



Tolerância geométrica

- **Erro de forma:** diferença entre a superfície real da peça e a forma geométrica teórica.
- A forma do elemento será correta quando cada um dos seus pontos for igual ou inferior ao valor da tolerância dada.
- A diferença de forma deve ser medida perpendicularmente à forma geométrica teórica, tomando-se cuidado para que a peça esteja apoiada corretamente no dispositivo de inspeção.



Tolerância geométrica

- **Conceitos básicos (NBR 640 9/1988)**
 - **Superfície real:** superfície que separa o corpo do ambiente
 - **Superfície geométrica:** superfície ideal prescrita dos desenhos isenta de erros. Exemplos: superfícies plana, cilíndrica, esférica
 - **Superfície efetiva:** superfície levantadas pelo instrumento de medição. É a superfície real, deformada pelo instrumento.



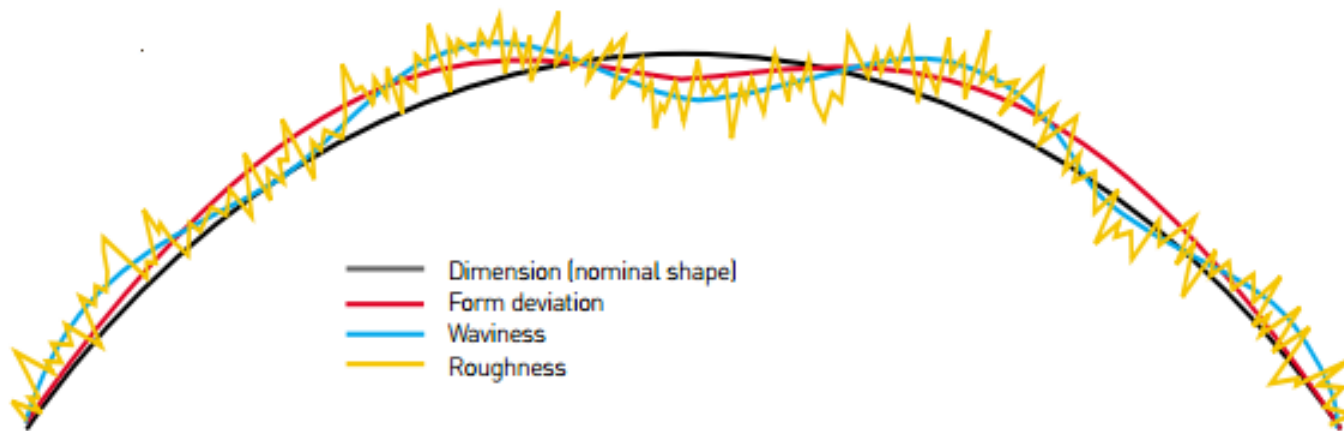
Tolerância geométrica

- Com instrumentos, não é possível o exame de toda uma superfície de uma só vez. Por isso, examina-se um corte dessa superfície de cada vez. Assim, define-se:
 - **Perfil real:** corte da superfície real
 - **Perfil geométrico:** corte da superfície geométrica
 - **Perfil efetivo:** corte da superfície efetiva



Tolerância geométrica

- As diferenças entre o perfil efetivo e o perfil geométrico são os erros apresentados pela superfície em exame e são genericamente classificados em dois grupos:
 - **Erros macrogeométricos:** detectáveis por instrumentos convencionais. Exemplos: ondulações acentuadas, conicidade, ovalização etc.
 - **Erros microgeométricos:** detectáveis somente por rugosímetros, perfiloscópios etc. São também definidos como rugosidade.



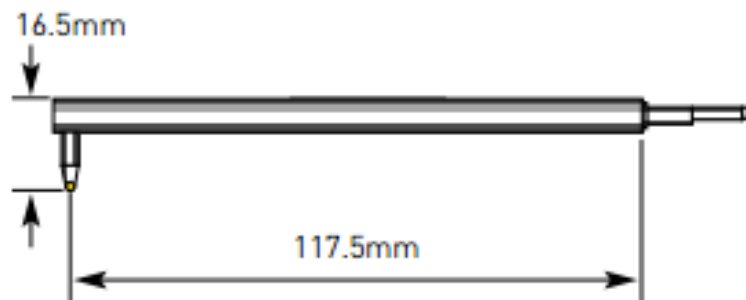
The elements of a surface are inseparable in the function of a component (not drawn to scale)





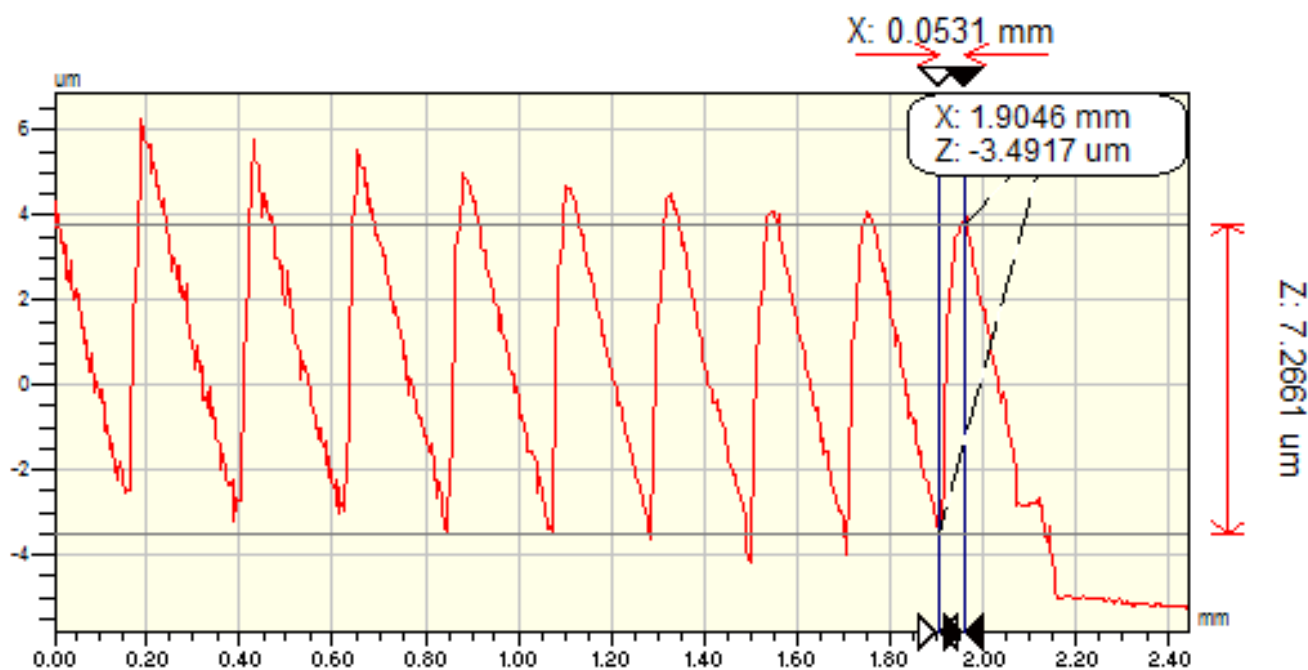


Ball Stylus Arm, nominal range 2mm (0.078in)
500 μ m radius sapphire ball stylus - Code 112/2010





X Profile





Tolerância geométrica

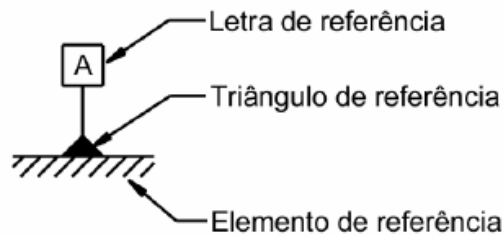
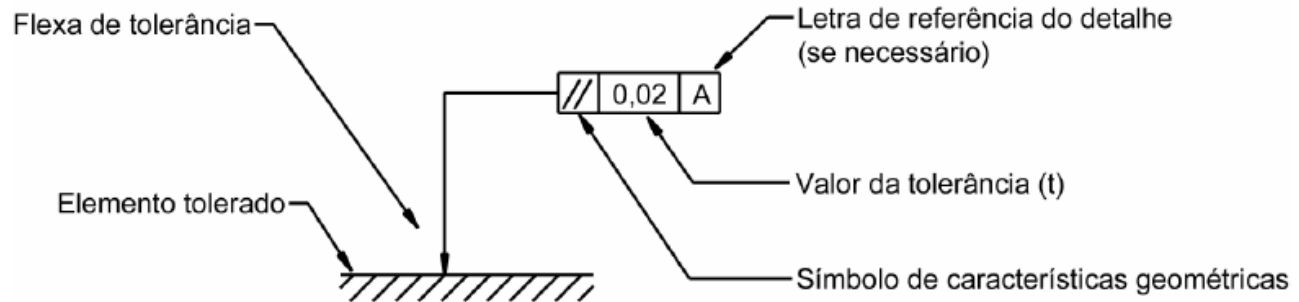
- Características afetadas pela tolerância

Características afetadas pelas tolerâncias		
FORMA para elementos isolados	Retitude	
	Planeza	▱
	Circularidade	○
	Cilindricidade	⊖
	Forma de uma linha qualquer	⌒
	Forma de uma superfície qualquer	Ⓓ

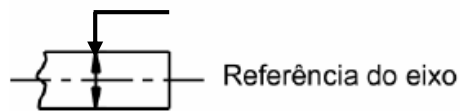
ORIENTAÇÃO para elementos associados	Paralelismo	//
	Perpendicularidade	⊥
	Inclinação	∠
POSIÇÃO para elementos associados	Posição de um elemento	⊕
	Concentricidade	⊙
	Simetria	≡
Batimento		↗

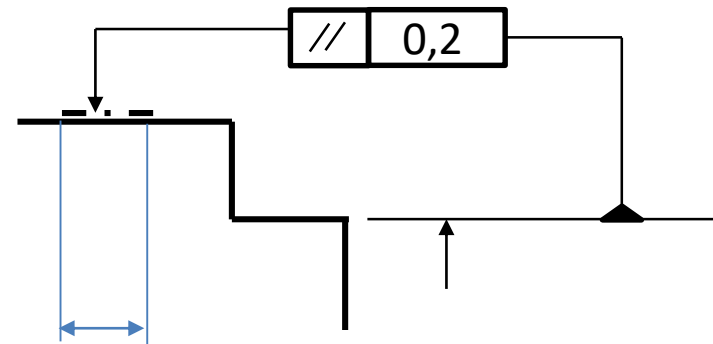
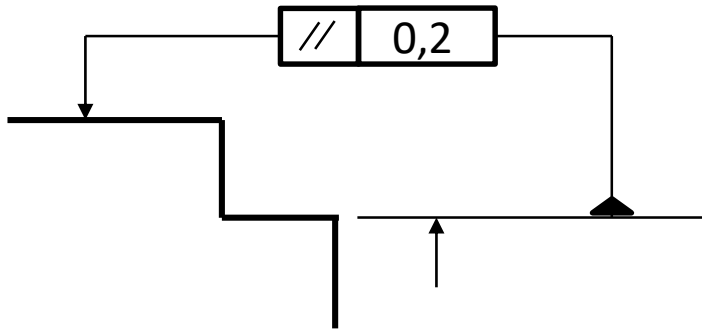


REPRESENTAÇÕES - características



50 Cota de referência teoricamente exata





		A
--	--	---

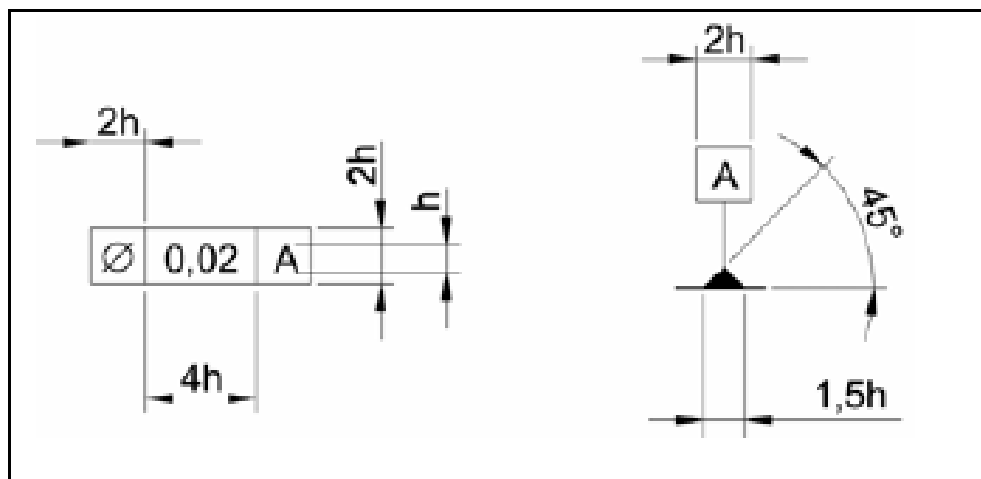
//	0,1/100	A
----	---------	---

		A-B
--	--	-----

//	0,2	A
	0,1/100	

		A B
--	--	-----

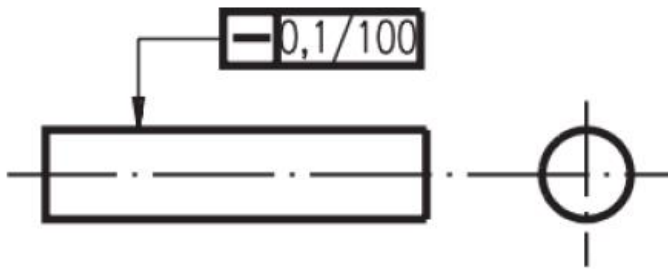
		A	C	B
--	--	---	---	---



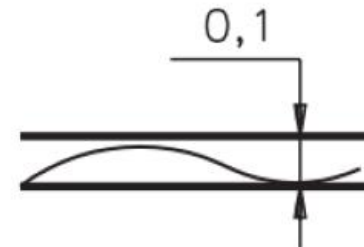


Tolerância de forma

Retitude



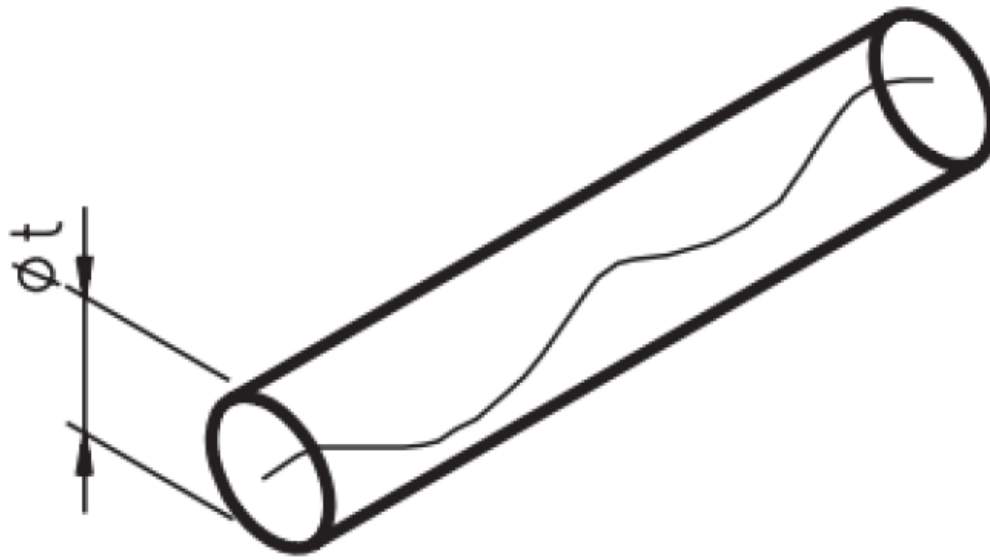
Uma parte qualquer da geratriz do cilindro com comprimento igual a 100 mm deve ficar entre duas retas paralelas, distantes 0,1 mm.





Tolerância de forma

Retitude

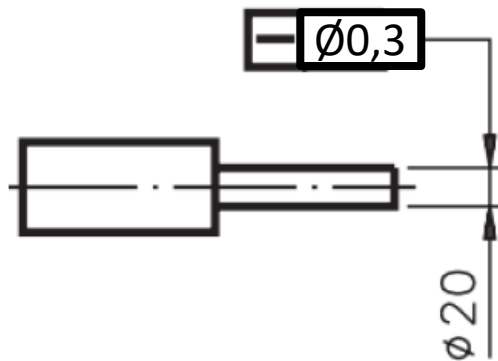




Tolerância de forma

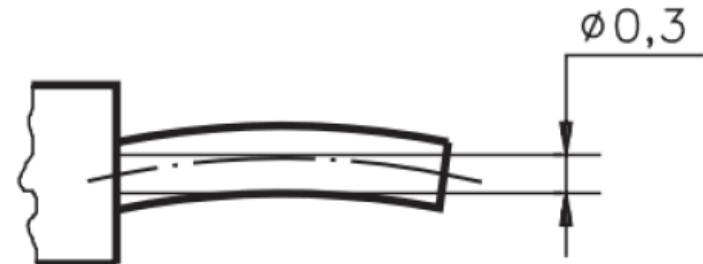
Retitude

especificação do desenho



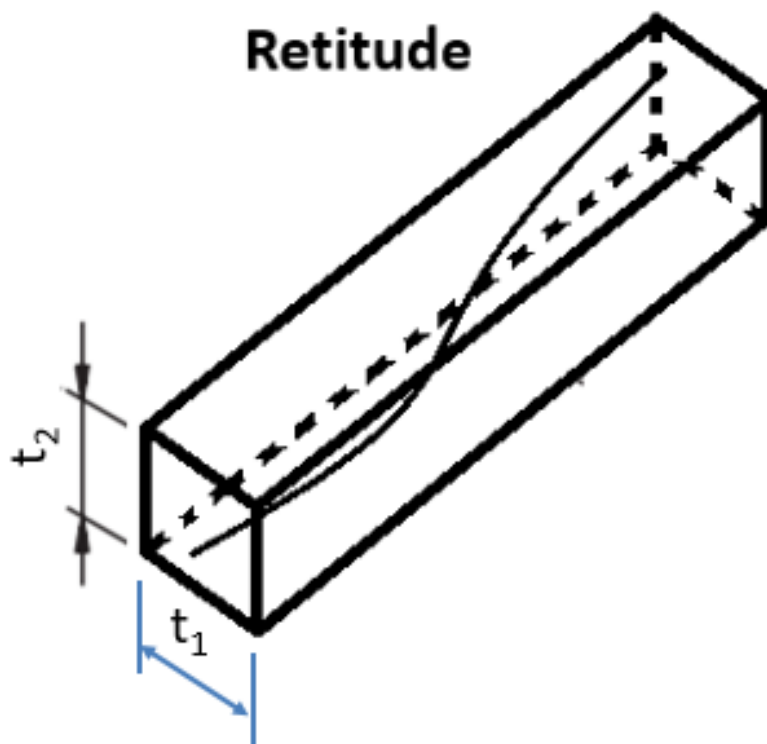
Interpretação

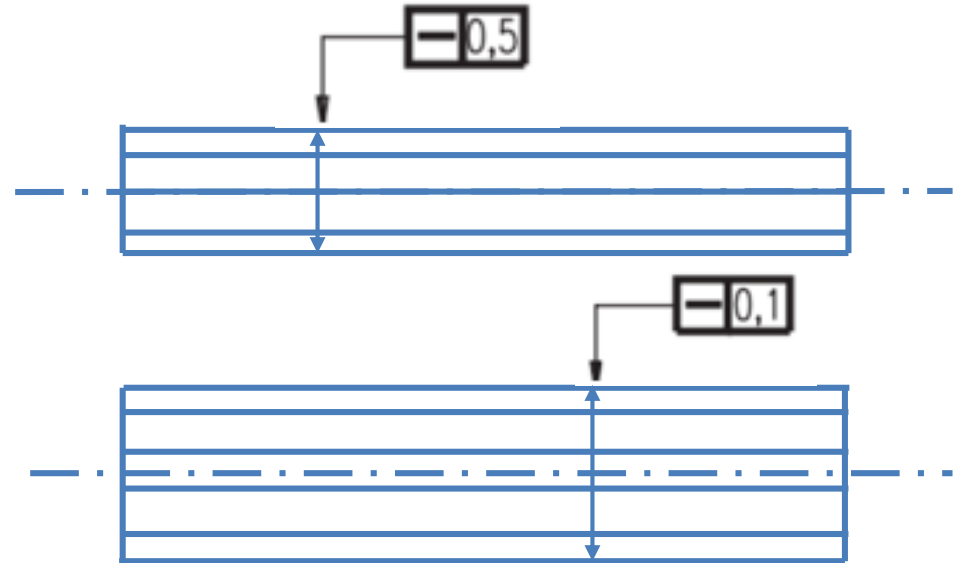
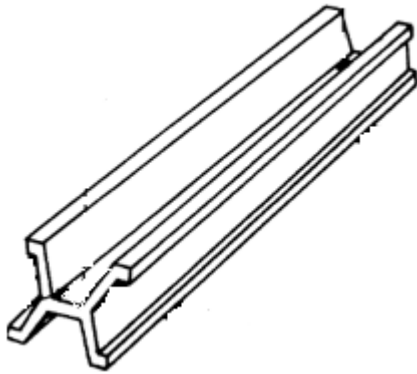
O eixo do cilindro de 20 mm de diâmetro deverá estar compreendido em uma zona cilíndrica de 0,3 mm de diâmetro.





Tolerância de forma

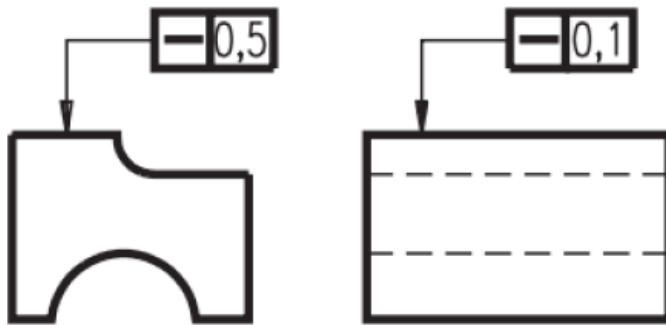






Tolerância de forma

Retitude

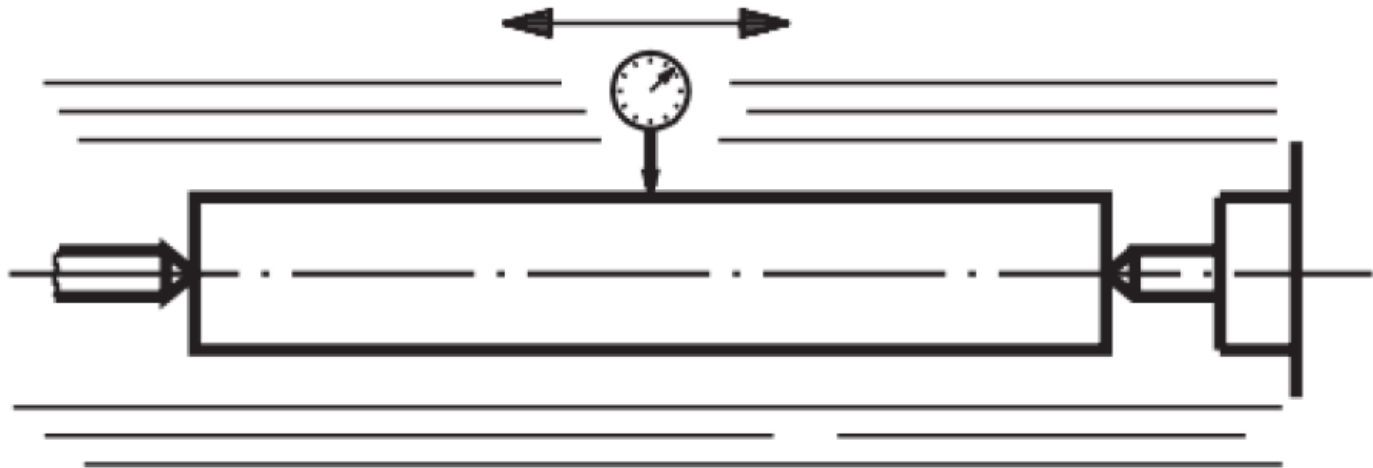


Se a tolerância de retilidade é aplicada nas duas direções de um mesmo plano, o campo de tolerância daquela superfície é de 0,5 mm na direção da figura da esquerda, e de 0,1 mm na direção da figura anterior.



Tolerância de forma

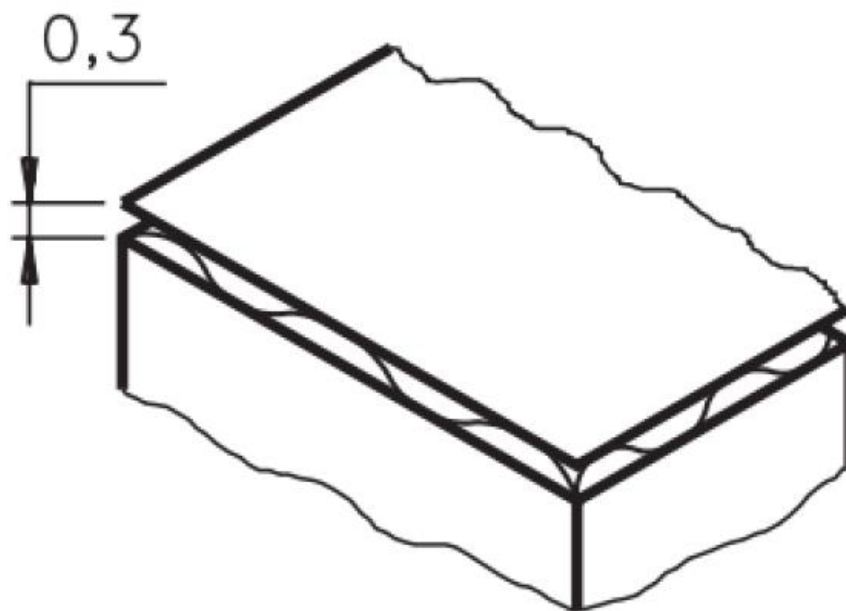
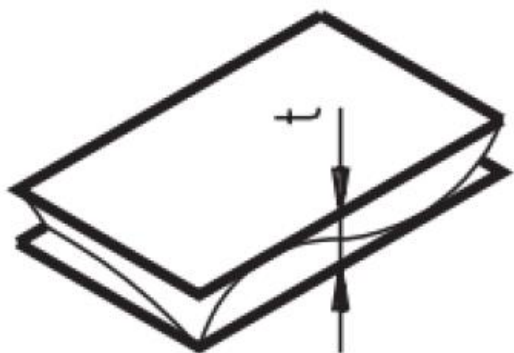
Retitude: Método de medição





Tolerância de forma

Planeza





As tolerâncias admissíveis de planeza mais aceitas são:

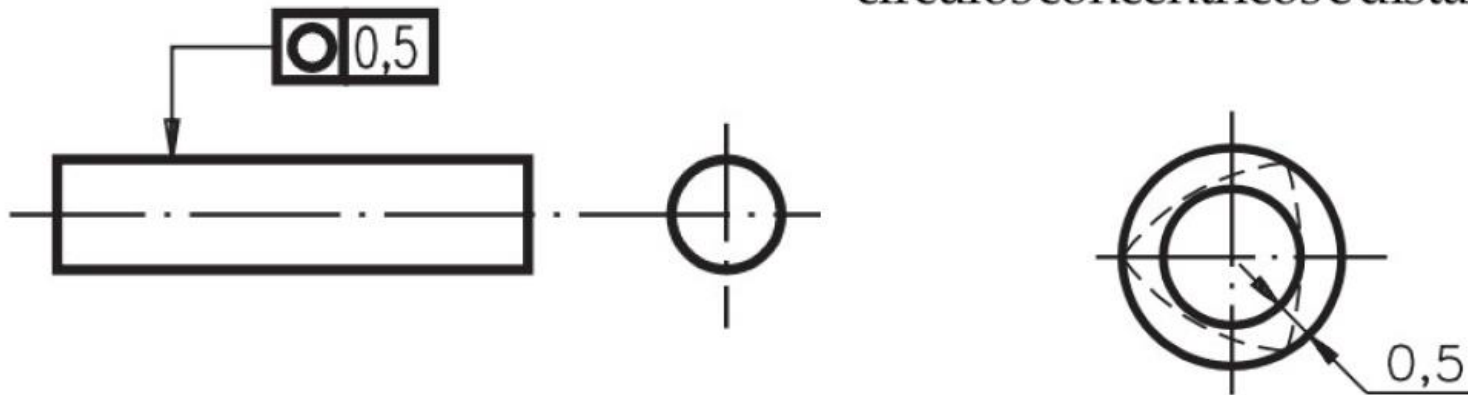
- Torneamento: 0,01 a 0,03 mm
- Fresamento: 0,02 a 0,05 mm
- Retífica: 0,005 a 0,01 mm



Tolerância de forma

- **Circularidade**

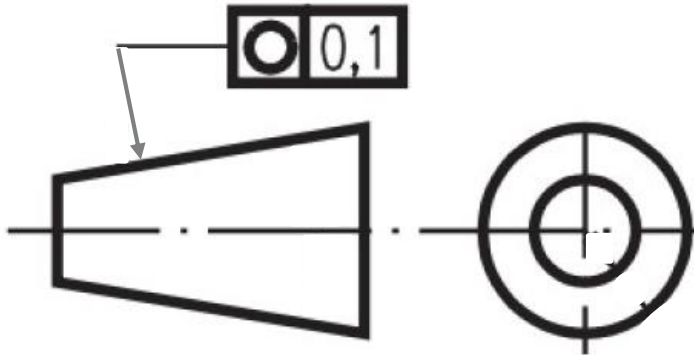
O campo de tolerância em qualquer seção transversal é limitado por dois círculos concêntricos e distantes 0,5 mm.





Tolerância de forma

- **Circularidade**



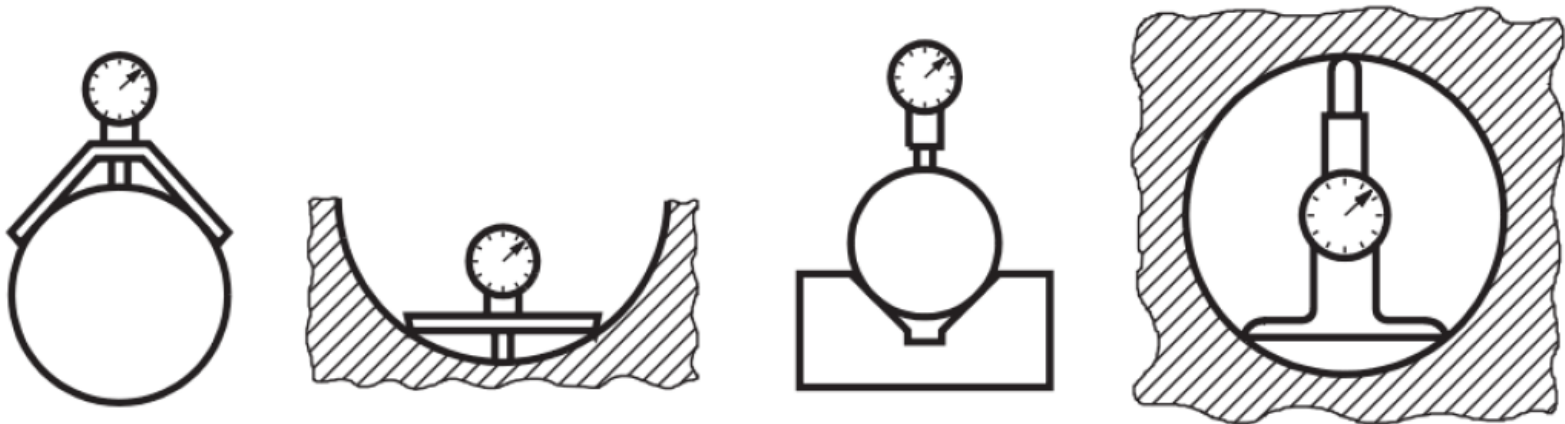
O contorno de cada seção transversal deve estar compreendido numa coroa circular de 0,1 mm de largura.



Tolerância de forma

- **Circularidade – Métodos de medição**

- O erro de circularidade é verificado na produção com um dispositivo de medição entre centros.



Sistemas de verificação de circularidade em peças sem centros
Erro de circularidade é igual à leitura total indicada pelo relógio (LTI)







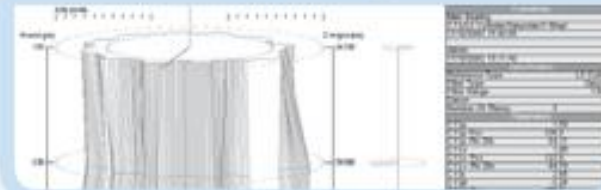


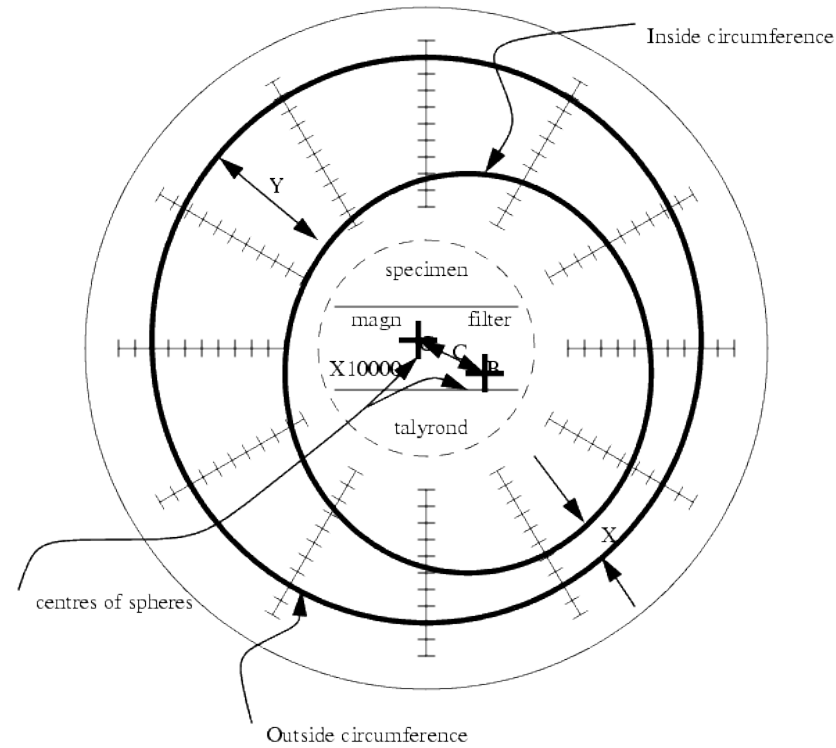
Crankshafts

Parallelism



Cylindricity





$$\text{ECCENTRICITY} = \frac{Y-X}{2} \times \frac{1}{\text{magn}} = \frac{C}{\text{magn}}$$













Tolerância de forma

- **Circularidade - fabricação**

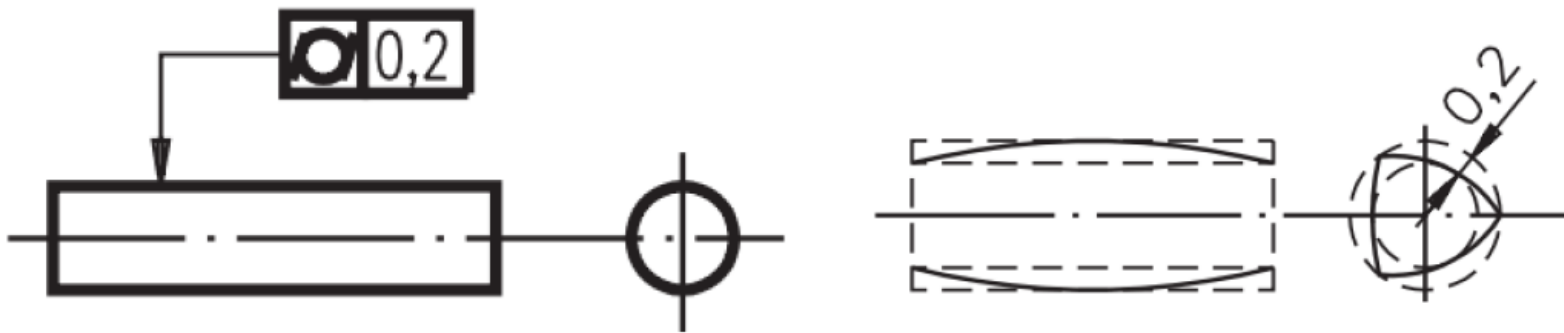
- Na usinagem em produção, podemos adotar os valores de circularidade:
 - Torneamento: até 0,01 mm
 - Mandrilamento: 0,01 a 0,015 mm
 - Retificação: 0,005 a 0,015 mm



Tolerância de forma

- **Cilindricidade**

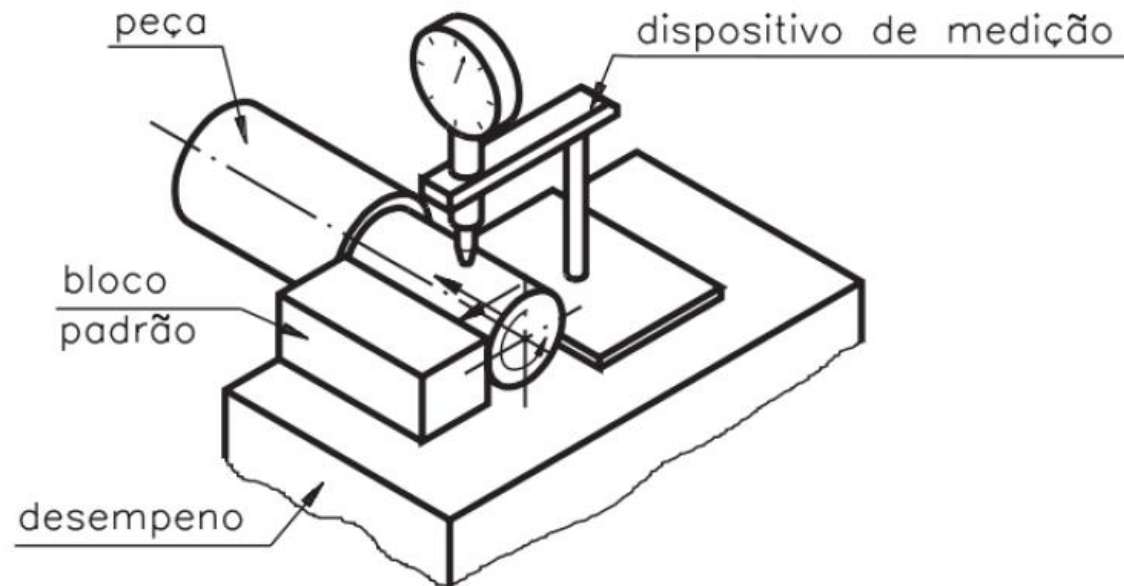
A superfície considerada deve estar compreendida entre dois cilindros coaxiais, cujos raios diferem 0,2 mm.





Tolerância de forma

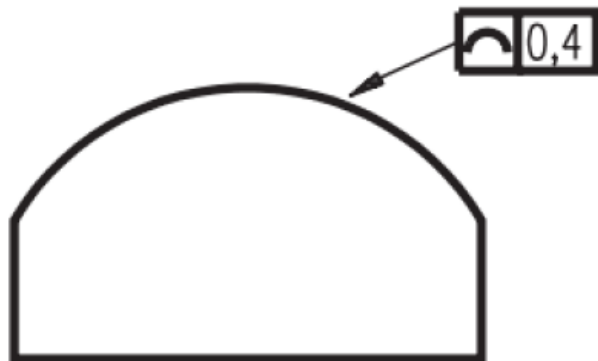
- **Cilindricidade – Método de medição**





Tolerância de forma

- **Forma de uma linha qualquer**



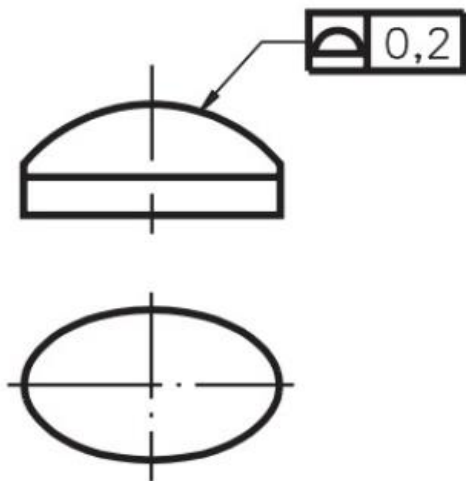
Em cada seção paralela ao plano de projeção, o perfil deve estar compreendido entre duas linhas envolvendo círculos de 0,4 mm de diâmetro, centrados sobre o perfil geométrico correto.



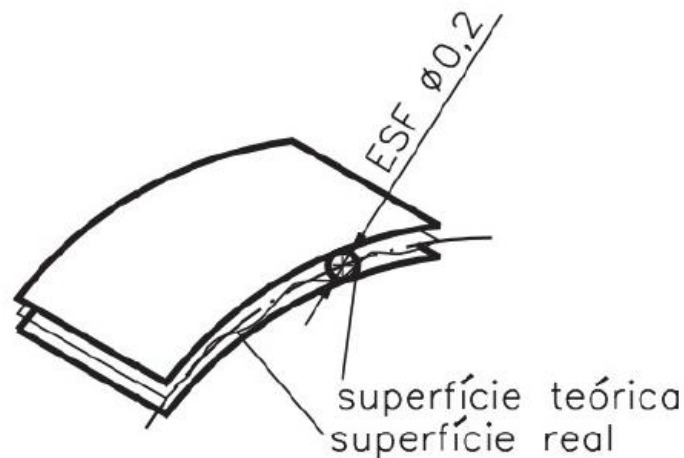


Tolerância de forma

- **Forma de uma superfície qualquer**



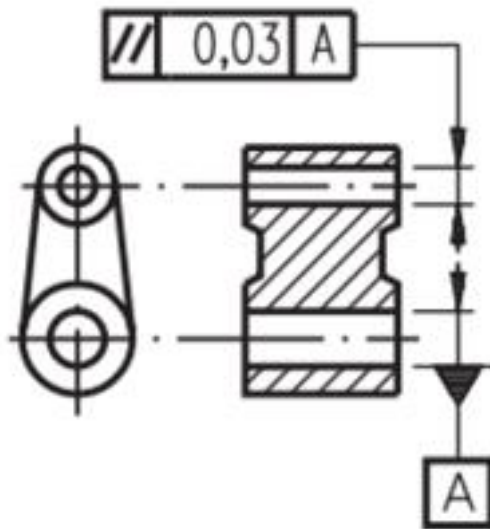
A superfície considerada deve estar compreendida entre duas superfícies envolvendo esferas de 0,2 mm de diâmetro, centradas sobre o perfil geométrico correto.





Tolerância de orientação

- **Paralelismo**

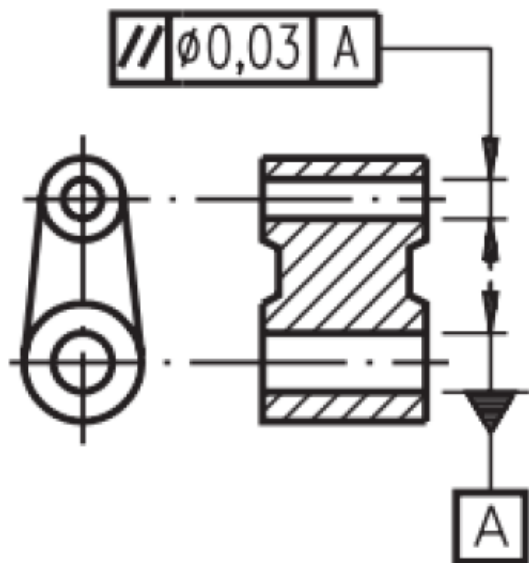


O campo de tolerância é limitado por duas retas paralelas, afastadas da distância 0,03 mm e paralelas à linha de referência.

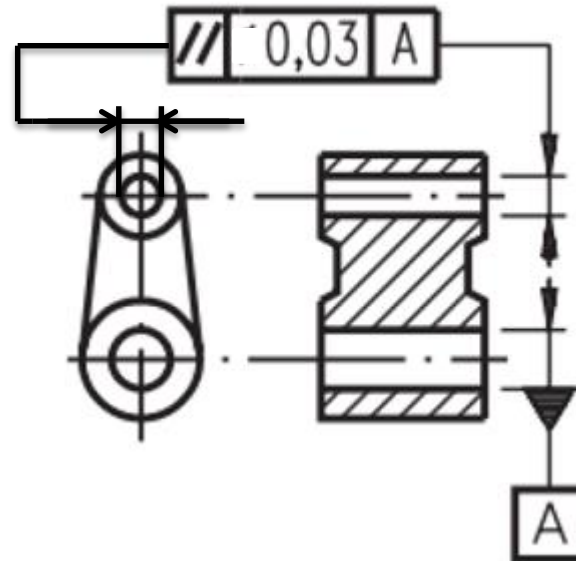


Tolerância de orientação

- **Paralelismo**



O eixo superior deve estar compreendido em uma zona cilíndrica de 0,03 mm de diâmetro, paralelo ao eixo inferior "A", se o valor da tolerância for precedido pelo símbolo \varnothing

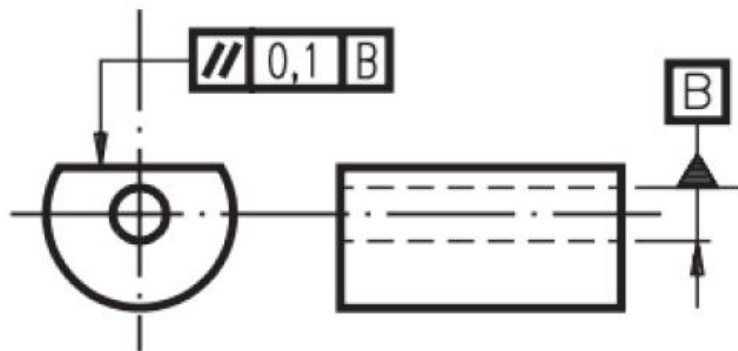


O campo de tolerância é limitado por um paralelepípedo de dimensões 0,03 x 0,03 mm Com eixo paralelo à linha de centro da referência A.



Tolerância de orientação

- **Paralelismo**



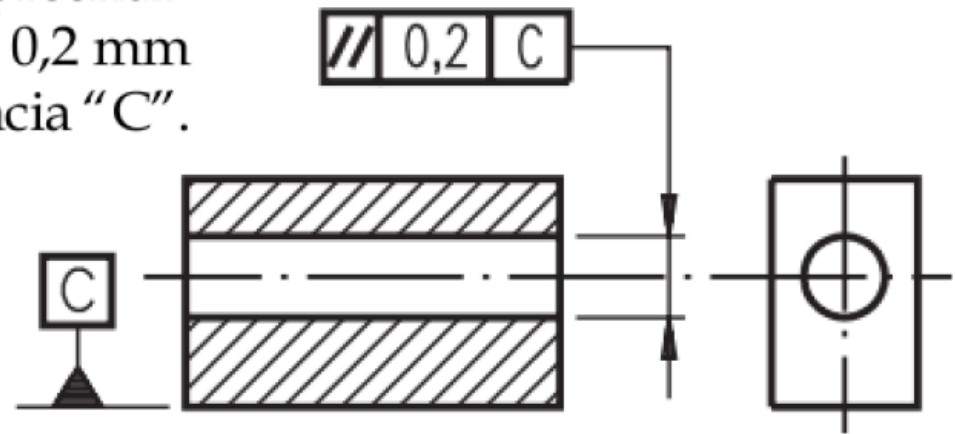
A superfície superior deve estar compreendida entre dois planos distantes 0,1 mm e paralelos ao eixo do furo de referência “B”.



Tolerância de orientação

- **Paralelismo**

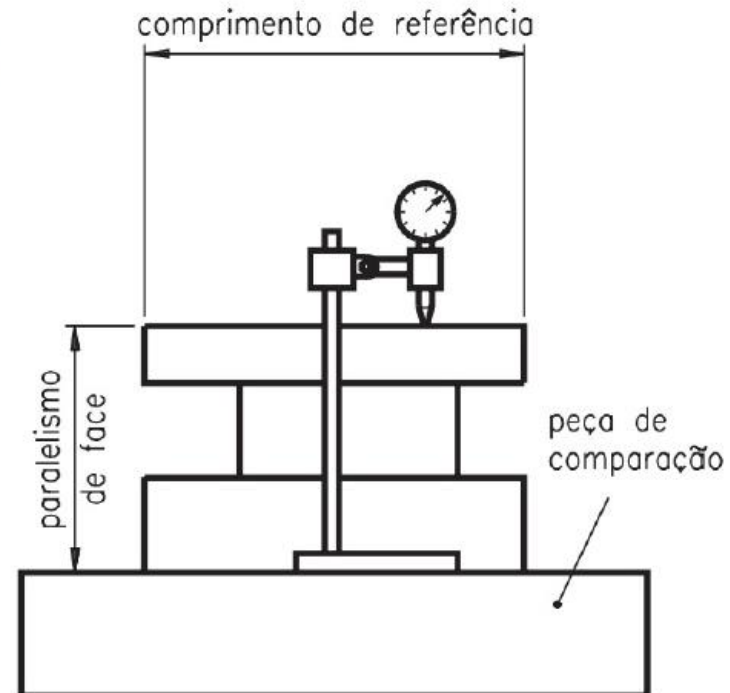
O eixo do furo deve estar compreendido entre dois planos distantes 0,2 mm e paralelos ao plano de referência "C".





Tolerância de orientação

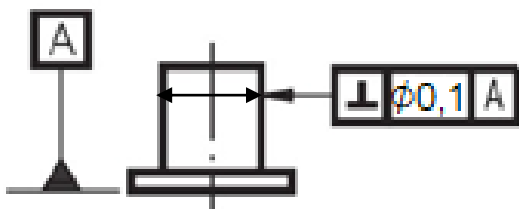
- **Paralelismo – método de medição**



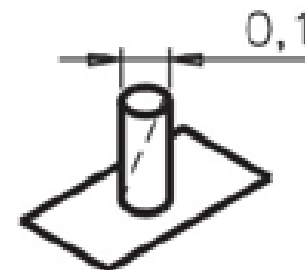


Tolerância de Orientação

- **Perpendicularidade**



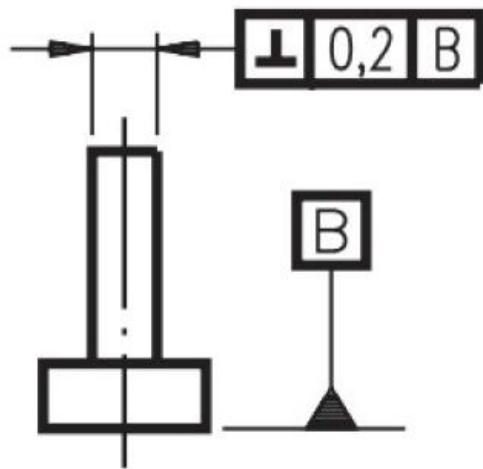
O eixo do cilindro deve estar compreendido em um campo cilíndrico de 0,1 mm de diâmetro, perpendicular à superfície de referência "A".



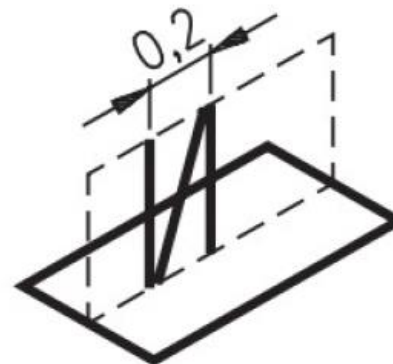


Tolerância de orientação

- **Perpendicularidade**



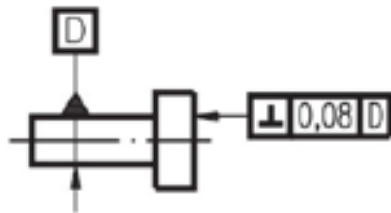
O eixo do cilindro deve estar compreendido entre duas retas paralelas, distantes 0,2 mm e perpendiculares à superfície de referência "B". A direção do plano das retas paralelas é a indicada abaixo.



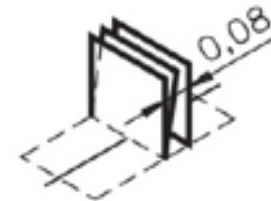


Tolerância de orientação

- Perpendicularidade



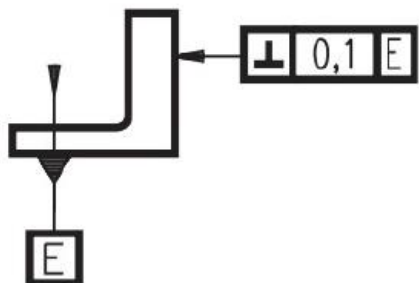
A face à direita da peça deve estar compreendida entre dois planos paralelos distantes 0,08 mm e perpendiculares ao eixo "D".



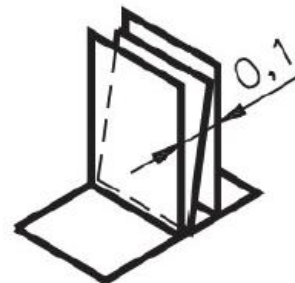


Tolerância de orientação

- Perpendicularidade



A face à direita da peça deve estar compreendida entre dois planos paralelos e distantes 0,1 mm, perpendiculares à superfície de referência “E”.



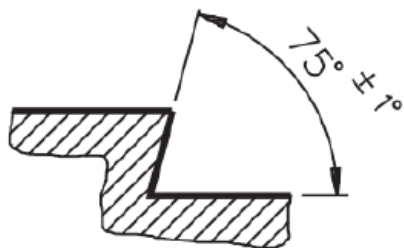


Tolerância de orientação

• Inclinação

Existem dois métodos para especificar tolerância angular:

1. Pela variação angular, especificando o ângulo máximo e o ângulo mínimo.



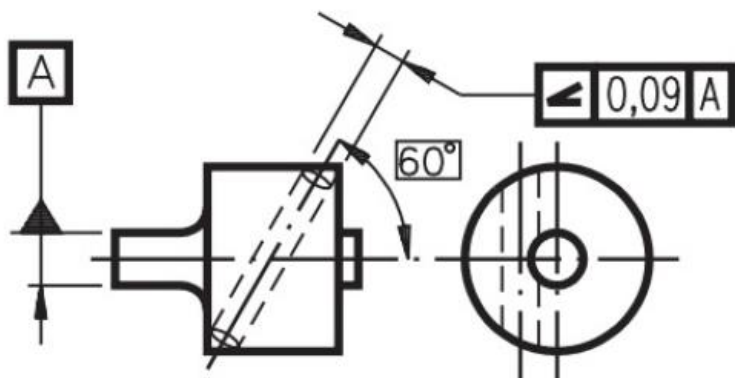
A indicação $75^\circ \pm 1^\circ$ significa que entre as duas superfícies, em nenhuma medição angular, deve-se achar um ângulo menor que 74° ou maior que 76° .

2. Pela indicação de tolerância de orientação, especificando o elemento que será medido e sua referência.

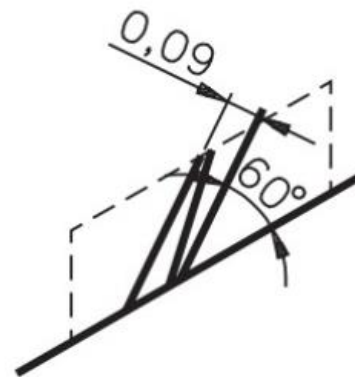


Tolerância de orientação

- **Inclinação**



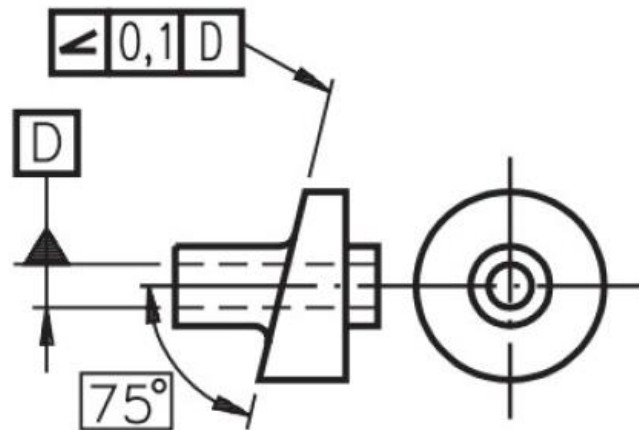
O eixo do furo deve estar compreendido entre duas retas paralelas com distância de 0,09 mm e inclinação de 60° em relação ao eixo de referência "A".



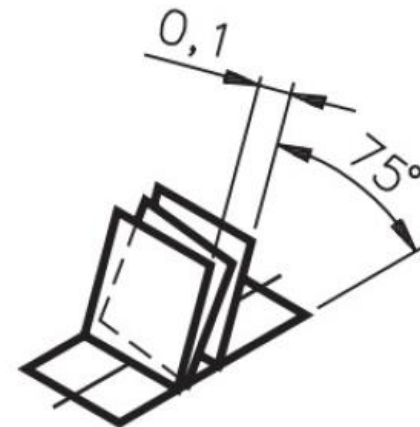


Tolerância de orientação

- **Inclinação**



O plano inclinado deve estar compreendido entre dois planos distantes 0,1 mm e inclinados 75° em relação ao eixo de referência "D".

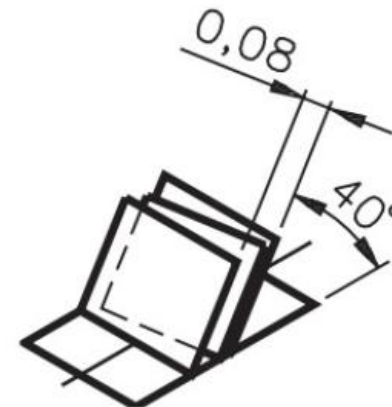
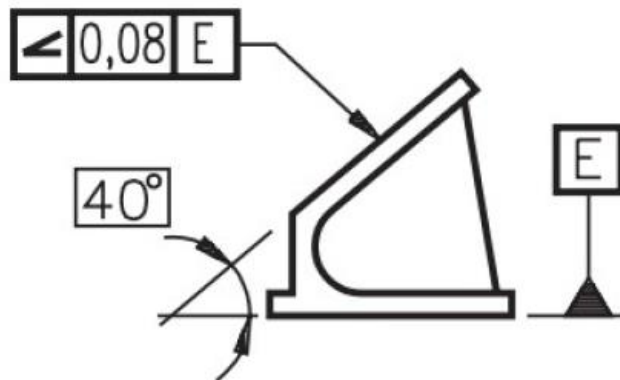




Tolerância de orientação

- **Inclinação**

O plano inclinado deve estar entre dois planos paralelos, com distância de 0,08 mm e inclinados 40° em relação à superfície de referência "E".





Tolerância de posição

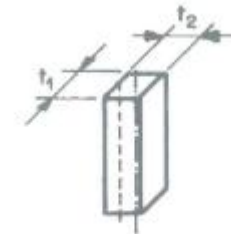
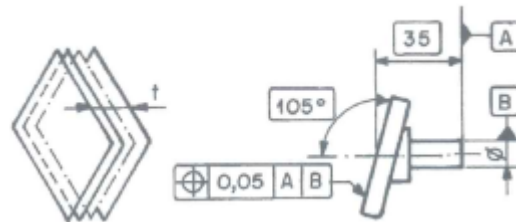
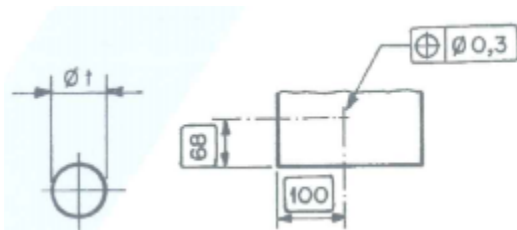


Figura 116

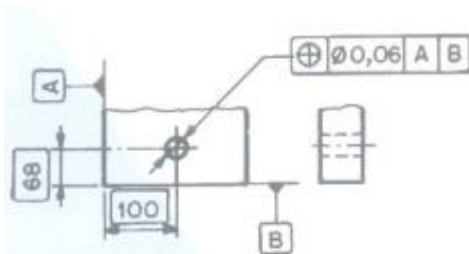
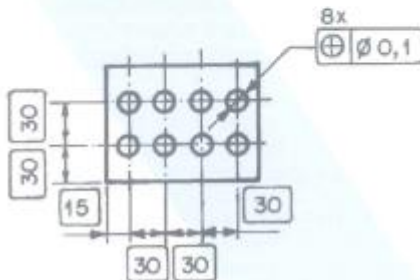
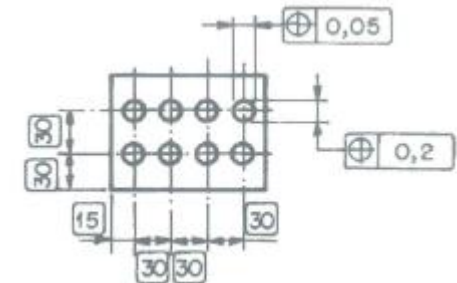
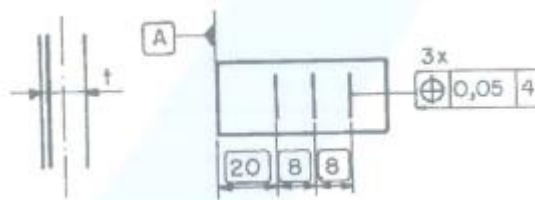
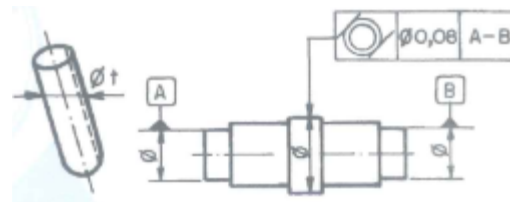
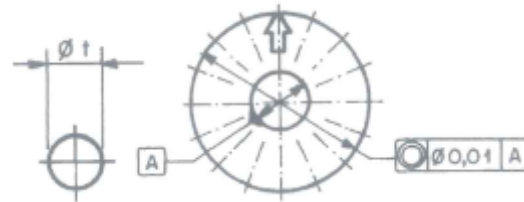


Figura 119



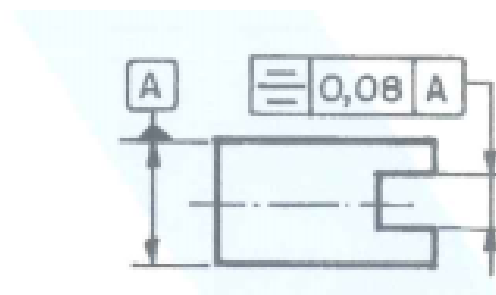
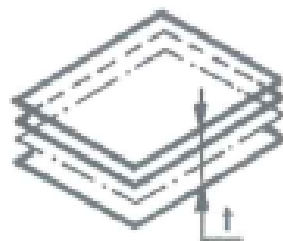


Tolerância de concentricidade e coaxialidade



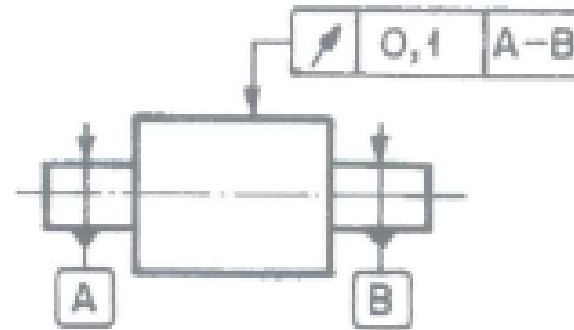
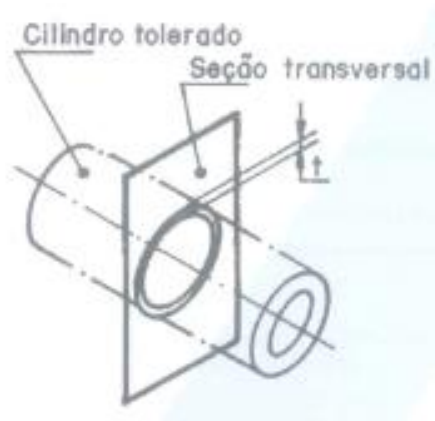


Tolerância de simetria





Tolerância de batimento radial



Quando medida sobre dois prismas casados com relógio comparador, o desvio de batida é igual à leitura total indicada (LTI) pelo relógio comparador durante uma volta completa da peça.



Tolerância de batimento axial

