



AULA 3

TOLERÂNCIA GEOMÉTRICA

Disciplina

SEM 0560 - Fabricação Mecânica por Usinagem

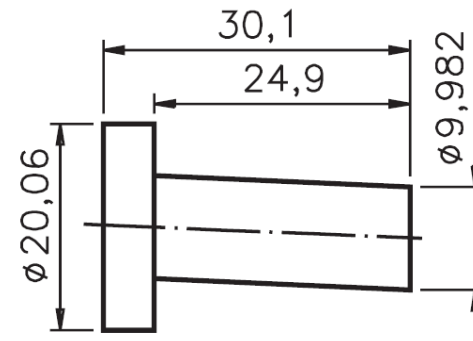
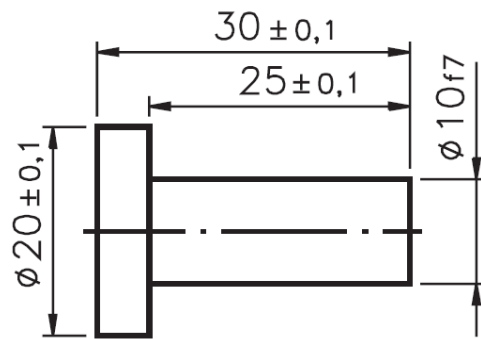
Professores

Alessandro Roger Rodrigues

Renato Goulart Jasinevicius

DEFINIÇÕES

Tolerância Dimensional: não garante a obtenção da geometria correta da peça



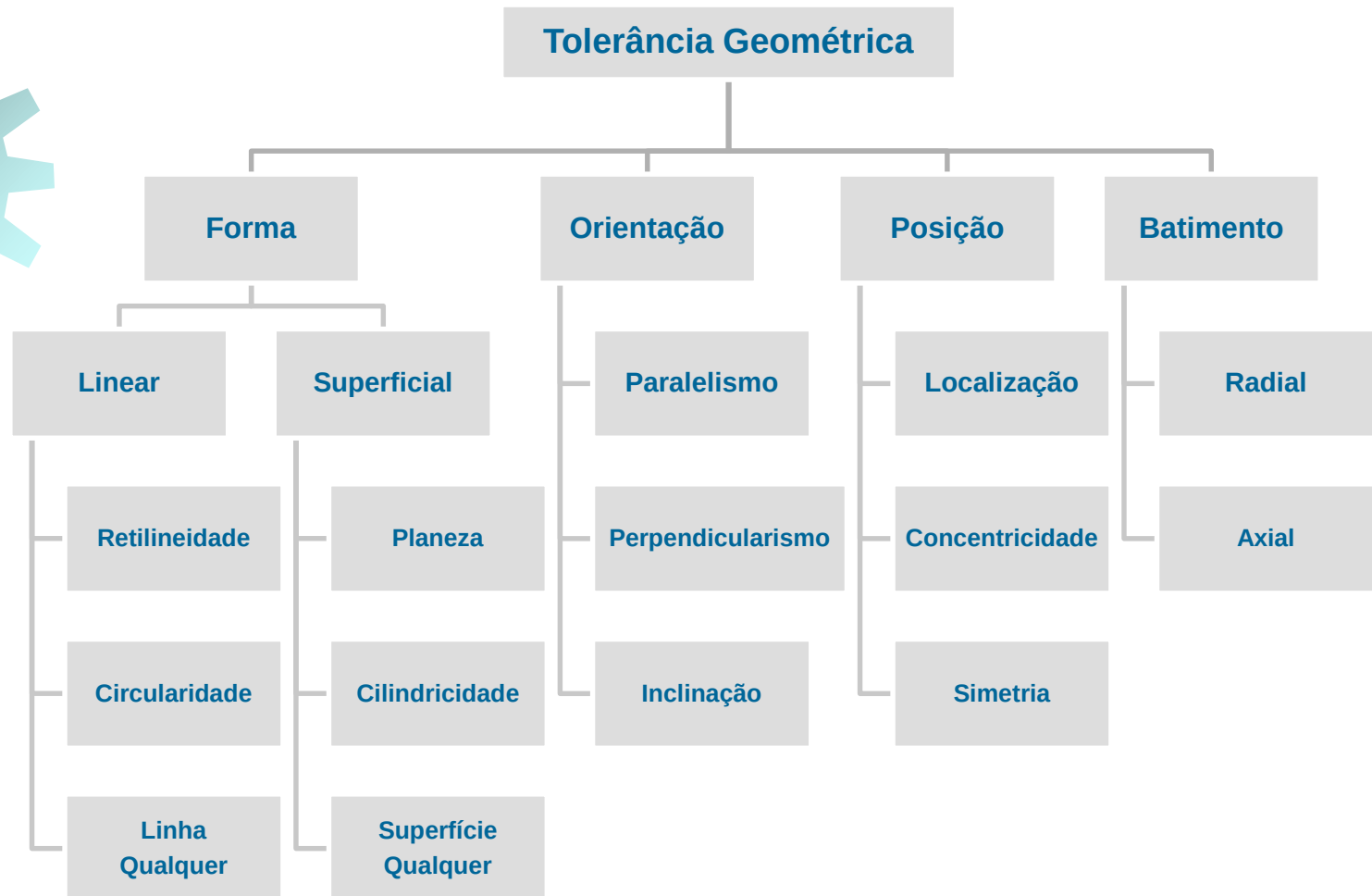
Tolerância Geométrica: variação aceitável das **formas** e **posições** dos elementos da peça

Tipos de Tolerância Geométrica:

1. Tolerância de Forma
2. Tolerância de Orientação
3. Tolerância de Posição
4. Tolerância de Batimento



CLASSIFICAÇÃO



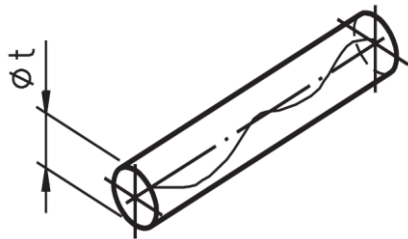
DEFINIÇÕES

1. TOLERÂNCIA DE FORMA:

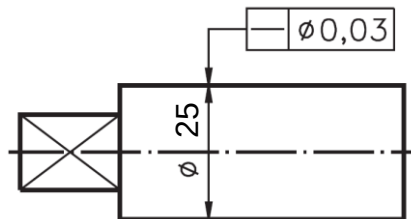
Desvio que um elemento pode aceitar em relação à sua forma geométrica ideal

1.1 Lineares

1.1.1 Tolerância de Retilidade: qualidade de se manter em linha reta

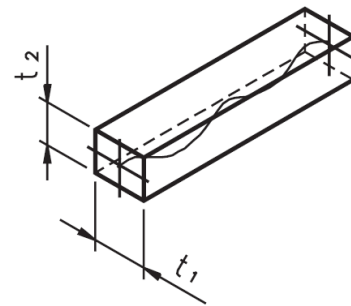


Definição

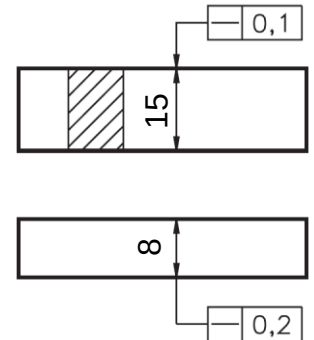


Representação Técnica

Cilindro



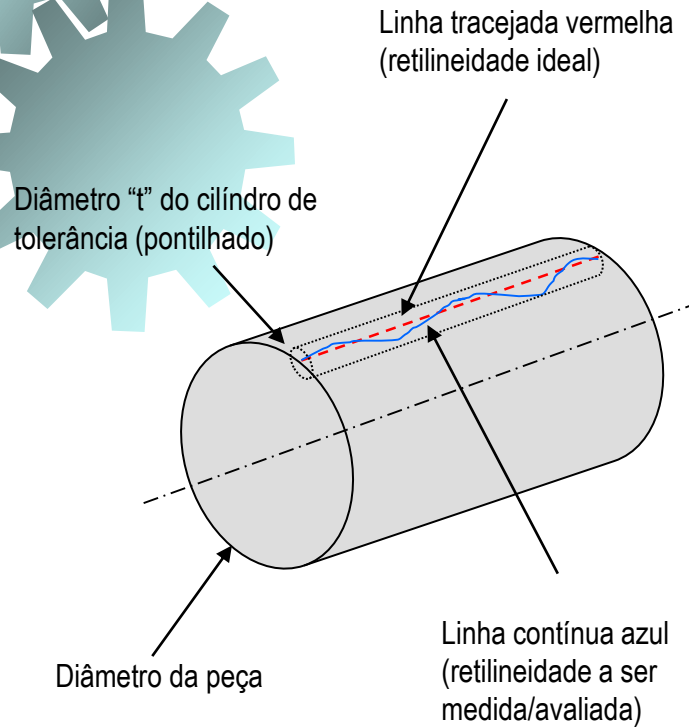
Definição



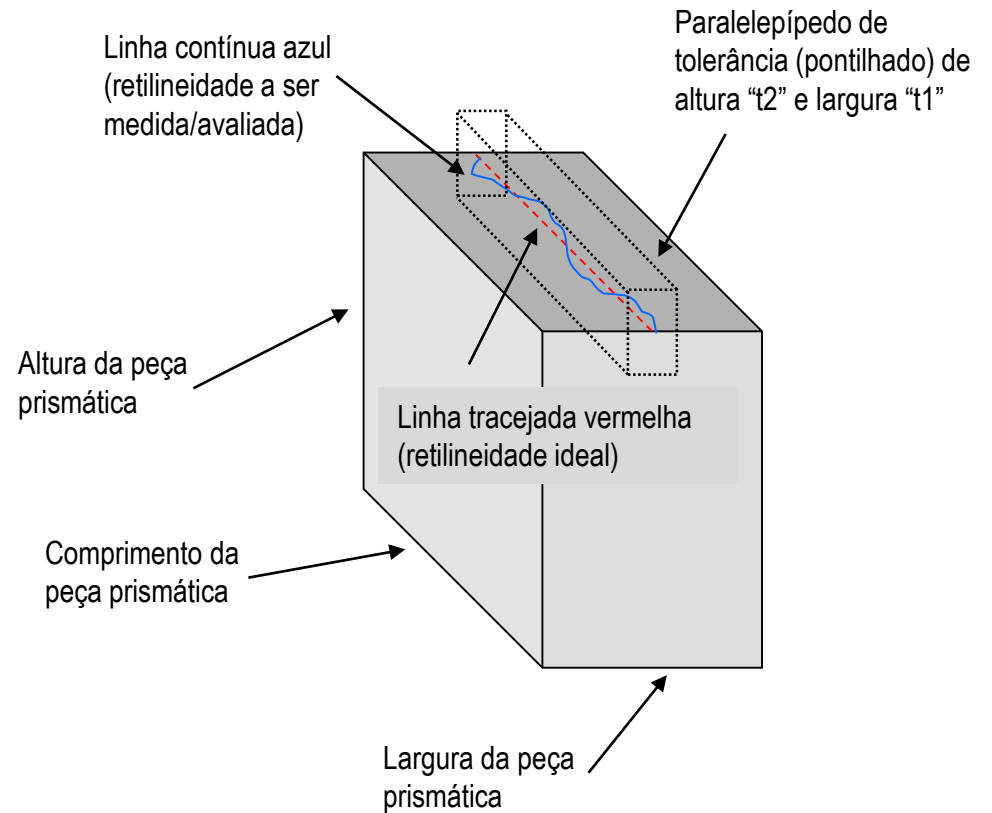
Representação Técnica

Paralelepípedo

DEFINIÇÕES



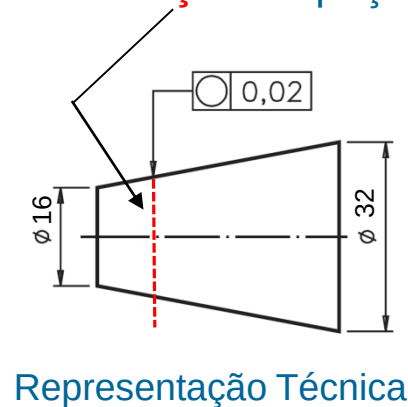
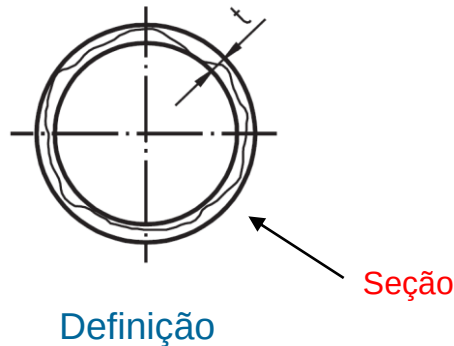
Cilindro



Paralelepípedo

DEFINIÇÕES

1.1.2 Tolerância de Circularidade: corresponde à distância 't' entre duas circunferências de mesmo centro, dentro do qual deve estar compreendido o contorno em **uma dada seção** da peça

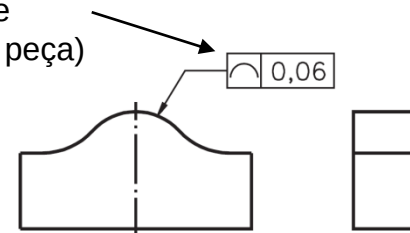


1.1.3 Tolerância de uma Linha Qualquer: determinada por duas linhas envolvendo uma circunferência de diâmetro 't' cujo centro se desloca pela linha do perfil desejado



Definição

Símbolo constante
(independe do perfil da peça)

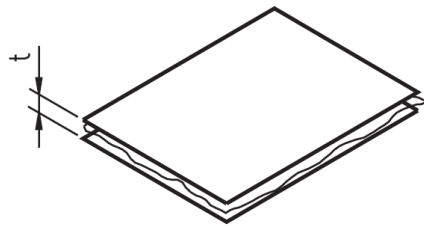


Representação Técnica

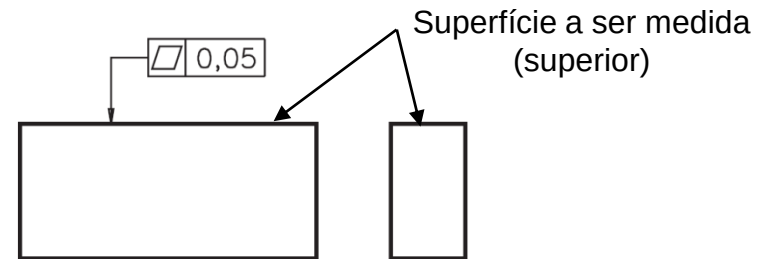
DEFINIÇÕES

1.2 Superficiais

1.2.1 Tolerância de Planeza: corresponde à distância 't' entre dois planos ideais imaginários

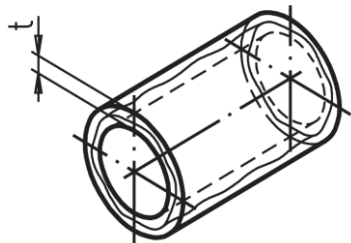


Definição

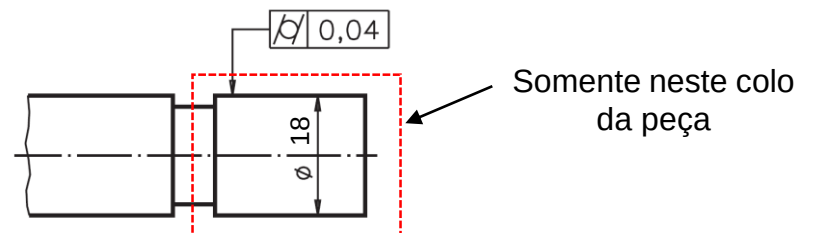


Representação Técnica

1.2.2 Tolerância de Cilindricidade: corresponde à distância 't' entre dois cilindros ideais de mesmo centro e raios diferentes



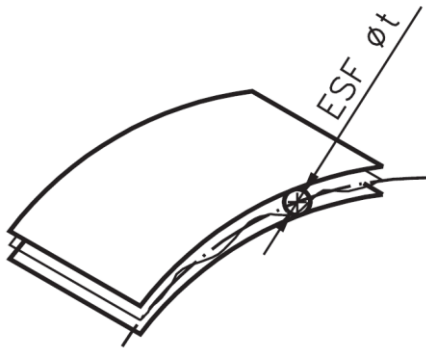
Definição



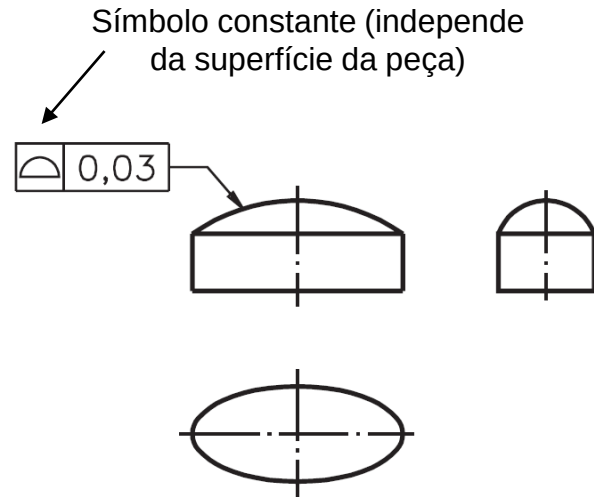
Representação Técnica

DEFINIÇÕES

1.2.3 Tolerância de Superfície Qualquer: corresponde à distância 't' entre dois planos ideais imaginários, definida (a distância 't') por uma esfera cujo centro movimenta-se pela superfície de forma geométrica ideal



Definição



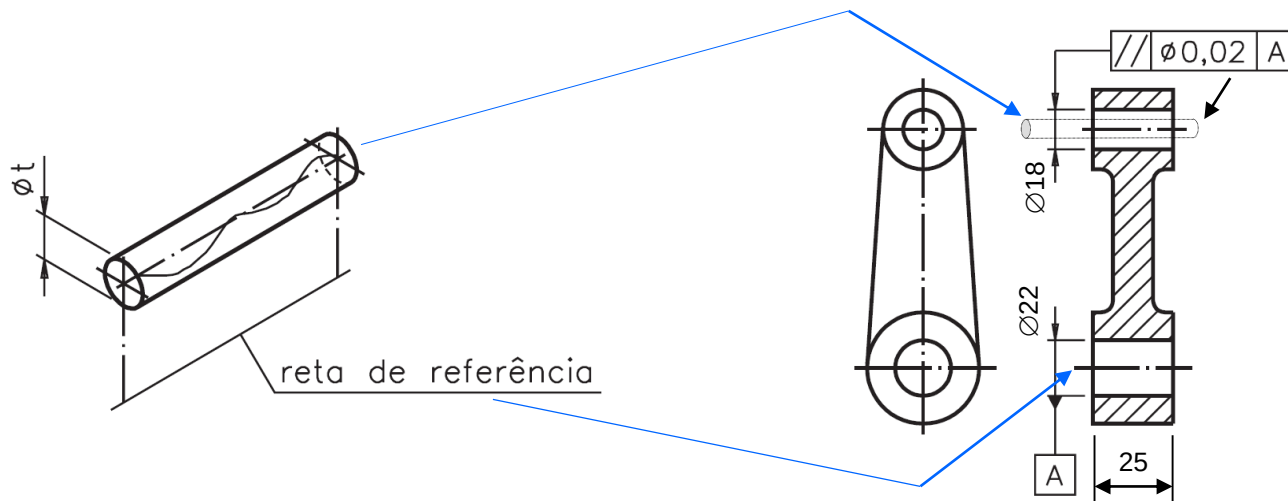
Representação Técnica

DEFINIÇÕES

2. TOLERÂNCIA DE ORIENTAÇÃO:

Desvio que um elemento pode aceitar em relação a outro elemento mecânico para assegurar uma boa montagem entre ambos

2.1 Tolerância de Paralelismo: o eixo deve estar compreendido dentro de uma zona cilíndrica de diâmetro 't'



Definição

Representação Técnica

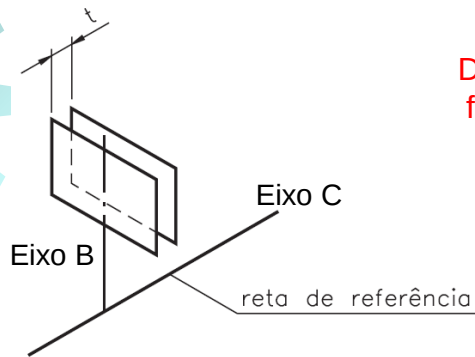
Diâmetro "t" da tolerância de paralelismo. **Não é o diâmetro do furo da peça.**

É permitido aproveitar as cotas da peça para inserir as cotas de tolerâncias geométricas (p. ex. $\varnothing 22$ e ref.A ou $\varnothing 18$ e tol. 0,02)

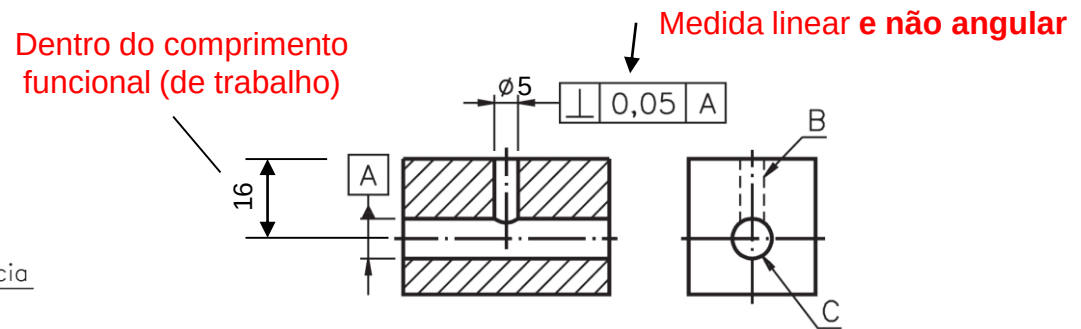
Dentro do comprimento funcional (de trabalho)

DEFINIÇÕES

2.2 Tolerância de Perpendicularidade: o eixo do furo B deve ficar limitado por dois planos paralelos, distantes entre si de uma medida 't' e perpendiculares à reta de referência

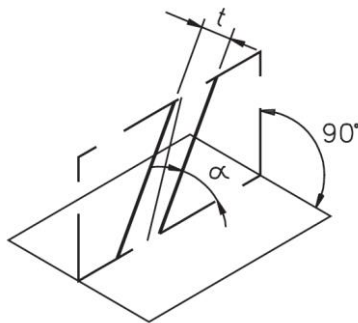


Definição

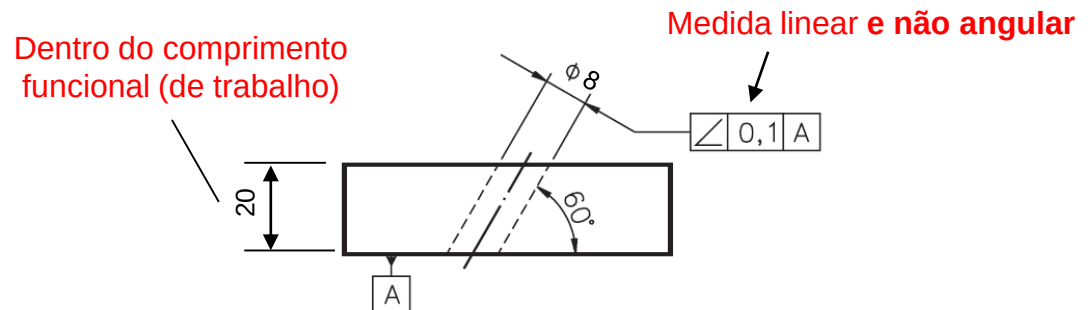


Representação Técnica

2.3 Tolerância de Inclinação: limitada por duas retas paralelas, distantes entre si de uma distância 't' que forma com a base o ângulo de inclinação especificado



Definição



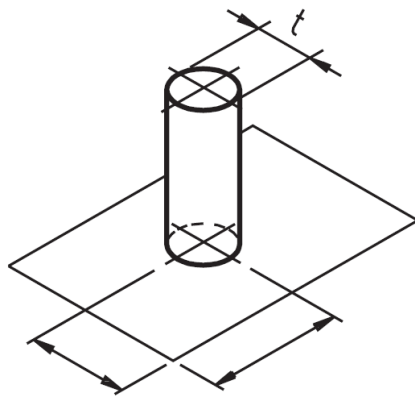
Representação Técnica

DEFINIÇÕES

3. TOLERÂNCIA DE POSIÇÃO:

Desvio de posicionamento que um elemento pode aceitar em relação a outro de referência

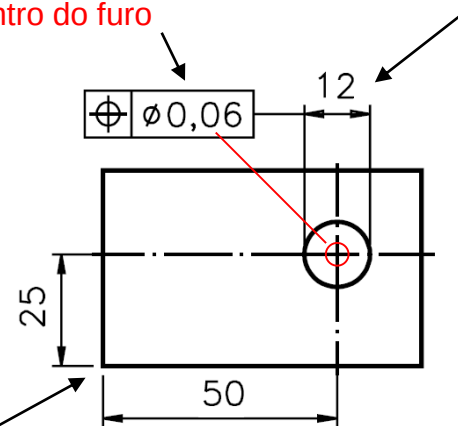
3.1 Tolerância de Localização: limitada por cilindro de diâmetro 't', cujo centro coincide com a localização ideal do elemento.



Definição

Diâmetro "t" da tolerância
do centro do furo

Diâmetro do furo da peça



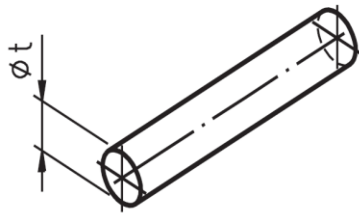
Se o centro do furo de $\varnothing 12$ mm situar-se dentro do $\varnothing 0,06$ mm, cujo centro é (50,25), diz-se que a tolerância de localização foi atendida.

Referência implícita
(vértice)

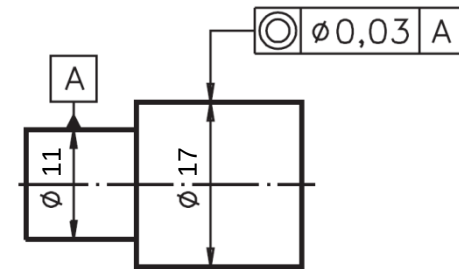
Representação Técnica

DEFINIÇÕES

3.2 Tolerância de Concentricidade: determinada por um cilindro de diâmetro 't' cujo centro coincide com o eixo ideal da peça projetada

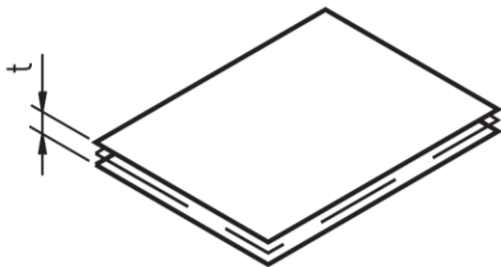


Definição

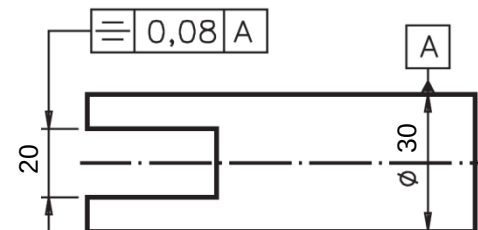


Representação Técnica

3.3 Tolerância de Simetria: limitada por dois planos paralelos, equidistantes do plano médio de referência, e que guardam entre si uma distância 't'

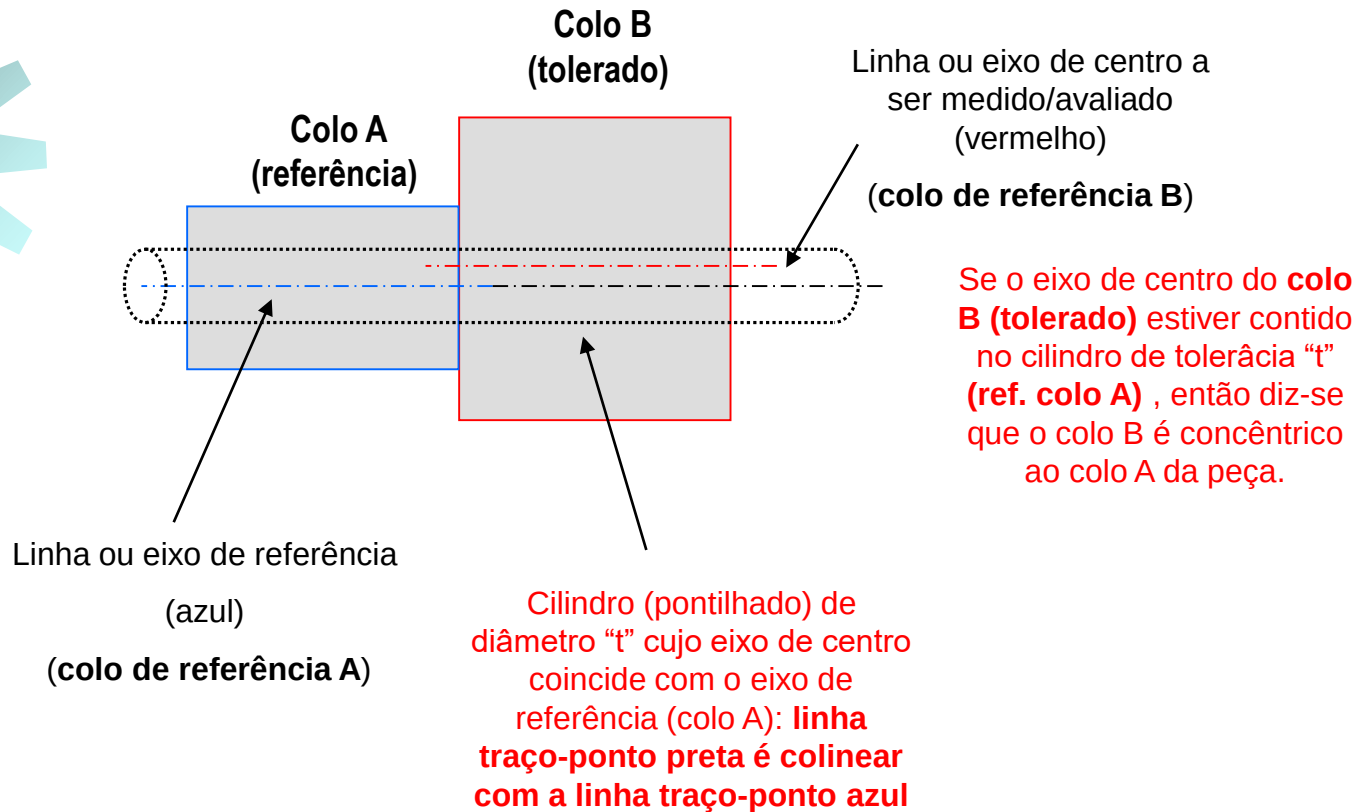


Definição



Representação Técnica

DEFINIÇÕES



Concentricidade

DEFINIÇÕES

Rasgo (simetria a ser tolerada)

Eixo de simetria a ser
medido/avaliado (azul)
(eixo do rasgo)

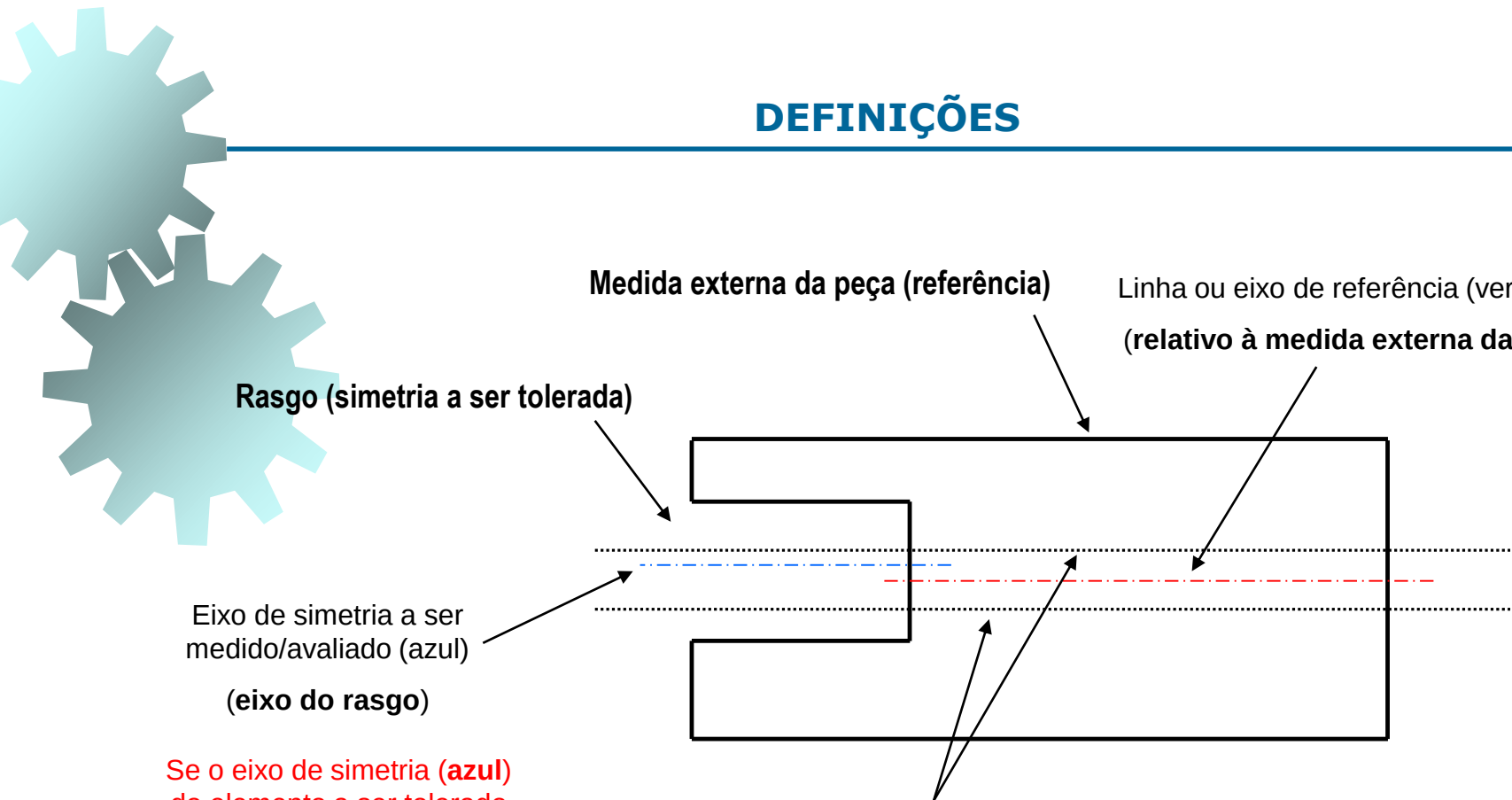
Medida externa da peça (referência)

Linha ou eixo de referência (vermelho)
(relativo à medida externa da peça)

Se o eixo de simetria (**azul**)
do elemento a ser tolerado
(**rasgo**) estiver contido dentro
dos planos (**pontilhados**)
equidistantes de “t” relativo ao
plano médio (**vermelho**) do
eixo de simetria da referência,
então diz-se que o rasgo é
simétrico na peça.

Planos (**pontilhados**) equidistantes
de medida “t” do plano médio
(**traço-ponto vermelha**)

Simetria

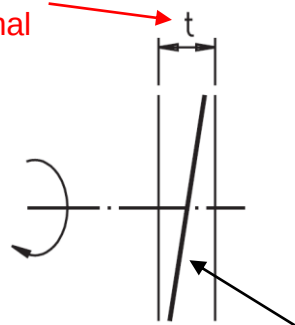


DEFINIÇÕES

4. TOLERÂNCIA DE BATIMENTO: desvio que um elemento pode aceitar em relação ao seu próprio eixo, quando o elemento é rotacionado em torno do seu eixo

4.1 Tolerância de Batimento Axial: delimitado por dois planos paralelos entre si, com espaçamento 't' entre eles, e perpendiculares ao eixo de rotação do elemento

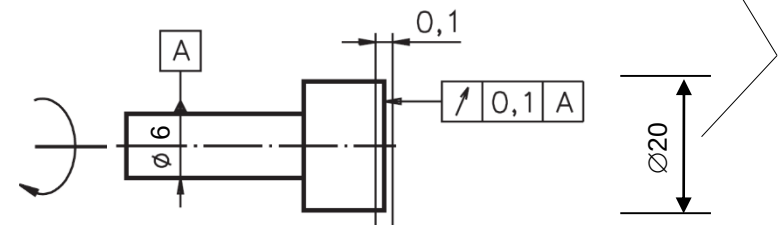
Tolerância medida na direção axial/longitudinal da peça



Definição

Plano (face ou topo da peça de revolução)

Dentro do comprimento funcional (de trabalho)

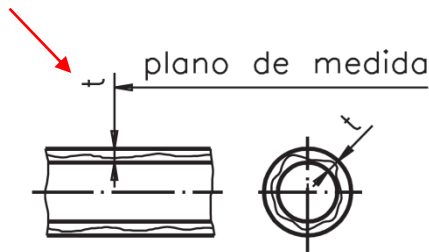


Representação Técnica

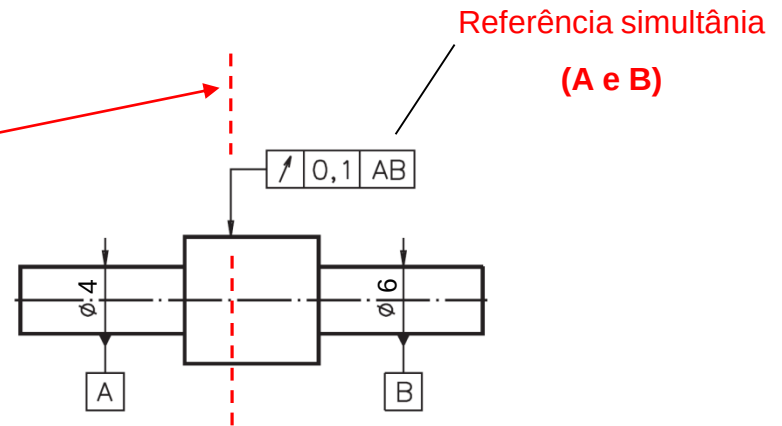
DEFINIÇÕES

4.2 Tolerância de Batimento Radial: delimitada por um plano perpendicular ao eixo de giro que define dois círculos concêntricos de raios diferentes e distância 't' entre eles

Tolerância medida na direção radial da peça



Definição



Representação Técnica

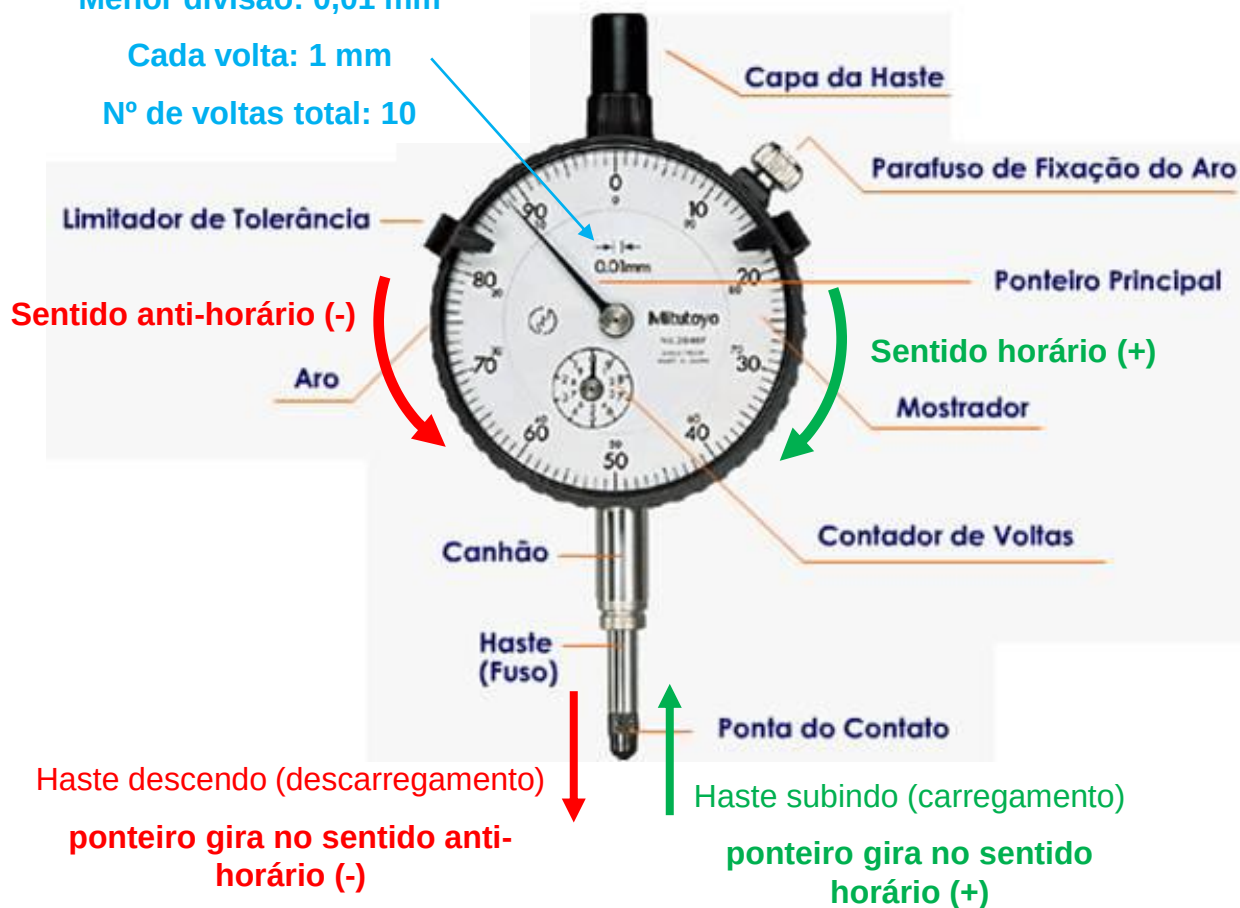
COMO MEDIR TOLERÂNCIAS GEOMÉTRICAS

Relógio centesimal (de milímetro)

Menor divisão: 0,01 mm

Cada volta: 1 mm

Nº de voltas total: 10



Relógio Comparador Analógico

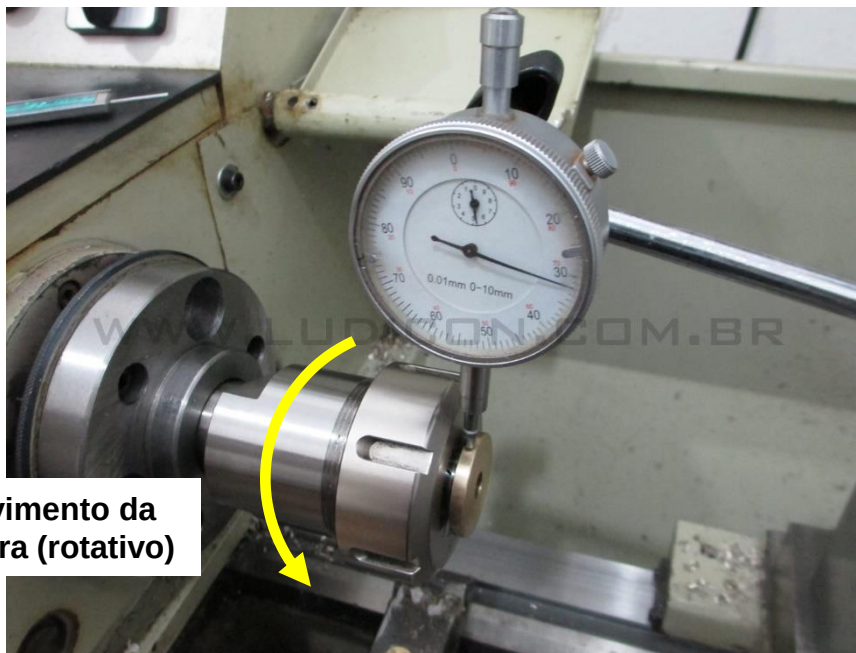
COMO MEDIR TOLERÂNCIAS GEOMÉTRICAS



Relógio Comparador Digital

COMO MEDIR TOLERÂNCIAS GEOMÉTRICAS

Exemplos de Formas de Medição usando Relógio Comparador

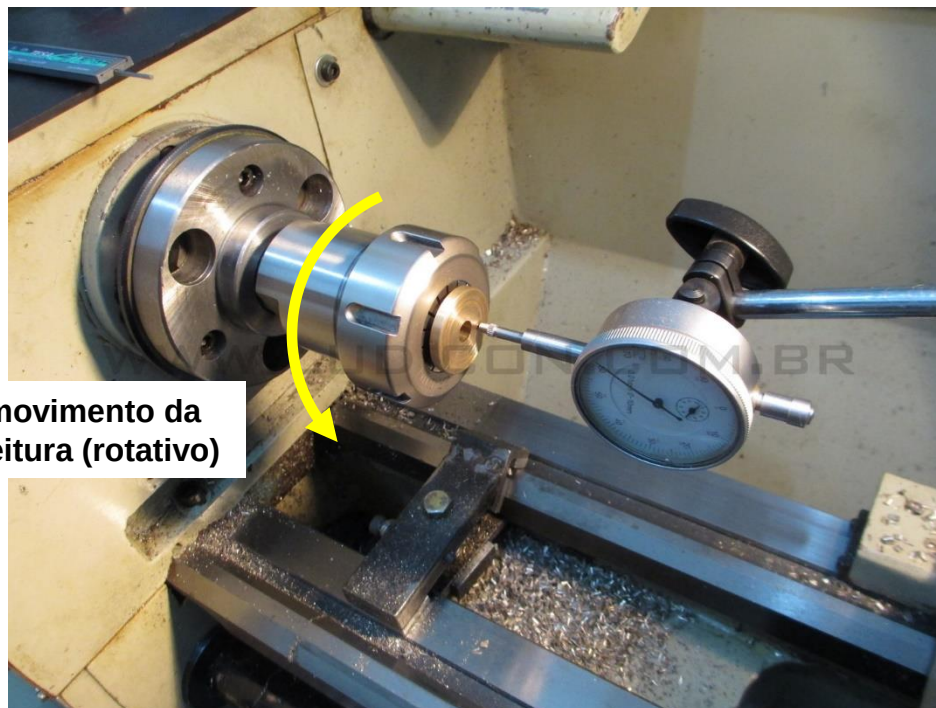


Direção do movimento da peça para a leitura (rotativo)

1. Fixar relógio comparador em um sistema isolado da peça usando base magnética ou outro sistema
2. Posicionar a haste perpendicularmente em relação à superfície a ser medida (radialmente à peça)
3. Pré-carregar a haste (~ 2 mm) e zerar o relógio girando o aro até levar o zero ao ponteiro
4. Girar a peça uma volta completa ou no comprimento funcional (setor angular)
5. Fazer a leitura do desvio máximo

COMO MEDIR TOLERÂNCIAS GEOMÉTRICAS

Exemplos de Formas de Medição usando Relógio Comparador



Direção do movimento da peça para a leitura (rotativo)

1. Fixar relógio comparador em um sistema isolado da peça usando base magnética ou outro sistema
2. Posicionar a haste perpendicularmente em relação à superfície a ser medida (axialmente ao eixo peça)
3. Pré-carregar a haste (~ 2 mm) e zerar o relógio girando o aro até levar o zero ao ponteiro
4. Girar a peça uma volta completo ou no comprimento funcional (setor angular)
5. Fazer a leitura do desvio máximo

COMO MEDIR TOLERÂNCIAS GEOMÉTRICAS

Exemplos de Formas de Medição usando Relógio Comparador

Direção do movimento da
peça para a leitura (plano xy)



1. Fixar relógio comparador em um sistema isolado da peça (mesa de granito)
2. Posicionar a haste perpendicularmente em relação à superfície a ser medida
3. Pré-carregar a haste (~ 2 mm) e zerar o relógio usando botão (digital)
4. Deslizar a peça (comprimento ou superfície funcional)
5. Fazer a leitura do desvio máximo

COMO MEDIR TOLERÂNCIAS GEOMÉTRICAS

Relógio Apalpador Analógico

Relógio centesimal (de milímetro)

Menor divisão: 0,01 mm

Cada volta: 0,8 mm

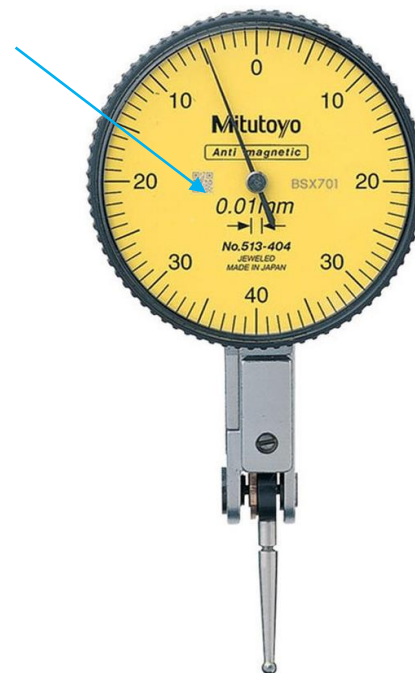
Nº de voltas total: ~1,5

HASTE BASCULANTE

Carregamento: ponteiro gira no sentido horário (valores aumentam)

Descarregamento: ponteiro gira no sentido anti-horário (valores diminuem)

Não passar de ~10° de pré-carga



Ponteiro basculante regulável (ambos os lados subindo/descendo)

Ajuste grosso: bascular manualmente ultrapassando com cuidado o fim de curso de ~1,5 volta (permitido para ambos os lados)

Ajuste fino: pré-carga com a ponta na peça (permitido para ambos os lados)

COMO MEDIR TOLERÂNCIAS GEOMÉTRICAS



Relógio Apalpador Digital

COMO MEDIR TOLERÂNCIAS GEOMÉTRICAS

Exemplos de Formas de Medição usando Relógio Apalpador



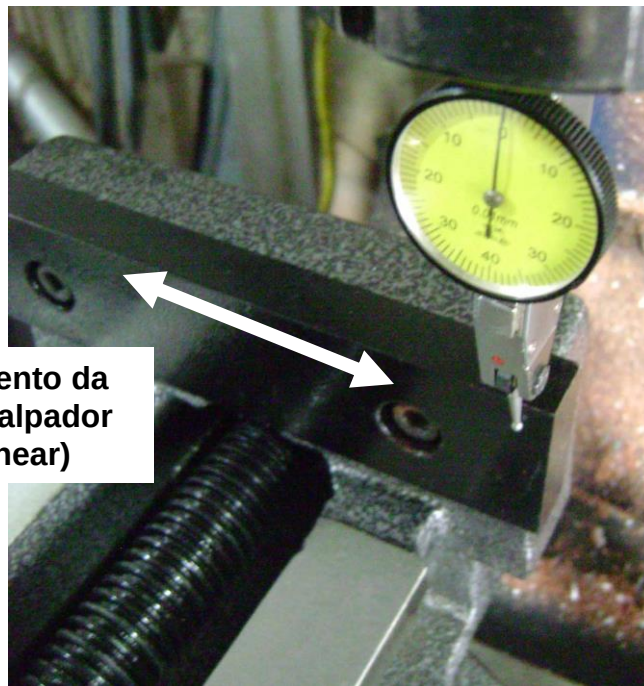
Direção do movimento da peça para a leitura (rotativo)

1. Fixar relógio apalpador em um sistema isolado da peça (base magnética na coluna direita)
2. Posicionar a haste em relação à superfície da peça a ser medida ($< 10^\circ$ em relação ao eixo do relógio)
3. Pré-carregar a haste ($\sim 0,5$ mm) e zerar o relógio girando o aro até levar o zero no ponteiro
4. Girar a peça uma volta completo ou no comprimento funcional (setor angular)
5. Fazer a leitura do desvio máximo

COMO MEDIR TOLERÂNCIAS GEOMÉTRICAS

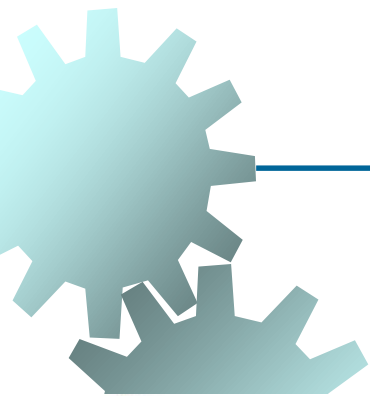
Exemplos de Formas de Medição usando Relógio Apalpador

Direção do movimento da
peça ou relógio apalpador
para a leitura (linear)



1. Fixar relógio apalpador em um sistema isolado da peça (*spindle* da fresadora)
2. Posicionar a haste em relação à superfície a ser medida ($< 10^\circ$ em relação ao eixo do relógio)
3. Pré-carregar a haste ($\sim 0,5$ mm) e zerar o relógio girando o aro até levar o zero no ponteiro
4. Mover linearmente a peça na superfície a ser medida (comprimento funcional)
5. Fazer a leitura do desvio máximo

COMO MEDIR TOLERÂNCIAS GEOMÉTRICAS



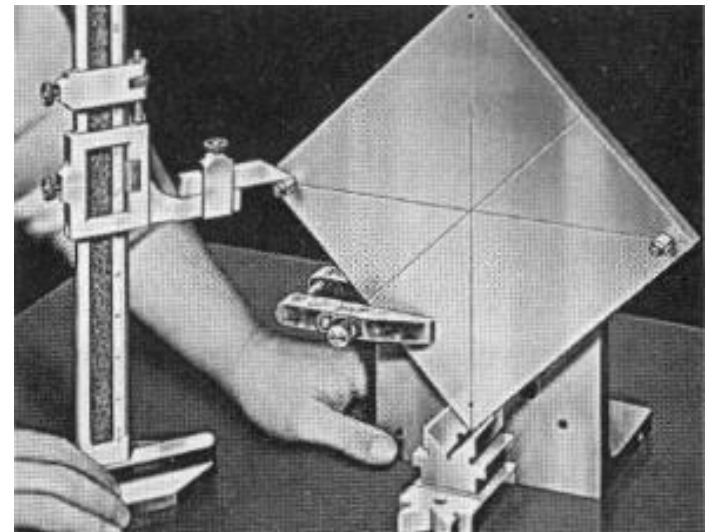
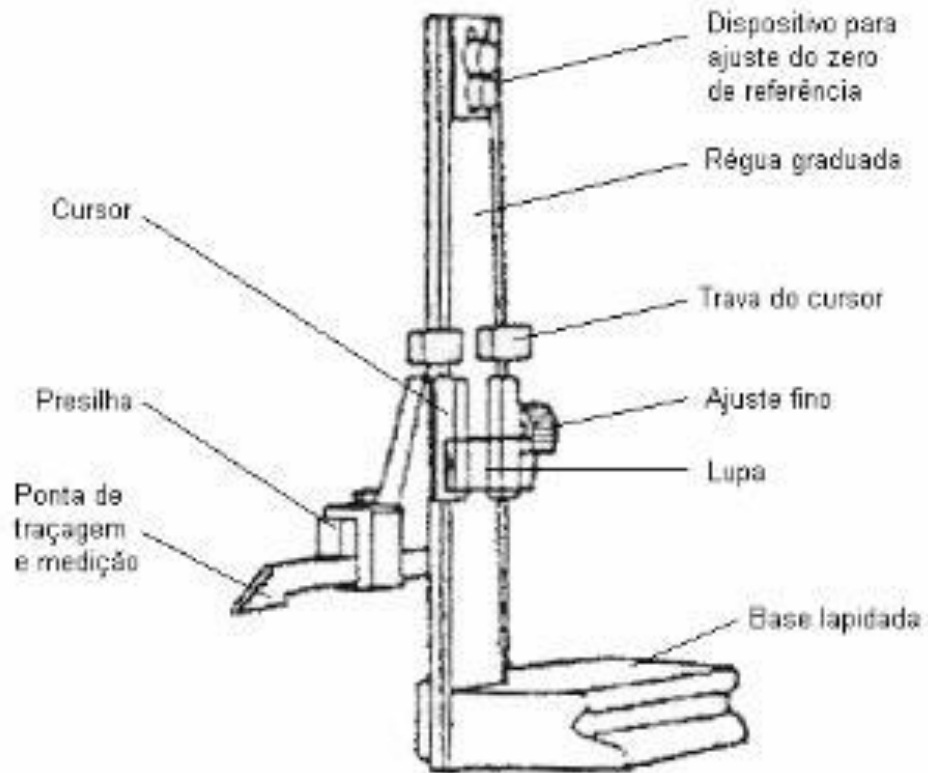
Bases Magnéticas



Base não Magnética
(mesa de granito)

COMO MEDIR TOLERÂNCIAS GEOMÉTRICAS

Traçador de altura



COMO MEDIR TOLERÂNCIAS GEOMÉTRICAS



Traçador de altura
análogo

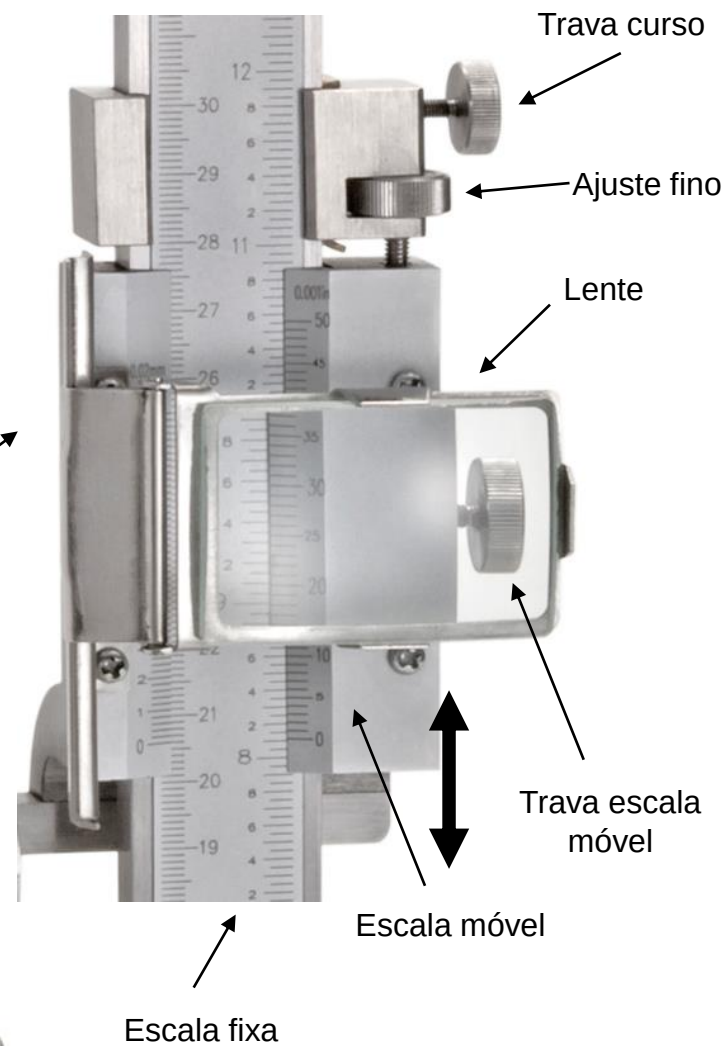
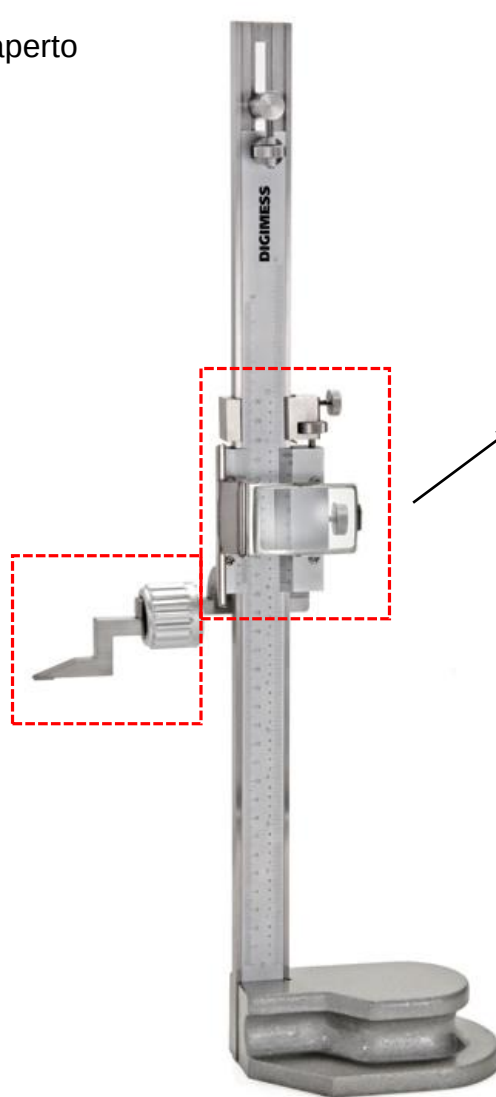
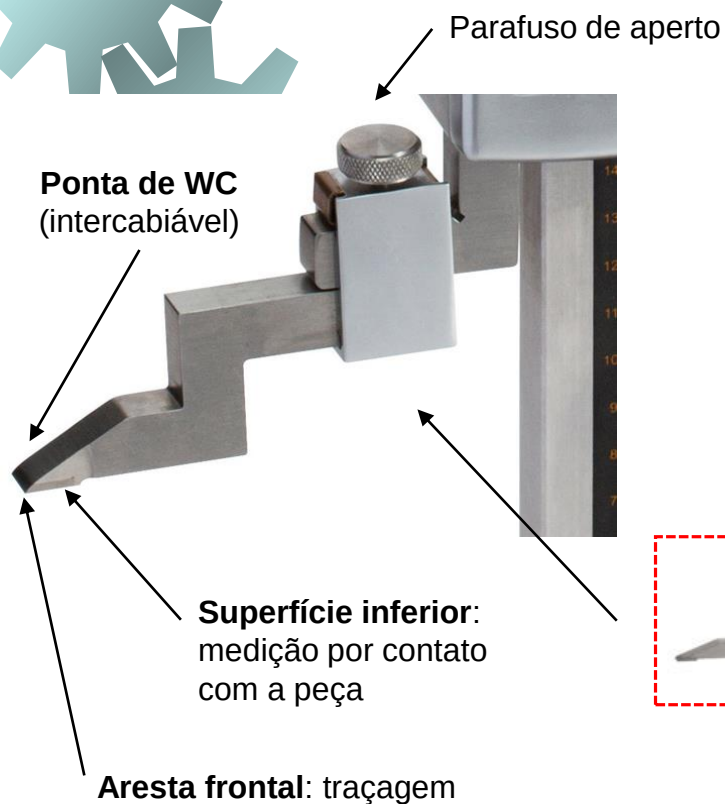
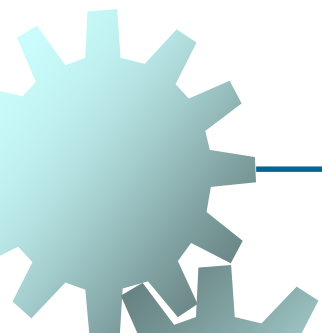


Traçador de altura
digital



Traçador de altura
combinado
(digital + relógio apalpador)

COMO MEDIR TOLERÂNCIAS GEOMÉTRICAS



COMO MEDIR TOLERÂNCIAS GEOMÉTRICAS

Exemplos de Formas de Medição usando Traçador de Altura



1. Fixar relógio apalpador no lugar da ponta de metal duro usada para traçagem de peças
2. Pré-carregar a haste ($\sim 0,5$ mm) considerando o ângulo entre o ponteiro e o eixo do relógio $< 10^\circ$, zerar o relógio apalpador girando o aro até levar o zero no ponteiro, tomando-se como referência uma altura conhecida
3. Levar o traçador à peça e percorrer a haste do relógio na superfície a ser medida (comprimento funcional)
4. Fazer a leitura do desvio máximo

COMO MEDIR TOLERÂNCIAS GEOMÉTRICAS



Granito Natural



Granito Sintético



Ferro Fundido

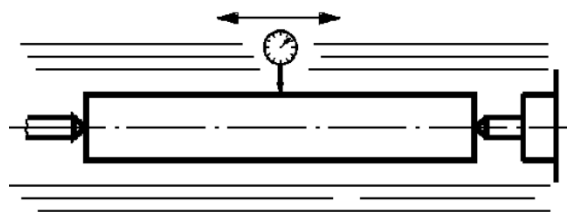


Apoiado e nivelado sobre suporte metálico

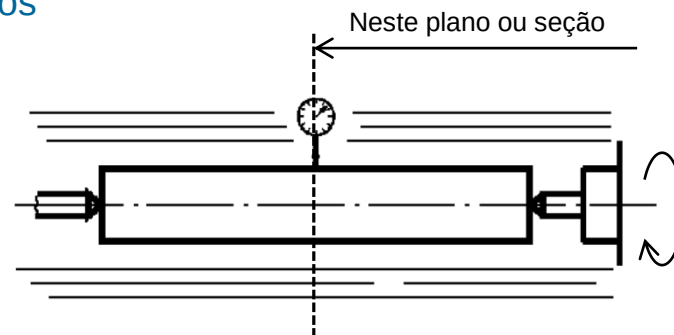
Desempenhos

COMO MEDIR TOLERÂNCIAS GEOMÉTRICAS

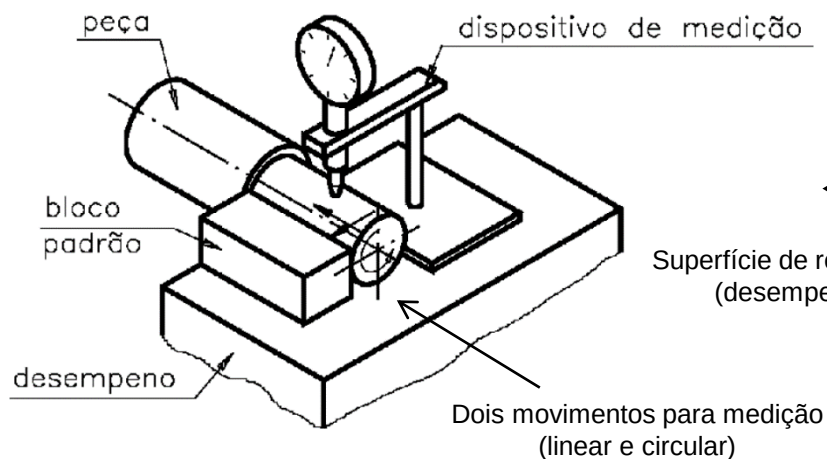
Sistemas Mecânicos



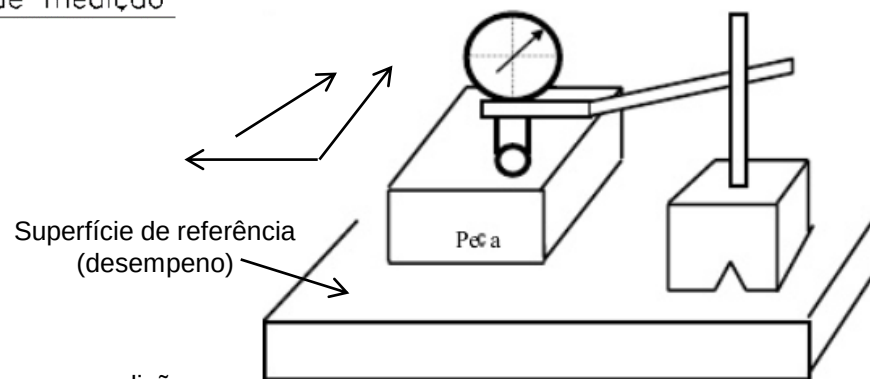
Retilidade



Circularidade



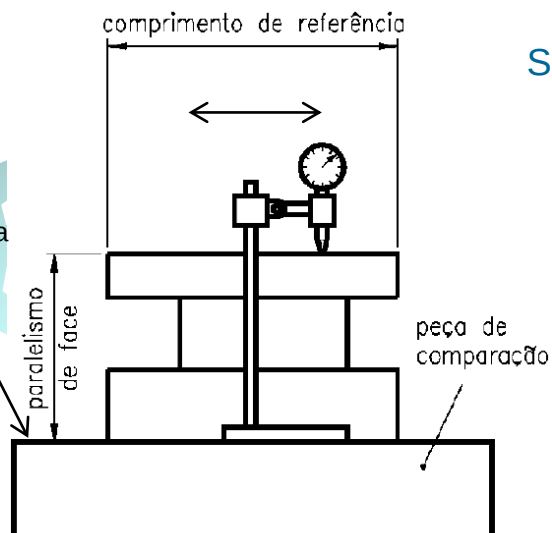
Cilindricidade



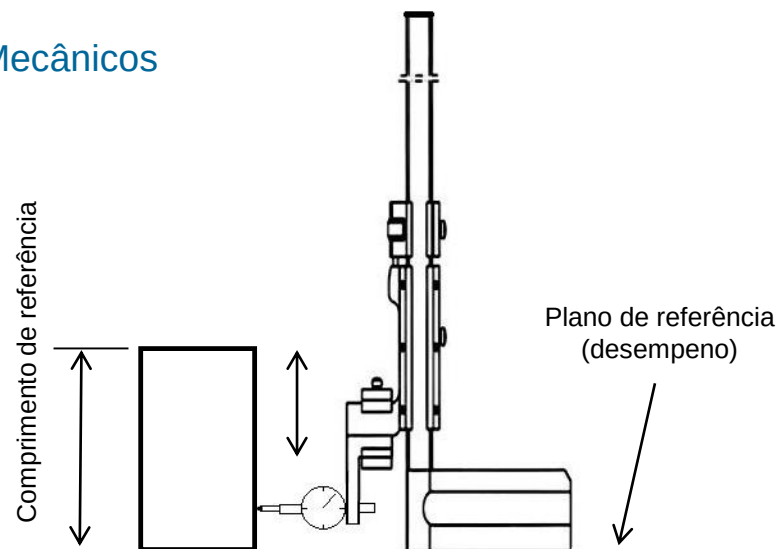
Planeza

COMO MEDIR TOLERÂNCIAS GEOMÉTRICAS

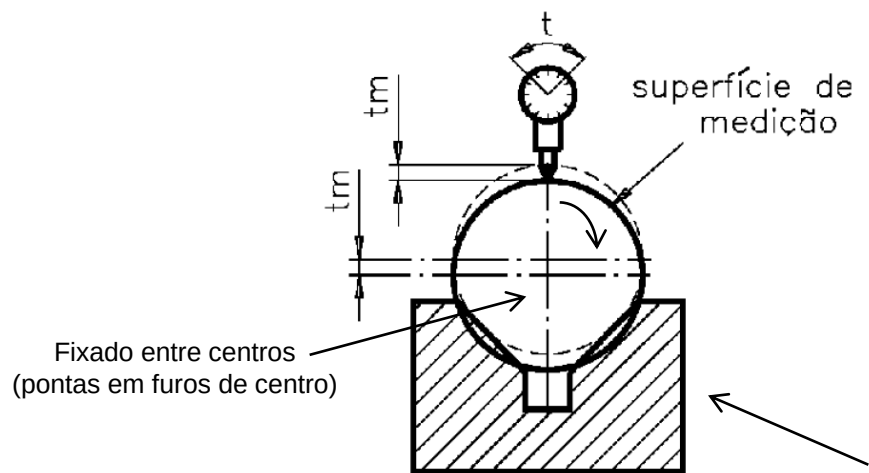
Sistemas Mecânicos



Paralelismo

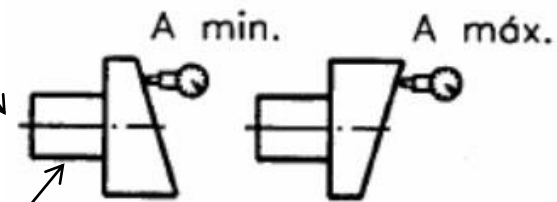


Perpendicularismo



Batimento Radial

Fixado entre centros
(pontas em furos de centro)

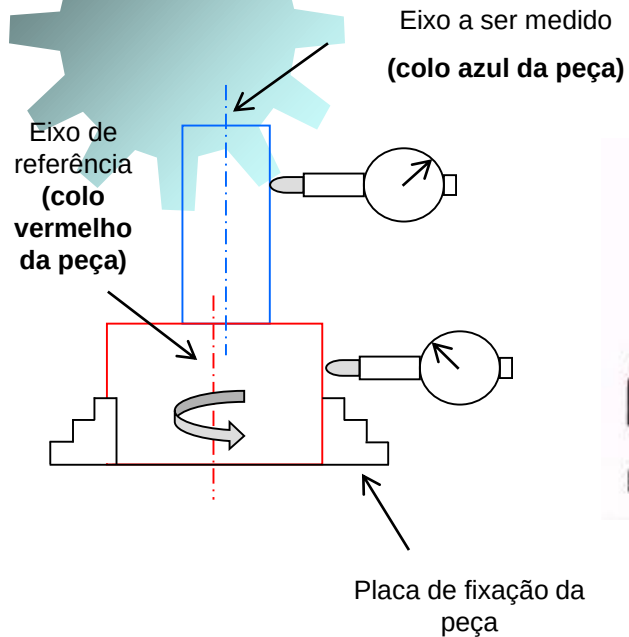


Ou apoiado em bloco "V"

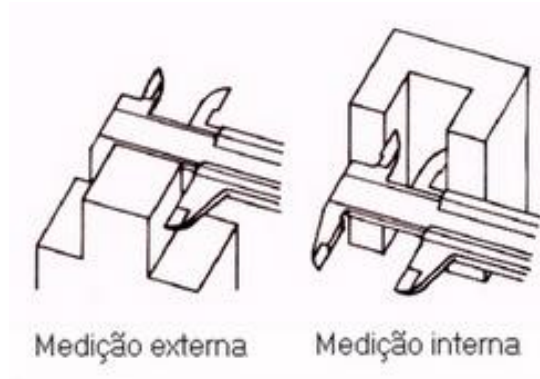
Batimento Axial

COMO MEDIR TOLERÂNCIAS GEOMÉTRICAS

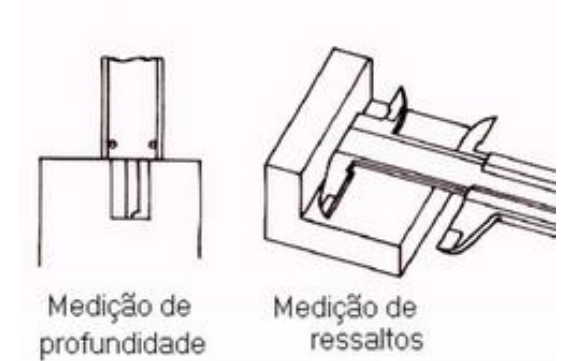
Sistemas Mecânicos



Concentricidade



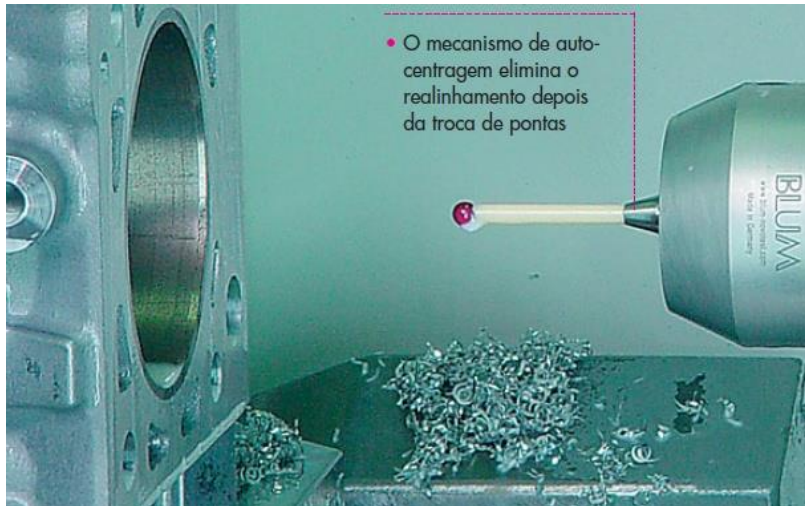
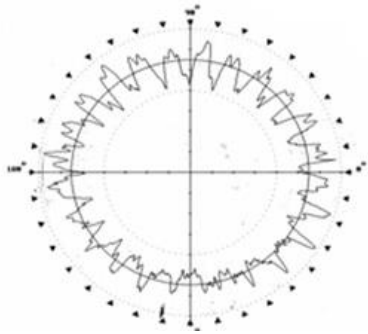
Simetria
(Medição Direta)



Localização
(Medição Direta)

COMO MEDIR TOLERÂNCIAS GEOMÉTRICAS

Sistemas Eletrônicos



Apalpadores em Máquinas-Ferramentas



Medidores de Erros Geométricos

COMO MEDIR TOLERÂNCIAS GEOMÉTRICAS

Sistemas Eletrônicos



Máquinas de Medir por Coordenadas



Braços de Medição



QUADRO SINÓTICO

TOLERÂNCIA DE FORMA PARA ELEMENTOS ISOLADOS

	Denominação	Símbolo
de linhas	Retilidade	—
	Circularidade	○
	Forma de linha qualquer	⌒
de superfícies	Planeza	▭
	Cilindricidade	⊘
	Forma de superfície qualquer	⌒



QUADRO SINÓTICO

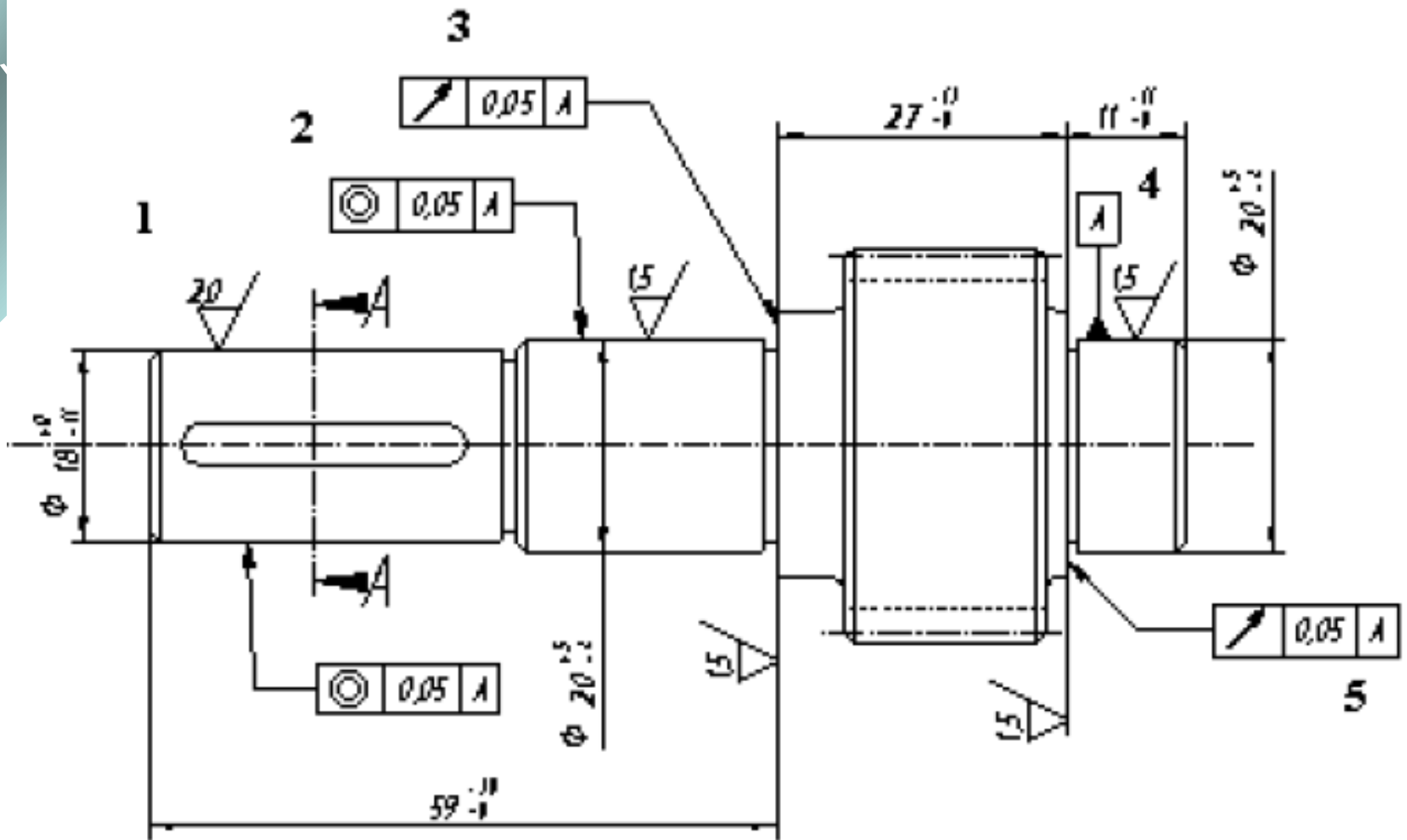
TOLERÂNCIA PARA ELEMENTOS ASSOCIADOS

	Denominação	Símbolo
de orientação	Paralelismo	//
	Perpendicularidade	⊥
	Inclinação	∠
de posição	Localização	⊕
	Concentricidade ou coaxialidade	⊙
	Simetria	≡

TOLERÂNCIA DE BATIMENTO

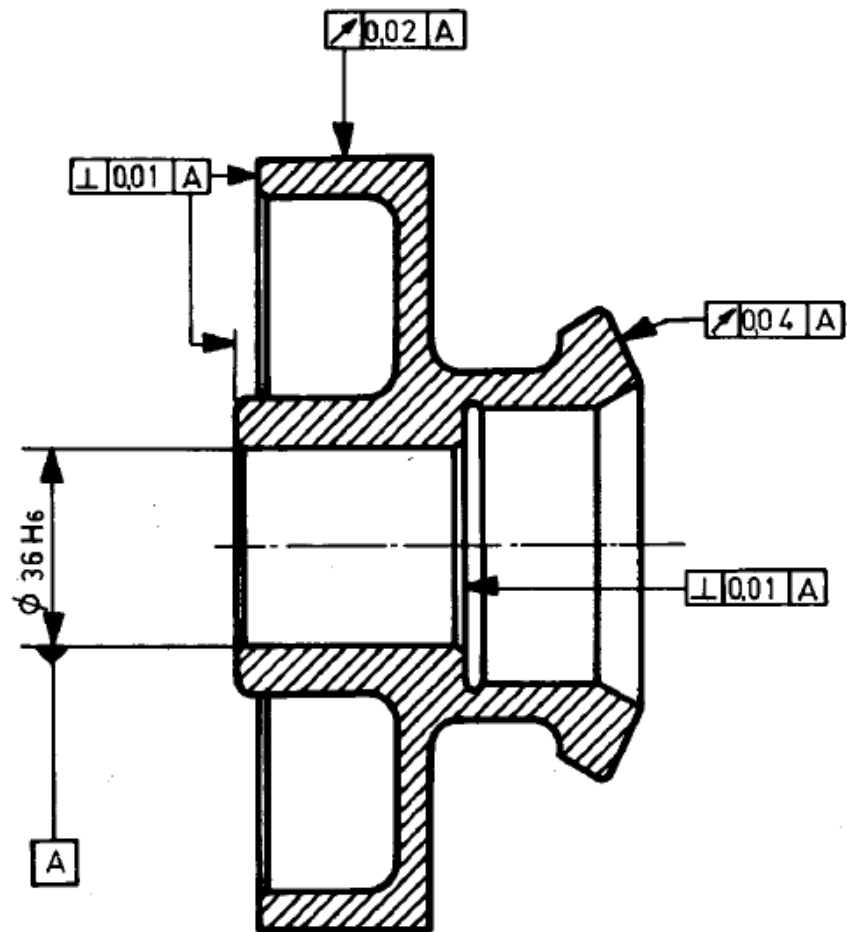
Radial	↗
Axial	

EXEMPLOS



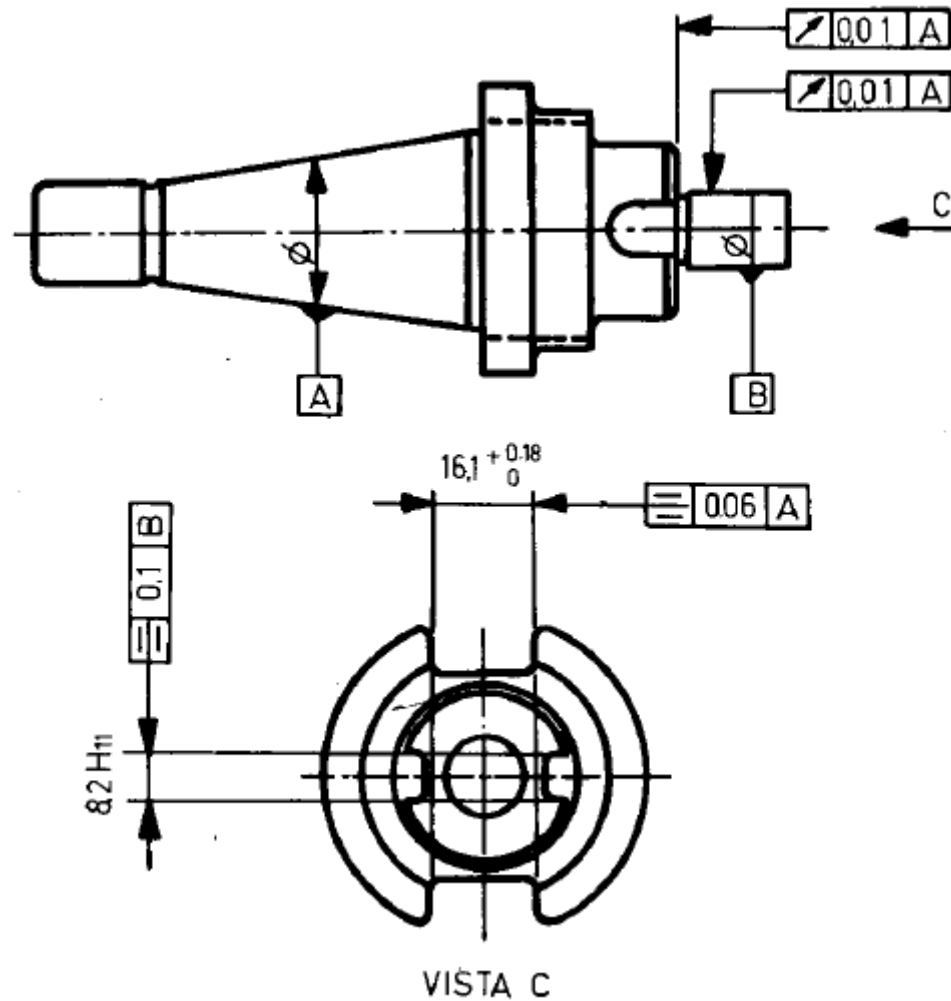
Eixo Chavetado com Engrenagem Solidária

EXEMPLOS



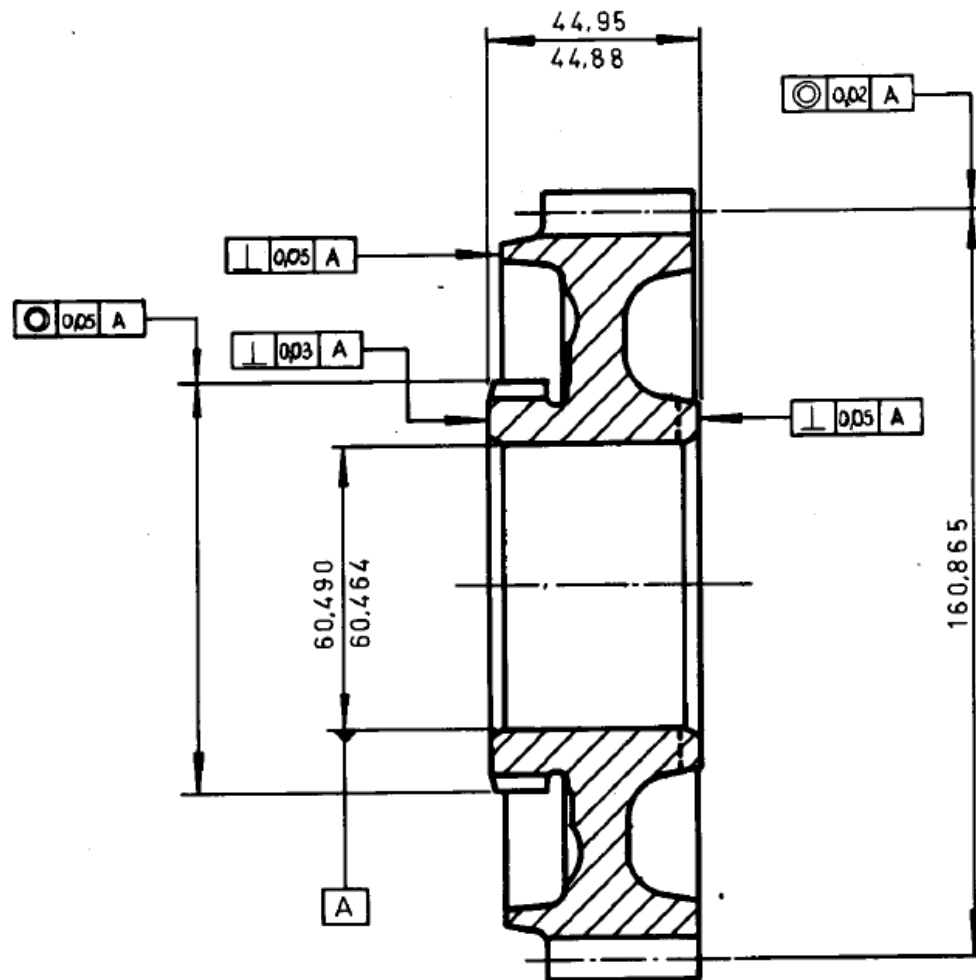
Roda de Atrito

EXEMPLOS



Mandril Porta-Ferramenta para Fresamento

EXEMPLOS



Engrenagem de Caixa de Câmbio Automotivo



REFERÊNCIAS

Silva, A., Ribeiro, C. T., Dias, J., Souza, L. **Desenho Técnico Moderno**. Ed. LTC, 4ª ed., 475p. 2006.

Agostinho, O., Rodrigues, A. C. S., Lirani, J. **Tolerâncias, Ajustes, Desvios e Análise de Dimensões**. Ed. Edgard Blücher, 43ª ed., 295p. 1977.

Novaski, O. **Introdução à Engenharia de Fabricação Mecânica**. Ed. Edgard Blücher, 1ª ed., 120p., 1994.

ABNT NBR ISO 2768-2:2001. Tolerâncias gerais - Parte 2: Tolerâncias geométricas para elementos sem indicação de tolerância individual.

ABNT NBR 6409:1997. Tolerâncias geométricas – Tolerâncias de forma, orientação, posição e batimento – Generalidades, símbolos, definições e indicações em desenho.

Ferreira, J.; Silva, R. M. **Leitura e Interpretação de Desenho Técnico Mecânico**, Escola SENAI-SP.