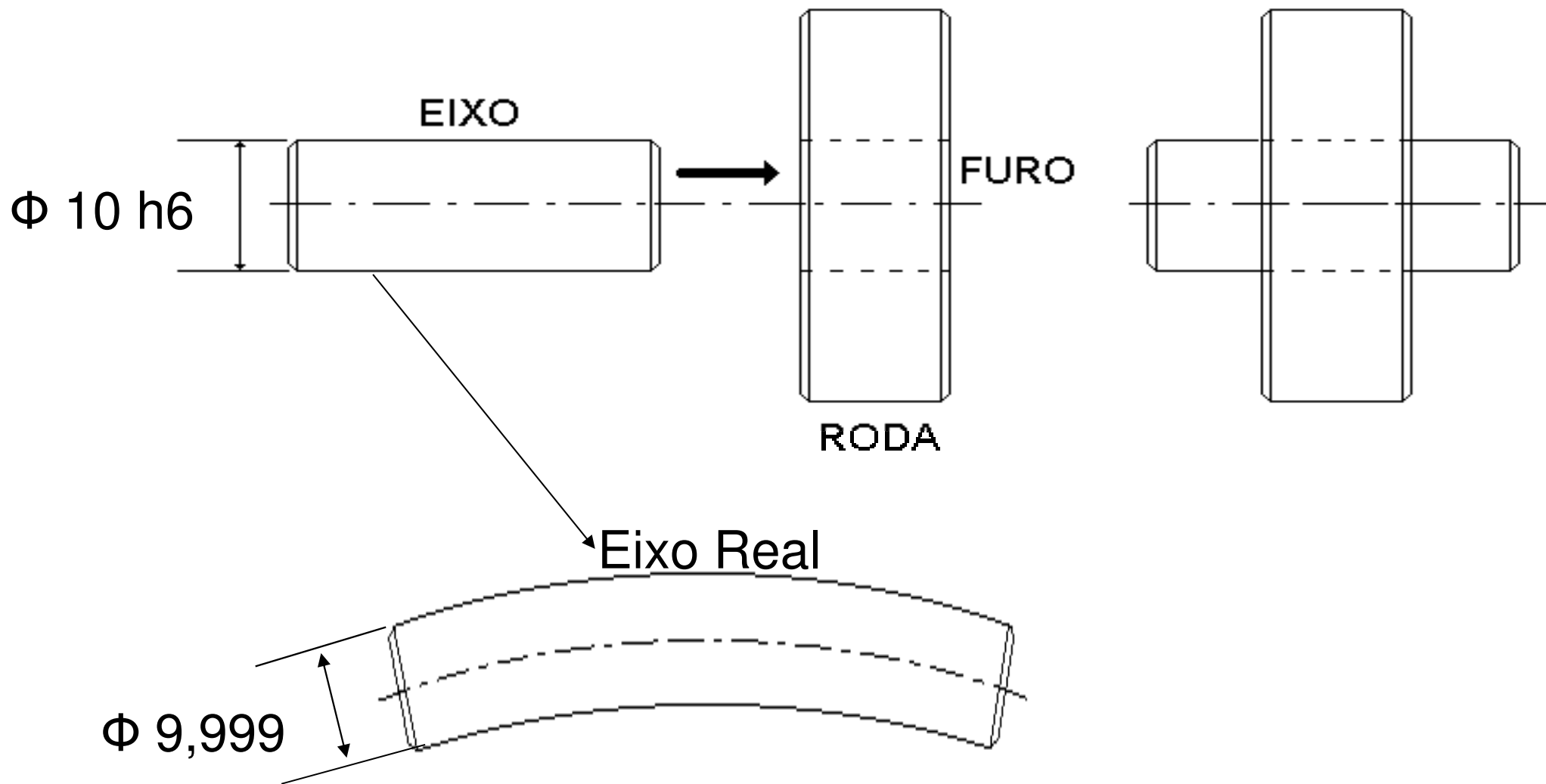
PMR 3103

Tolerâncias Geométricas

- As tolerâncias dimensionais de peças, apresentadas em aulas anteriores, normalmente garantem variações geométricas suficientemente pequenas, de forma a não afetar a funcionalidade das mesmas dentro do conjunto mecânico da qual fazem parte.
- Em algumas situações, a **tolerância dimensional não é suficiente** para se determinar com exatidão a geometria desejada para a peça. Para o controle desta geometria , lança-se mão de especificações adicionais no projeto da peça, denominados de

TOLERÂNCIAS GEOMÉTRICAS

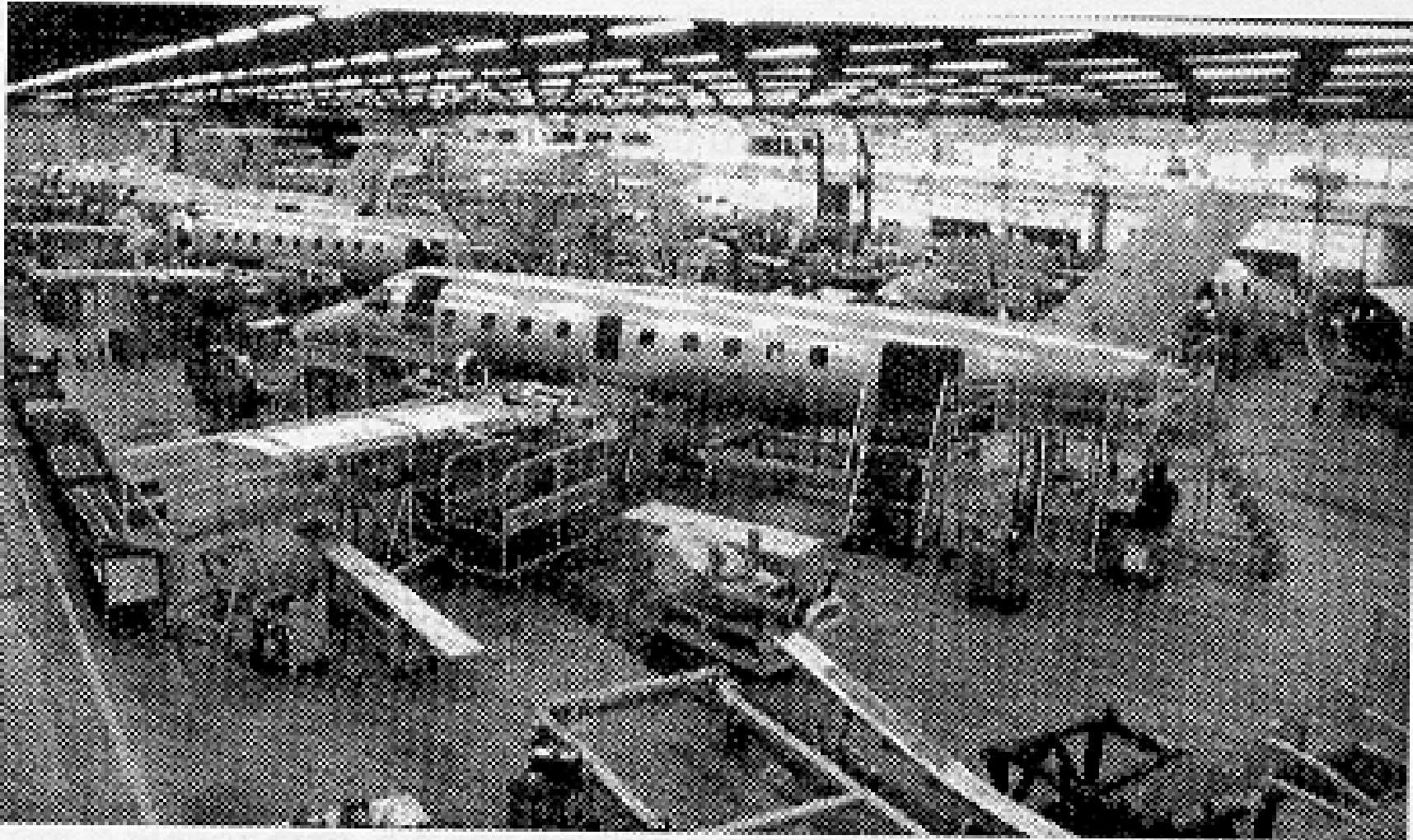
NECESSIDADE DA TOLERÂNCIA GEOMÉTRICA



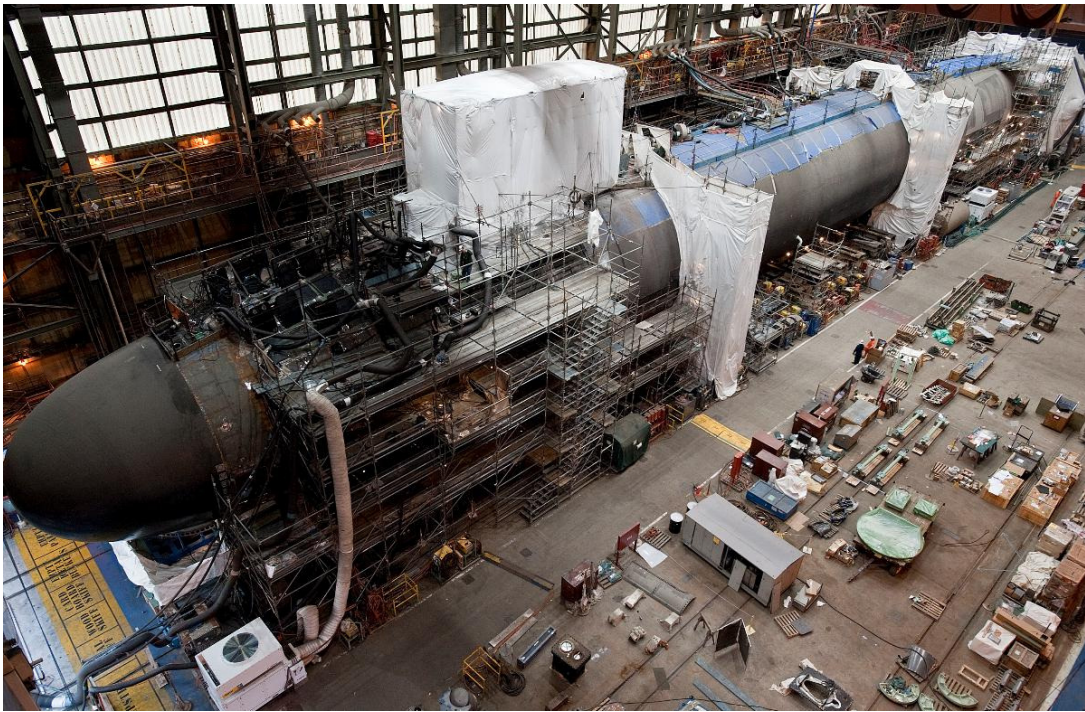
Eixo Real Atende à
Tolerância Dimensional

Eixo Real NÃO Atende ao Projeto
(Não monta no furo)

- Exemplo de Aplicação de Tolerâncias Geométricas
Indústria Aeronáutica, Indústria Automobilística







1. Introdução

- Na maioria dos casos as **peças são compostas por corpos geométricos ligados entre si por superfícies** de formatos simples, tais como **superfícies planas, cilíndricas ou cônicas.**

Tendo em vista esta simplificação, as tolerâncias geométricas tem por objetivo impor condições relativas ao **controle da forma destas superfícies ou do posicionamento entre as mesmas.**

DESVIOS GEOMÉTRICOS

- Os desvios geométricos podem ser classificadas em dois grupos:

l) **Desvios de Forma**, que estão relacionados ao grau de variação das superfícies reais com relação aos sólidos geométricos que as definem. As tolerâncias geométricas que visam controlar estas variações são:

- **retilidade**
- **planeza (“planicidade”)**
- **circularidade**
- **cilindricidade**

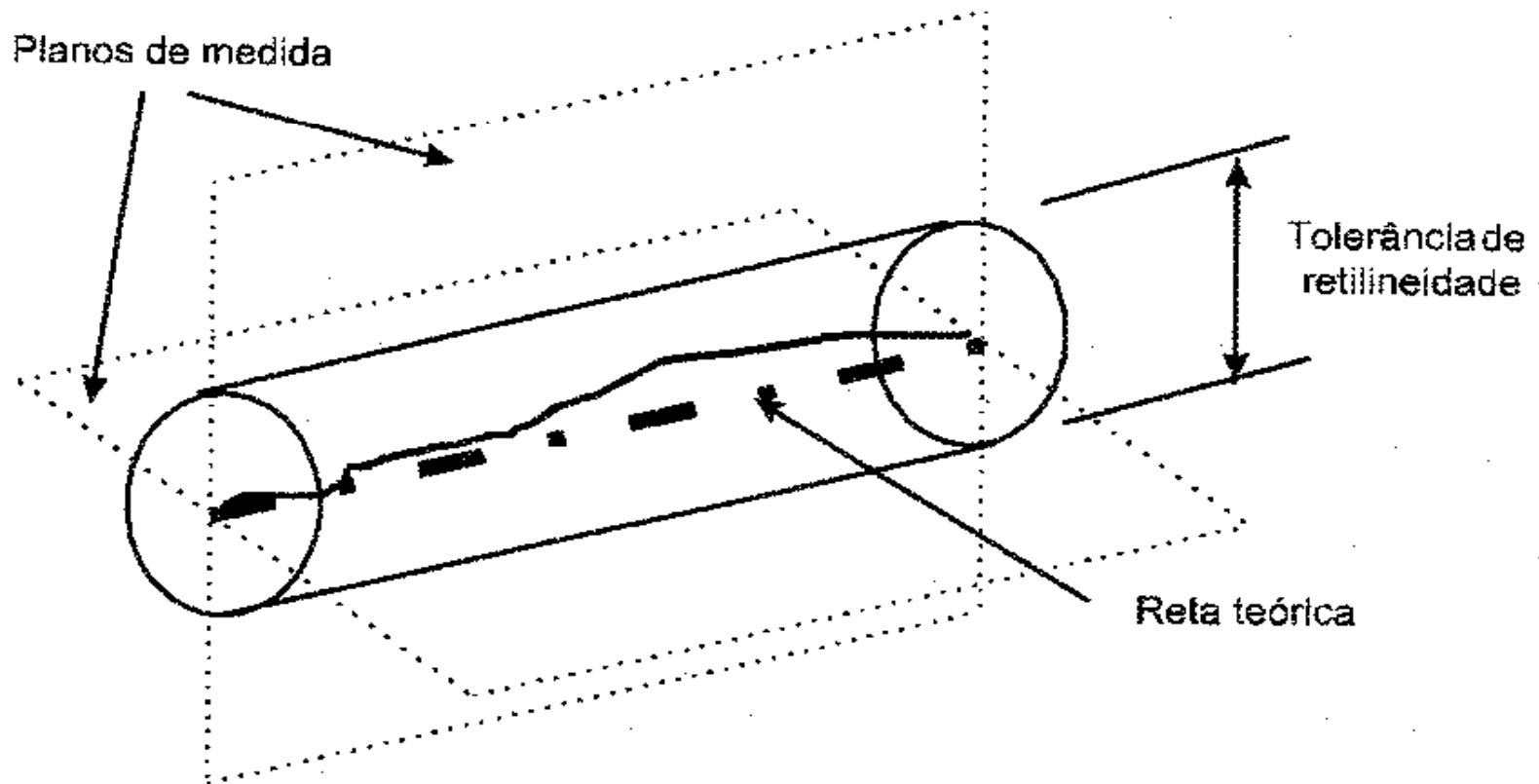
DESVIOS GEOMÉTRICOS

II) **Desvios de Posição**, que estão relacionados à diferença entre a posição de uma aresta ou superfície e a posição teórica da mesma, definida no projeto da peça. As tolerâncias geométricas que tem por objetivo controlar estas variações são:

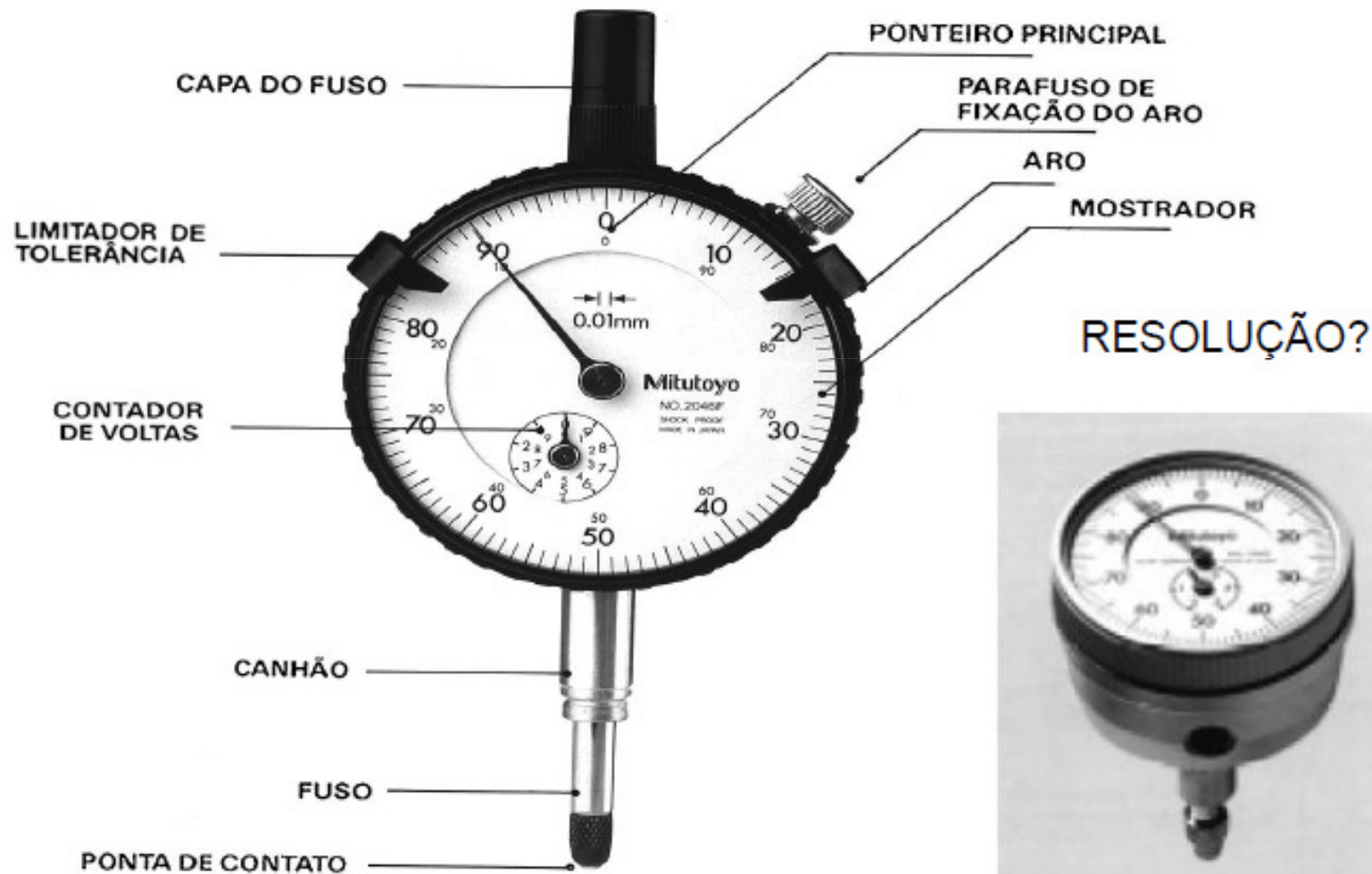
- **paralelismo**
- **perpendicularismo**
- **localização**
- **concentricidade e coaxialidade**
- **simetria**
- **angularidade**

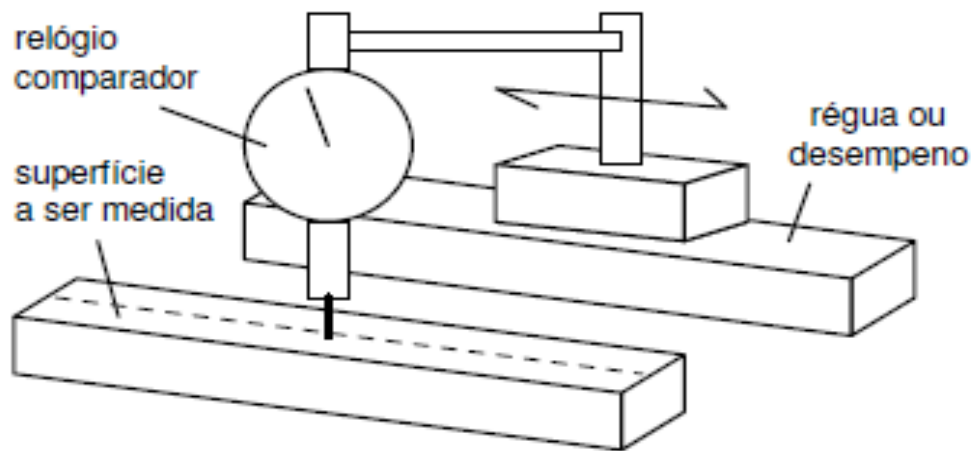
2. Definição das Tolerâncias de Forma

- **Retilidade:** a reta real deve estar contida no interior de um cilindro, sendo o diâmetro do mesmo o valor numérico da tolerância

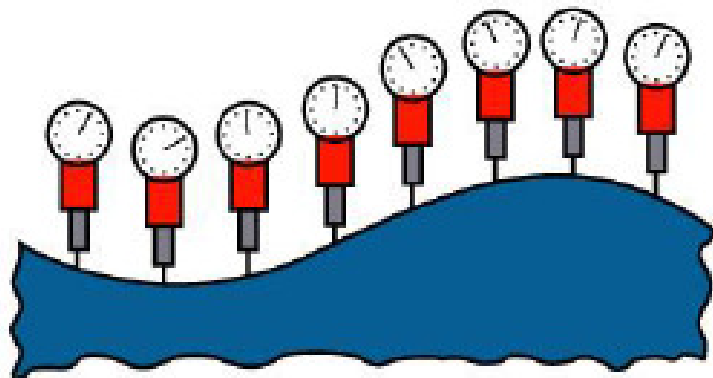


Relógio Comparador



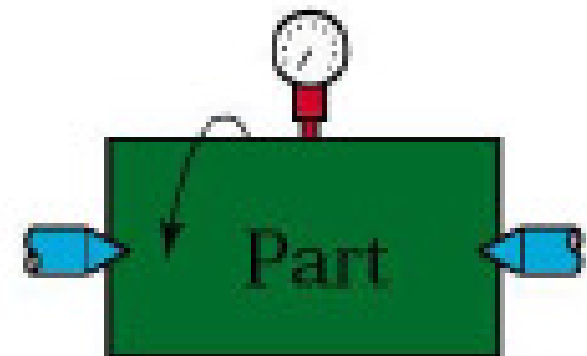


Retilneidade



Planicidade

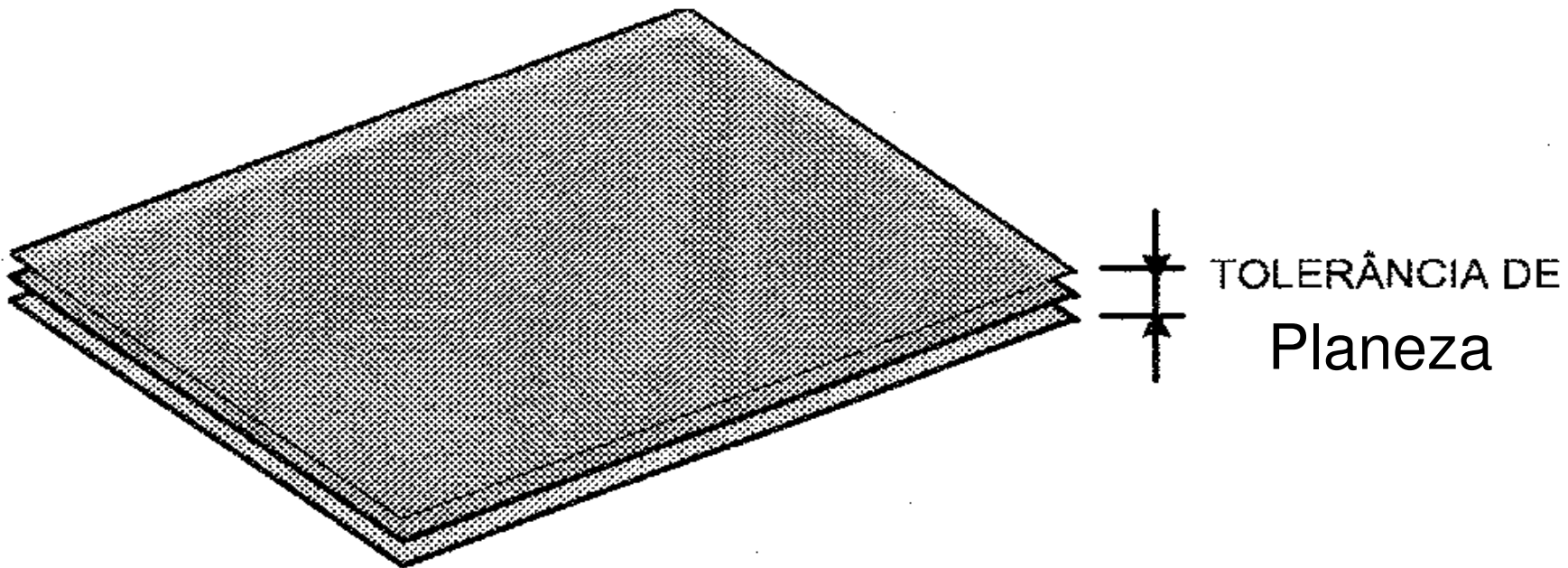
Part



Circularidade

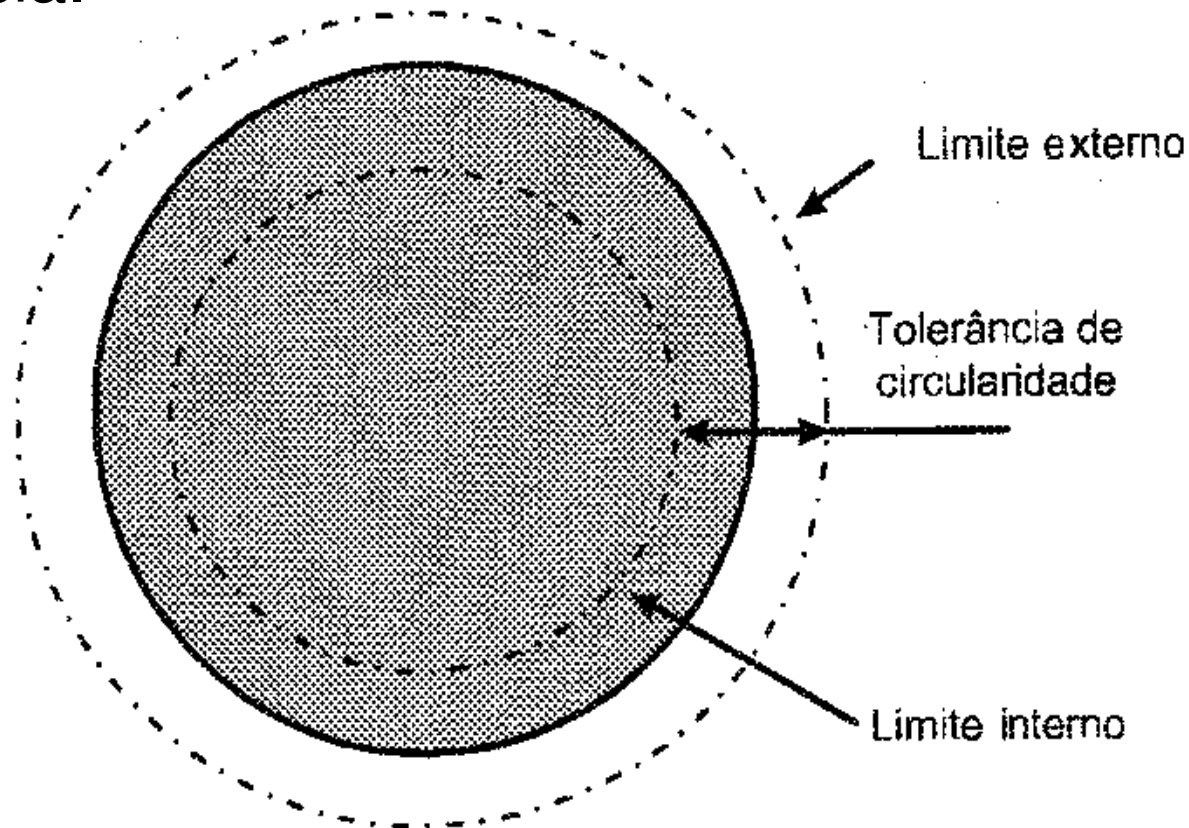
Definição das Tolerâncias de Forma

- **Planeza:** a superfície real deve situar-se entre dois planos distantes entre si de um valor pré-determinado, o qual corresponde ao valor numérico da tolerância.



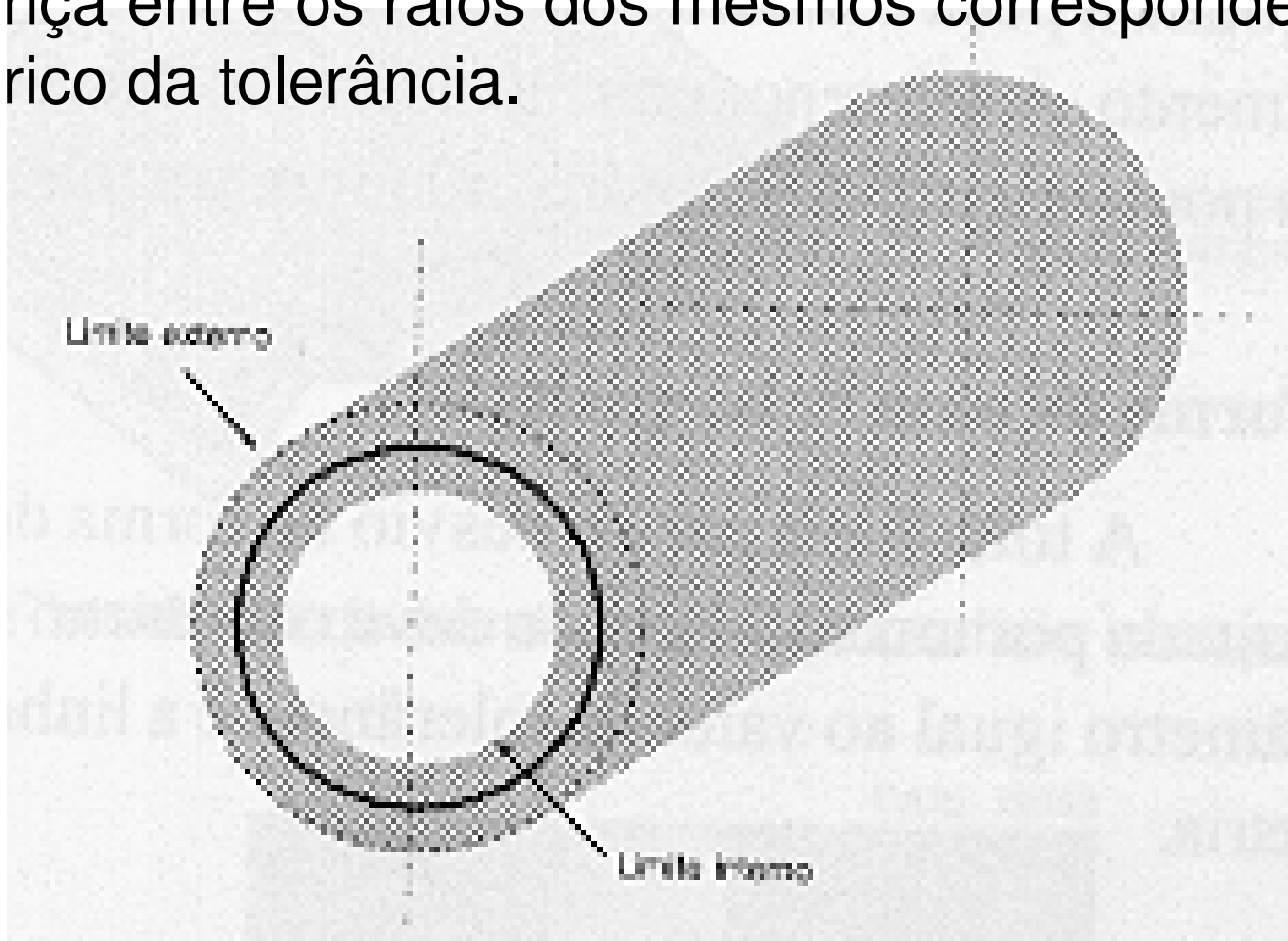
Definição das Tolerâncias de Forma

- **Circularidade:** o círculo real deve estar contido no interior de uma coroa circular, definida por duas circunferências concêntricas, de referência, sendo que a diferença entre os raios destas circunferências corresponde ao valor numérico da tolerância.



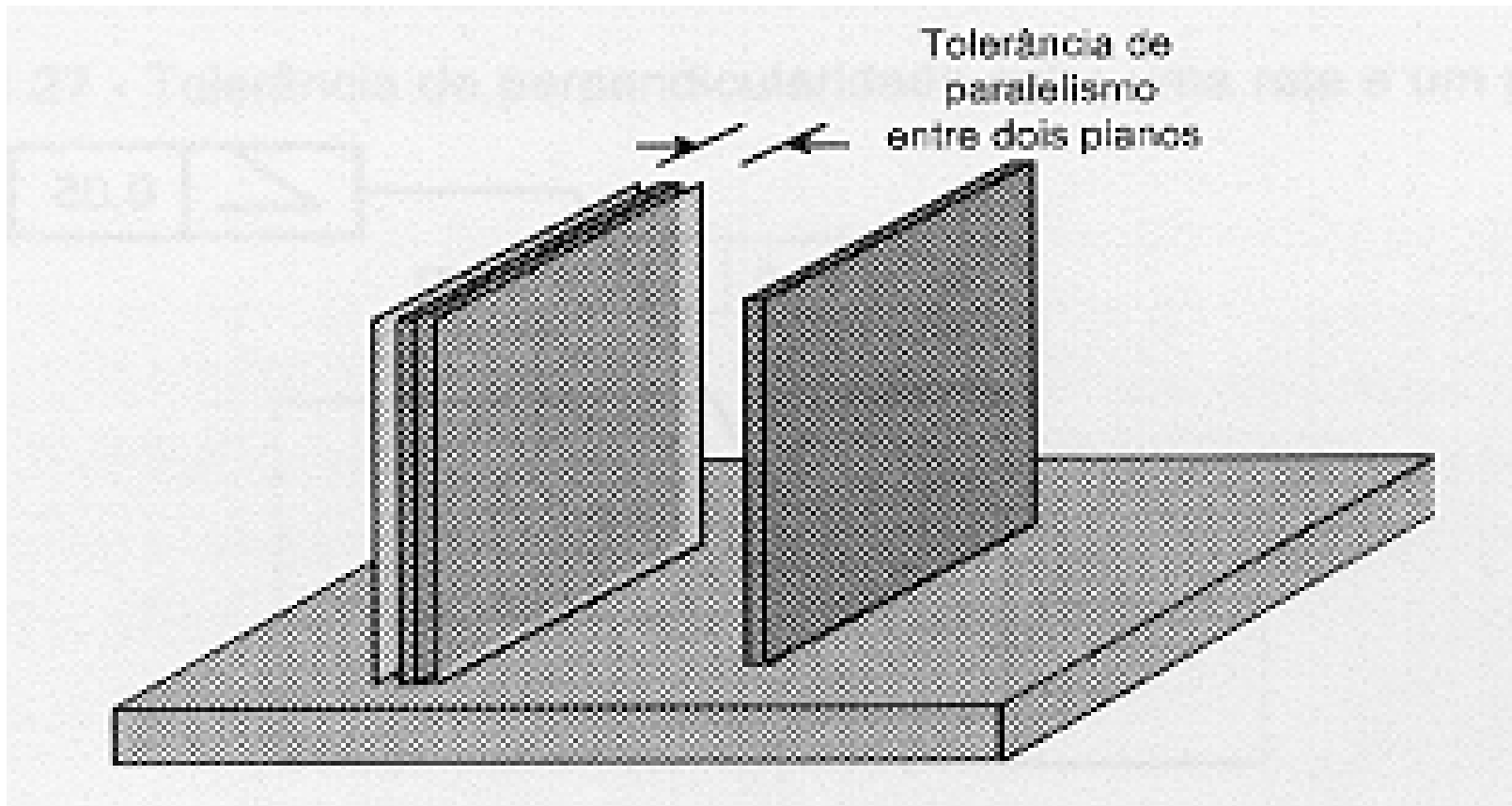
Definição das Tolerâncias de Forma

- **Cilindricidade:** o cilindro real deve estar contido no interior do sólido definido por dois cilindros de referência concêntricos, de diâmetros conhecidos, sendo que a diferença entre os raios dos mesmos corresponde ao valor numérico da tolerância.

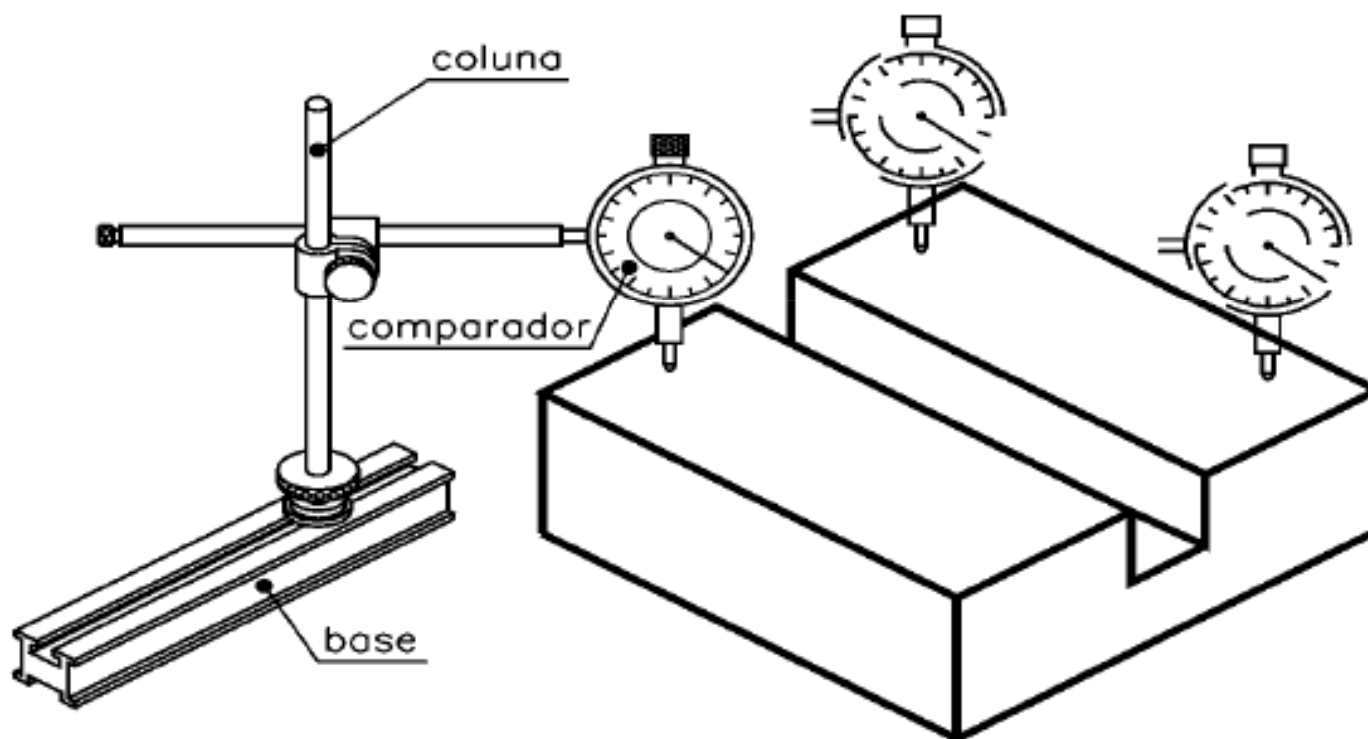


3. Definição das Tolerâncias de Posição

- **Paralelismo entre dois planos:** o plano real deve estar contido no espaço limitado por dois planos ideais, paralelos ao plano de referência, sendo que a distância entre estes planos ideais corresponde ao valor numérico da tolerância.

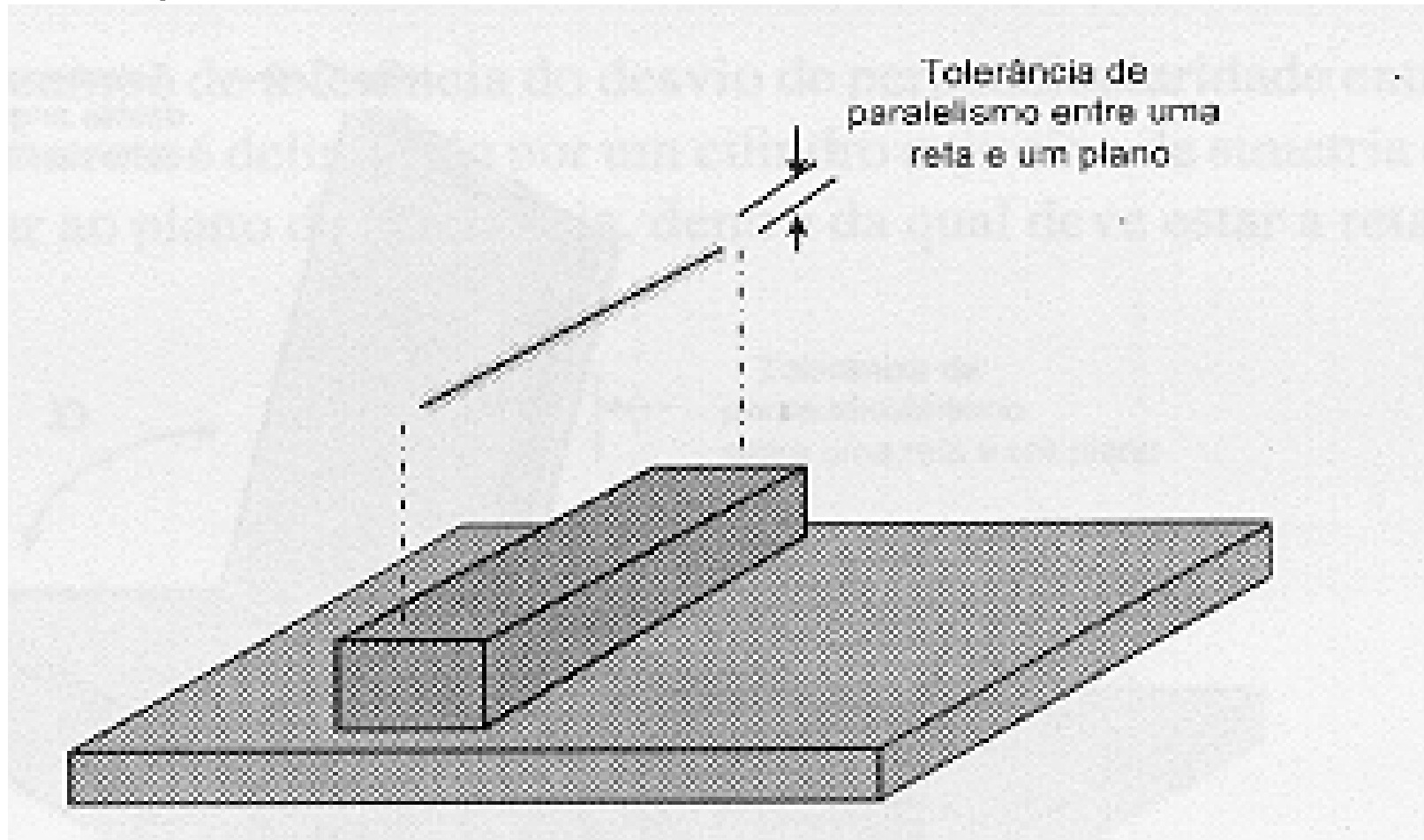


Paralelismo



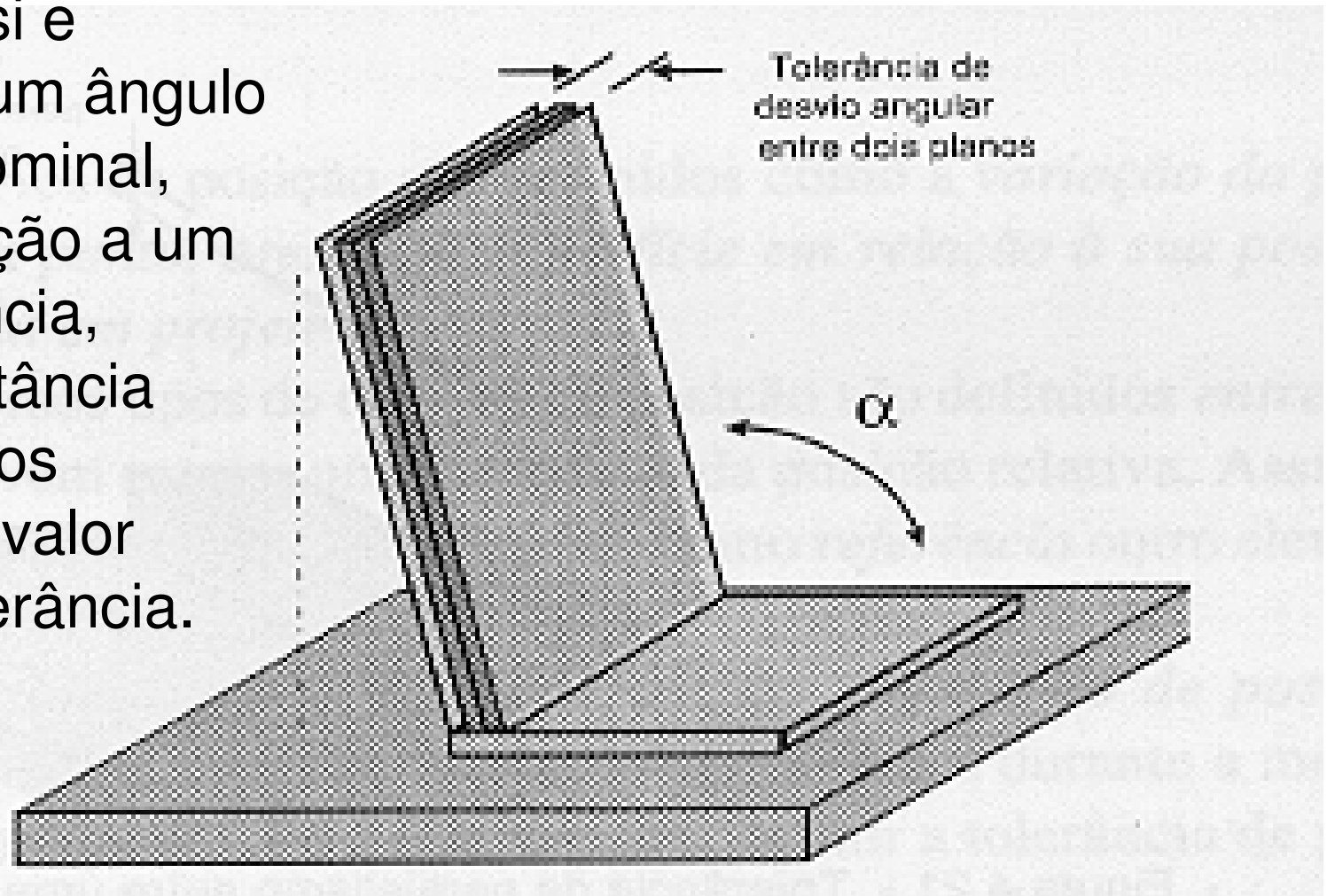
Definição das Tolerâncias de Posição

- **Paralelismo entre aresta e plano:** a aresta real deve estar contida no espaço limitado por dois planos ideais, paralelos ao plano de referência, sendo que a distância entre estes planos corresponde ao valor numérico da tolerância.



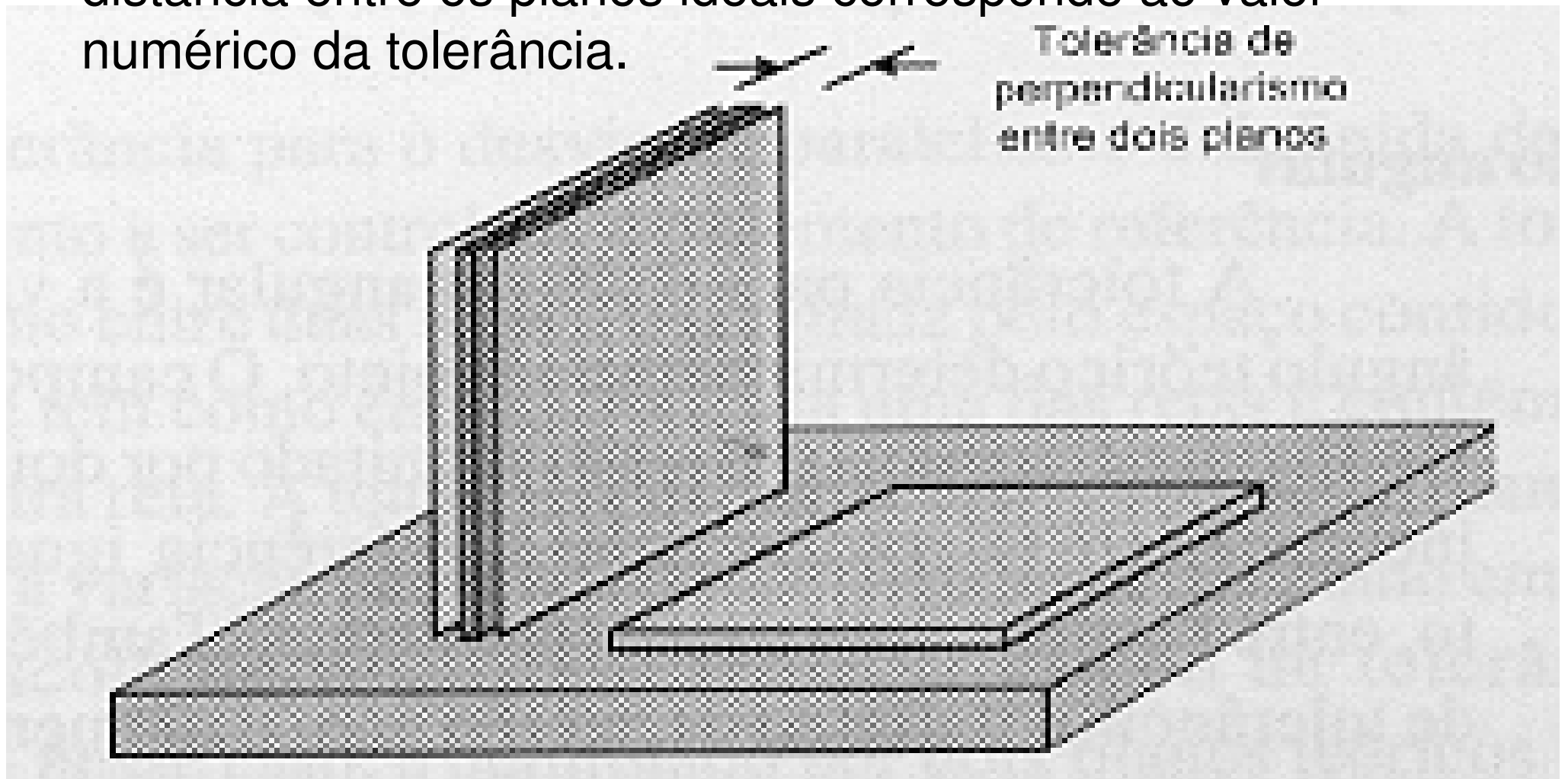
Definição das Tolerâncias de Posição

- **Angularidade:** o plano real deve estar contido entre dois planos, paralelos entre si e inclinados com um ângulo igual ao valor nominal, tomado em relação a um plano de referência, sendo que a distância entre estes planos corresponde ao valor numérico da tolerância.

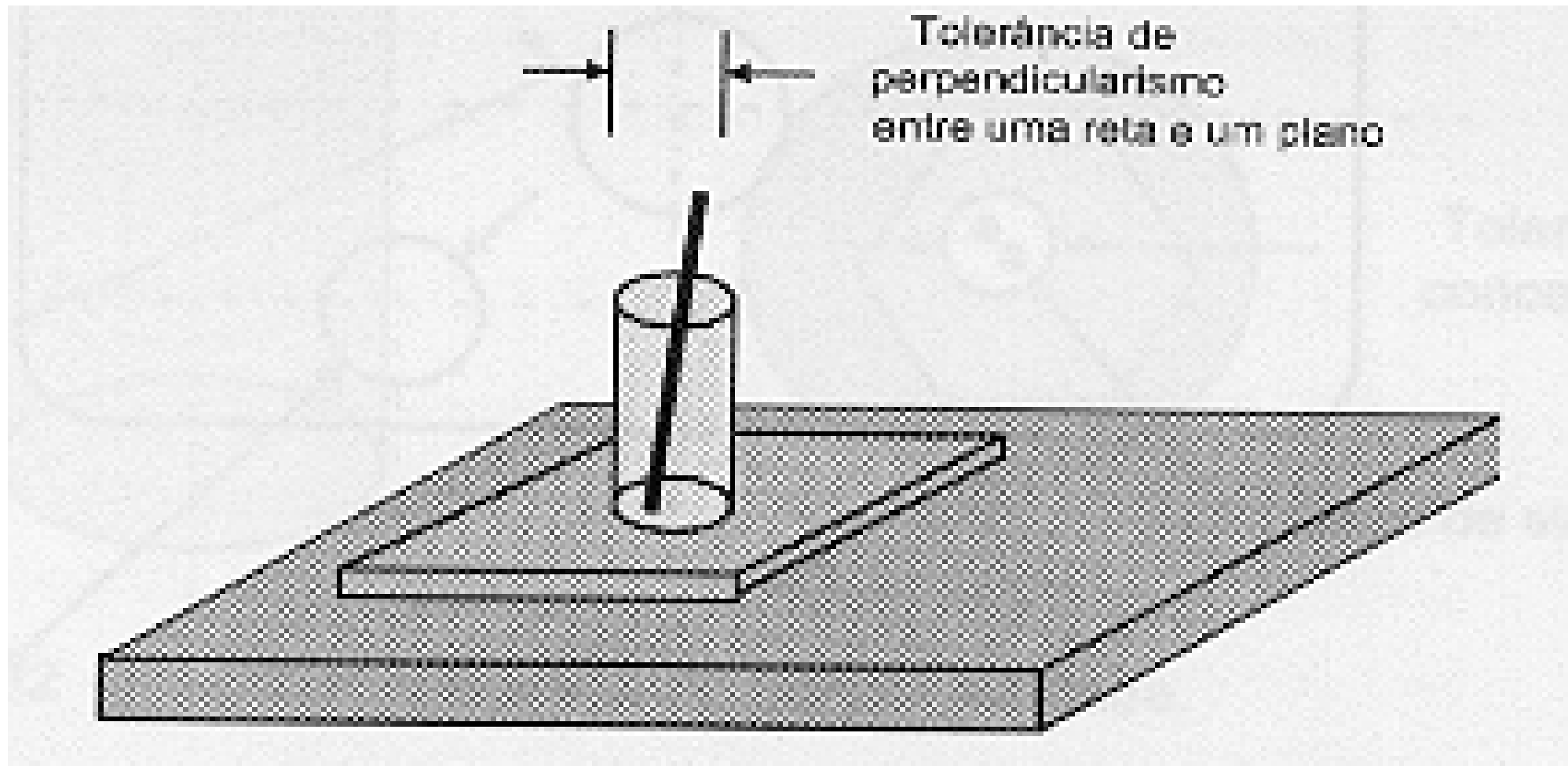


Definição das Tolerâncias de Posição

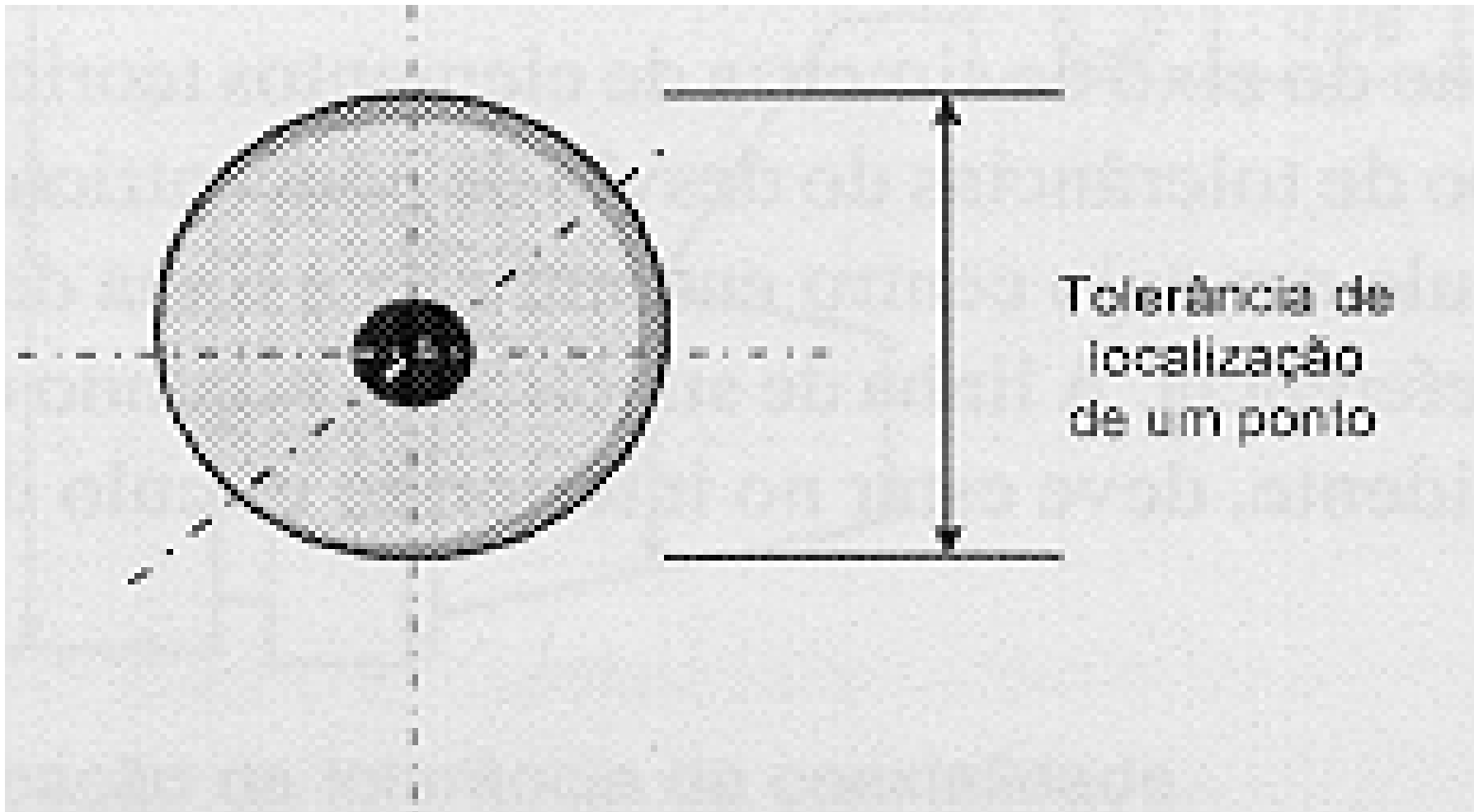
- **Perpendicularismo entre dois planos:** o plano real deve estar contido no espaço limitado por dois planos ideais, perpendiculares ao plano de referência, sendo que a distância entre os planos ideais corresponde ao valor numérico da tolerância.

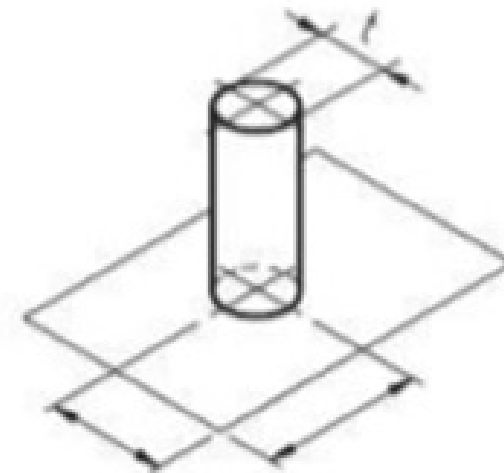
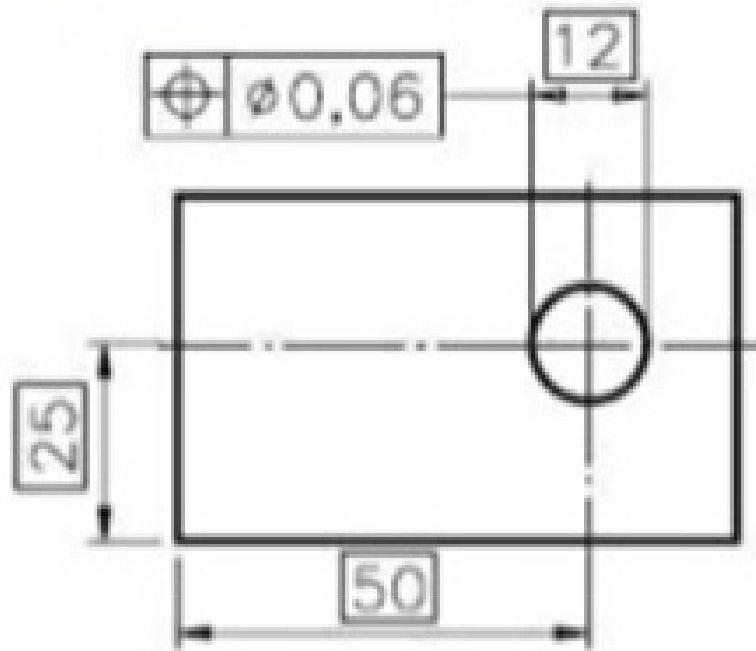


- **Perpendicularismo entre uma aresta e um plano:** a aresta real deve estar contida no interior de um cilindro ideal, cuja linha de centro é perpendicular ao plano de referência, sendo que o diâmetro do cilindro corresponde ao valor numérico da tolerância.



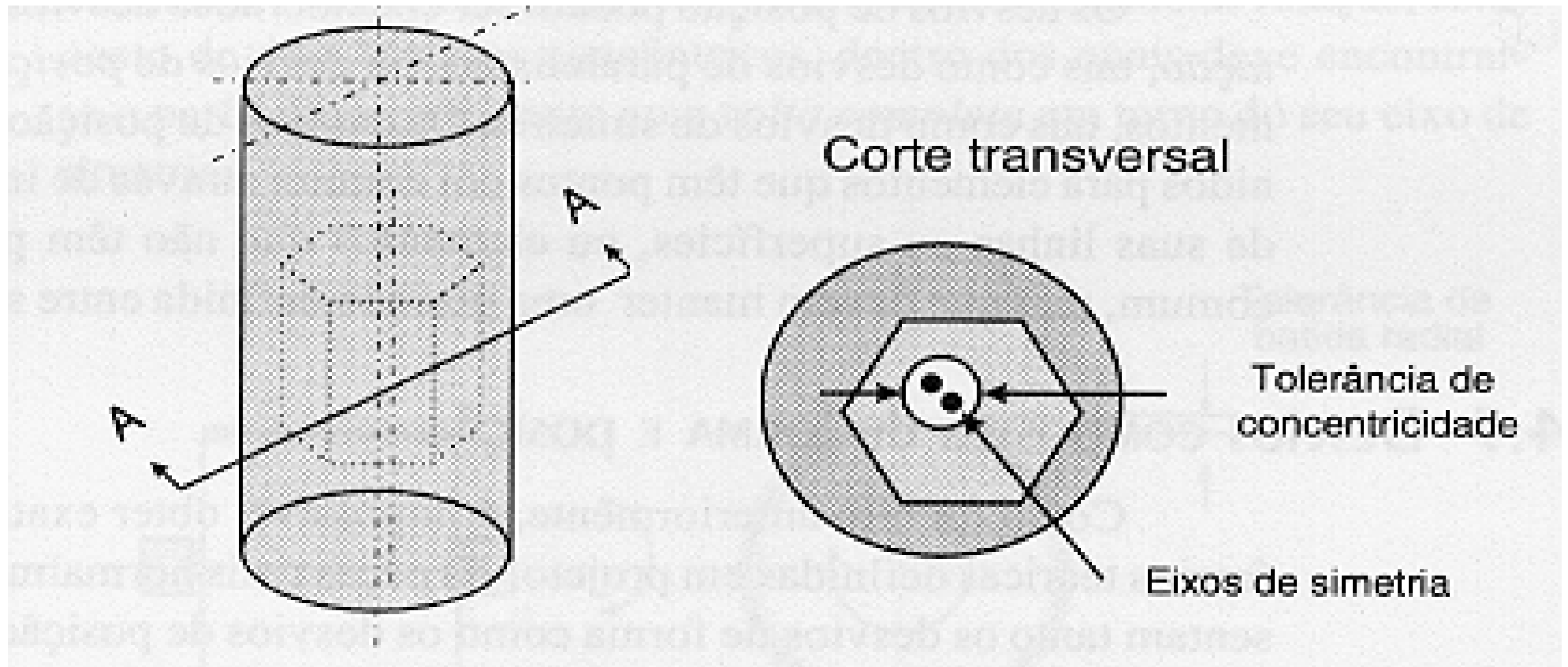
- **Localização:** a linha de centro de um furo deve estar contida no interior de um cilindro ideal, cuja linha de centro coincide com a localização teórica do ponto em estudo, sendo que o diâmetro deste cilindro corresponde ao valor numérico da tolerância.



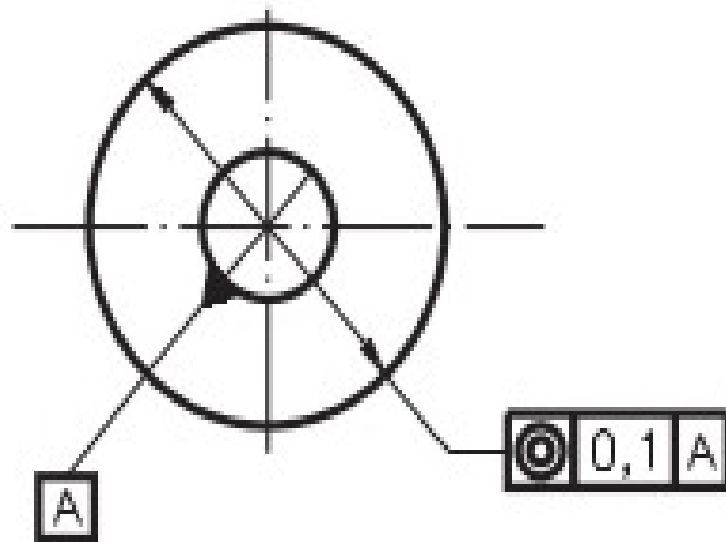


Representação da Tolerância de Localização

- **Concentricidade:** a linha de centro de um elemento sólido real deve estar contida no interior de um círculo ideal, cujo centro coincide com a posição teórica da linha de centro, sendo que o diâmetro do círculo corresponde ao valor numérico da tolerância.

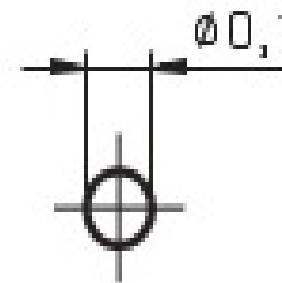


Especificação do desenho

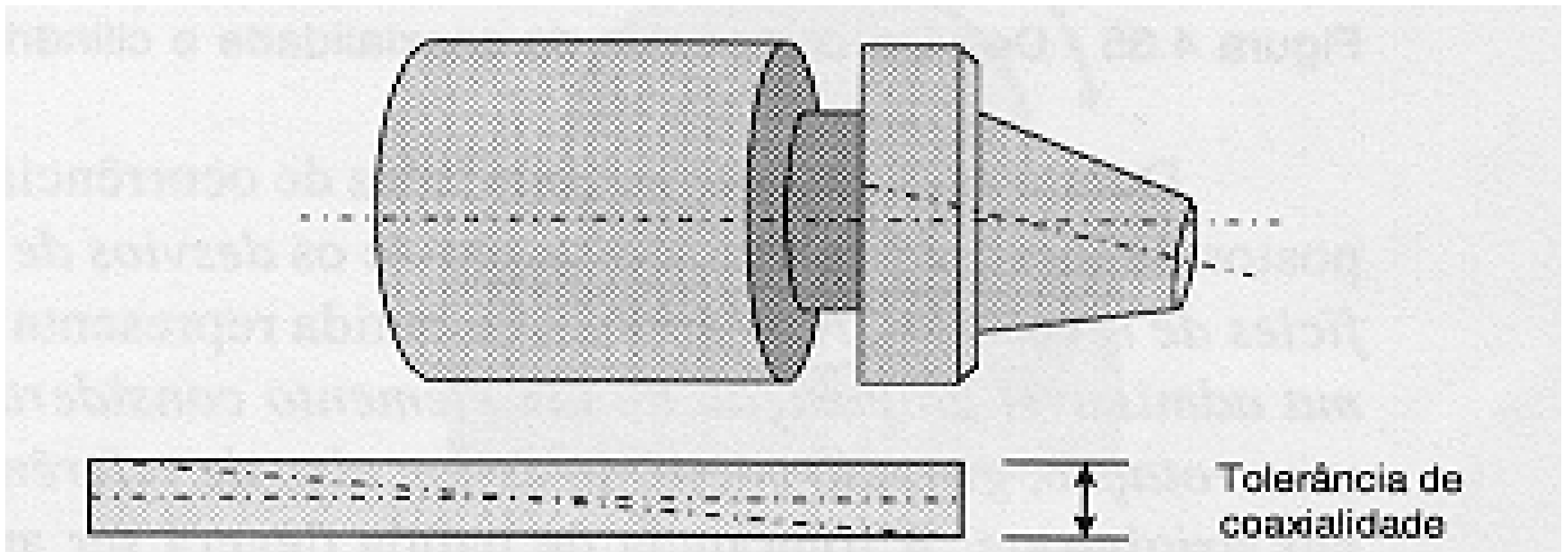


Interpretação

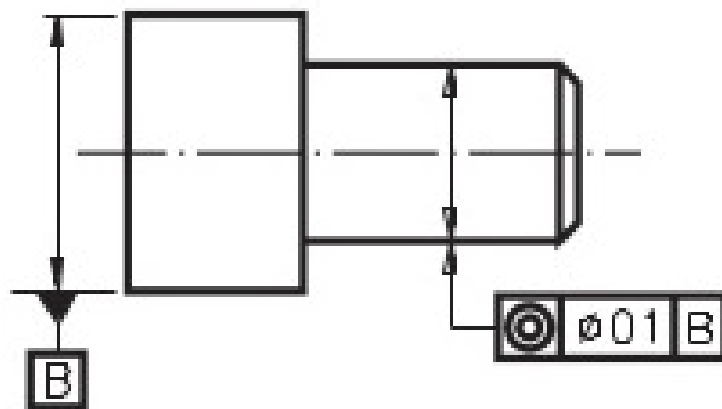
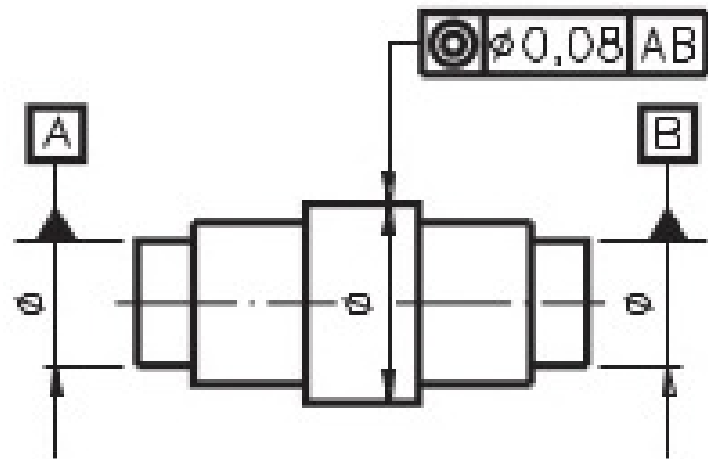
O centro do círculo maior deve estar contido em um círculo com diâmetro de 0,1 mm, concêntrico em relação ao círculo de referência A.



- **Coaxialidade:** a linha de centro do sólido real deve estar contida no interior de um cilindro de referência, cuja linha de centro coincide com a posição ideal da linha de centro do sólido, sendo que o diâmetro do cilindro corresponde ao valor numérico da tolerância.

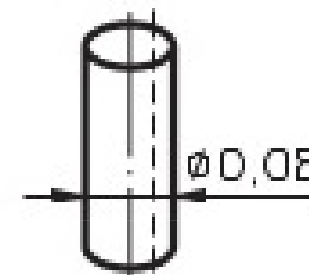


Especificação do desenho



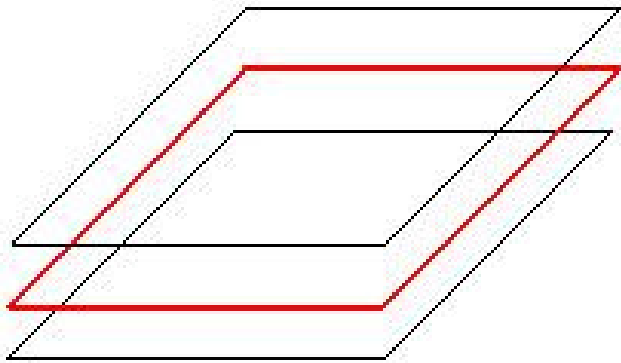
Interpretação

O eixo do diâmetro central deve estar contido em uma zona cilíndrica de 0,08 mm de diâmetro, coaxial ao eixo de referência AB.

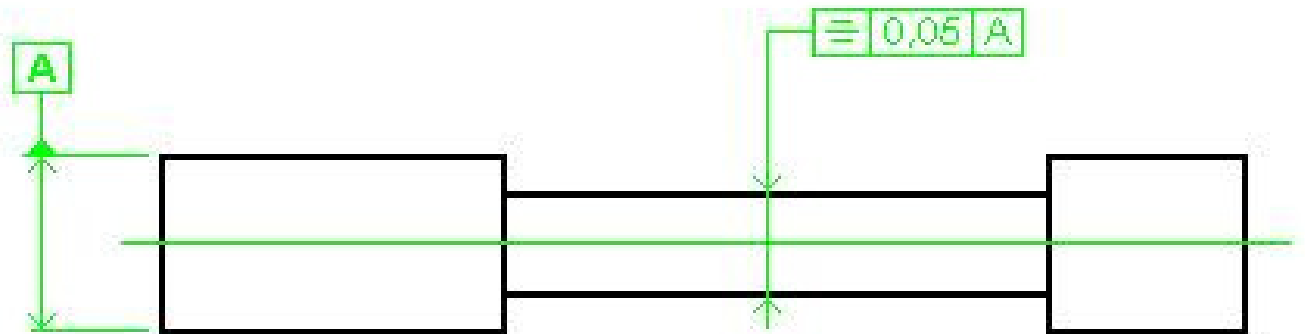


O eixo do diâmetro menor deve estar contido em uma zona cilíndrica de 0,1 mm de diâmetro, coaxial ao eixo de referência B.

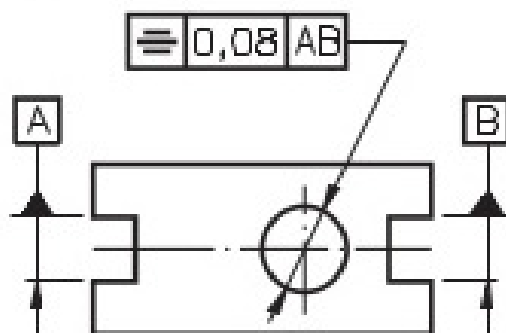
- **Simetria:** o plano de simetria real deve estar contido no espaço limitado por dois plano ideais, paralelos e equidistantes do plano de simetria ideal, sendo que a distância entre os planos ideais corresponde ao valor numérico da tolerância.



campo de tolerância na forma de plano

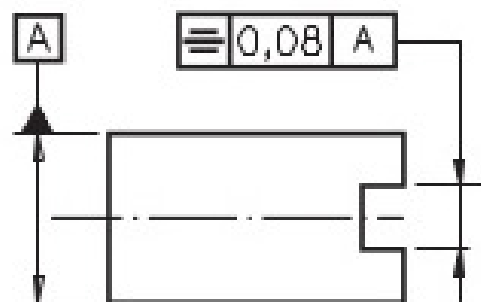
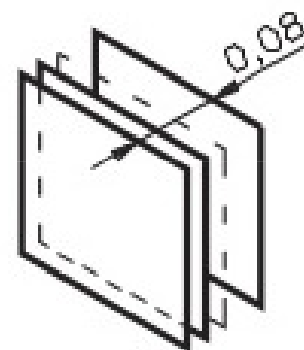


Especificação do desenho



Interpretação

O eixo do furo deve estar compreendido entre dois planos paralelos, distantes 0,08 mm, e dispostos simetricamente em relação ao plano de referência AB.

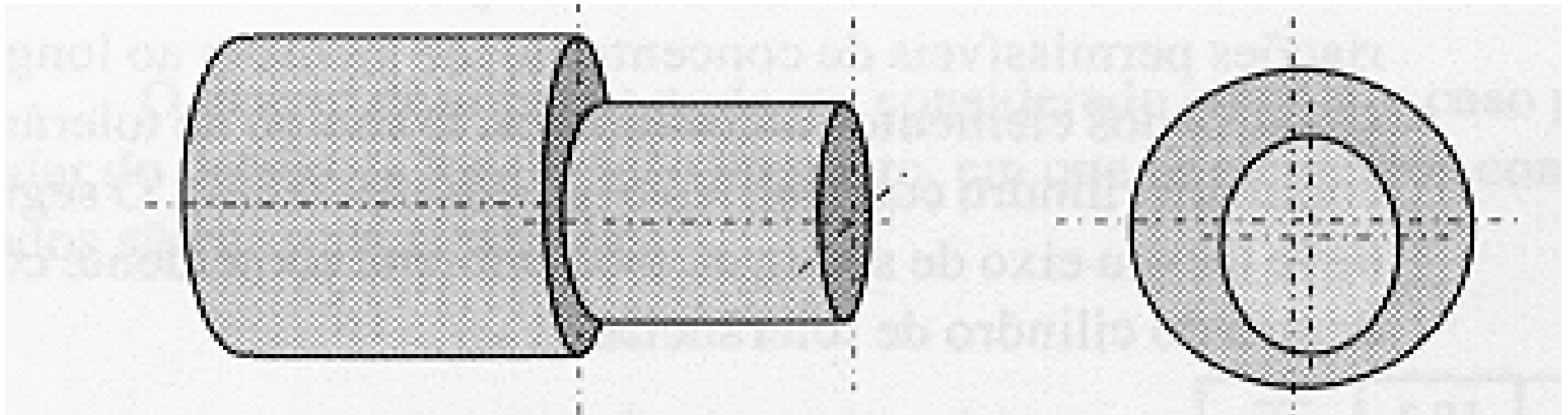


O plano médio do rasgo deve estar compreendido entre dois planos paralelos, distantes 0,08 mm, e dispostos simetricamente em relação ao plano médio do elemento de referência A.

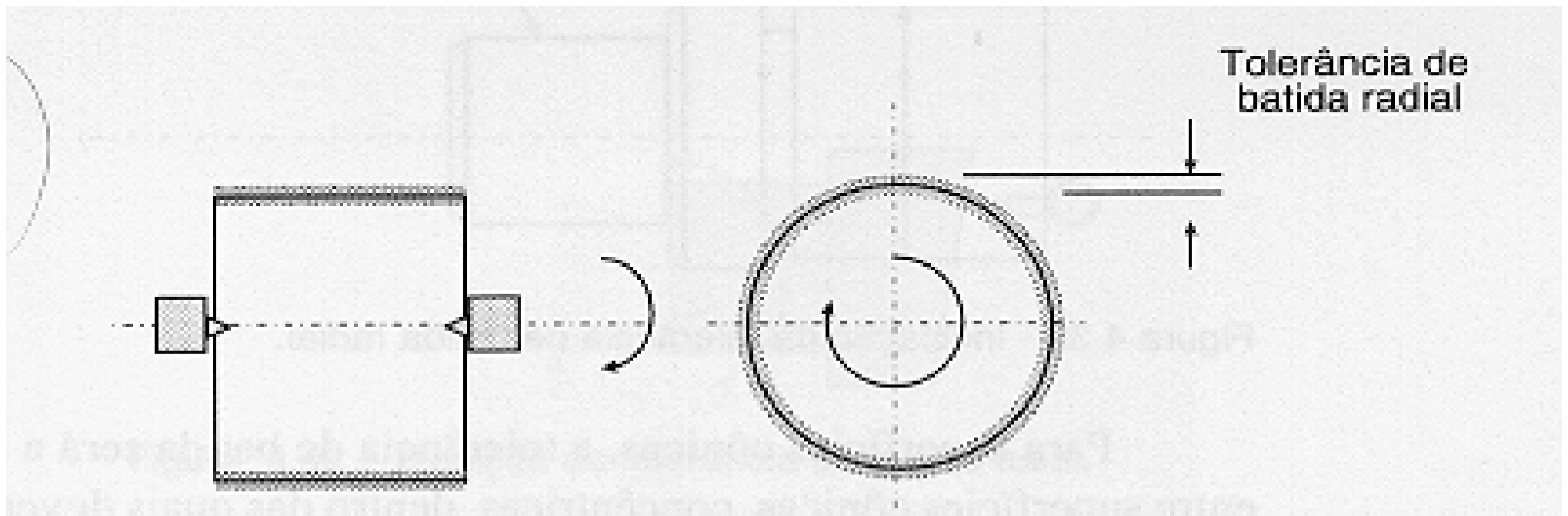
4. Definição das Tolerâncias

Compostas de Forma e Posição

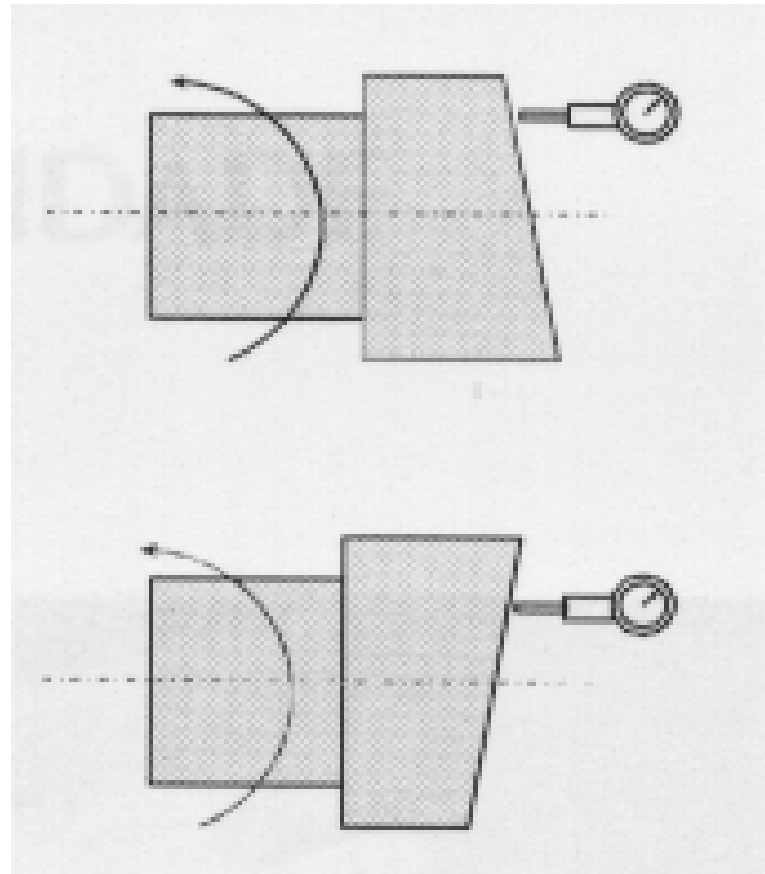
- Os sólidos reais normalmente apresentam tanto desvios de forma como desvios de posição.
- Quando não for possível separar os desvios de forma dos desvios de posição durante a fase de inspeção da peça, utilizam-se, na especificação da peça, os desvios compostos de forma e posição.



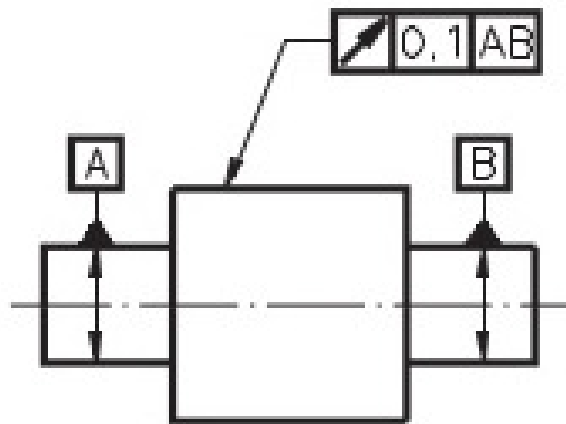
- **Batida radial:** é a variação máxima da posição do elemento real, medida no sentido radial ao eixo de rotação, considerando uma rotação completa, e o elemento girando em torno de um eixo de referência, sem se deslocar axialmente.



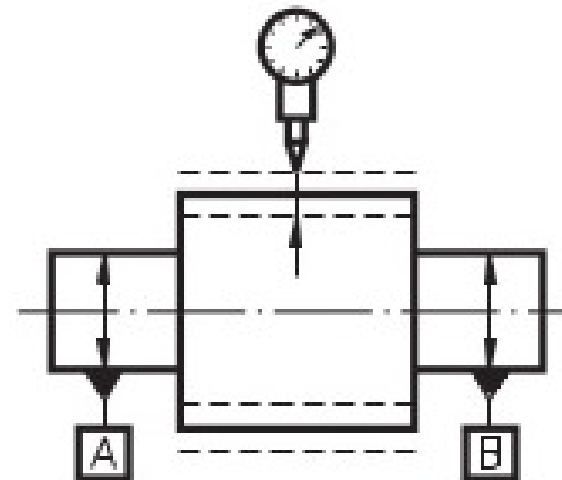
- **Batida axial:** é a variação máxima da posição do elemento real, medida no sentido axial ao eixo de rotação, considerando uma rotação completa, e o elemento girando em torno de um eixo de referência, sem se deslocar axialmente.



Especificação do desenho



Interpretação














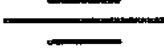

A peça, girando apoiada em dois prismas, não deverá apresentar a LTI (Leitura Total do Indicador) superior a 0,1 mm.

5. Indicação de Tolerância Geométrica em Desenho

- A indicação de tolerâncias geométricas é feita com o auxílio de dois retângulos, onde se indicam o tipo de desvio a ser verificado e o valor numérico da tolerância.
- A indicação é feita de acordo com a norma ABNT NBR 6409/1997.

Para a indicação dos desvios de posição, é necessária a definição de elementos de referência.

■ Simbologia

| Tolerância | | Símbolo |
|------------|----------------------------------|---|
| Forma | Retilidade |  |
| | Planeza |  |
| | Circularidade |  |
| | Cilindricidade |  |
| | Forma de um perfil qualquer |  |
| | Forma de uma superfície qualquer |  |
| Posição | Paralelismo |  |
| | Perpendicularismo |  |
| | Inclinação |  |
| | Localização de um ponto |  |
| | Concentricidade e coaxialidade |  |
| | Simetria |  |
| Composto | Batida |  |

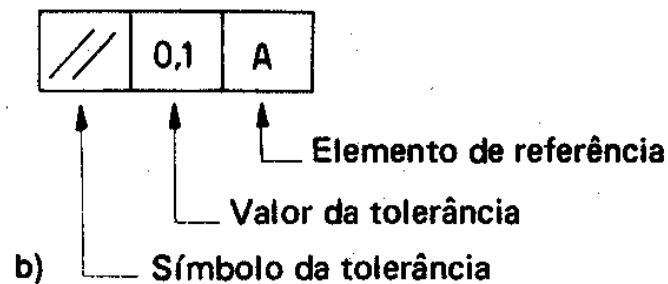
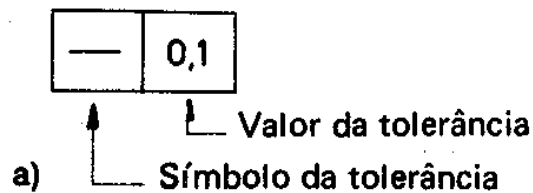


Fig. 1.9 - As tolerâncias de forma, de orientação e de posição são indicadas em quadros adequados e na ordem indicada em a) e em b). Note-se que em a) falta o elemento de referência pois se trata de indicação de tolerância de forma (retilíneidade) que, como tal, não é associada a nenhum outro elemento.

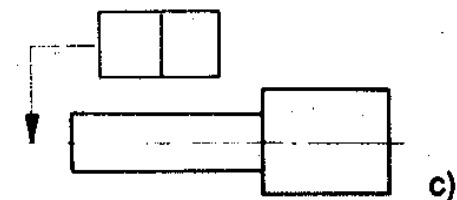
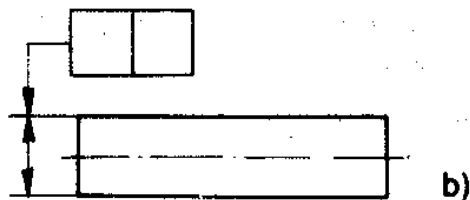
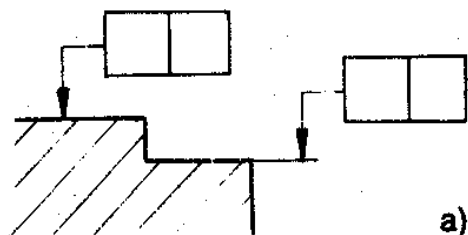
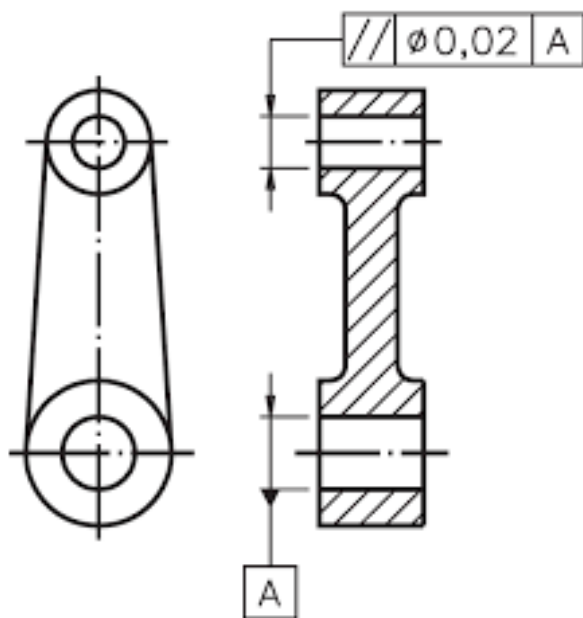
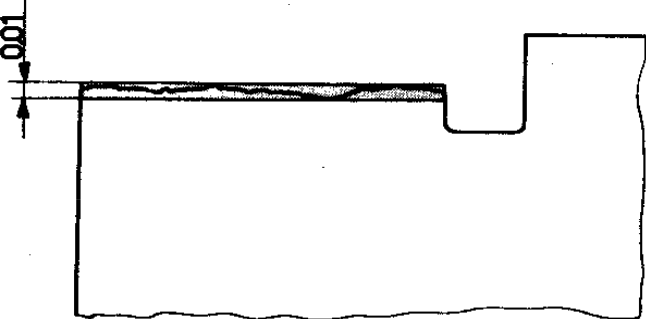
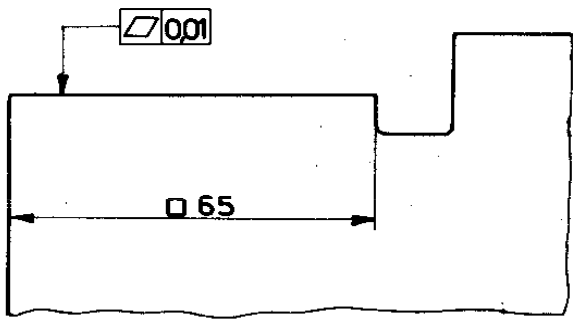
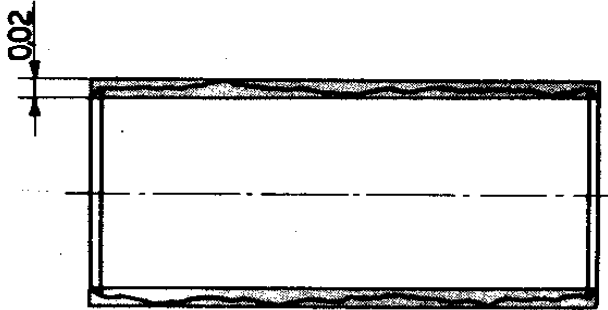
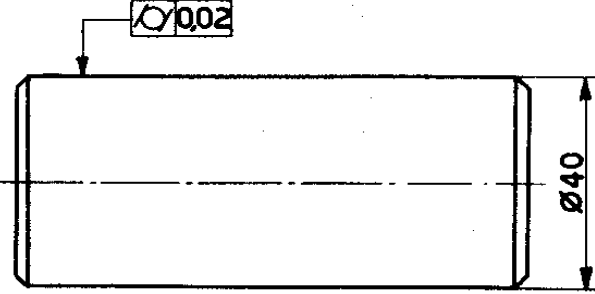


Fig. 1.10 - O quadradinho da tolerância é ligado ao elemento tolerado com uma flecha que termina: a) no contorno do elemento considerado; b) e c) na linha de referência, no prolongamento da linha de cota, ou no eixo quando a tolerância se aplica ao eixo ou ao plano médio da parte cotada.

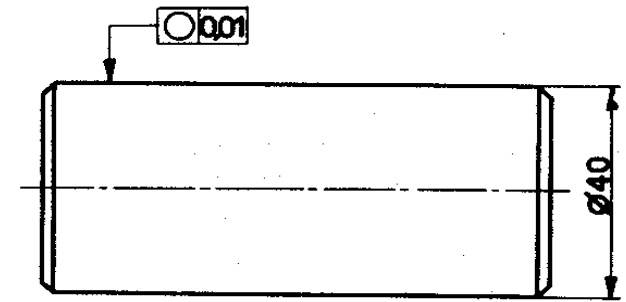
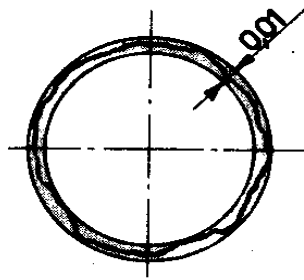


6. Exemplos de Indicação de Tolerâncias geométricas

| DEFINIÇÃO E INTERPRETAÇÃO | REPRESENTAÇÃO GRÁFICA | EXEMPLO DE INDICAÇÃO |
|---|--|---|
| <p>Planeza:</p> <p>a superfície real deve estar compreendida entre dois planos paralelos distantes no máximo, por exemplo, 0,01 mm entre si.</p> |  |  |
| <p>CILINDRICIDADE:</p> <p>a superfície do cilindro real deve estar compreendida entre dois cilindros cujos raios diferem, por exemplo, de 0,02 mm.</p> |  |  |

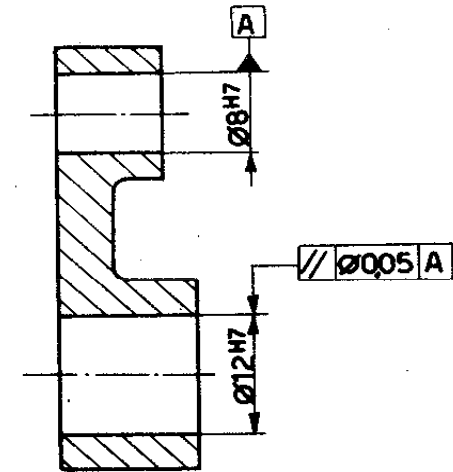
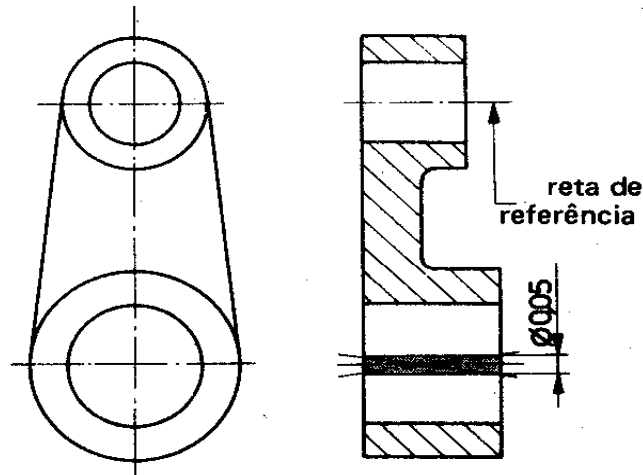
CIRCULARIDADE:

toda secção reta deve ter o contorno situado no interior de uma coroa circular de largura, por exemplo, 0,01 mm.



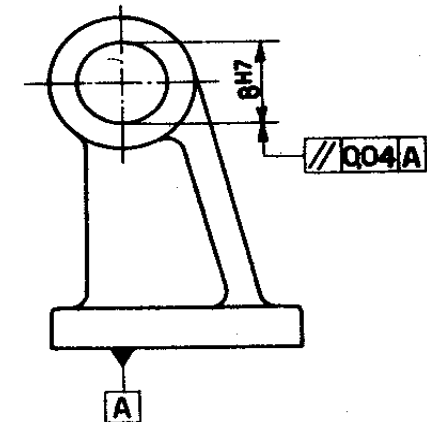
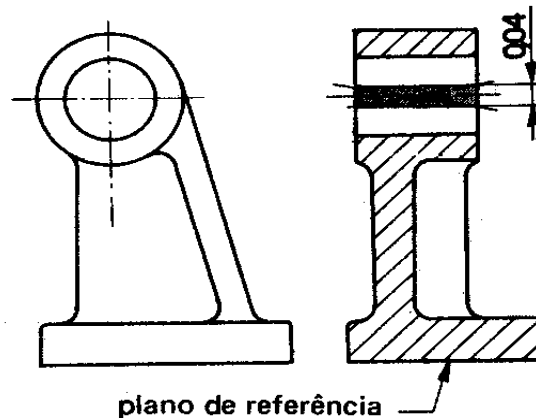
PARALELISMO:

o eixo do furo inferior deve estar compreendido em uma zona cilíndrica tendo diâmetro, por exemplo, de 0,05 mm paralela ao eixo superior A (que constitui a reta de referência).



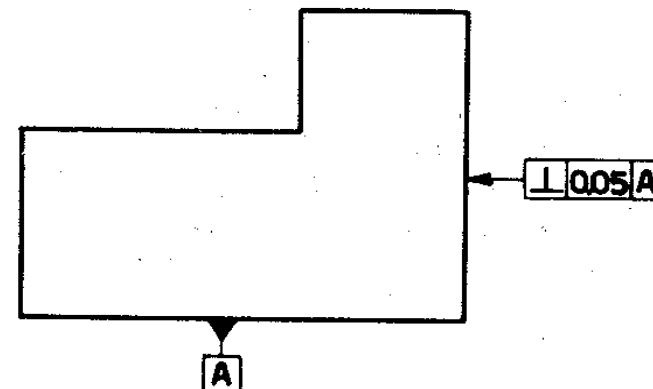
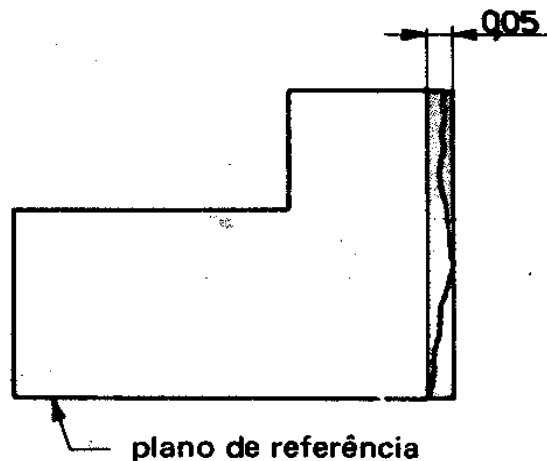
PARALELISMO:

o eixo do furo deve estar compreendido entre dois planos distantes, por exemplo, 0,04 mm e paralelos ao plano de referência A.



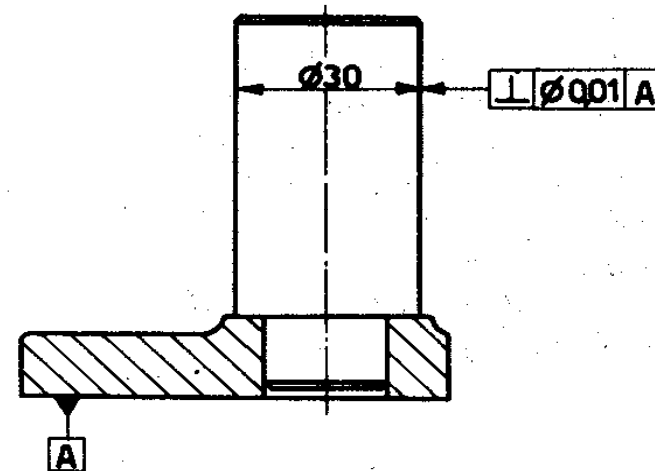
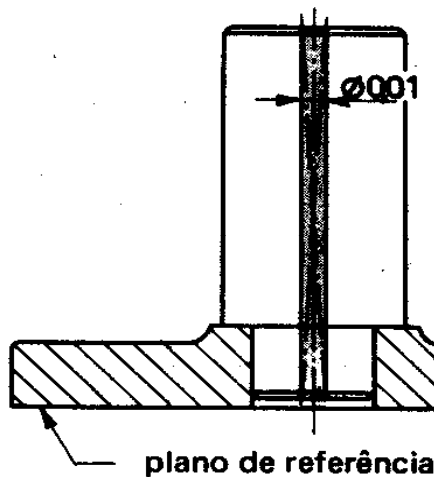
ORTOGONALIDADE:

a superfície vertical deve estar compreendida entre dois planos paralelos distantes entre si, por exemplo, de 0,05 mm e perpendiculares à superfície horizontal de referência A.



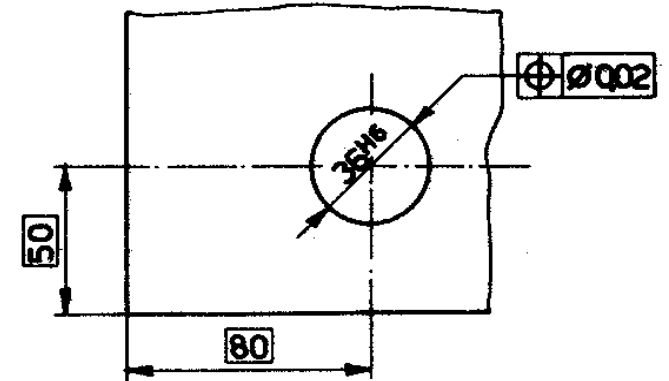
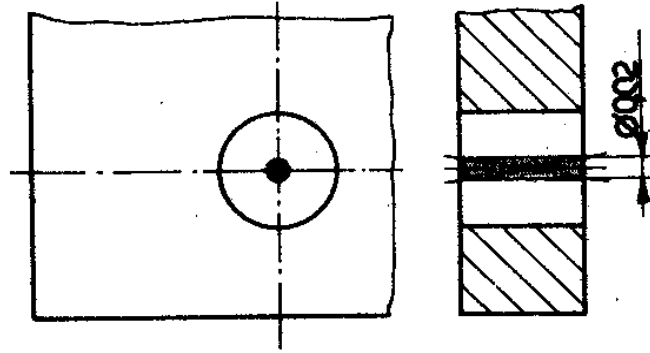
ORTOGONALIDADE:

o eixo do cilindro em cujo diâmetro é indicada a tolerância de orientação deve estar compreendido em uma zona cilíndrica de diâmetro, por exemplo, 0,01 mm perpendicular à superfície de referência A.



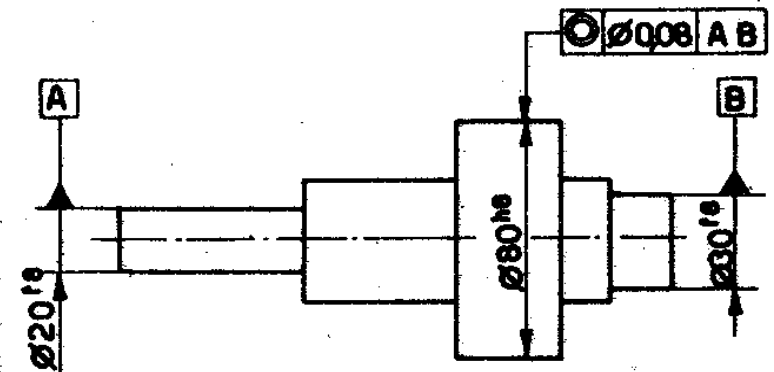
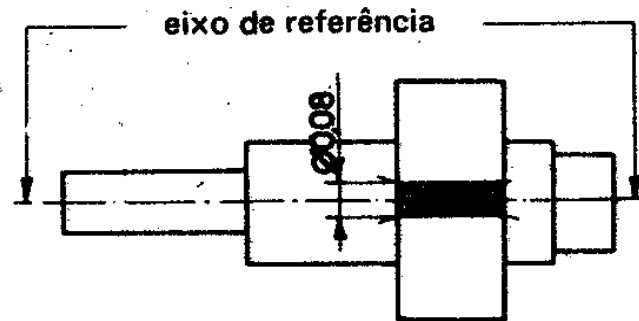
LOCALIZAÇÃO DE UM EIXO:

o eixo do furo deve estar compreendido em uma zona cilíndrica tendo diâmetro por exemplo 0,02 mm, cujo eixo coincide com a posição teórica individualizada pelas cotas enquadradas.



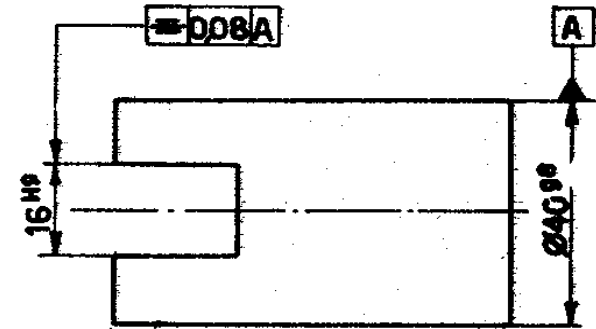
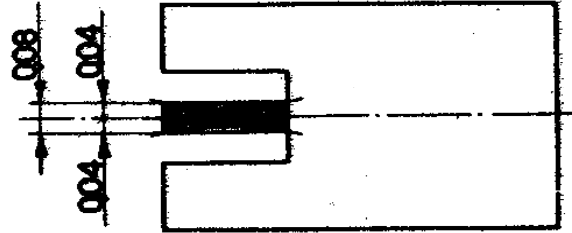
COAXIALIDADE:

o eixo do cilindro cujo diâmetro leva a indicação da tolerância deve estar compreendido em uma zona cilíndrica tendo diâmetro de, por exemplo, 0,08 mm e coaxial ao eixo de referência AB.

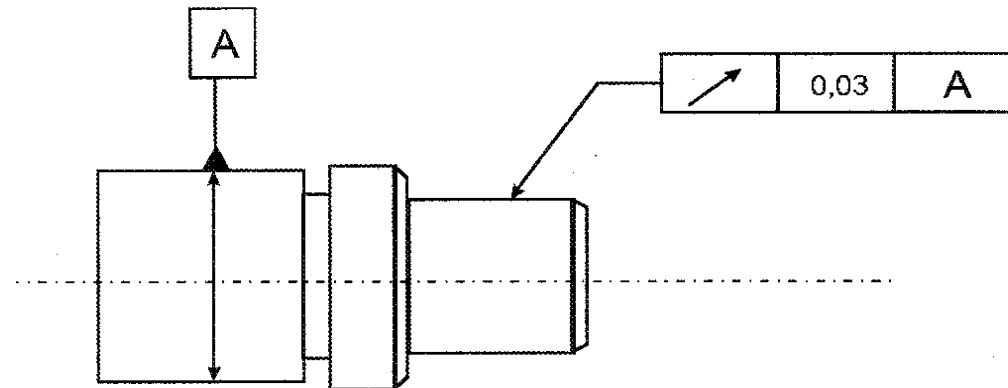


SIMETRIA:

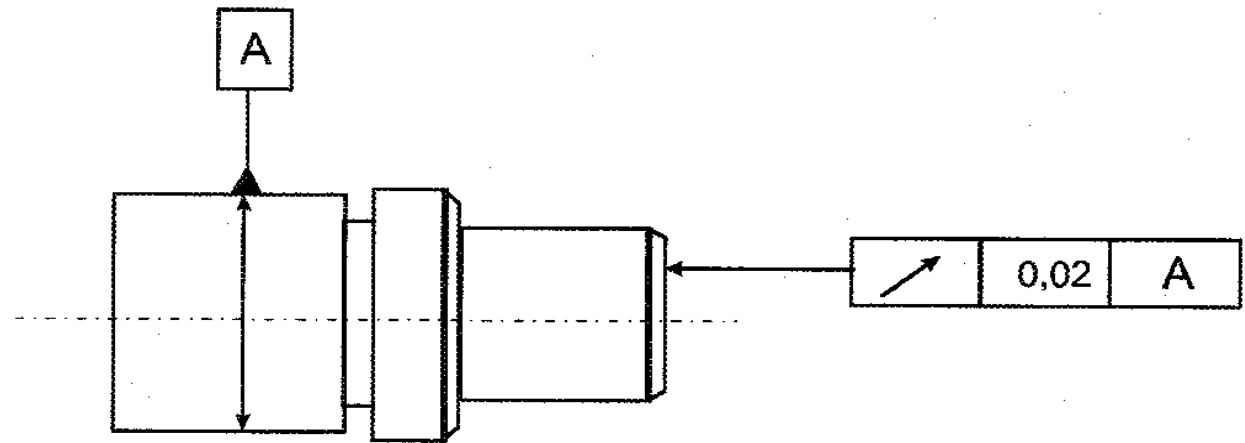
o plano de simetria da canalta deve estar compreendido entre dois planos paralelos distantes de, por exemplo, 0,08 mm e dispostos simetricamente em relação ao plano médio do elemento de referência A.



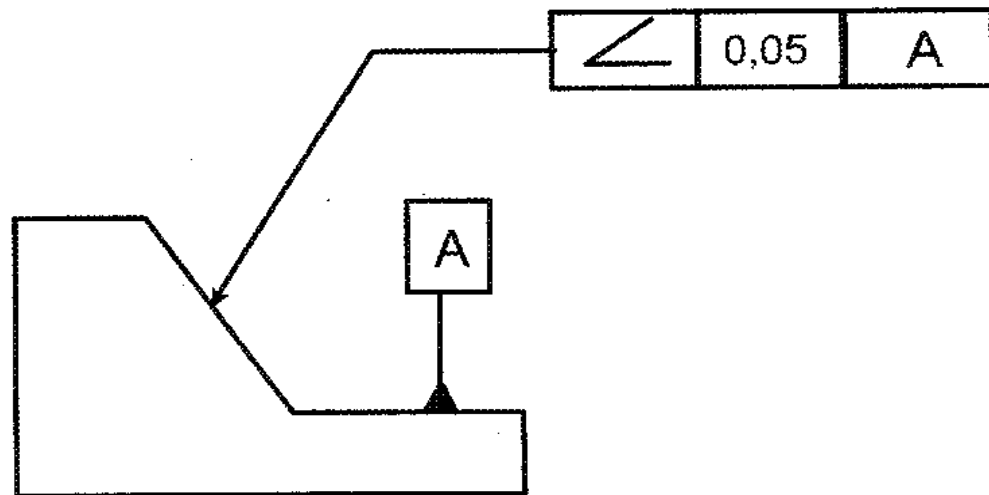
Batida radial



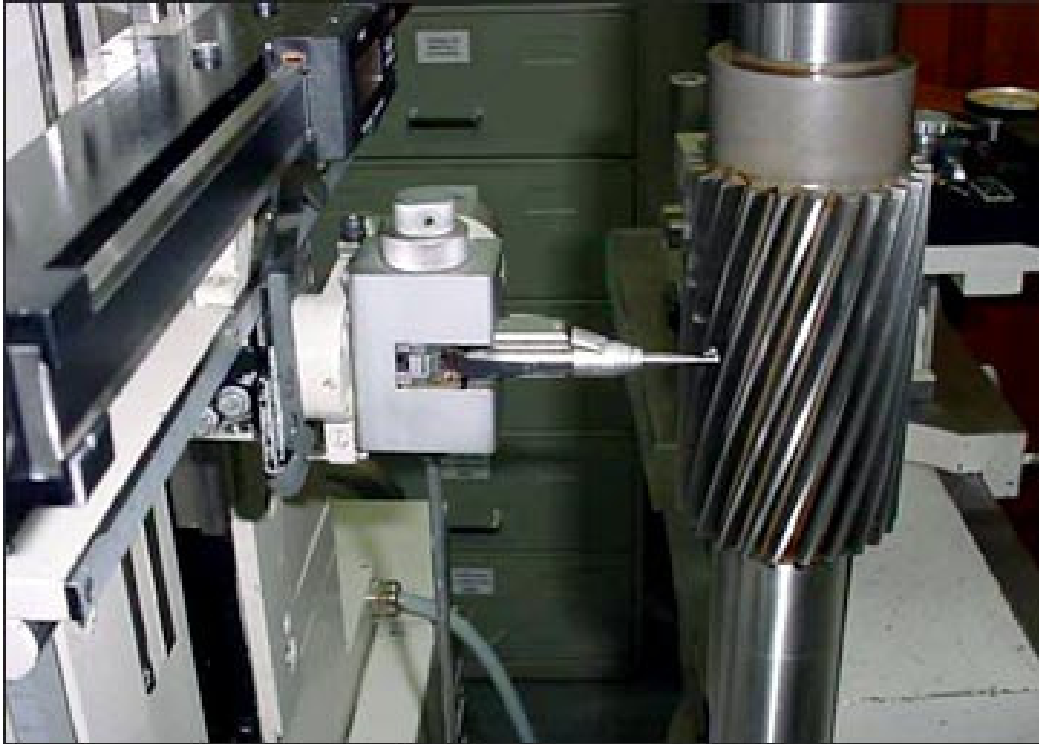
- Batida axial



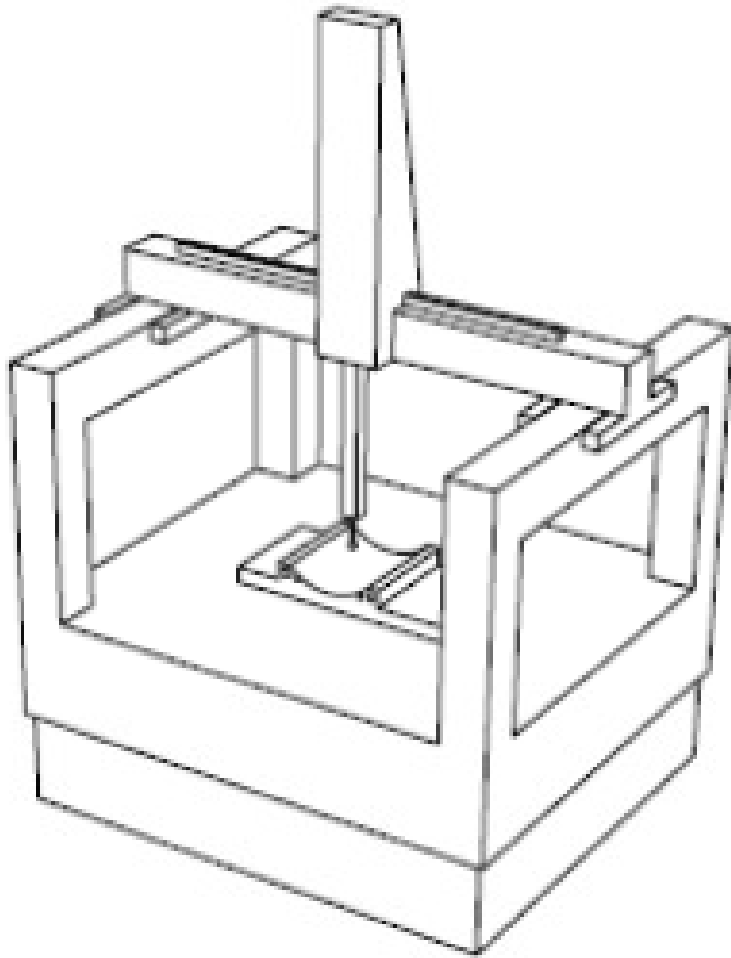
- Angularidade



7. Medição das Tolerâncias Geométricas



7. Medição das Tolerâncias Geométricas



CMM- Máquina de Medição de Coordenadas



Apalpador Eletrônico

Peça

7. Medição das Tolerâncias Geométricas



Operação de Máquina de Medição de Coordenadas CMM)

7. Recomendações para Utilização de Tolerâncias Geométricas

- As tolerâncias geométricas não devem ser indicadas a menos que sejam indispensáveis para assegurar o funcionamento do conjunto e a intercambiabilidade da peça;
- As tolerâncias geométricas não devem ser indicadas caso os desvios de geometria já estejam limitados pelas tolerâncias dimensionais, isto é, as superfícies reais podem escapar da forma geométrica especificada, desde que obedecidas as tolerâncias dimensionais;
- O fato de se indicar uma tolerância de forma ou posição não implica, necessariamente, no emprego de um processo particular de fabricação, medição ou verificação.

8. Referências Bibliográficas

Manfé G. et alii, “Desenho Técnico Mecânico” -, Editora Hemus, 3 vols, 1993.

Senai, “Telecurso 2000 – Mecânica”, Editora Globo, 1996

Virtual (Internet)

<http://www.bibvirt.futuro.usp.br/index.html>

Desenho Técnico Mecânico

Metrologia

<http://www.infometro.hpg.ig.com.br>