

TÉCNICO EM ELETROMECAÂNICA



# METROLOGIA

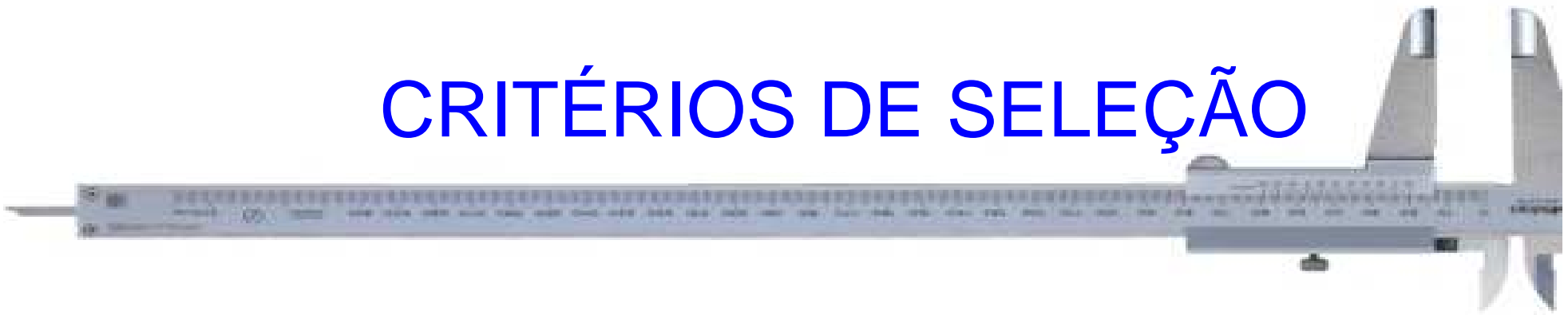
Prof. Fábio Evangelista Santana, MSc. Eng.  
fsantana@cefetsc.edu.br

# SUMÁRIO



- Critérios de seleção do instrumento de medição
- Principais fontes de erros na medição
- Micrômetro
  - *Leitura com o micrômetro*
  - *Recomendações e cuidados*
  - *Calibração e ajuste*
  - *Tipos*
- Prática: exercícios de leitura de paquímetro e micrômetro e conversão de unidades

# CRITÉRIOS DE SELEÇÃO



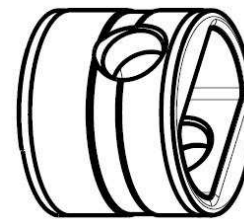
## 1. Considerar o campo de tolerâncias

- Peças diferentes podem ter a mesma medida nominal especificada em seu projeto, porém a importância de sua exatidão pode ser diferente.
- Ex.:  $\varnothing 21$  mm
- Instrumento ideal:

- Resolução de acordo com medida a ser realizada e sua tolerância

- Recomendação:

- Leitura  $\leq IT/10$  (ideal)
- Leitura  $\leq IT/5$  (mínimo aceitável)
- Ex.:  $20 \pm 0,25$  mm
- $IT = 0,50$  mm  $\rightarrow$  ideal = 0,05 mm; mínimo aceitável = 0,10 mm



## 2. Tipo de instrumento:

- Tamanho, forma, frequência de medição

# FONTES DE ERROS NA MEDIÇÃO



## 1. Variação de temperatura

- ABNT NBR 06165: temperatura de referência = 20°C
- Cálculos para corrigir o erro
  - Coeficiente de expansão térmica do material
  - Fórmula

$$\Delta L = L \cdot \alpha \cdot \Delta T \text{ (mm)}$$

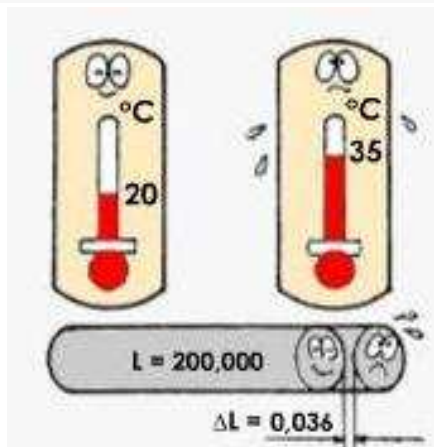
Onde:

$\Delta L$  = variação do comprimento

$L$  = comprimento original da peça

$\alpha$  = coef. de expansão térmica do material

$\Delta T$  = variação de temperatura



## Exemplo:

Calcular o incremento de medida de uma peça de aço que se encontra a uma temperatura de 35°C, sendo que a 20°C sua medida é de 200mm.

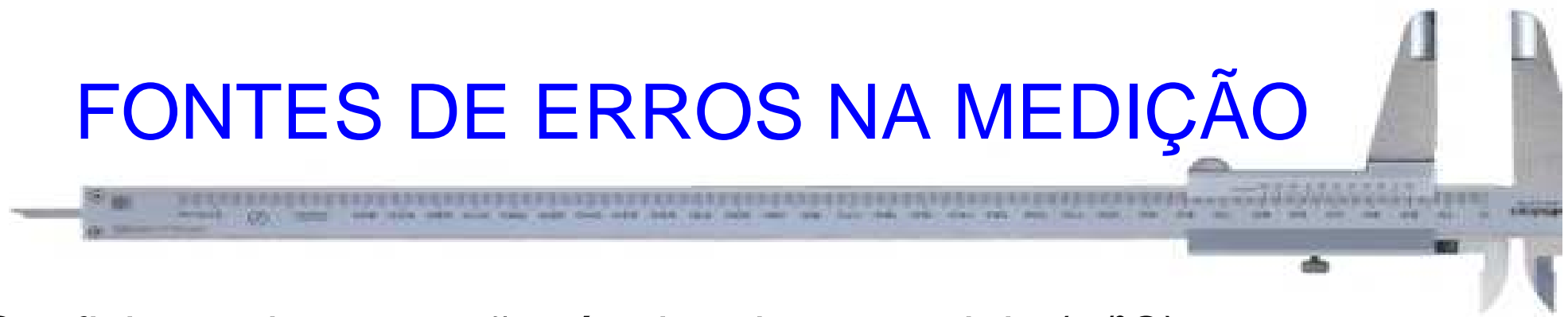
$$\Delta L = L \cdot \alpha \cdot \Delta T$$

$$\Delta L = 200 \cdot 12 \cdot 10^{-6} \cdot (35^{\circ}\text{C} - 20^{\circ}\text{C})$$

$$\Delta L = 200 \cdot 0,000012 \cdot 15^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta L = 0,036 \text{ mm}$$

# FONTES DE ERROS NA MEDIÇÃO



Coeficiente de expansão térmica dos materiais (1°C)

Material	Coeficiente (1/°C)	Material	Coeficiente (1/°C)
Ferro Fundido	$9,2 - 11,8 \times 10^{-6}$	Aço	$11,5 \times 10^{-6}$
Aço Carbono	$11,7 - (0,9 \times \%C) \times 10^{-6}$	Lata	$23,0 \times 10^{-6}$
Aço ao Cromo	$11 - 12 \times 10^{-6}$	Zinco	$26,7 \times 10^{-6}$
Aço ao Ni-Cr	$13 - 15 \times 10^{-6}$	Duralumínio	$22,6 \times 10^{-6}$
Cobre	$18,5 \times 10^{-6}$	Platino	$9,0 \times 10^{-6}$
Bronze	$17,5 \times 10^{-6}$	Cerâmica	$3,0 \times 10^{-6}$
"Gunmetal"	$18,0 \times 10^{-6}$	Prata	$19,5 \times 10^{-6}$
Alumínio	$23,8 \times 10^{-6}$	Vidro Crown	$8,9 \times 10^{-6}$
Latão	$18,5 \times 10^{-6}$	Vidro Flint	$7,9 \times 10^{-6}$
Níquel	$13,0 \times 10^{-6}$	Quartzo	$0,5 \times 10^{-6}$
Ferro	$12,2 \times 10^{-6}$	Cloruro de Vinil	$7 - 2,5 \times 10^{-6}$
Aço ao Níquel (58%)	$12,0 \times 10^{-6}$	Fenol	$3 - 4,5 \times 10^{-6}$
Invar (36% Ni)	$1,5 \times 10^{-6}$	Polietileno	$0,5 - 5,5 \times 10^{-6}$
Ouro	$14,2 \times 10^{-6}$	Nylon	$10 - 15 \times 10^{-6}$

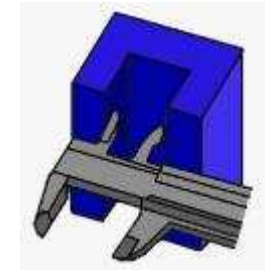
# FONTES DE ERROS NA MEDIÇÃO

## 2. Força de medição

- Ex.: paquímetro, goniômetro

## 3. Forma da peça

- Imperfeições na superfície, retinidade, cilindridade, planeza
- Ex.: peça cilíndrica – verificar cilindridade e circularidade



## 4. Forma de contato

- Ex.: peça cilíndrica: contato plano

## 5. Erro de paralaxe

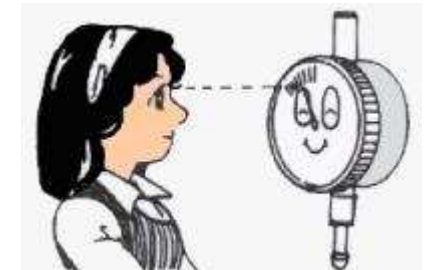
- Leitura sempre na direção perpendicular às escalar principal e secundária

## 6. Estado de conservação do instrumento

- Folgas por desgaste -> calibração periódica

## 7. Habilidade do operador

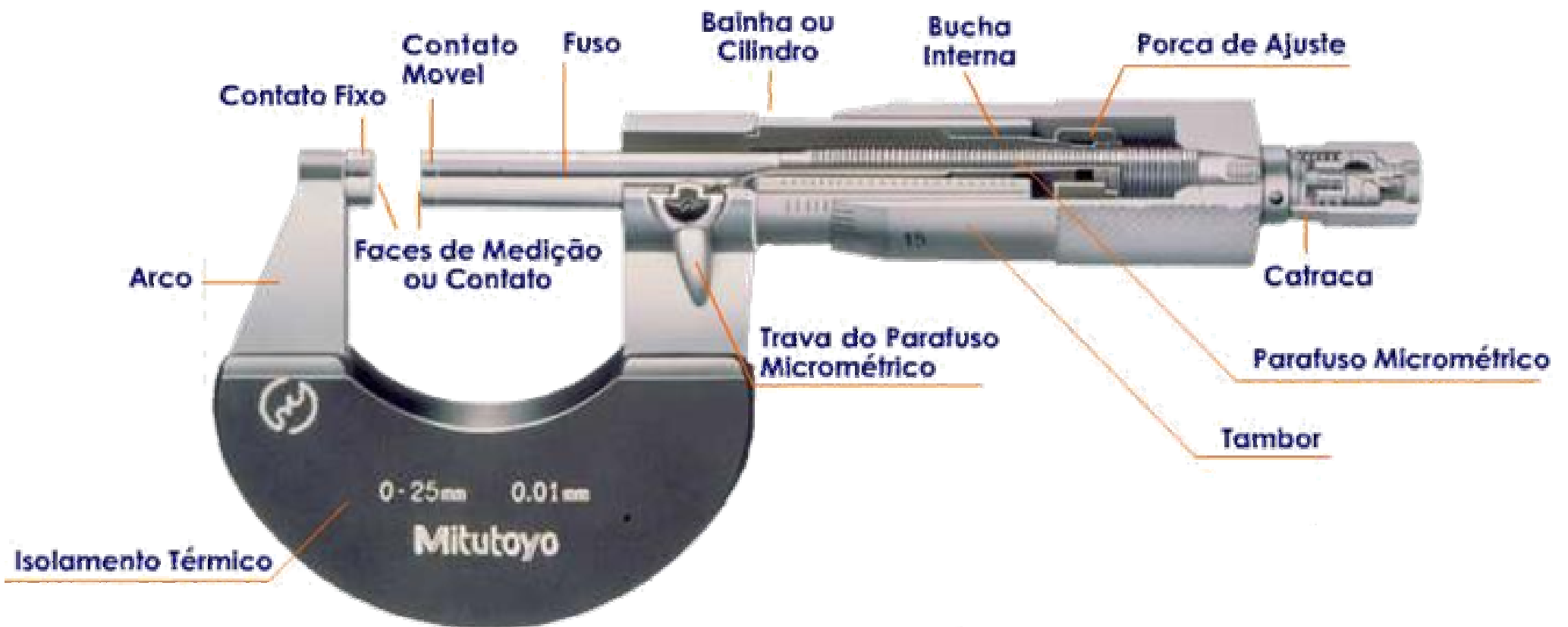
- Realizar práticas de medição com peças precisar com valores conhecidos (bloco padrão, pinos calibrados, anéis padrão, etc.)



# MICRÔMETRO



O micrômetro é constituído das seguintes partes:



# LEITURA COM O MICRÔMETRO

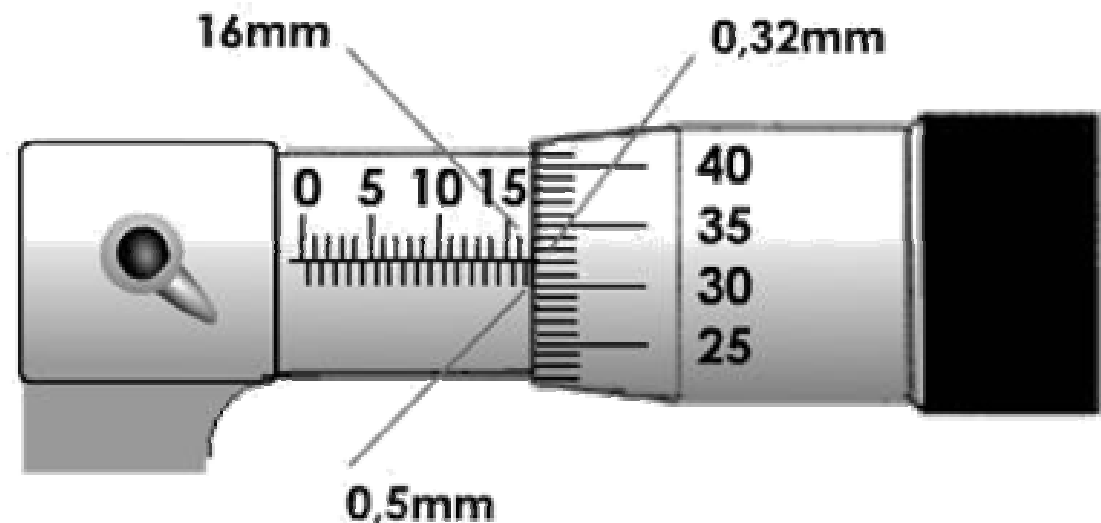


Quando o traço do tambor coincidir com um traço da linha de referência da bainha, você deverá proceder da seguinte maneira:

- Nos micrômetros com **escala em milímetros ou polegadas**, você deverá contar o número de traços da linha de referência da bainha, até o traço mais próximo à esquerda da aresta do tambor. Adicione a este número a fração lida no tambor, desde o traço zero do mesmo até o último traço que coincida com a linha da bainha.

- Exemplo** : Micrômetro em milímetro.

Escala dos mm da bainha	<b>16,00 mm</b>
Escala dos meios mm da bainha	<b>0,50 mm</b>
Escala centesimal do tambor	<b>0,32 mm</b>
Leitura Final	<b>16,82 mm</b>





# LEITURA COM O MICRÔMETRO



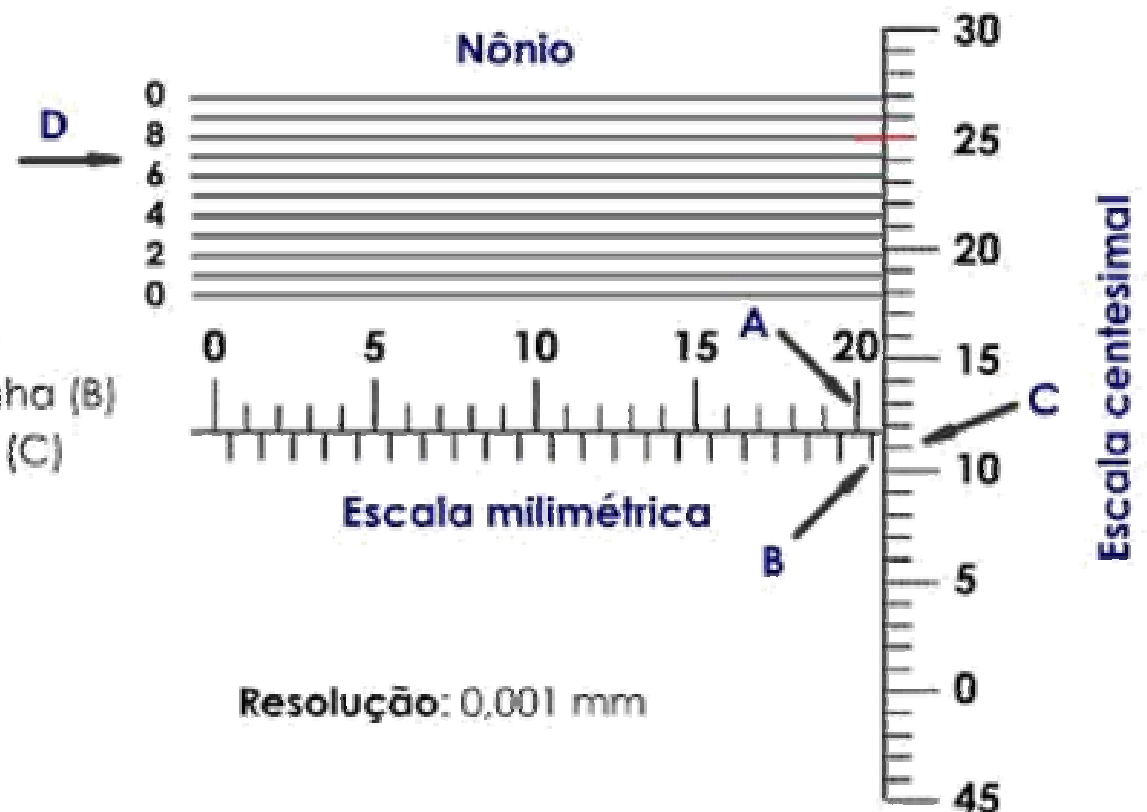
- **Exemplo** : Micrômetro com nônio escala em milímetro

**20,000 mm**  
**0,500 mm**  
**0,110 mm**  
**0,008 mm**

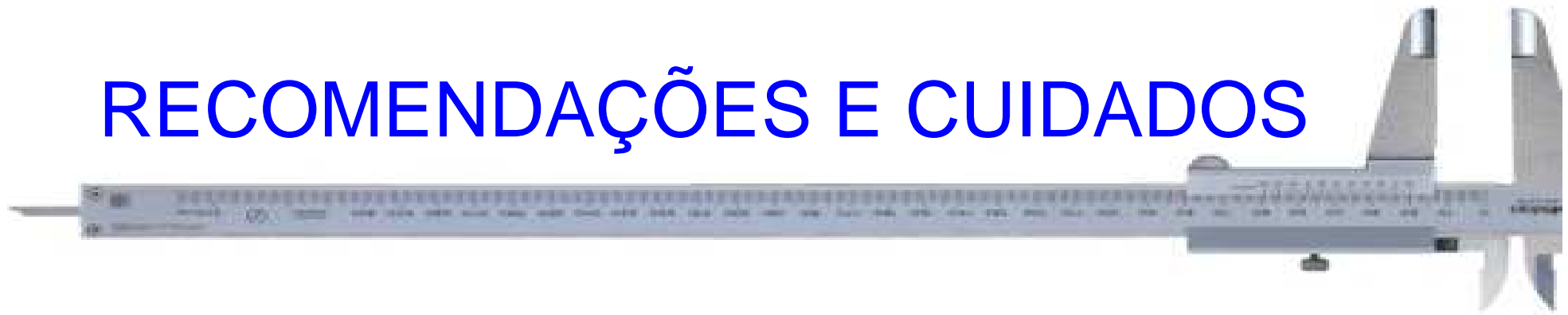
Escala dos mm da bainha (A)  
Escala dos meios mm da bainha (B)  
Escala centesimal do tambor (C)  
Escala milesimal do nônio (D)

**20,618 mm**

Leitura Final

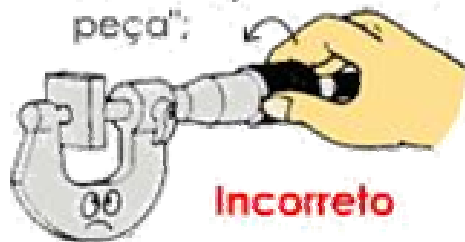


# RECOMENDAÇÕES E CUIDADOS

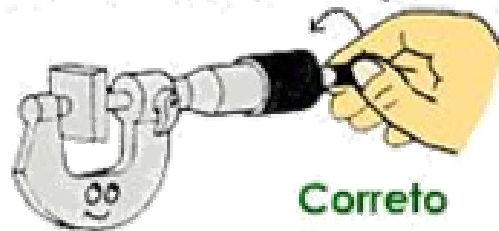


Para que as medições realizadas por você, utilizando o micrômetro, apresentem resultados confiáveis, é necessário que você tome alguns cuidados:

- Selecione o micrômetro mais adequado para atender plenamente a necessidade de medição (tipo, exatidão e faixa de medição);
- Evitar choques, quedas, arranhões, ferrugem e impurezas;
- Executar as medições aproximando as faces de medição do micrômetro com a catraca ou com o dispositivo de fricção, a fim de obter uma força de medição constante "recomenda-se duas ou três voltas, após o encosto das faces de medição na peça":



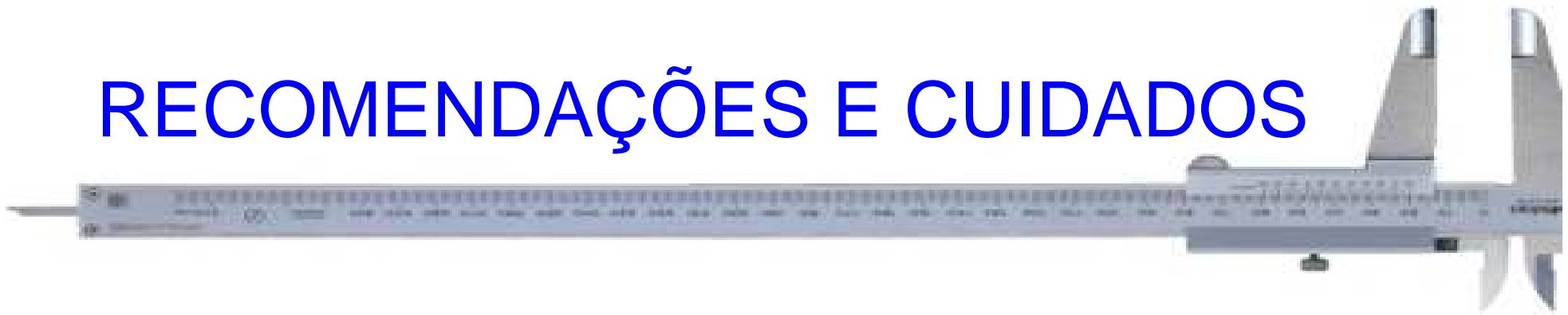
**Incorreto**



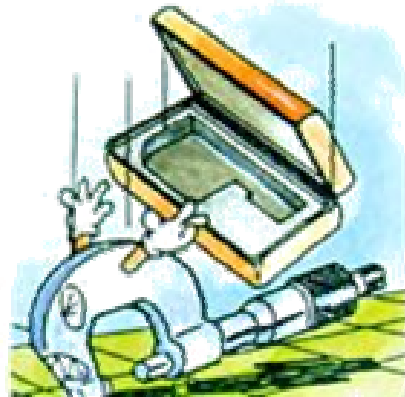
**Correto**

- A leitura deve ser feita sem retirar a peça da posição de medição;
- Não retirar o micrômetro com a trava acionada, a leitura deve ser efetuada com o micrômetro sobre a peça;
- Ao guardar o micrômetro, no respectivo estojo, deve-se manter as faces de medição ligeiramente afastadas e a trava livre;
- Manter as faces de medição rigorosamente limpas;
- Deve-se fazer a leitura em posição tal que evite erros de paralaxe;
- Para capacidades que excedam 300mm, ajuste o zero do micrômetro na mesma posição em que será usado para efetuar as medições. Este procedimento evitará erros à deflexão do arco e erro de paralaxe;
- Quando utilizar um suporte para fixar o micrômetro, assegure-se de prendê-lo completamente na parte central do arco;

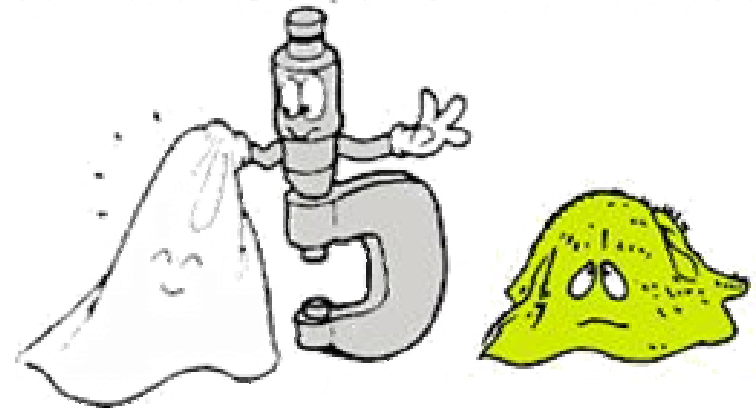
# RECOMENDAÇÕES E CUIDADOS



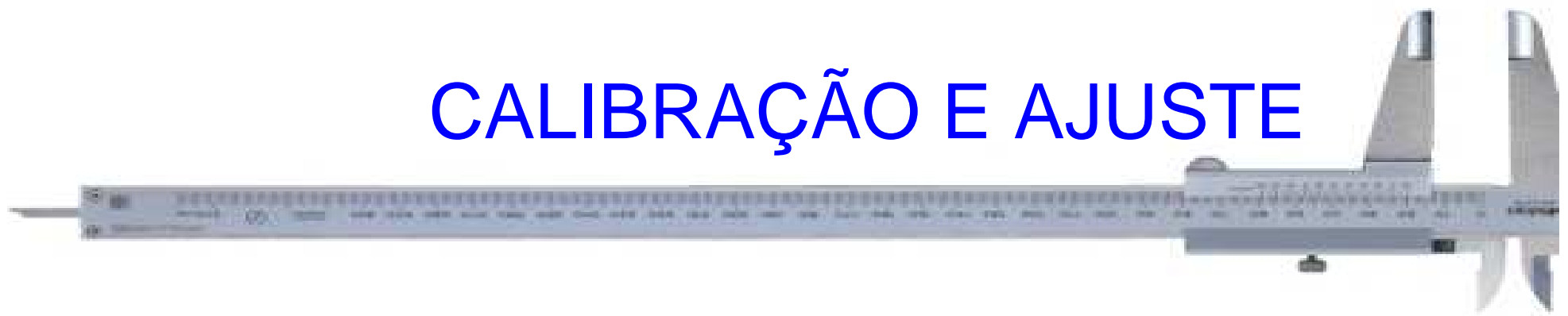
- Ao se efetuar uma medição é recomendável que as temperaturas da peça e do micrômetro estejam o mais próximo possível da temperatura de referência. (20°C);
- Evite impulsos antes de encostar as faces de medição na peça, pois uma rotação veloz pode provocar um erro superior a 10µm, principalmente em peças de baixa dureza;
- Proteja o micrômetro ao guardar por longos períodos. Aplique suavemente em todas as faces do instrumento uma camada bem fina de óleo;
- Nunca deixe o micrômetro diretamente no chão, guarde-o sempre em seu estojo;



- Não submeter a peça a uma pressão excessiva.
- Não expor o micrômetro ao calor, e ao segurá-lo, fazê-lo sempre pelas placas isolantes;
- Examinar se as peças a serem medidas não apresentam rebarbas que possam danificar as faces de medição do micrômetro;
- Controlar, periodicamente, o zero do micrômetro à temperatura de referência (20 °C);
- Limpe cuidadosamente as partes móveis antes e após o uso;



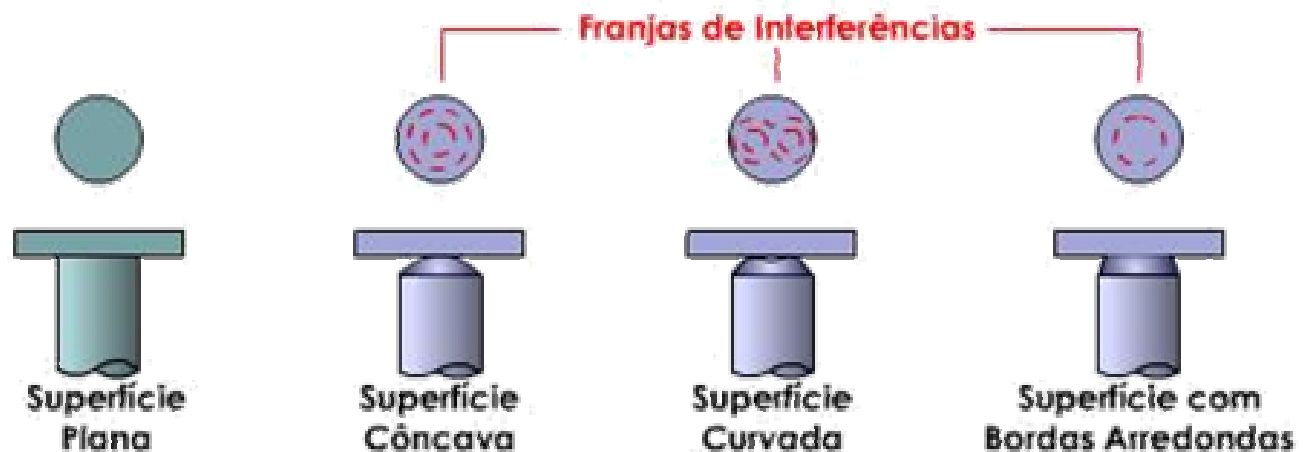
# CALIBRAÇÃO E AJUSTE



A metodologia para verificar se o micrômetro está em condições de realizar medições adequadas, é bastante simples e consiste fundamentalmente na inspeção periódica dos itens que influenciam diretamente a medição e são explicadas a seguir:

## • Planeza das superfícies de contato (medição)

Podem ser controlados por meio de um plano ótico padrão, que apoiado sobre a superfície, apresenta **franjas de interferência**. A forma e o número destas franjas indicam o grau de planeza da superfície. Com a luz comum (policromática) contam-se as de cor vermelha (o valor atribuído a cada franja é de  $0,32\mu\text{m}$ ). Utilizando uma lâmpada de vapor de mercúrio (luz monocromática), as franjas são visualizadas muito mais claramente.



# TIPOS



As variáveis de cada tipo de micrômetro têm relação principalmente com o tipo de medição a ser executada, a seguir, apresentam-se as principais variedades de micrômetros.

## • **Micrômetro para Medição Externa**

Nesta classificação, existem diversos modelos, como:

**Arco** - que pode ser de aço forjado com ou sem placas termo-isolantes;



**Batente** - com a ponta móvel e o batente podendo ser esférico, retangular, cilíndrico, em forma de "V", do tipo intercambiável e etc.



# TIPOS



## • Micrômetro para Medição Externa

**Pontas de medição** - que podem ser placas, esféricas, cônicas, finas, tipo lâmina, tipo disco e etc., podendo as duas faces de contato serem diferentes (ex: ponta plana e esférica);



**MEDIÇÃO DE ROSCA!!**

# TIPOS



## • **Micrômetro para Medição Interna**

Nesta classificação podemos agrupar em três tipos:

**Para medição de furos** - para furos pequenos (até diâmetro de 6 mm), consiste de duas partes móveis e para furos maiores com três pontas auto-centrantes;



**Ponta tipo paquímetro** - possuem dois bicos tipo paquímetro, sendo que o movimento da parte móvel é retilíneo por um sistema especial.

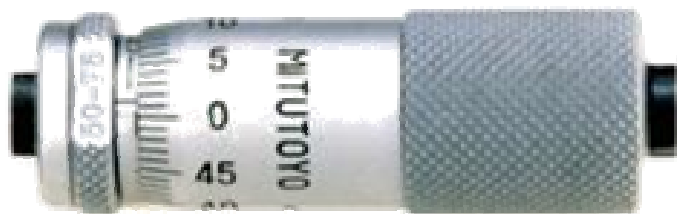


# TIPOS



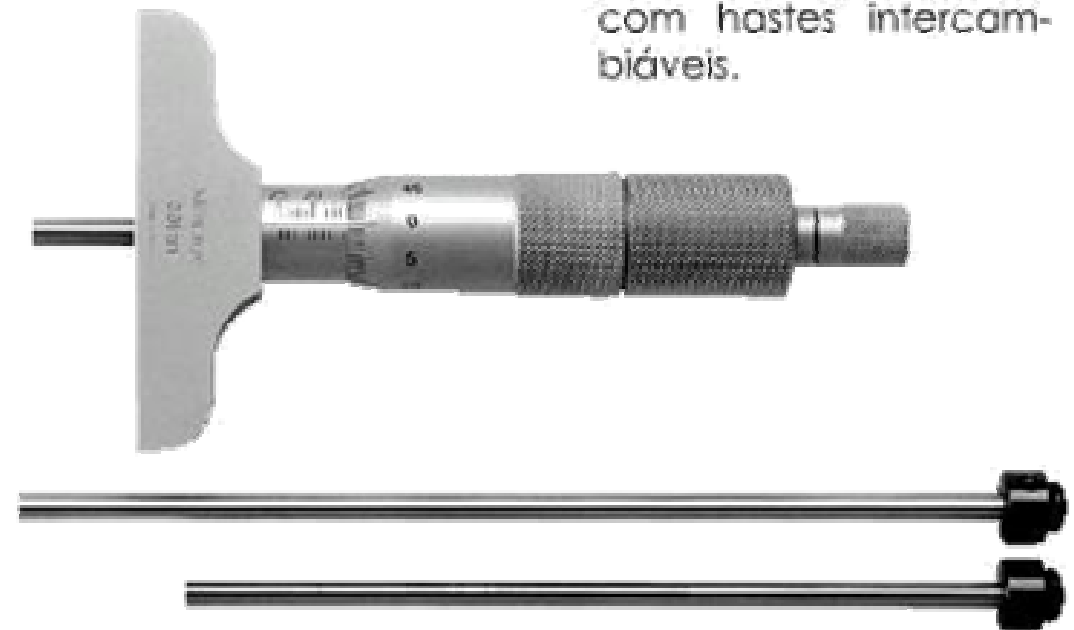
## • Micrômetro para Medição Interna

Tipo cilíndrico ou tubular - trata-se de uma cabeça micrométrica com duas pontas de contato.



## • Micrômetro para Medição de Profundidade

Trata-se de uma cabeça micrométrica acoplada a uma base plana com superfície de apoio lapidada. Existem basicamente dois tipos: com haste única e com hastes intercambiáveis.





# TIPOS



## • Micrômetros Especiais

**Arco raso** - utilizado para medir espessuras em lugares de difícil acesso.



**Medição de dentes de engrenagem** - utilizado para medir as espessuras dos dentes de uma engrenagem reta, pelo método de Wildhaber;

