

PMR 3103

Tolerâncias Geométricas

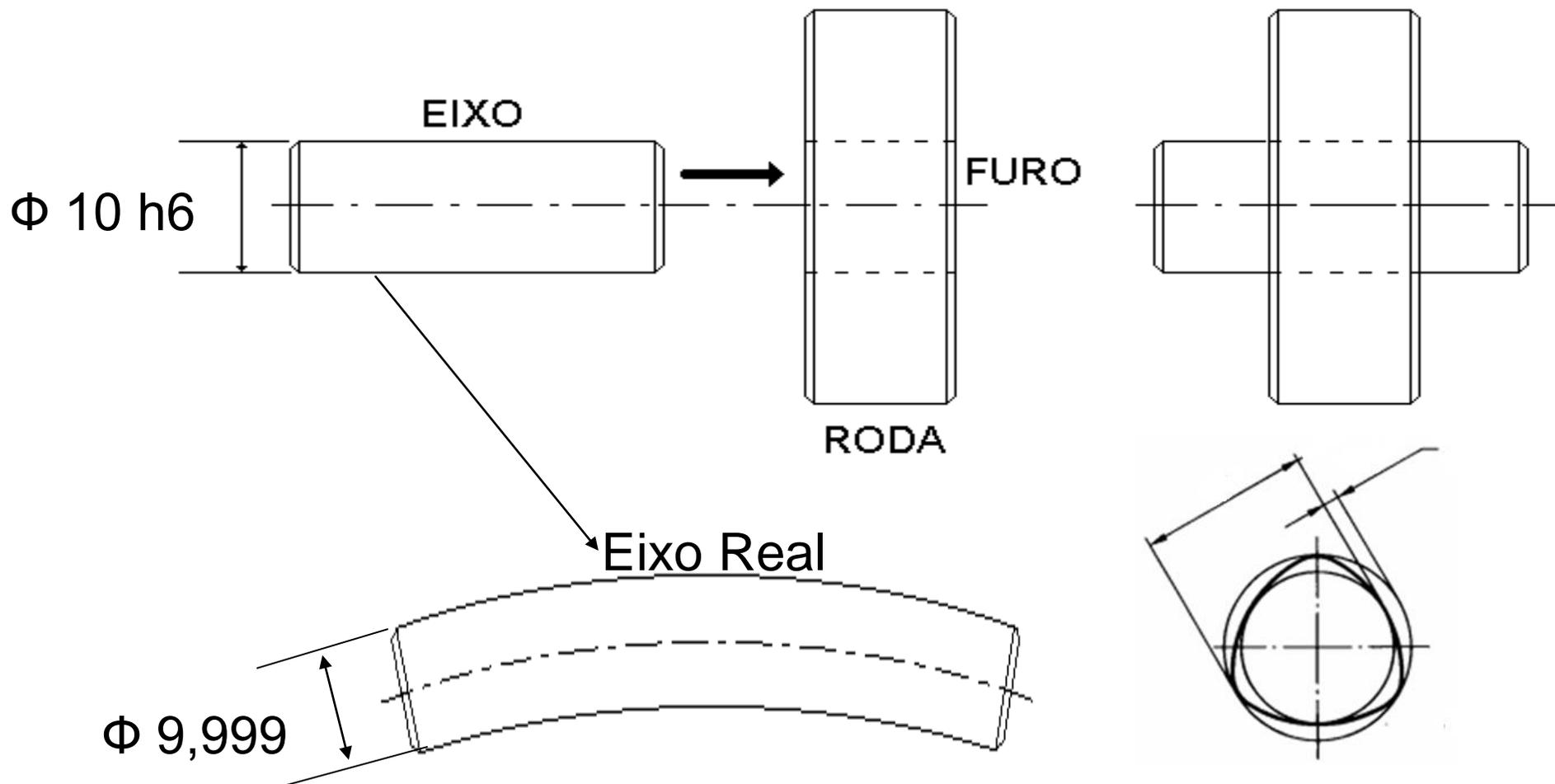
NBR 6409

Tolerâncias Geométricas

As tolerâncias dimensionais de peças, 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, denominadas de **TOLERÂNCIAS GEOMÉTRICAS**

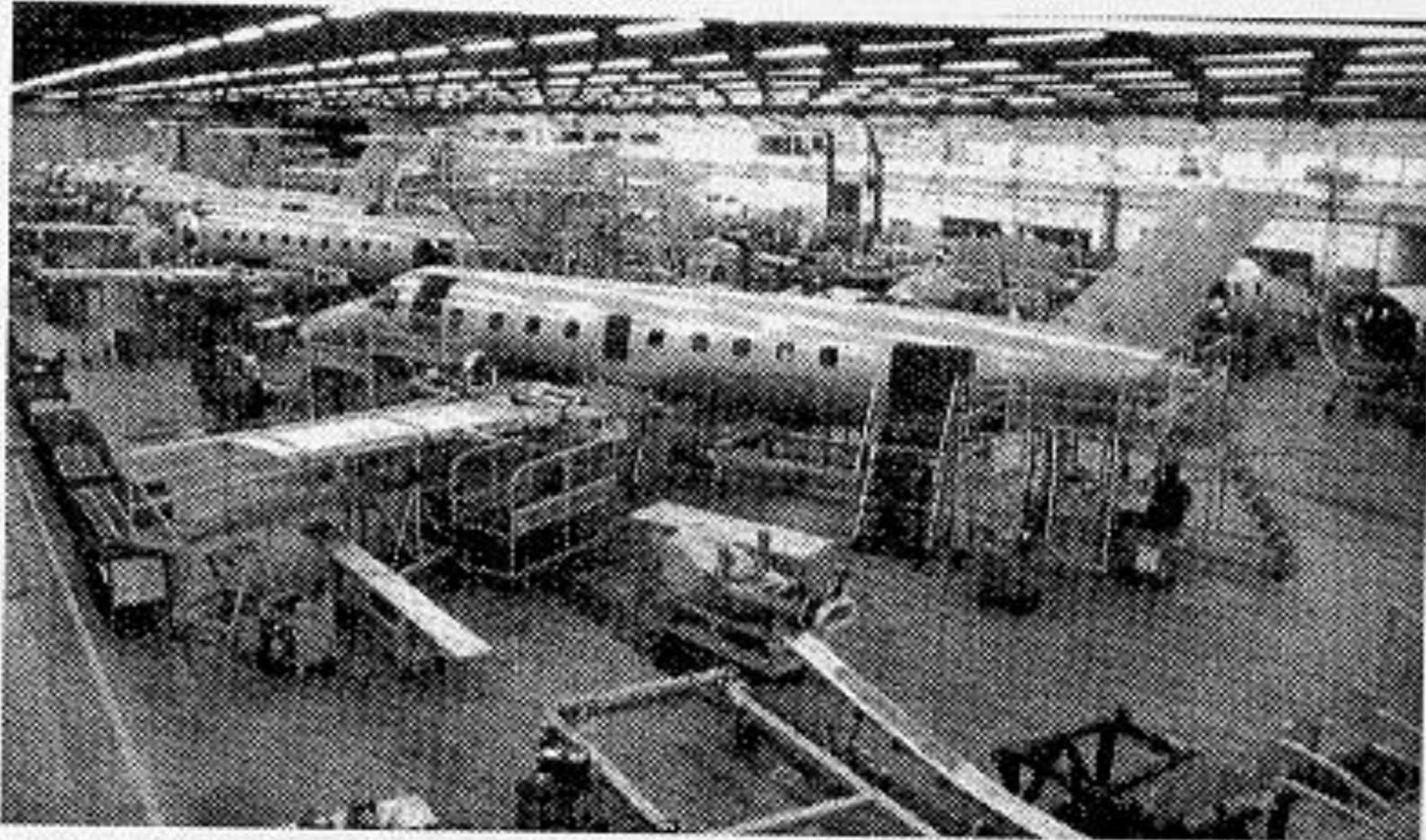
NECESSIDADE DA TOLERÂNCIA GEOMÉTRICA



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:

I) **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 (retitude)**
- **planeza (“planicidade”)**
- **circularidade**
- **cilindricidade**

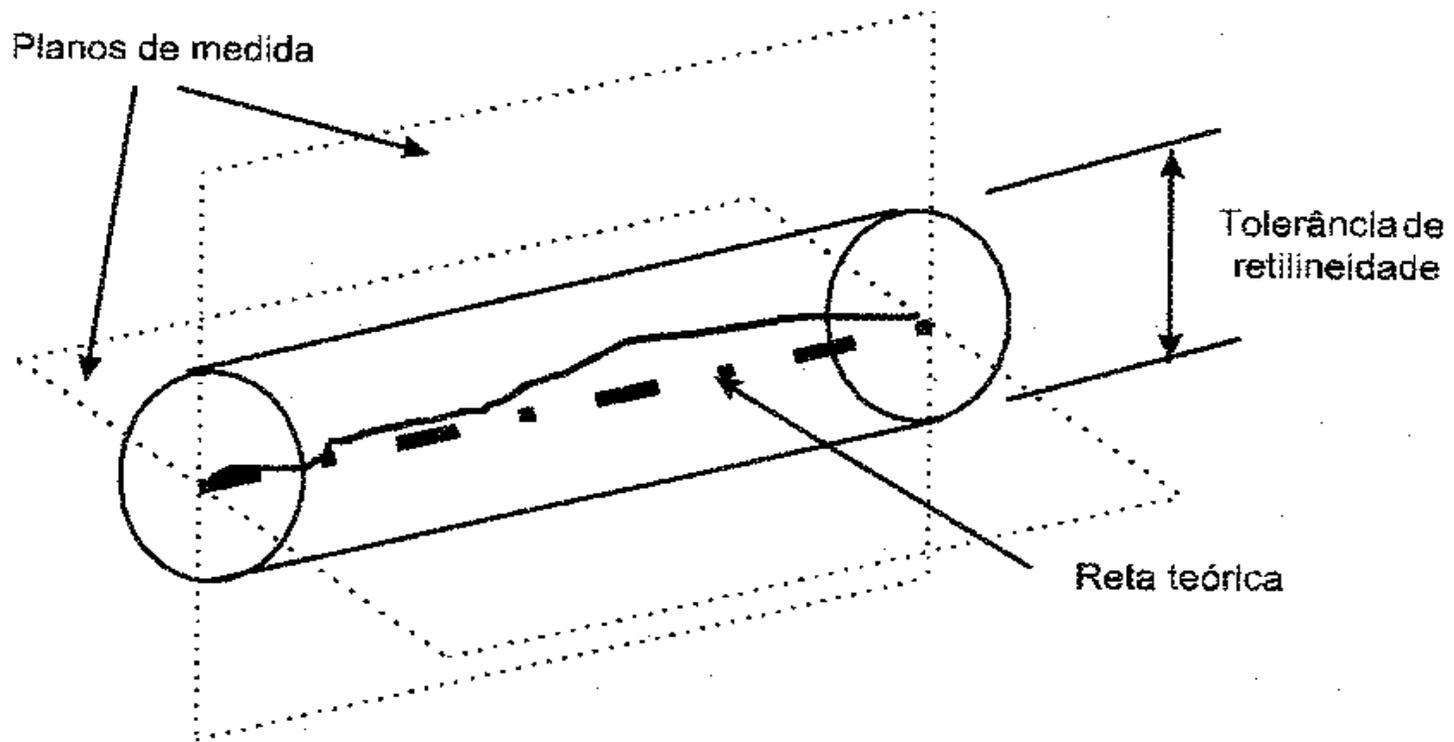
DESVIOS GEOMÉTRICOS

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**

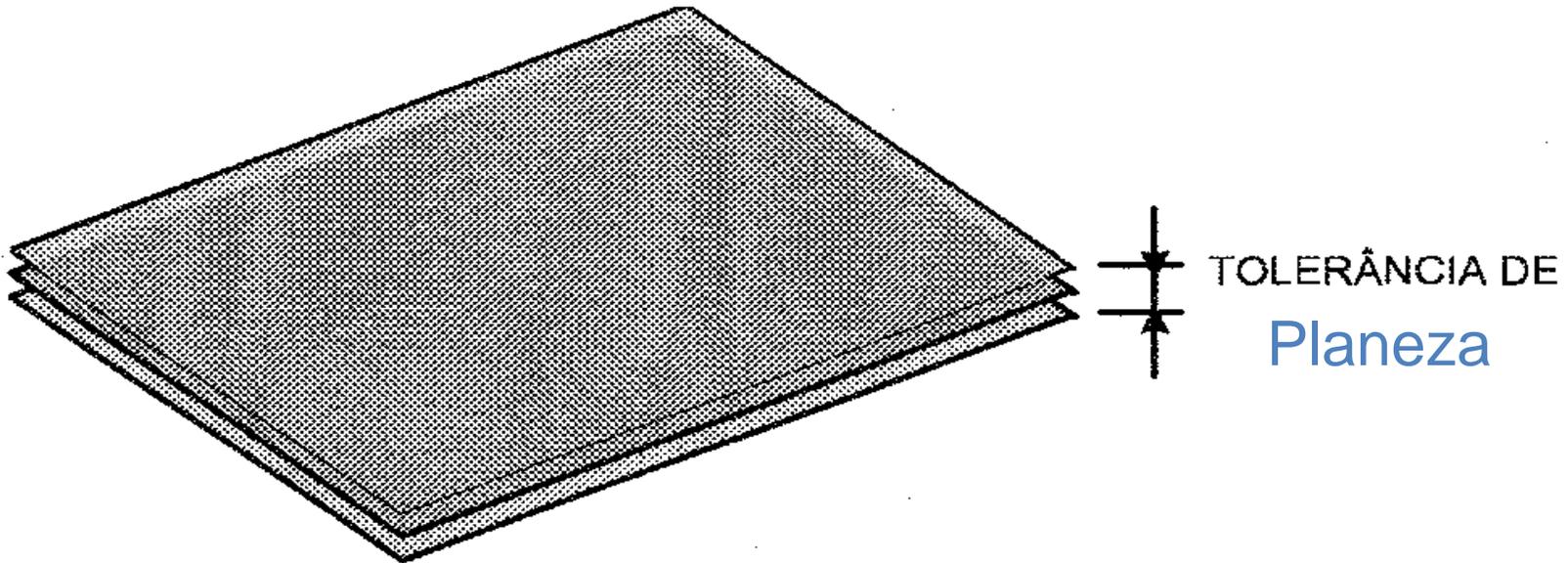
2. Definição das Tolerâncias de Forma

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



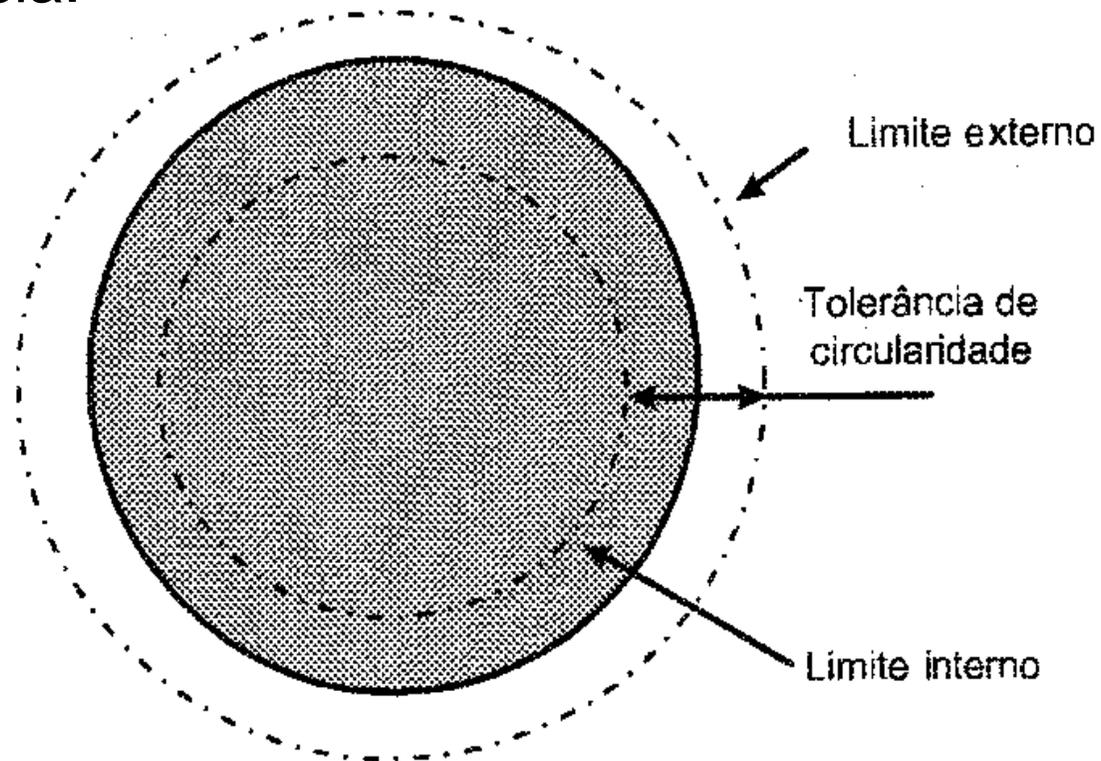
Definição das Tolerâncias de Forma

- **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.



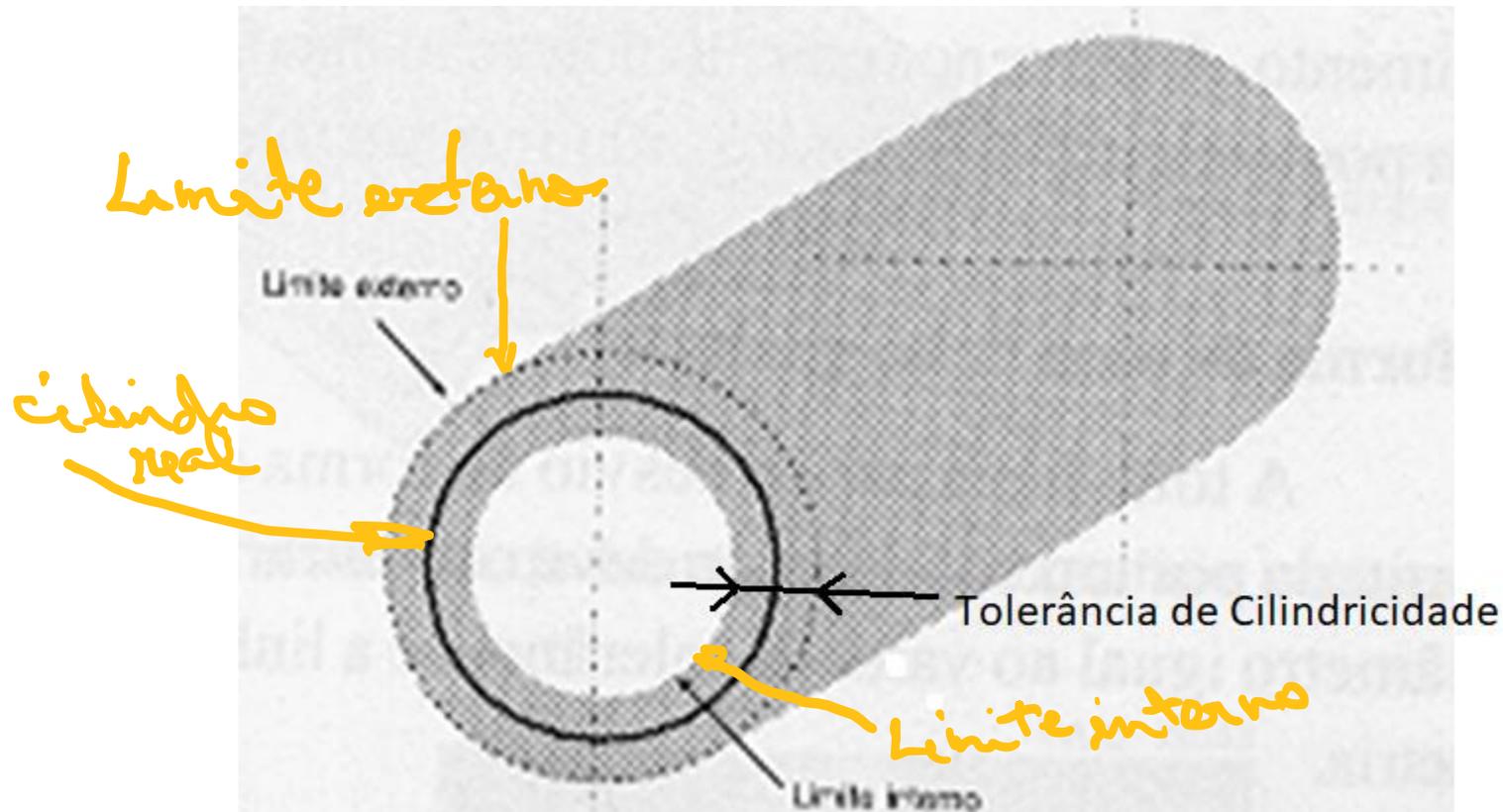
Definição das Tolerâncias de Forma

- **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.



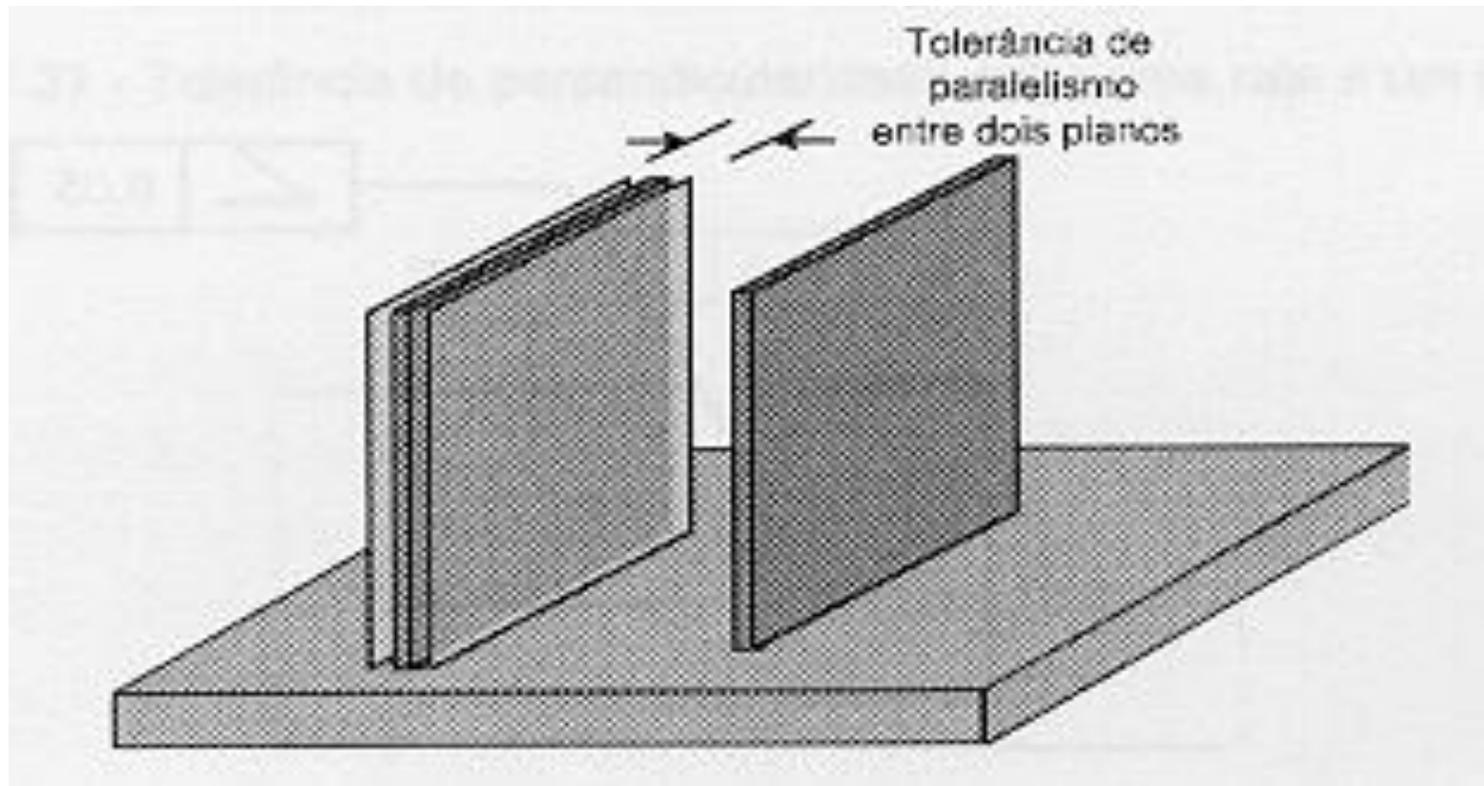
Definição das Tolerâncias de Forma

- **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.



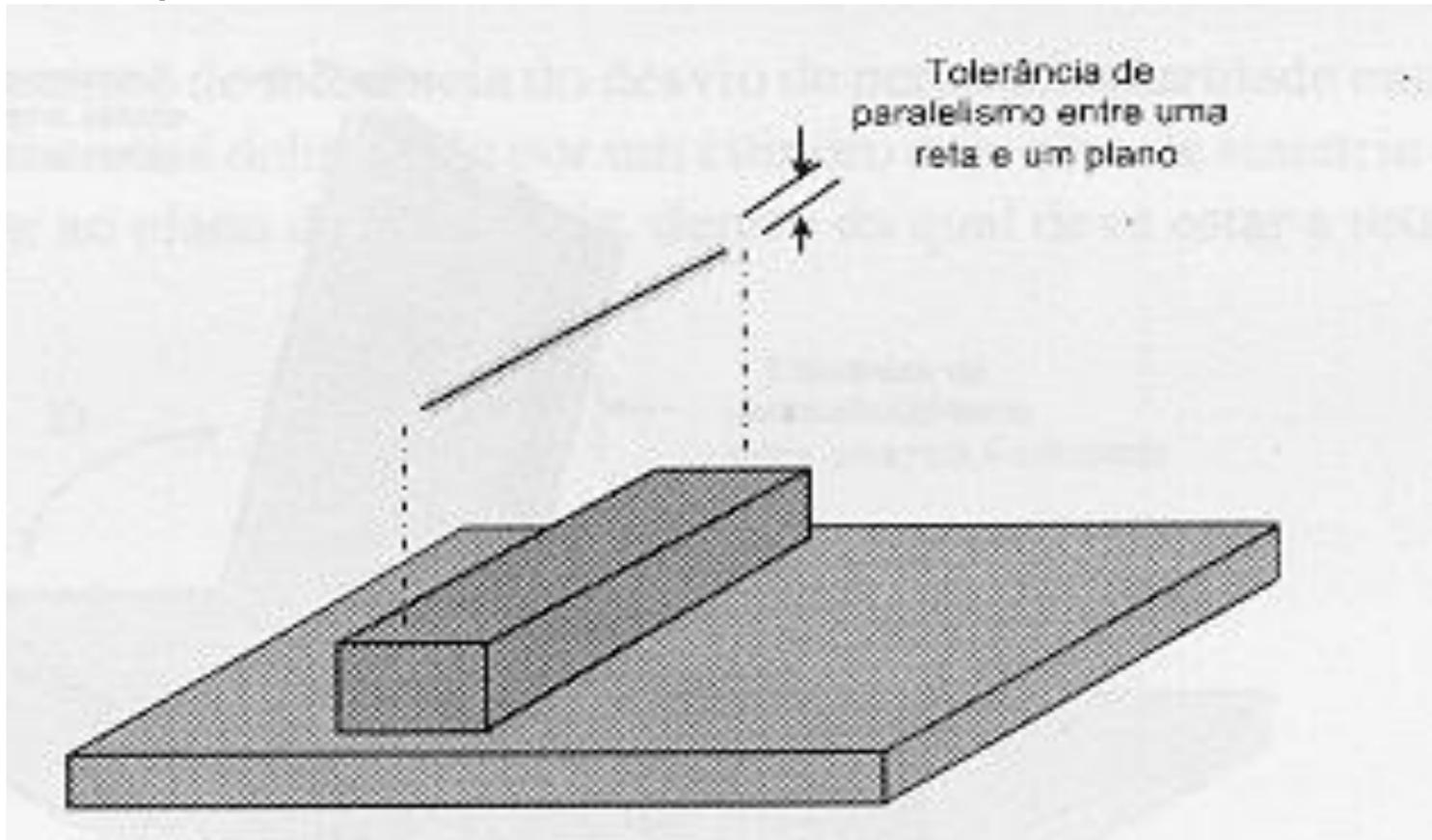
3. Definição das Tolerâncias de Posição

- **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.



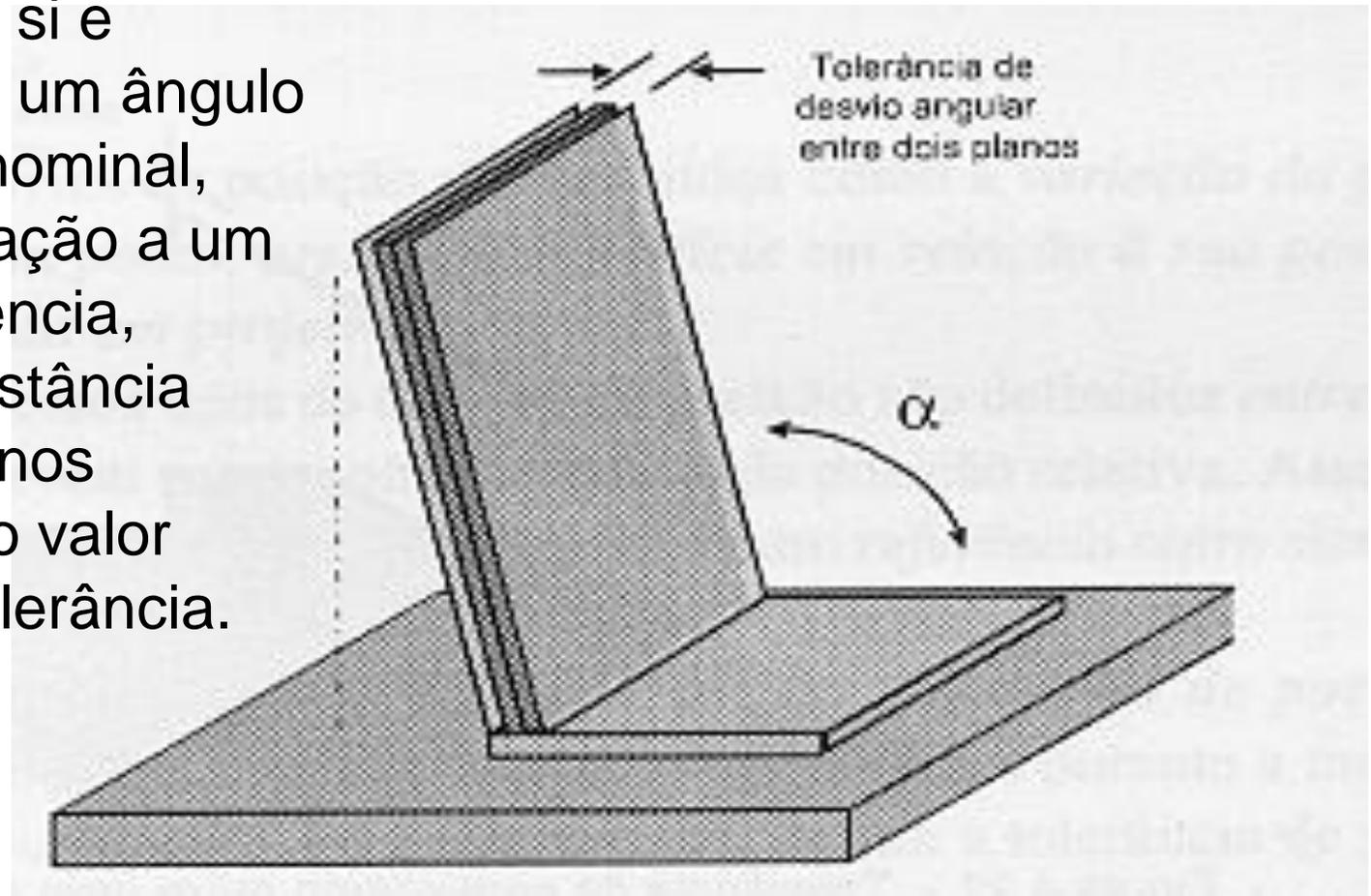
Definição das Tolerâncias de Posição

- **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.



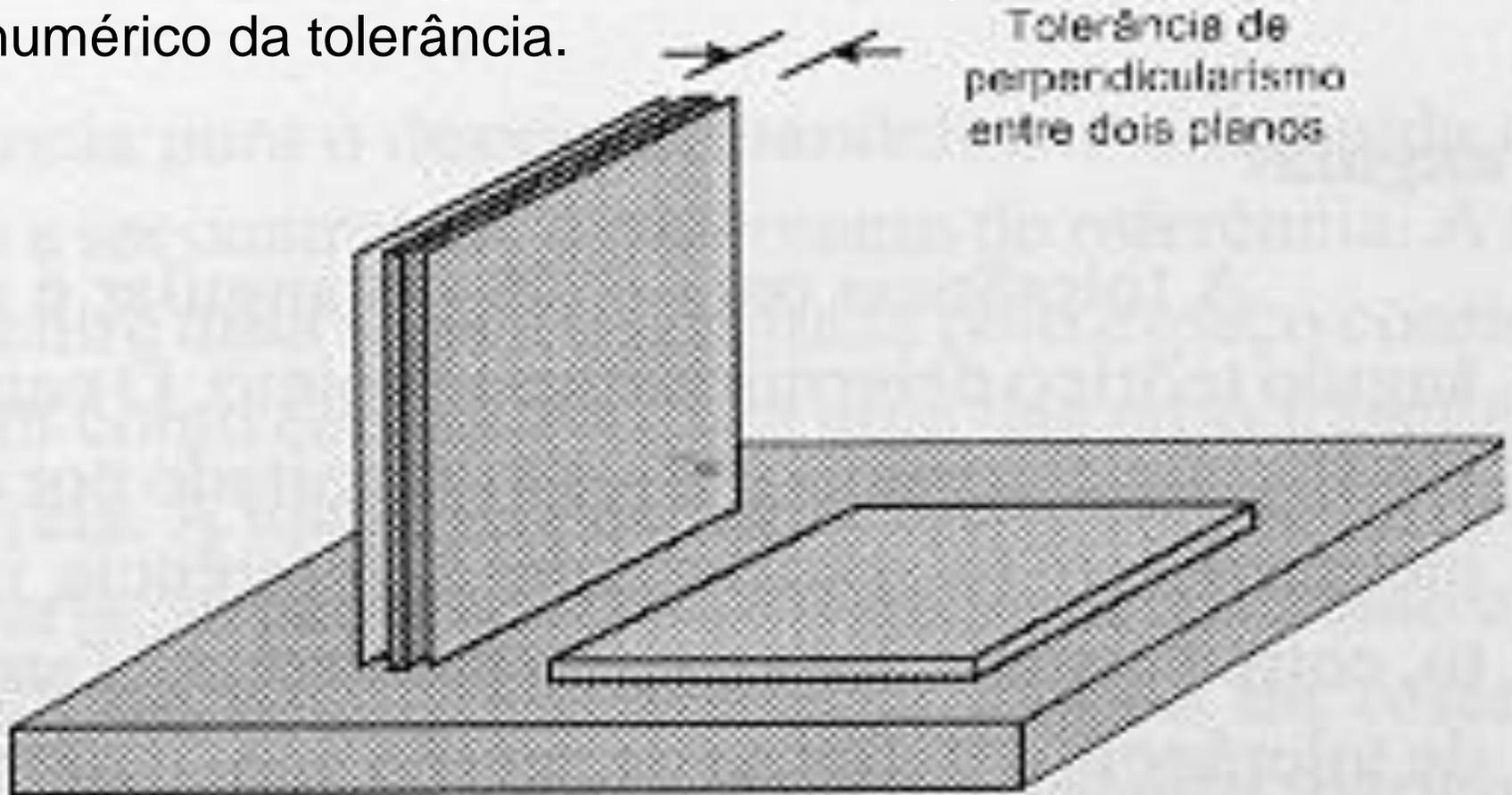
Definição das Tolerâncias de Posição

- **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.

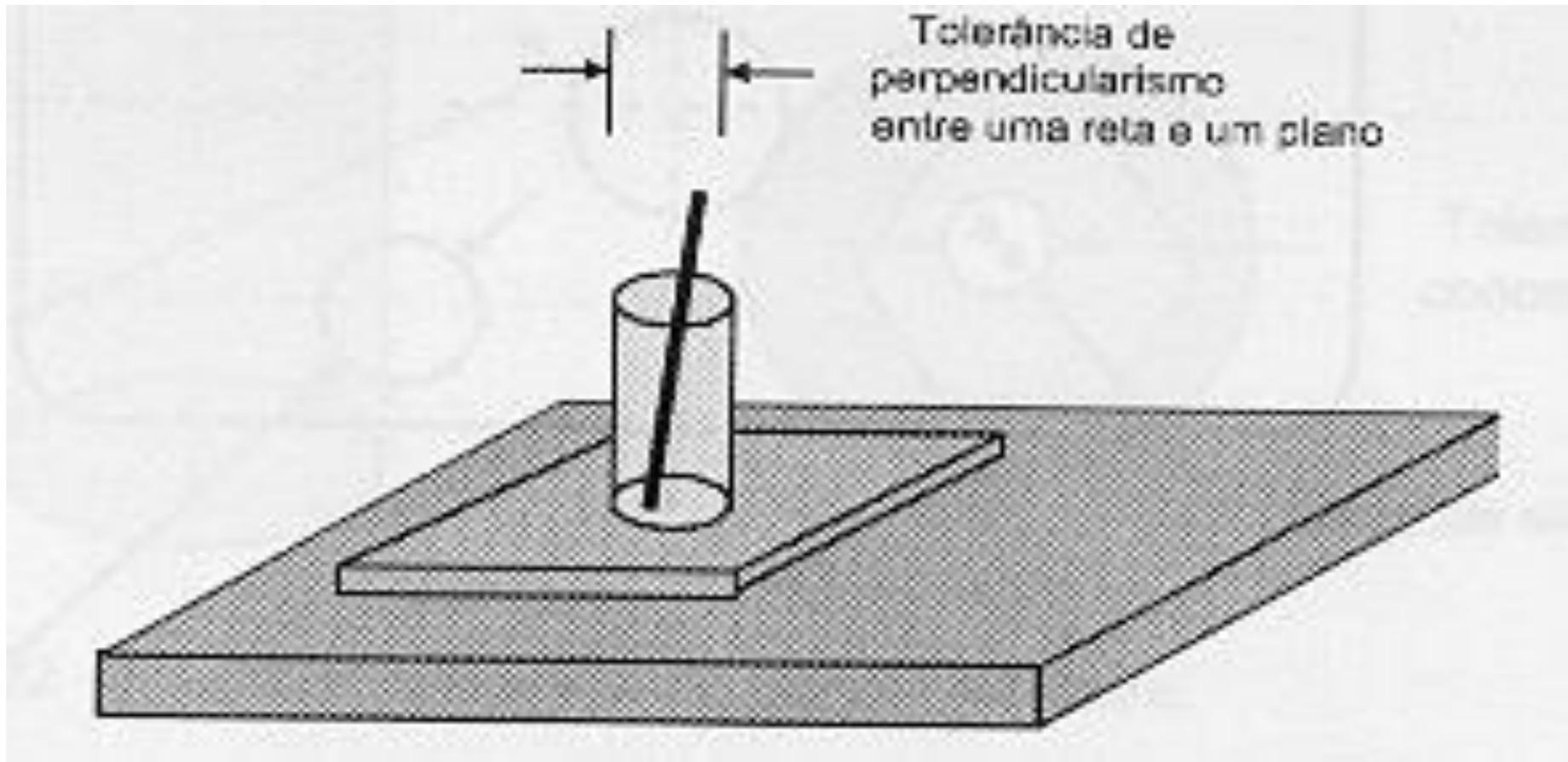


Definição das Tolerâncias de Posição

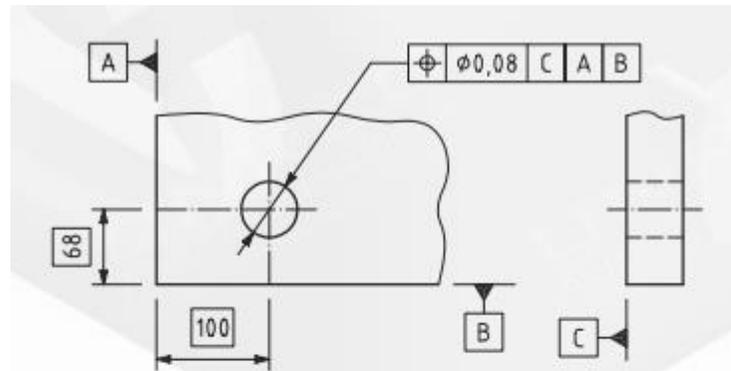
- **Perpendicularismo entre dois planos:** o plano real deve estar contido no espaço limitado por dois planos ideais, perpendiculares ao plano de referência, sendo que a distância entre os planos ideais corresponde ao valor numérico da tolerância.



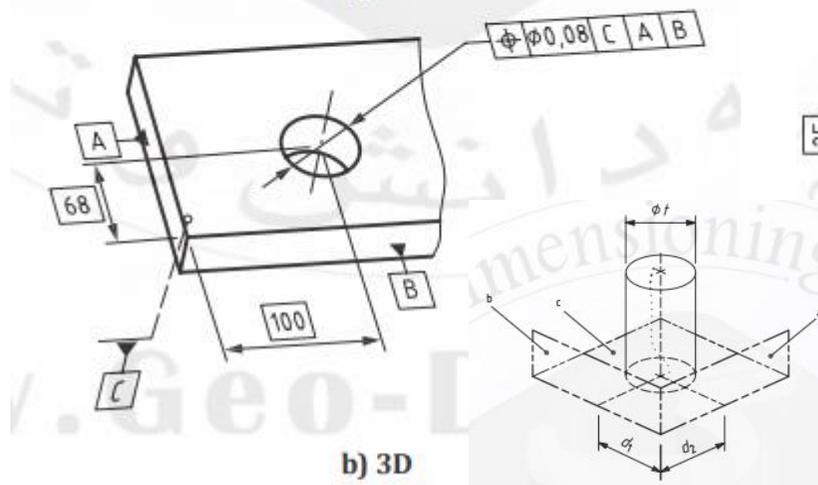
- **Perpendicularismo entre uma aresta e um plano:** a aresta real deve estar contida no interior de um cilindro ideal, cuja linha de centro é perpendicular ao plano de referência, sendo que o diâmetro do cilindro corresponde ao valor numérico da tolerância.



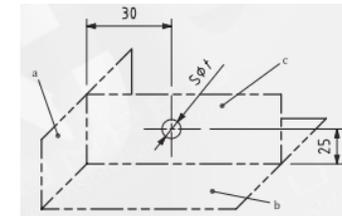
- Localização:** a linha de centro de um furo deve estar contida no interior de um cilindro ideal, cuja linha de centro coincide com a localização teórica do furo em estudo, sendo que o diâmetro deste cilindro corresponde ao valor numérico da tolerância.



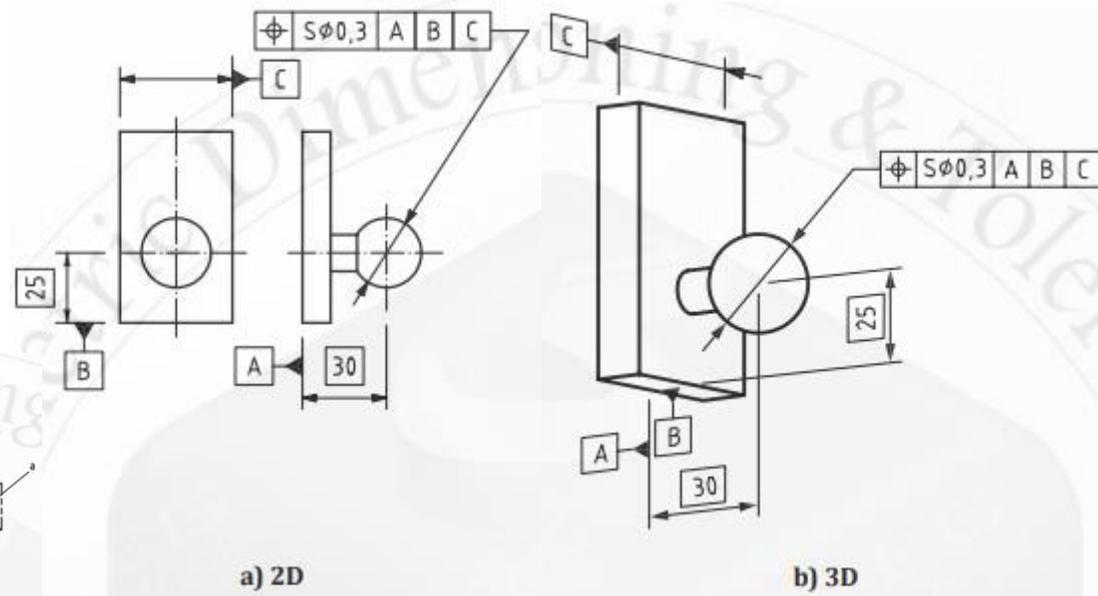
a) 2D



b) 3D



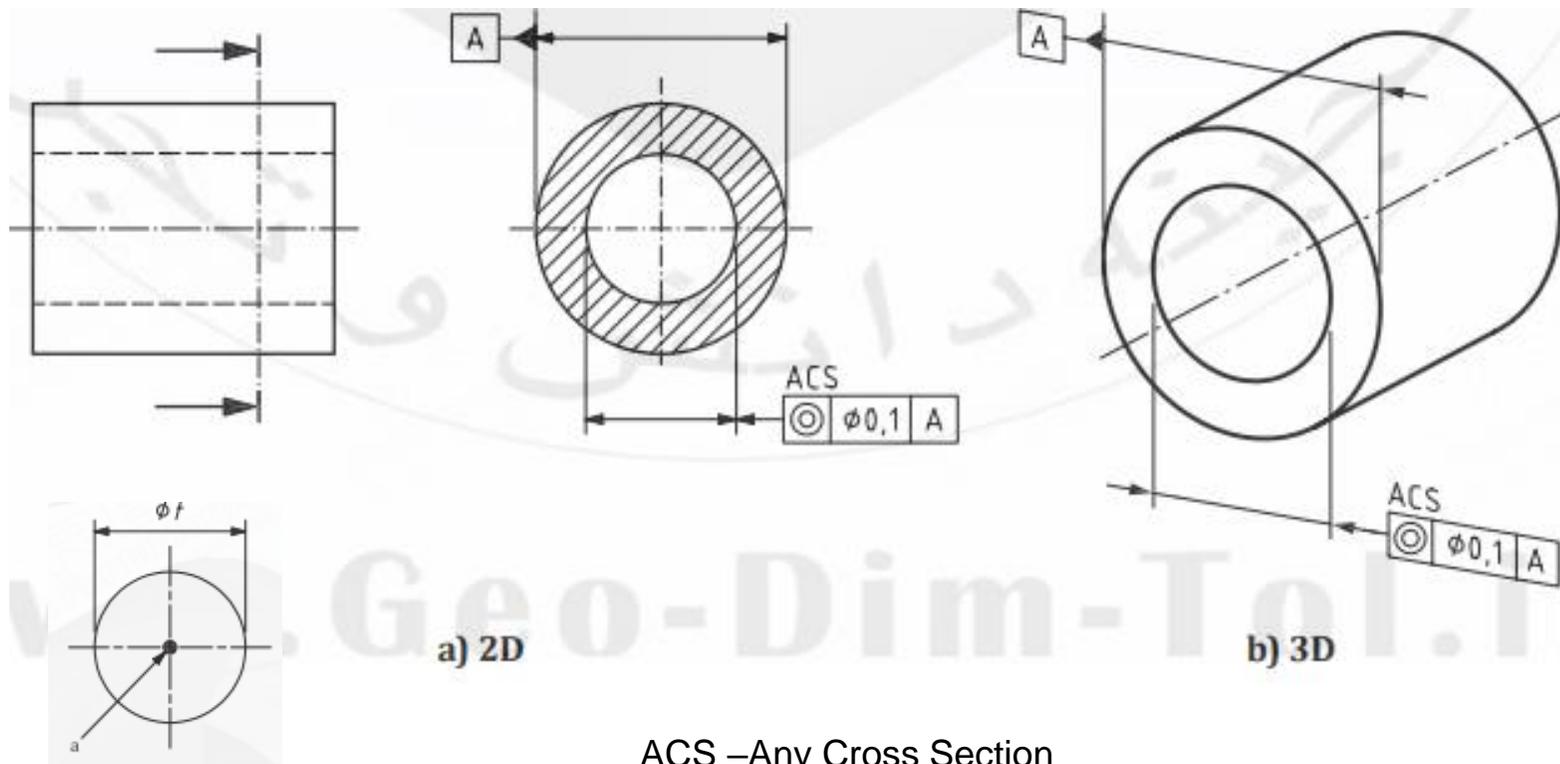
Localização de um Ponto



a) 2D

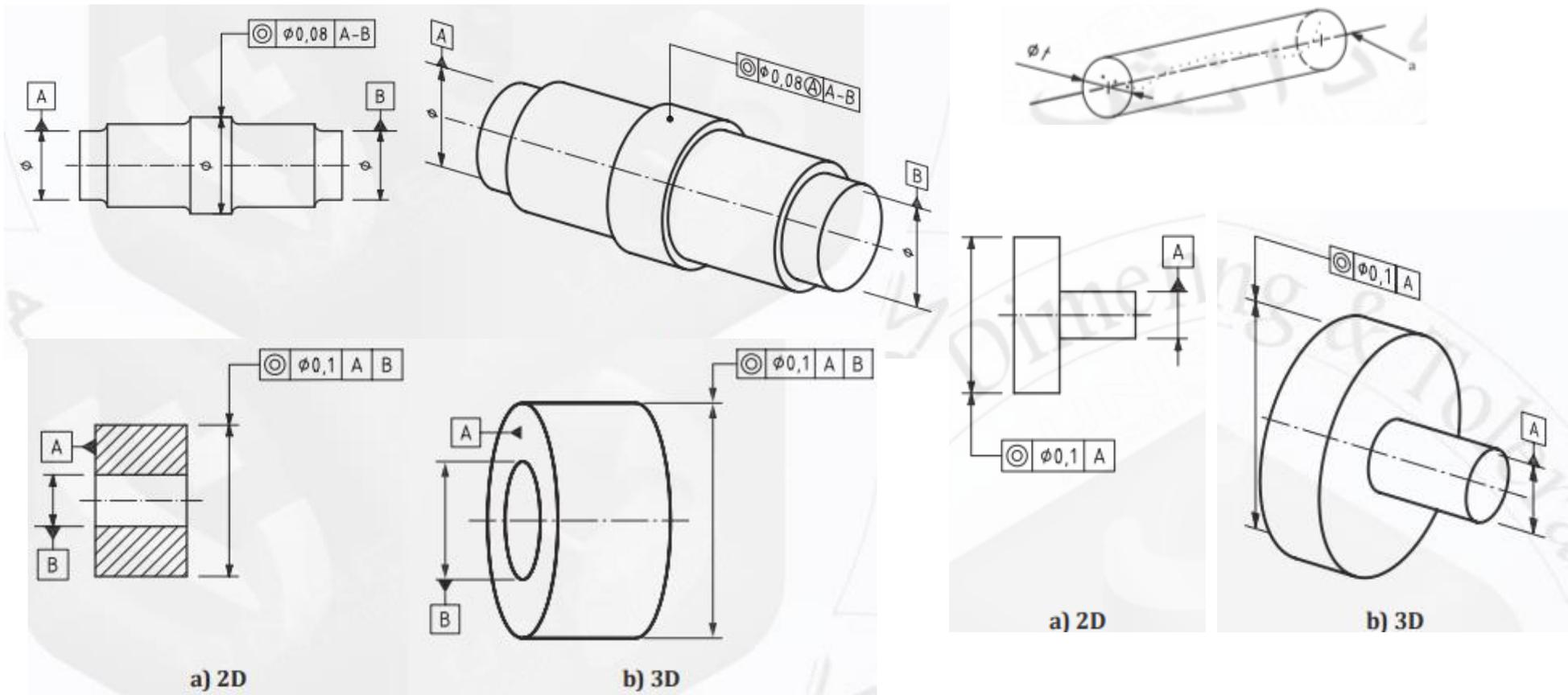
b) 3D

- Concentricidade:** o centro do círculo em qualquer secção deve estar contido no interior de um círculo ideal, cujo centro coincide com a posição teórica do centro da secção, sendo que o diâmetro do círculo ideal corresponde ao valor numérico da tolerância.

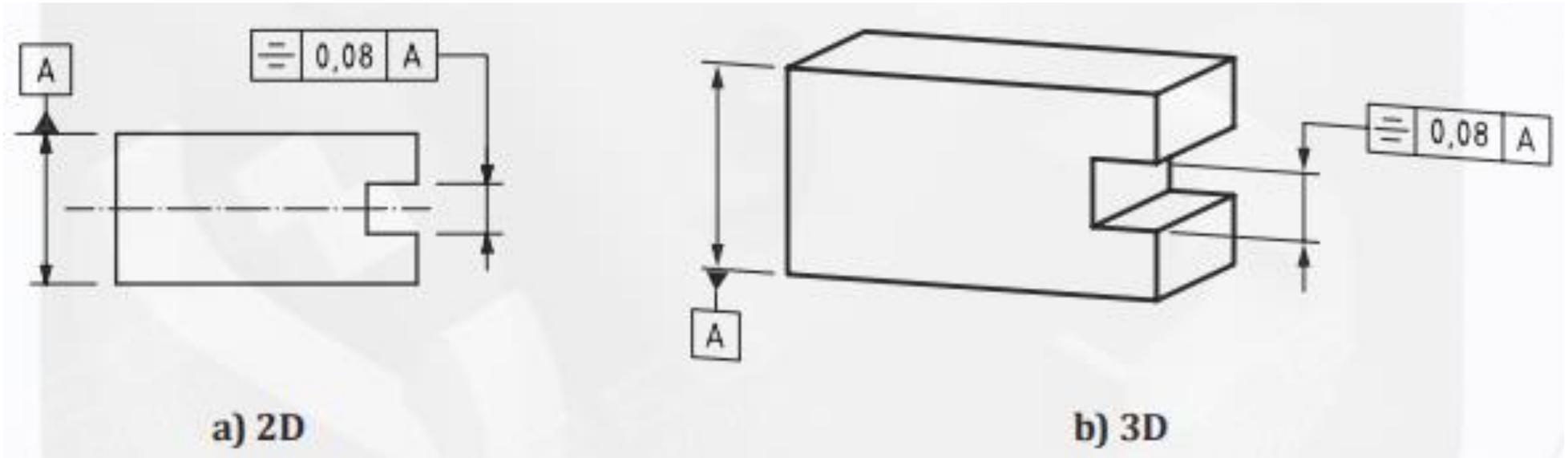
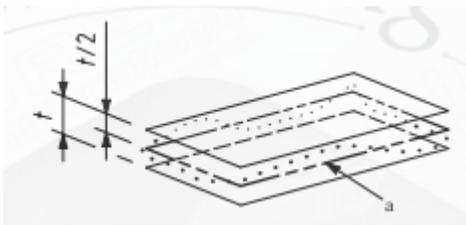


ACS –Any Cross Section

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

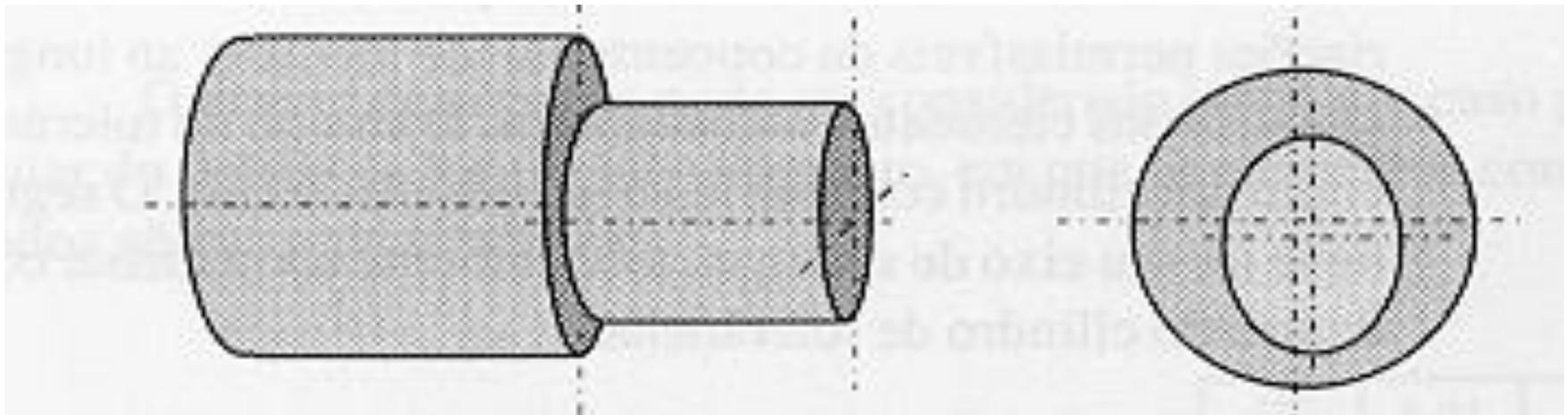


- **Simetria:** o plano de simetria real deve estar contido no espaço limitado por dois planos ideais, paralelos e equidistantes do plano de simetria ideal, sendo que a distância entre os planos ideais corresponde ao valor numérico da tolerância.

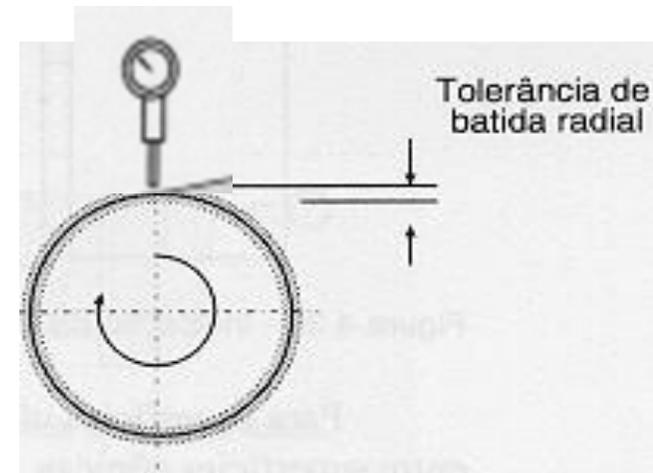
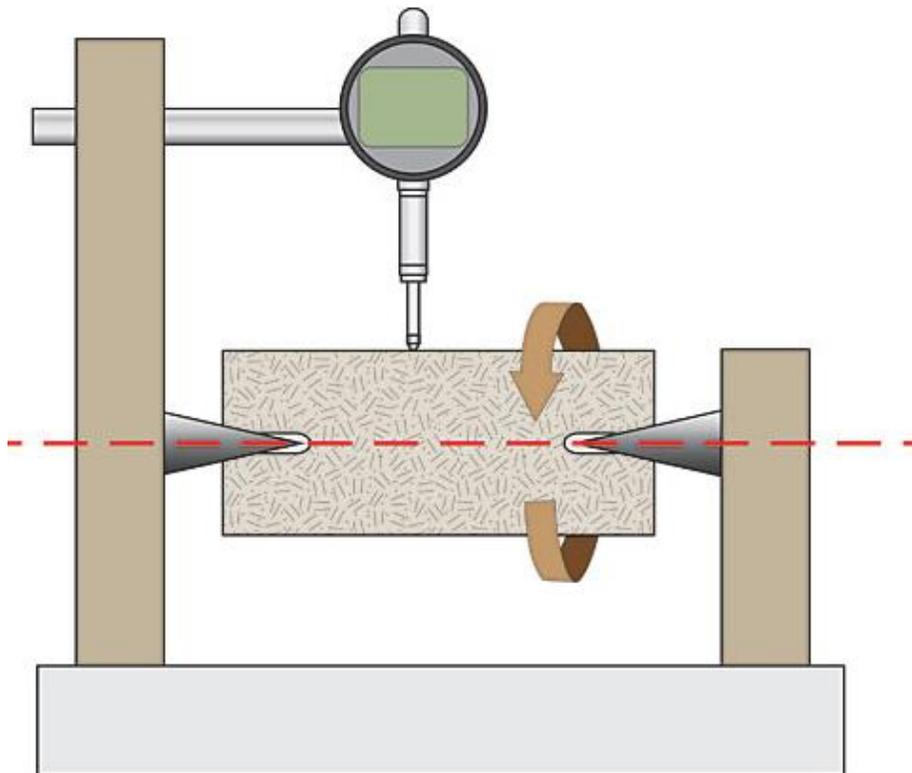


4. Definição das Tolerâncias Compostas de Forma e Posição

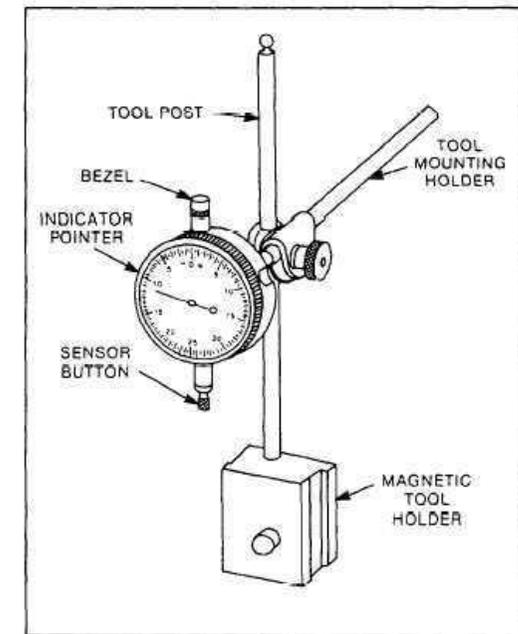
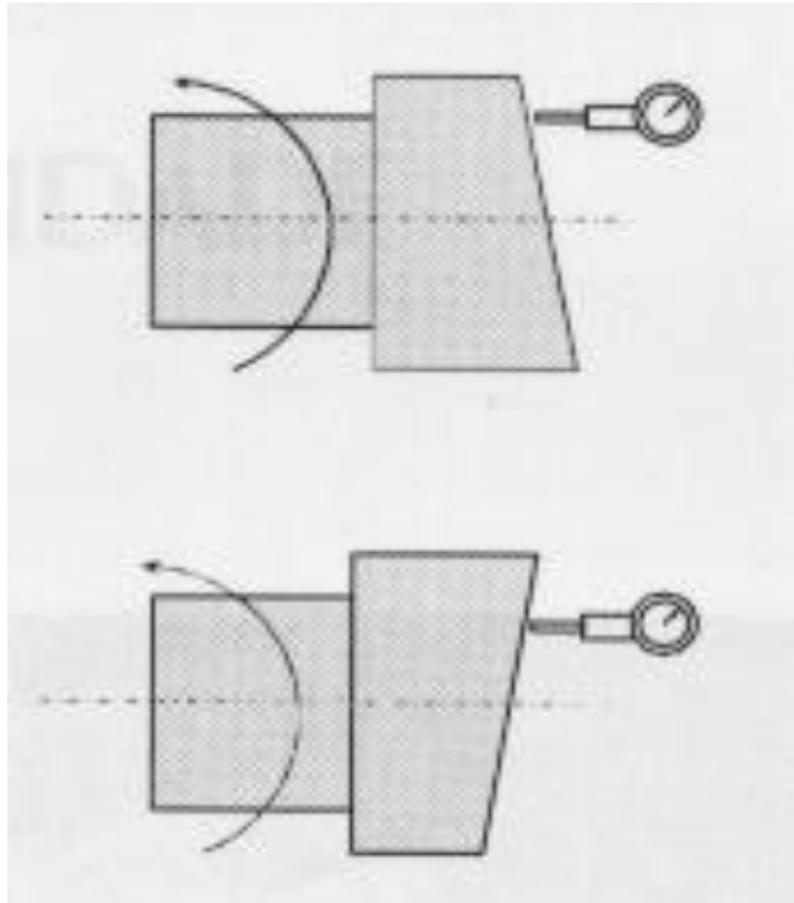
- Os sólidos reais normalmente apresentam tanto desvios de forma quanto desvios de posição.
- Quando não for possível separar os desvios de forma dos desvios de posição durante a fase de inspeção, utilizam-se, na especificação da peça, os desvios compostos de forma e posição.



- **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.

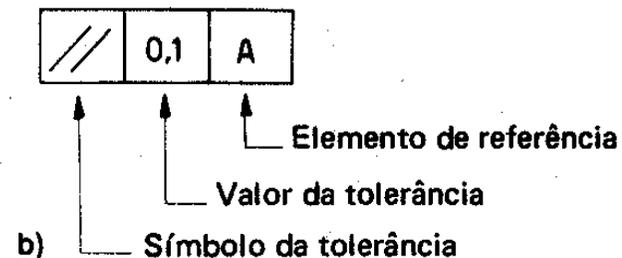
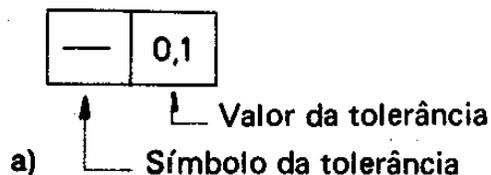


Relógio apalpador e base magnética

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.

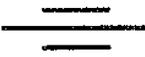
Para a indicação dos desvios de posição, é necessária a definição de elementos de referência.



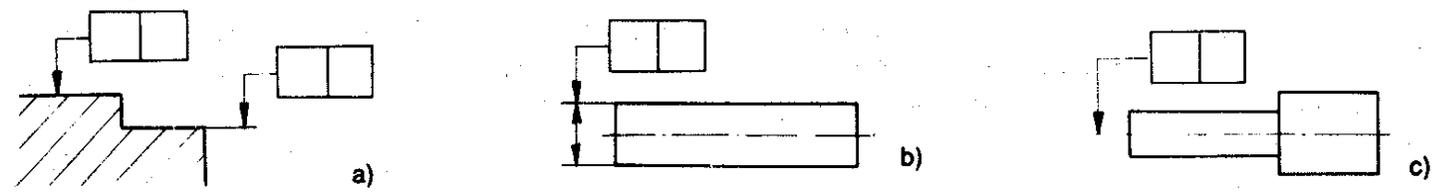
As tolerâncias de forma, de orientação e de posição são indicadas em quadros adequados e na ordem indicada em a) e em b). Note-se que em a) falta o elemento de referência pois se trata de indicação de tolerância de forma (retilidade) que, como tal, não é associada a nenhum outro elemento.

- Simbologia

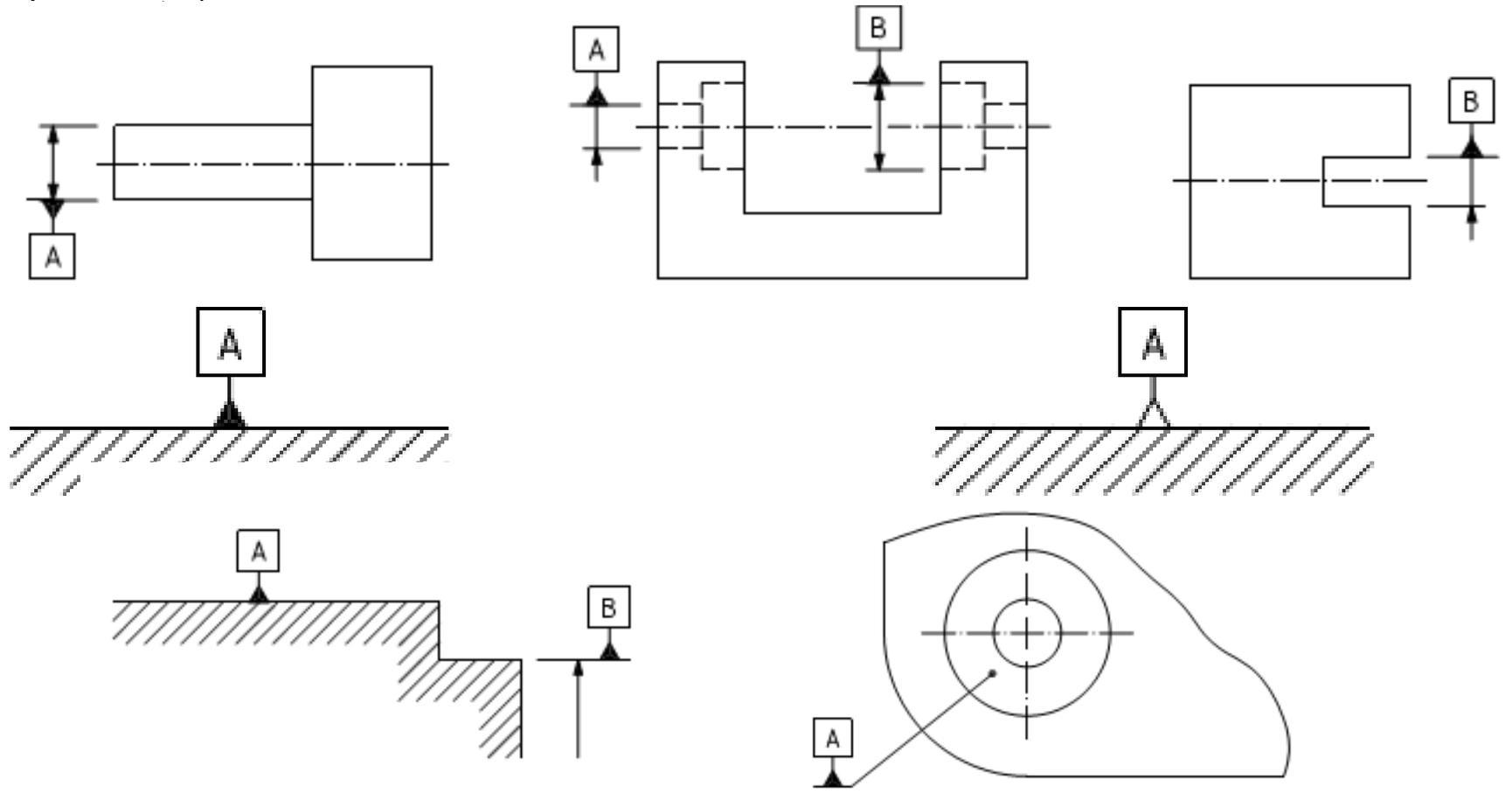
- NBR 6409

Tolerância		Símbolo
Forma	Retilneidade	
	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

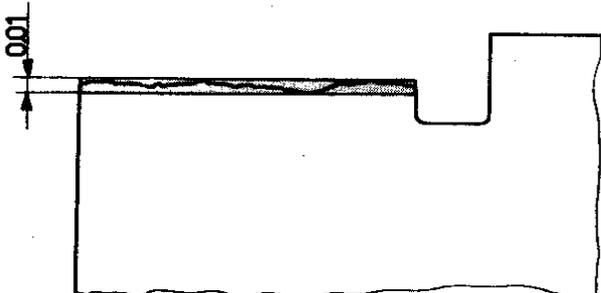
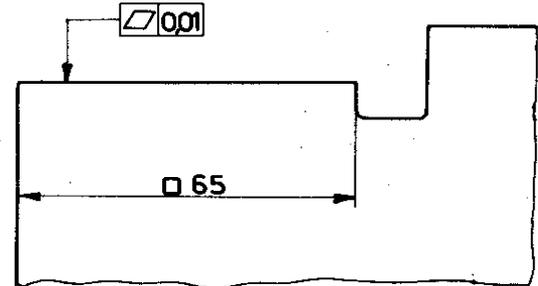
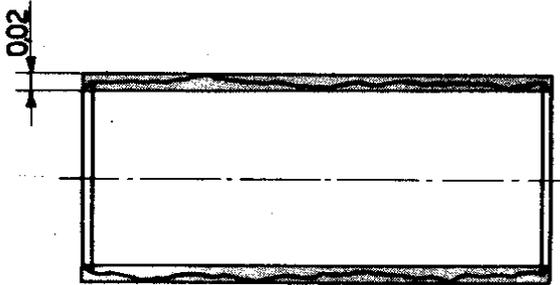
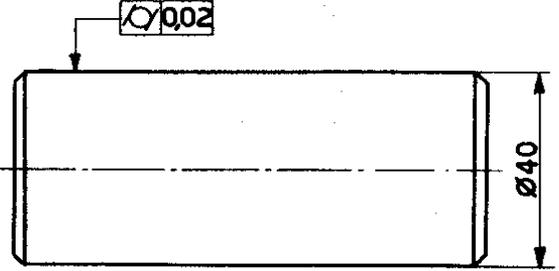
Indicação de Referência



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.

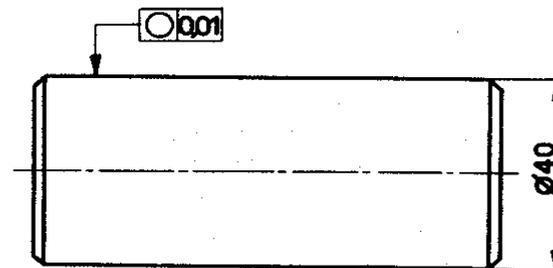
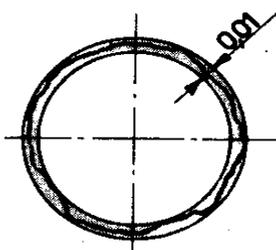


6. Exemplos de Indicação de Tolerâncias geométricas

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>Diagrama de uma superfície plana com uma tolerância de 0,01 mm indicada por uma seta e uma dimensão vertical.</p>	 <p>Exemplo de indicação de planeza em um desenho técnico de uma peça com um diâmetro de 65 mm e uma tolerância de 0,001 mm.</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>	 <p>Diagrama de uma superfície cilíndrica com uma tolerância de 0,02 mm indicada por uma seta e uma dimensão vertical.</p>	 <p>Exemplo de indicação de cilindridade em um desenho técnico de um cilindro com um diâmetro de 40 mm e uma tolerância de 0,002 mm.</p>

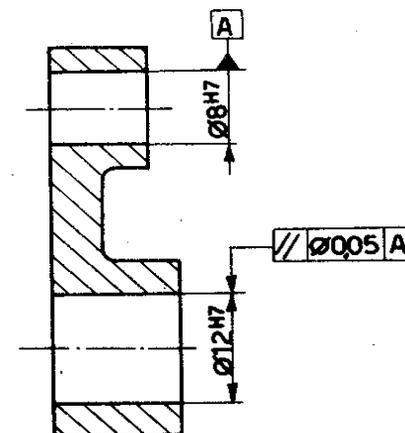
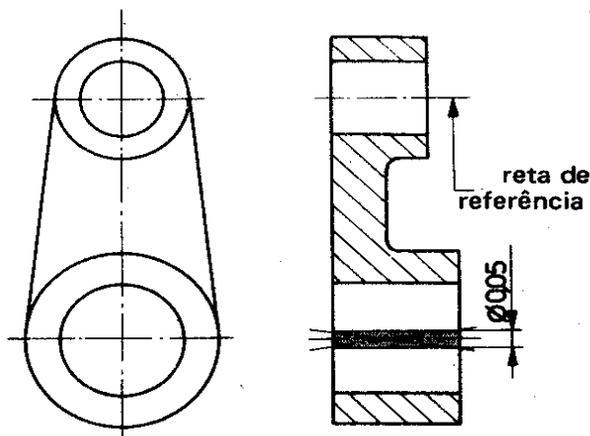
CIRCULARIDADE:

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



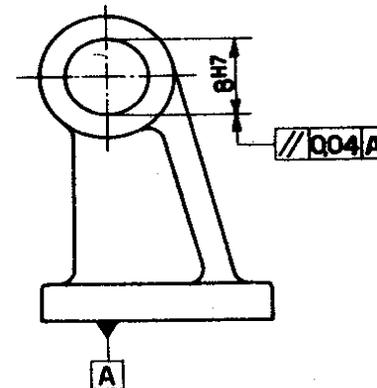
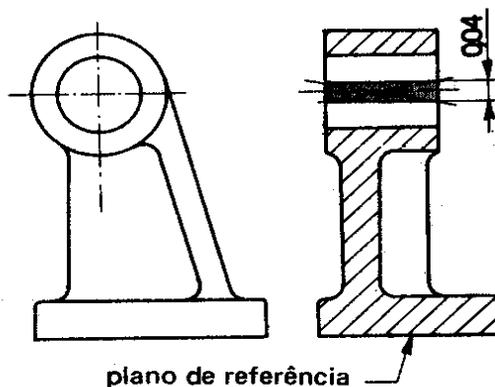
PARALELISMO:

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).



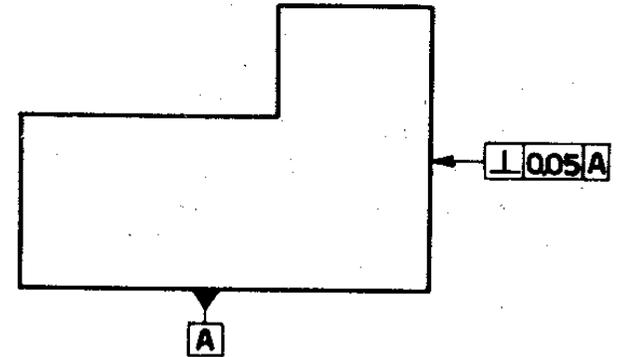
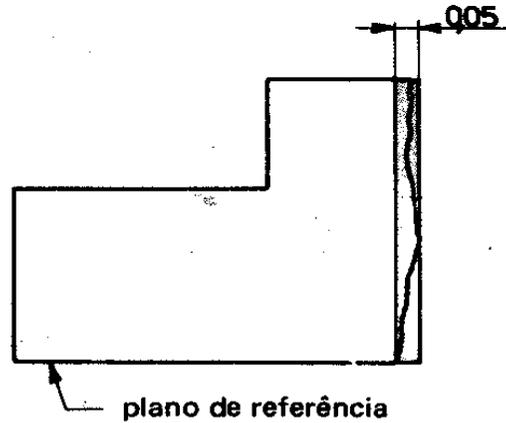
PARALELISMO:

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



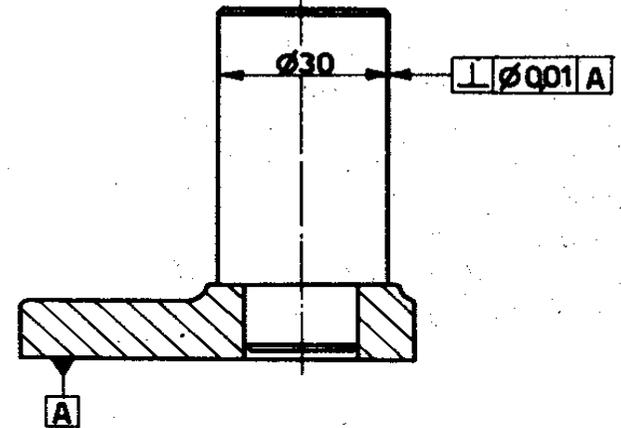
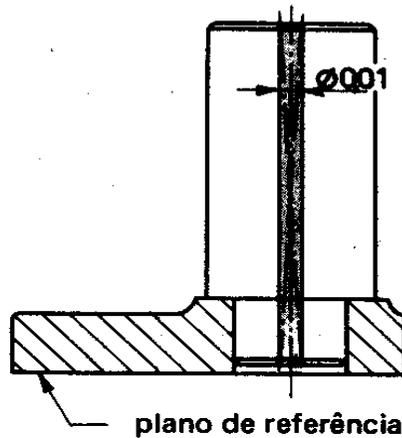
ORTOGONALIDADE:

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.



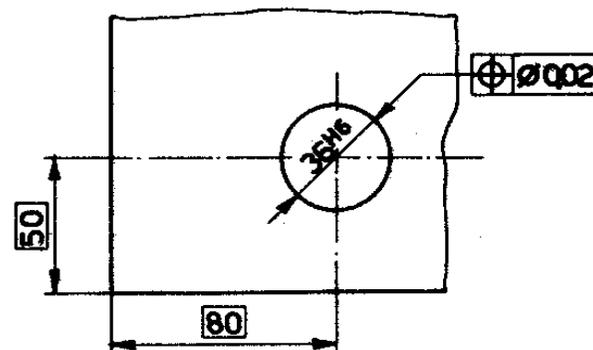
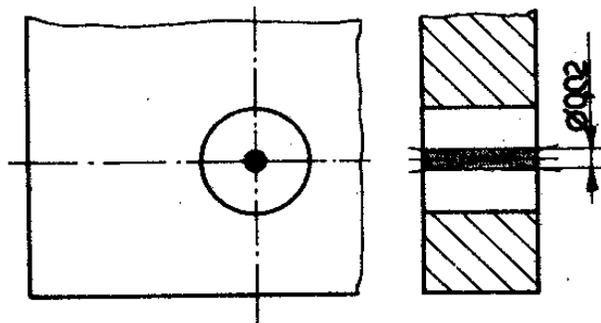
ORTOGONALIDADE:

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.



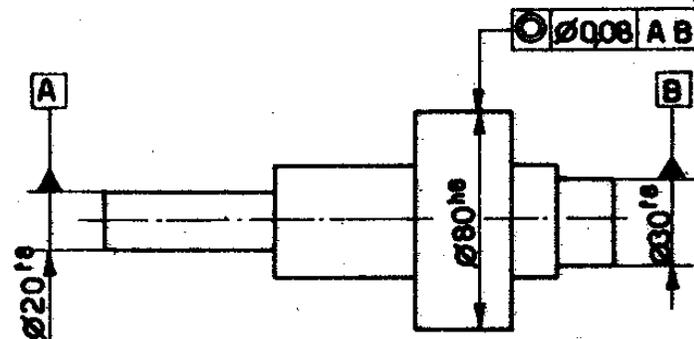
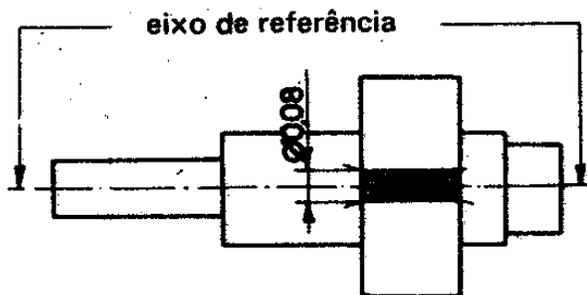
LOCALIZAÇÃO DE UM EIXO:

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.



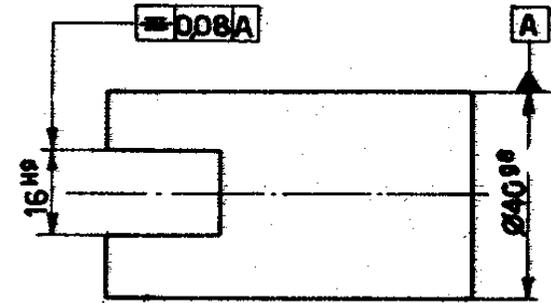
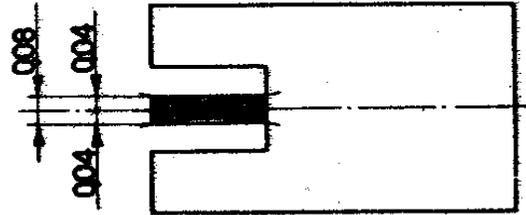
COAXIALIDADE:

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.

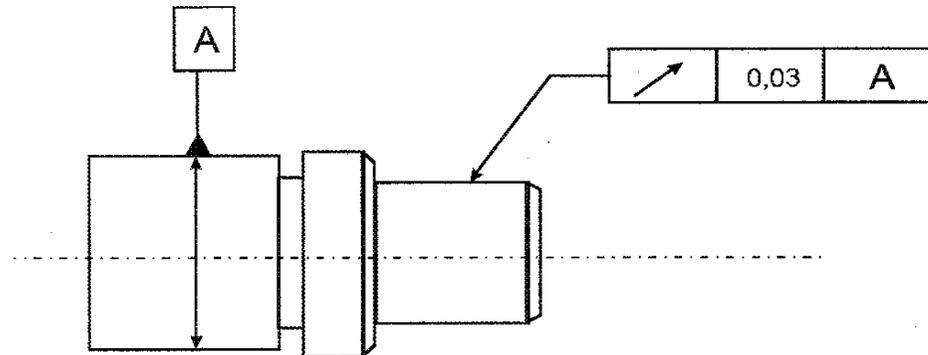


SIMETRIA:

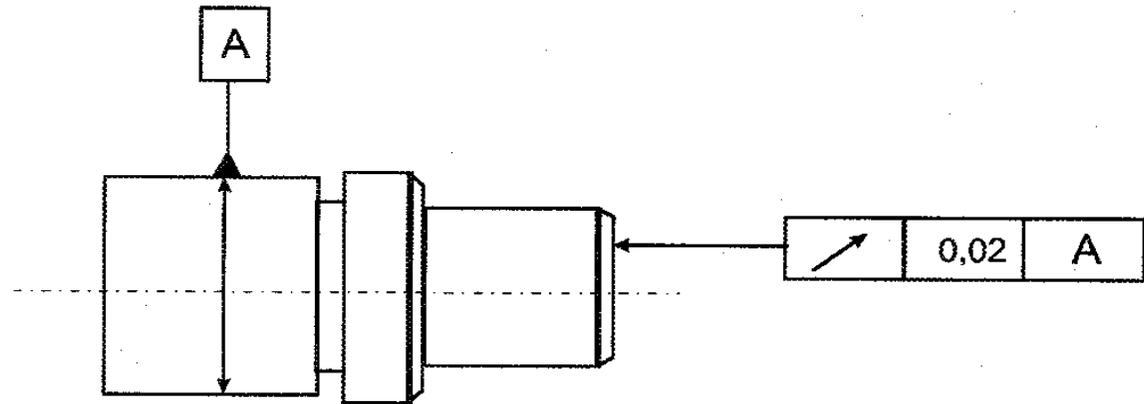
o plano de simetria da canaletta deve estar compreendido entre dois planos paralelos distantes de, por exemplo, 0,08 mm e dispostos simetricamente em relação ao plano médio do elemento de referência A.



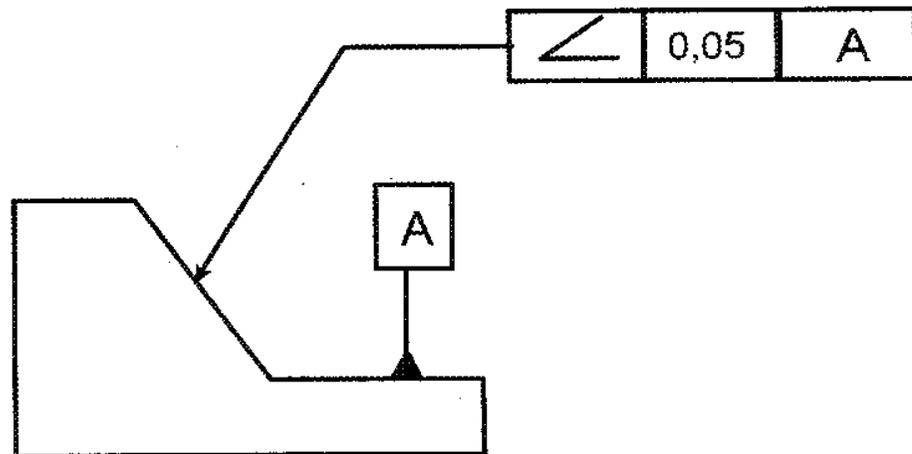
Batida radial

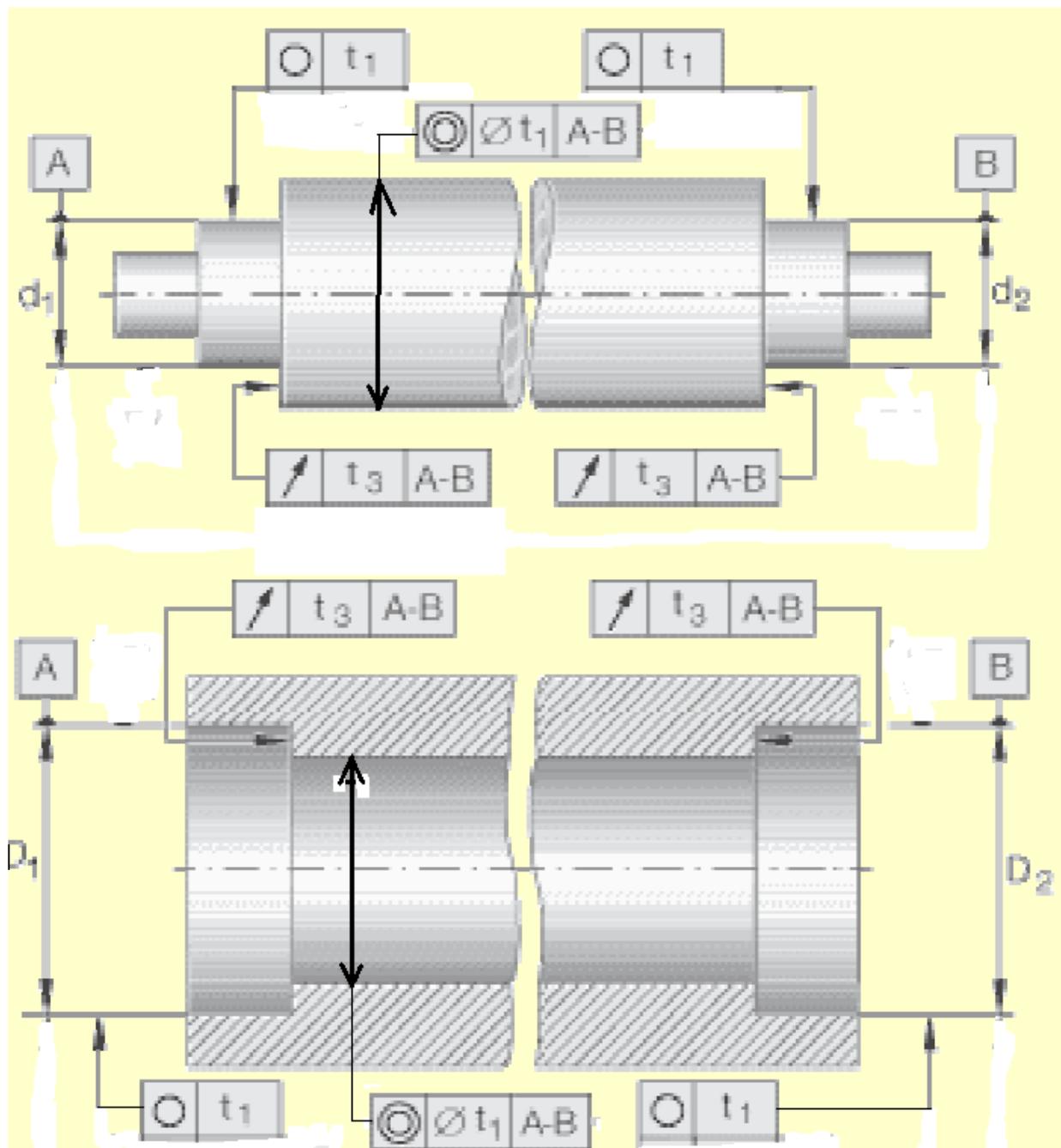


- Batida axial



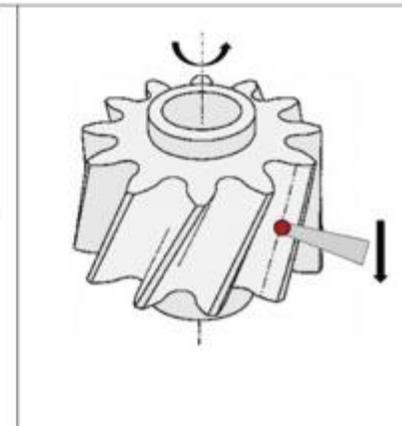
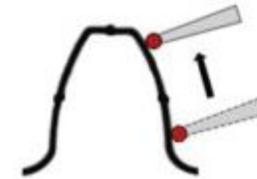
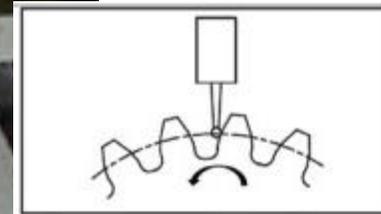
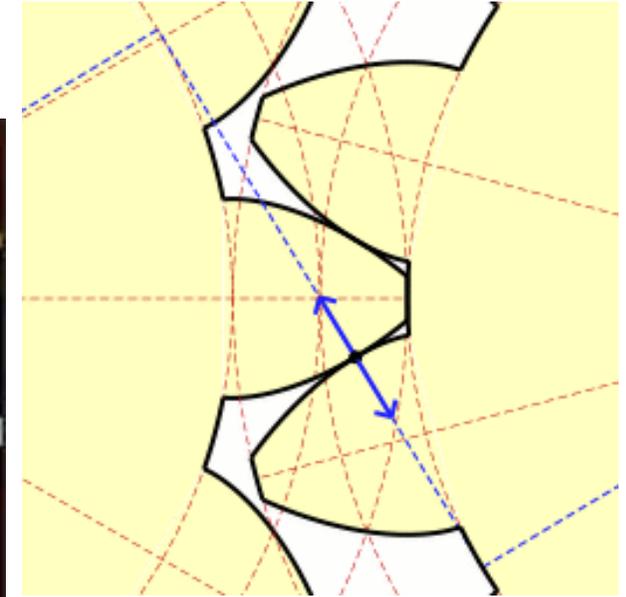
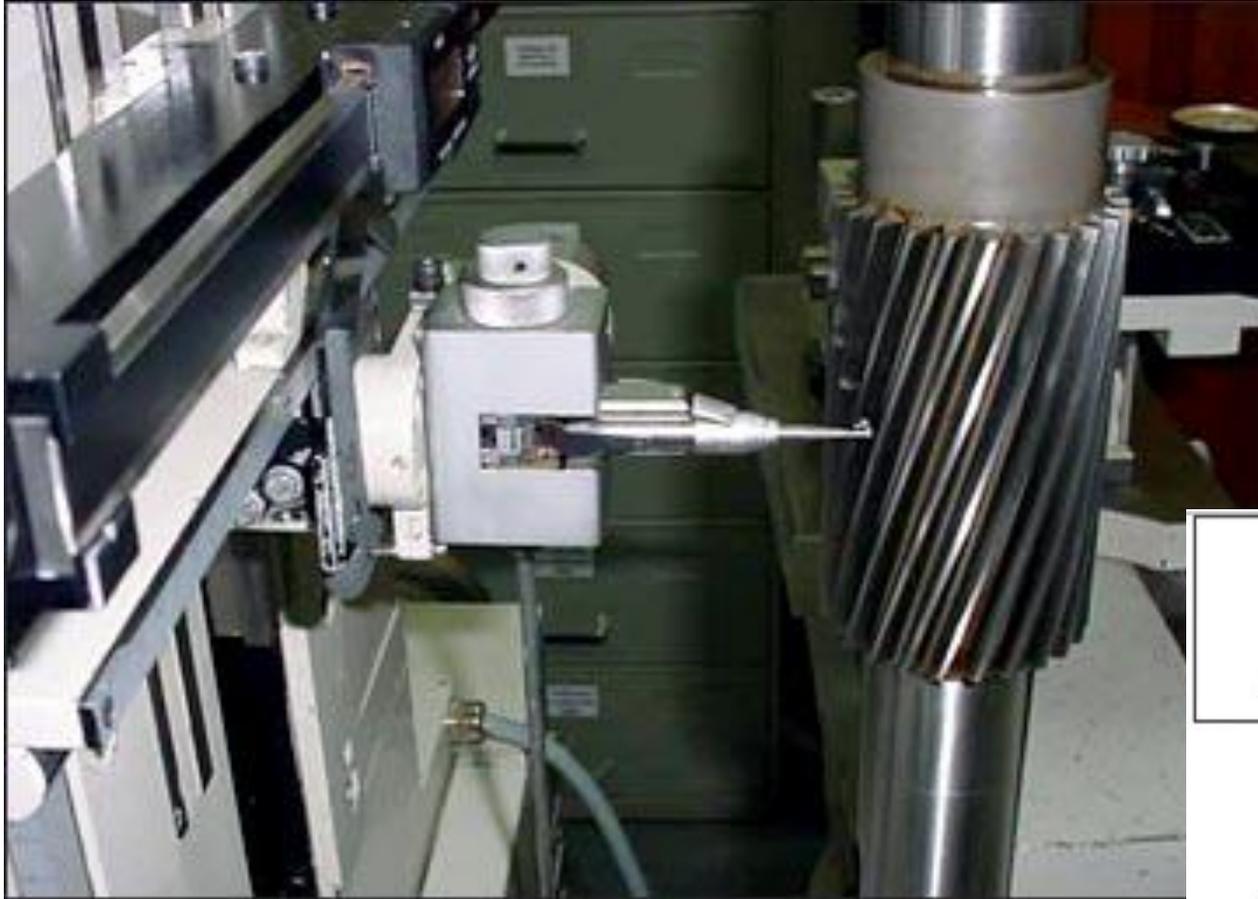
- Angularidade



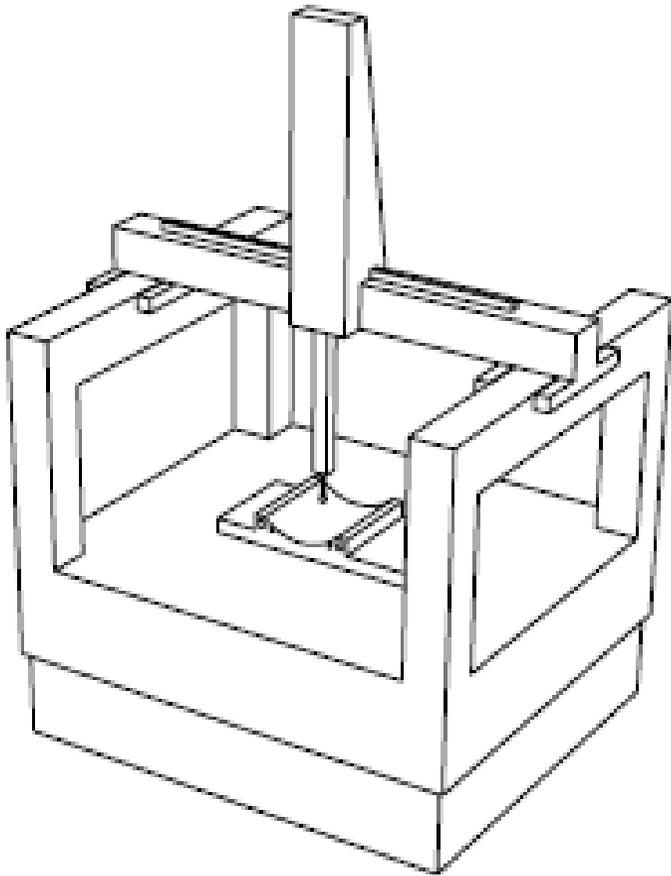


7. Medição das Tolerâncias Geométricas

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. Medição das Tol. Geométricas

Máquina de
Medição de
Coordenadas

<https://www.youtube.com/watch?v=syul-crYLvk>

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

Norma EN ISO 1101 2017

Norma EN ISO 2692 2014

ASME Y14.5 2018

Virtual (Internet)

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

Desenho Técnico Mecânico

Metrologia

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