



## Metrologia

Prof. Me. Eng. Gianpaulo Alves Medeiros





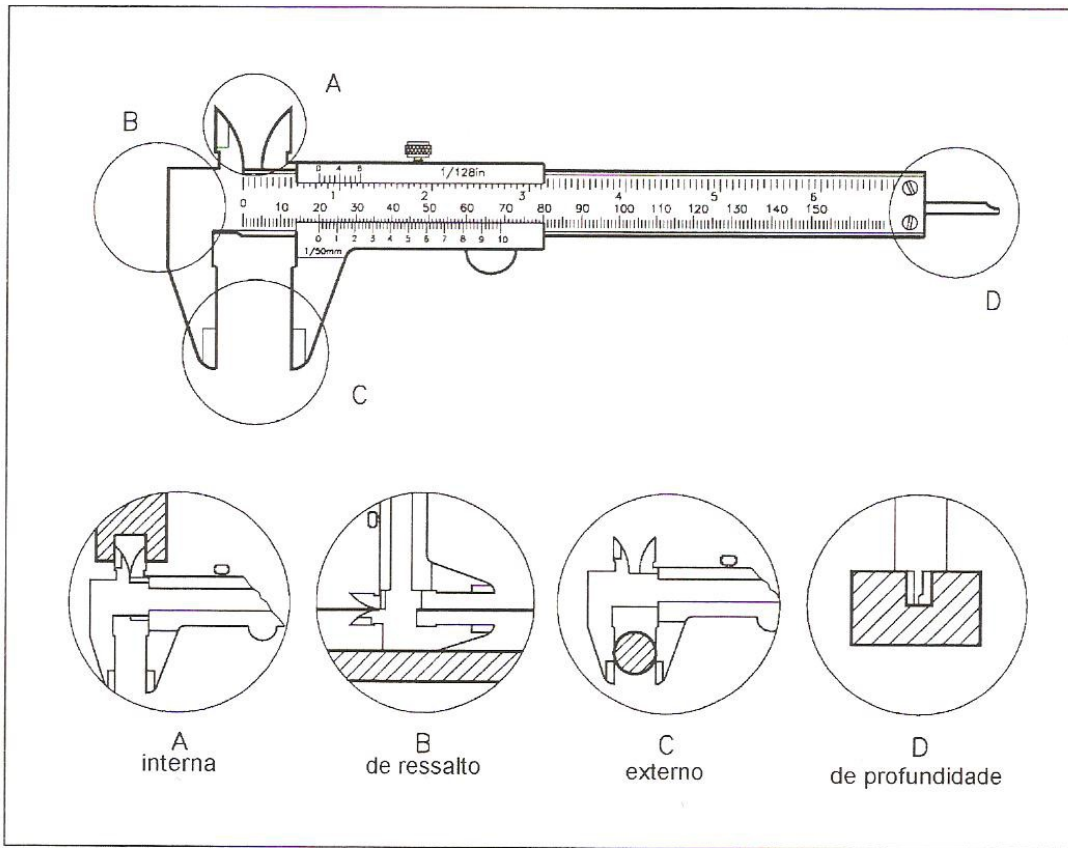
## Paquímetro - conceito

- **Paquímetro:** Instrumento usado para medir as dimensões lineares internas, externas e de profundidade de uma peça. Consiste em uma régua graduada, com encosto fixo, sobre a qual desliza um cursor.
- Geralmente é construído de aço inoxidável, e suas graduações referem-se a 20°C. A escala é graduada em milímetro e polegadas, podendo a polegada ser fracionária ou milesimal. O cursor é provido de uma escala, chamada nônio ou vernier, que se desloca em frente às escalas da régua e indica o valor da dimensão tomada.



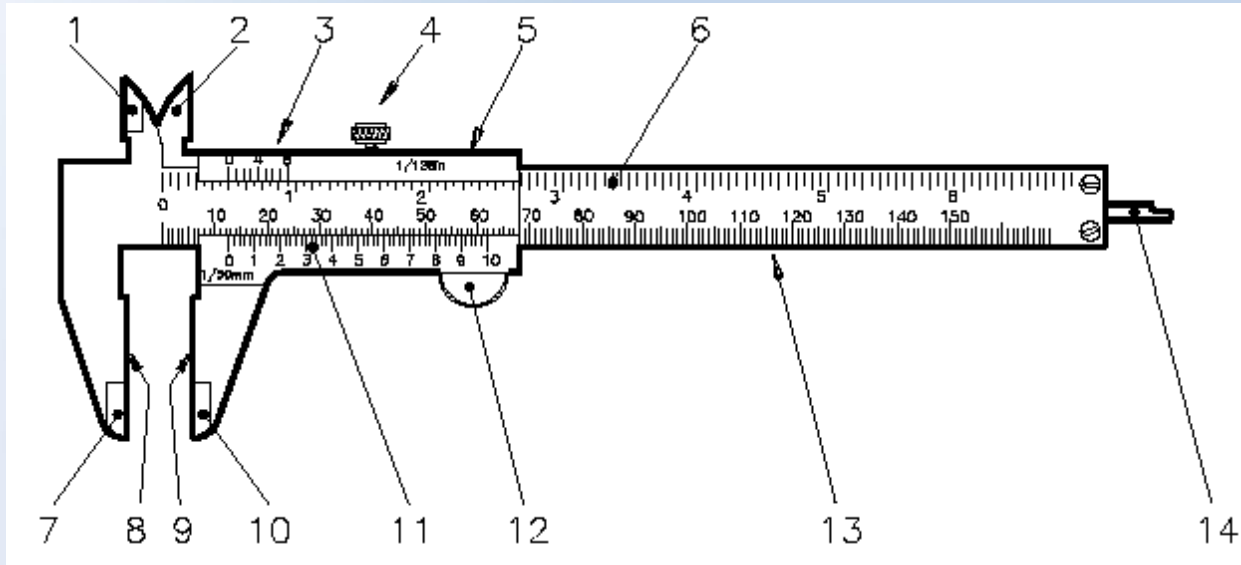


## Paquímetro – tipos





## Paquímetro – partes constituintes



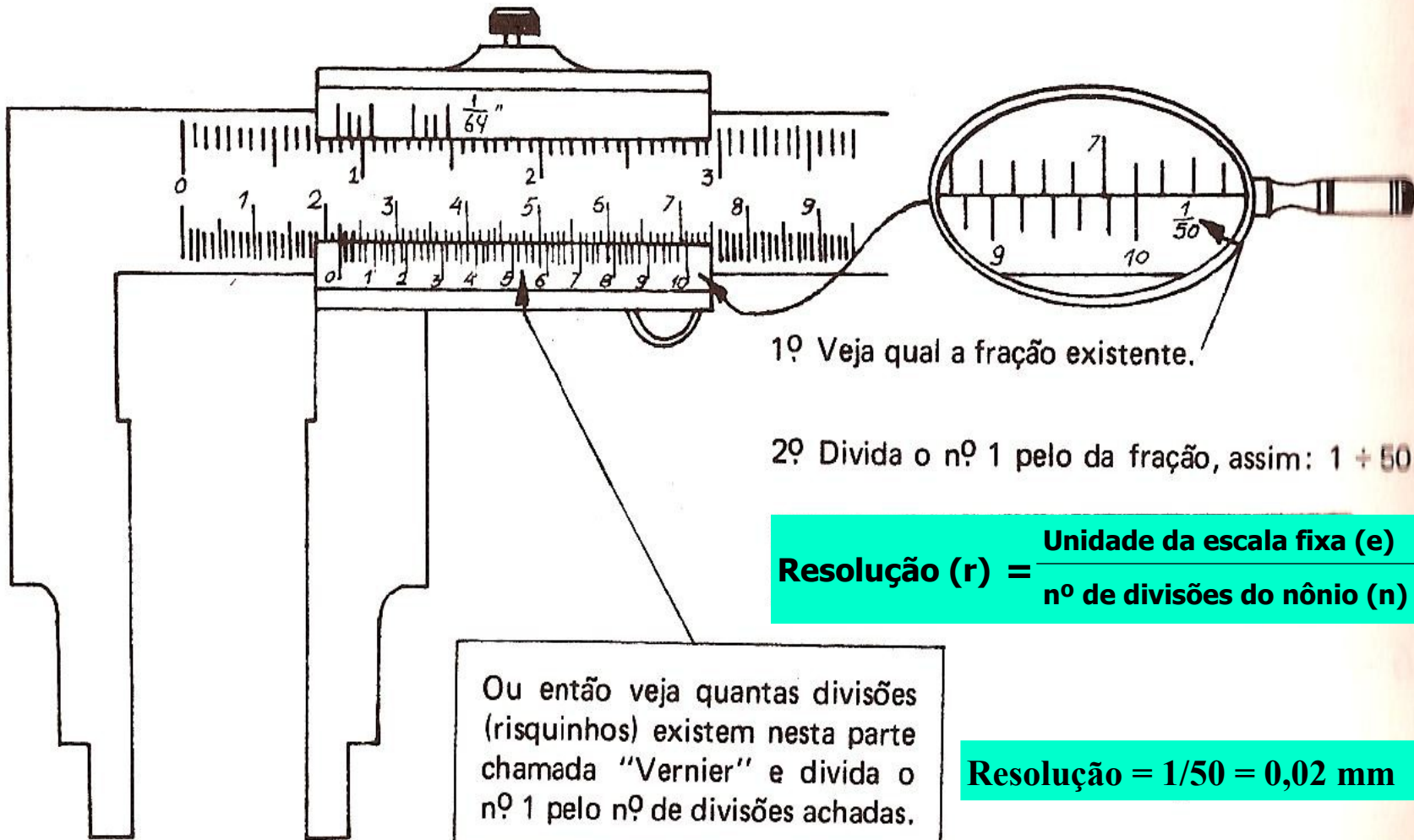
O paquímetro é indicado para precisões de até 0,02 mm ou 1/128 pol

1. orelha fixa
2. orelha móvel
3. nônio ou vernier (polegada)
4. parafuso de trava
5. cursor
6. escala fixa de polegadas
7. bico fixo
8. encosto fixo
9. encosto móvel
10. bico móvel
11. nônio ou vernier (milímetro)
12. impulsor
13. escala fixa de milímetros
14. haste de profundidade





## Paquímetro - características



1º Veja qual a fração existente.

2º Divida o nº 1 pelo da fração, assim:  $1 \div 50$ .

$$\text{Resolução (r)} = \frac{\text{Unidade da escala fixa (e)}}{\text{nº de divisões do nônio (n)}}$$

Ou então veja quantas divisões (risquinhos) existem nesta parte chamada "Vernier" e divida o nº 1 pelo nº de divisões achadas.

$$\text{Resolução} = 1/50 = 0,02 \text{ mm}$$



## Paquímetro – resolução (mm)

Para se calcular a resolução (também chamada sensibilidade) dos paquímetros, dividi-se o menor valor da escala principal (escala fixa), pelo número de divisões da escala móvel (nônio).

A resolução se obtém, pois, com a fórmula:  $r = e/n$ , onde

$r$  = resolução;

$e$  = menor valor da escala principal;

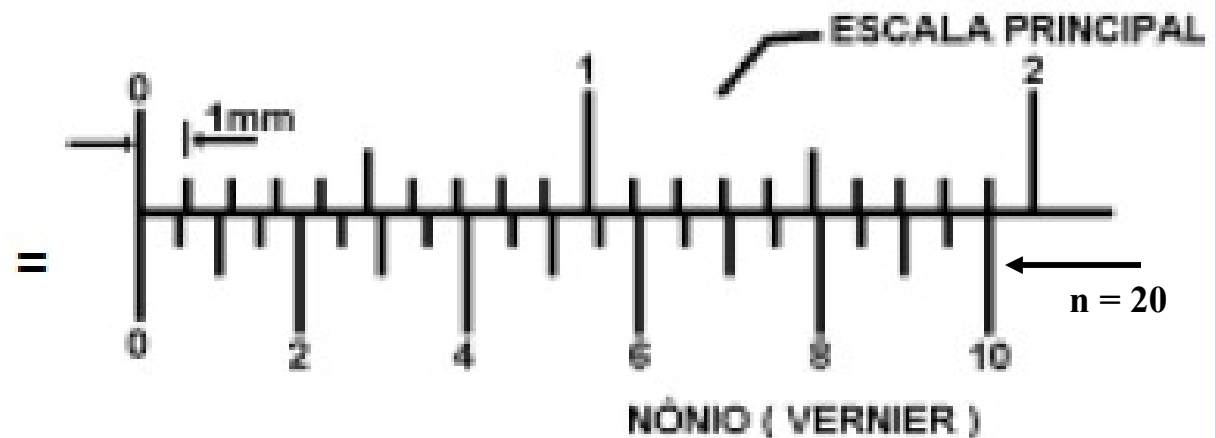
$n$  = número de divisões do nônio ou vernier

$$e = 1\text{mm}$$

$$n = 20 \text{ divisões}$$

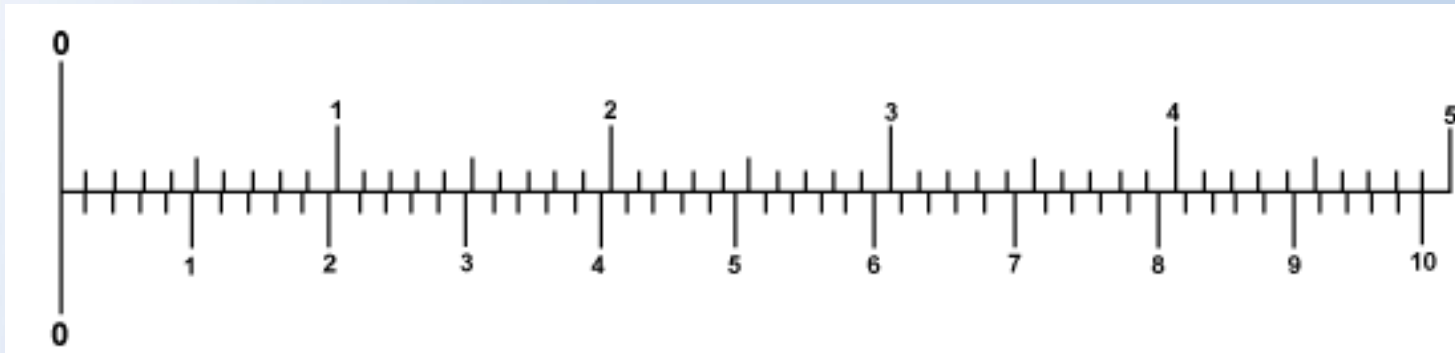
$$r = \frac{1\text{mm}}{20}$$

$$0,05\text{mm}$$



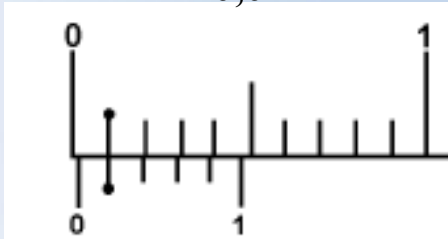


## Paquímetro – leitura da medida (mm)

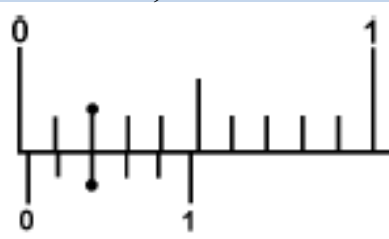


Paquímetro  
com 50  
divisões do  
nônio

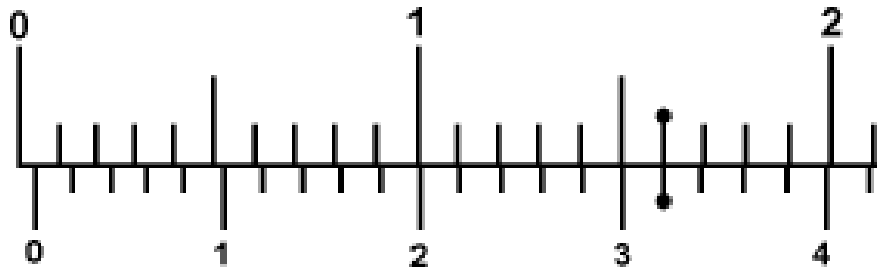
0,02



0,04



0,06

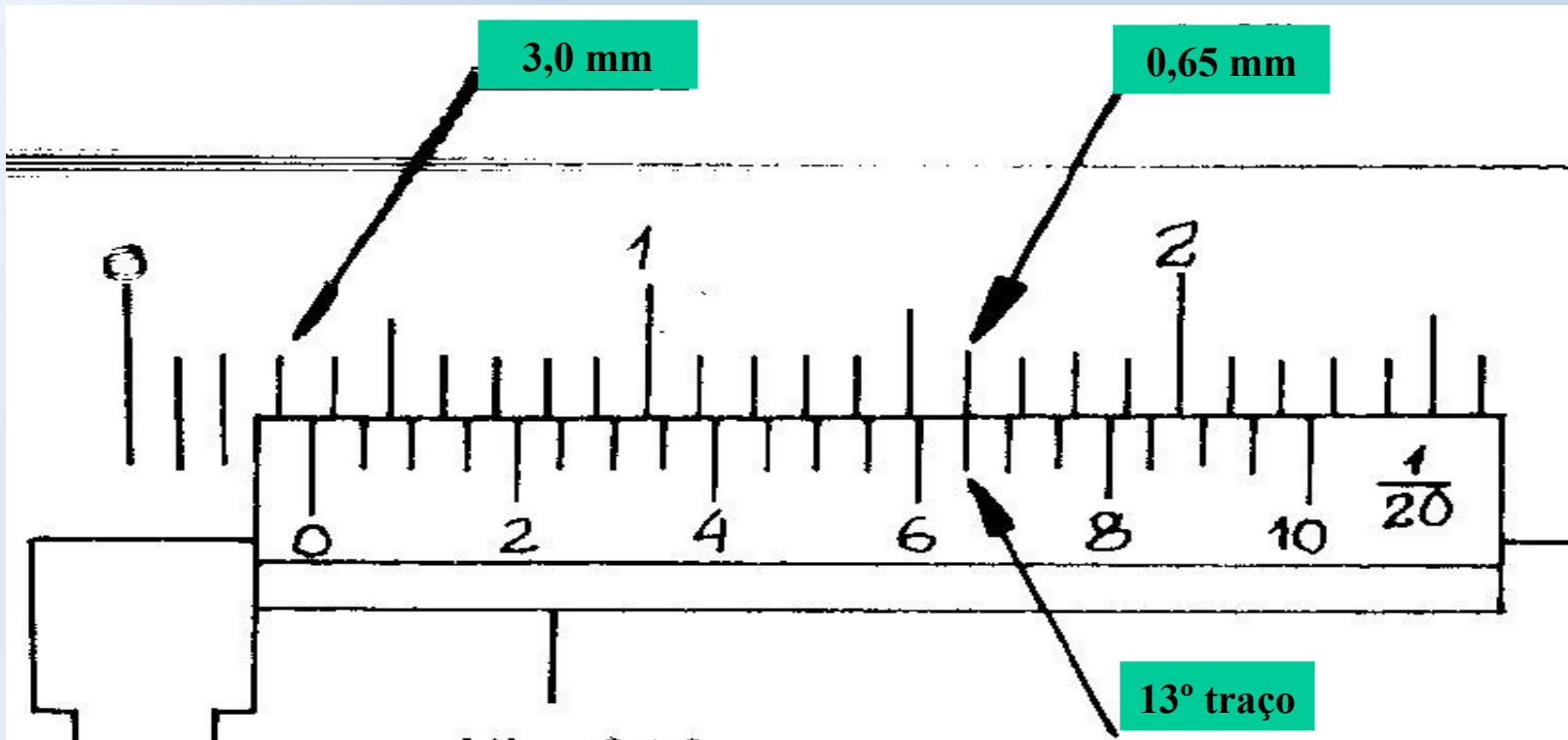


0,32





## Paquímetro – leitura da medida (mm)



1º passo: verificar quantas divisões existem à esquerda do número zero do nônio (vernier). **3,00 mm**

2º passo: Observar qual o traço da escala fixa que coincide com o do nônio (vernier). Cada traço tem 0,5 mm (1;20) **13º traço = 0,65 mm**

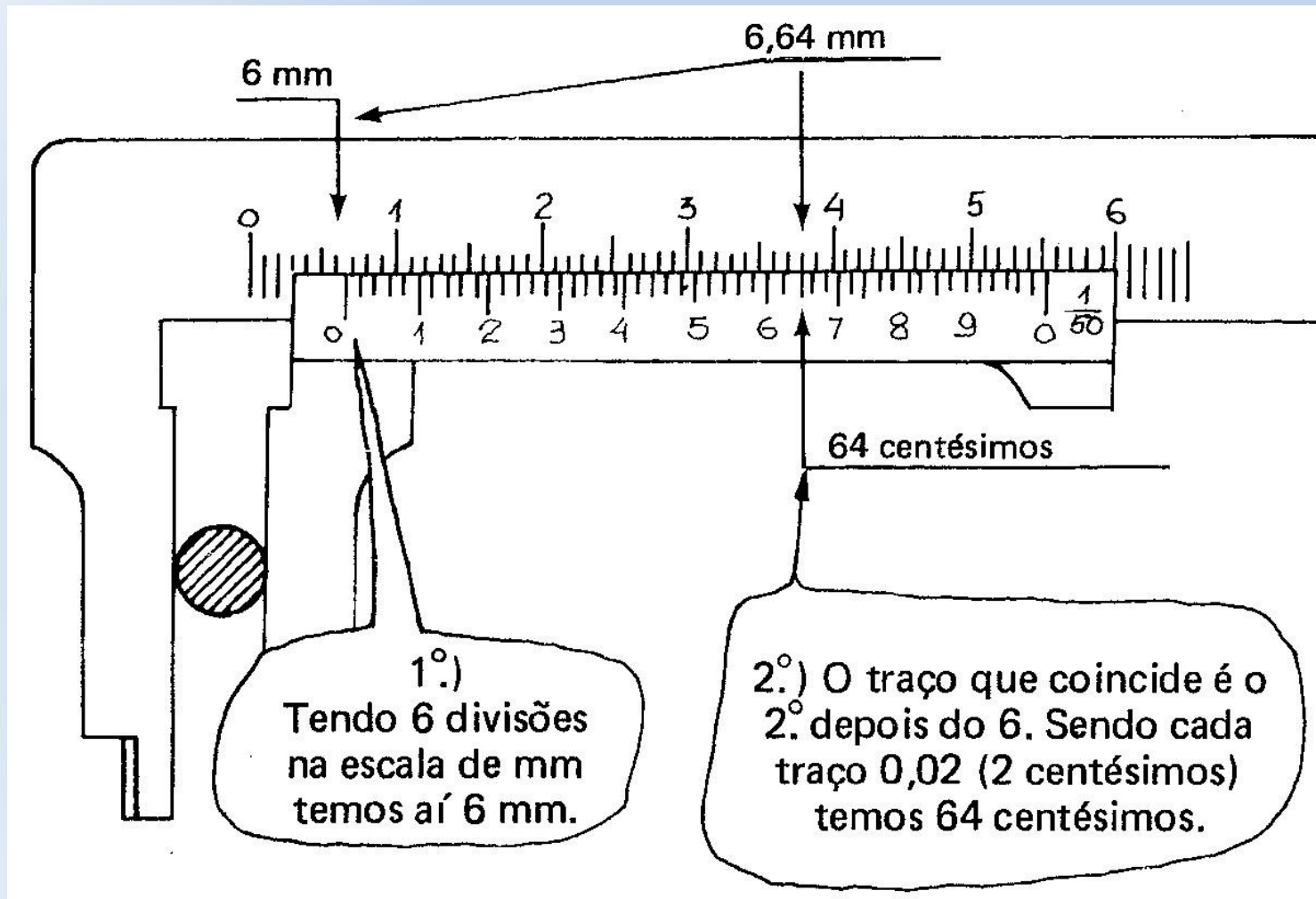
3º passo: Fazer a leitura total da medida. **= 3,65 mm**







## Paquímetro – leitura da medida (mm)





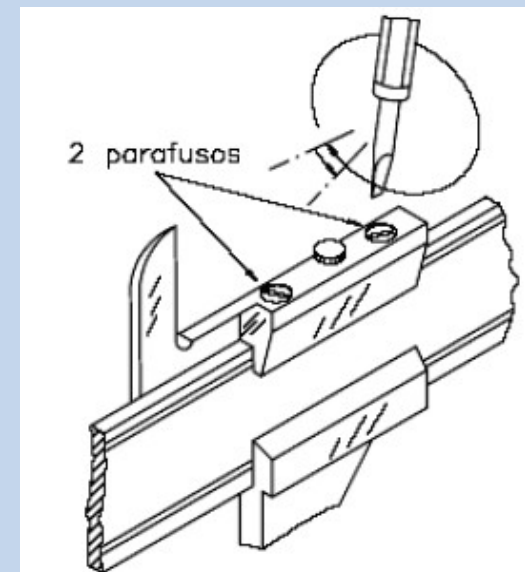
## Paquímetro – erros de medição

Paralaxe: Dependendo do ângulo de visão do operador, pode ocorrer o erro por paralaxe, pois devido a esse ângulo, aparentemente há coincidência entre um traço da escala fixa com outro da móvel.

Para não cometer o erro de paralaxe, é aconselhável que se faça a leitura situando o paquímetro em uma posição perpendicular aos olhos.

Pressão de medição: O erro de pressão de medição origina-se no jogo do cursor, controlado por uma mola. Neste tipo de erro pode ocorrer uma inclinação do cursor em relação à régua, o que altera a medida.

Obs. Girar os parafusos até encostar no fundo e retornar aproximadamente 1/8 de volta.

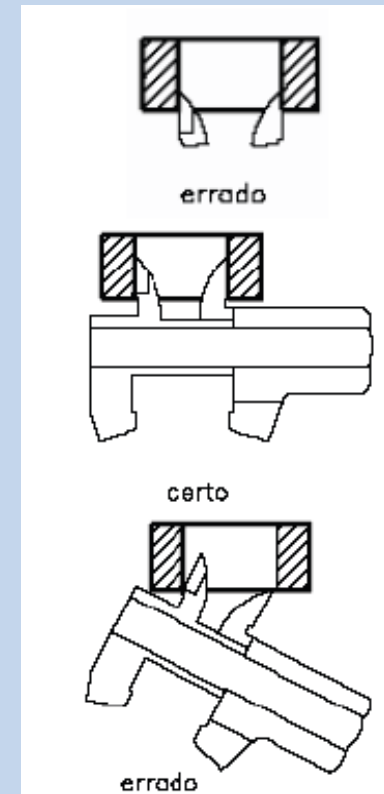
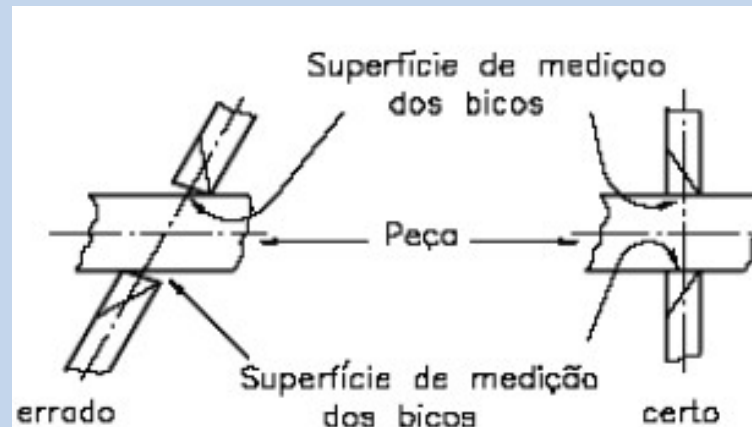
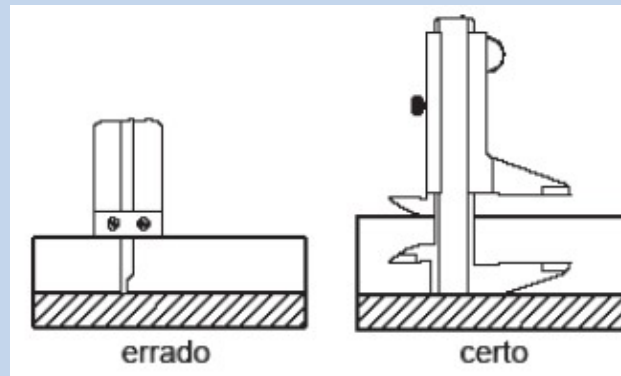
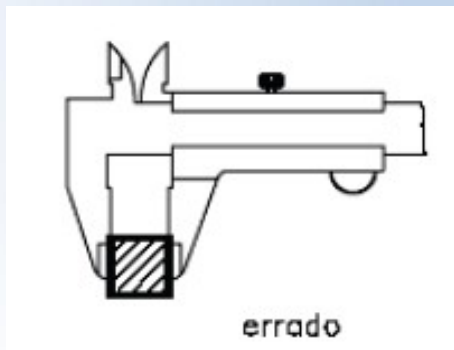
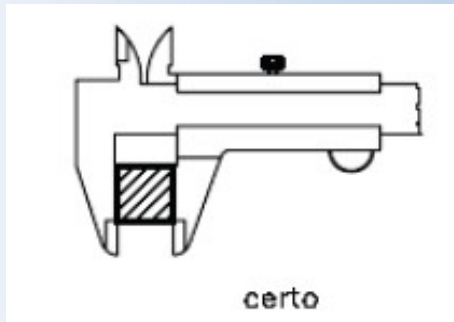




## Paquímetro – erros de medição

Uso: Para ser usado corretamente, o paquímetro precisa ter:

- seus encostos limpos;
- a peça a ser medida deve estar posicionada corretamente entre os encostos.





## Sistema Inglês de Medidas

- Unidade básica de medição: jarda
- Dimensões do corpo do rei George I da Inglaterra (XIV)





## Sistema Inglês de Medidas

- Submúltiplos e múltiplos



– Exemplos:

✓ Converter  $3\text{yd}+2'+10''$  em polegadas

– Solução:  $3 \times 36 + 2 \times 12 + 10 = 142''$

✓ Converter  $60\text{yd}+7'+18''$  em pés

– Solução:  $60 \times 3 + 7 + 18 : 12 = 188,5'$



## Sistema Inglês de Medidas

- O sistema inglês tem como padrão a **jarda**. Esse termo vem da palavra inglesa **yard** que significa “vara”, em referência a uso de varas nas medições. Esse padrão foi criado por alfaiates ingleses.
- As relações existentes entre a jarda, o pé e a polegada também foram instituídas por leis, sendo:

1 pé = 12 polegadas

1 jarda = 3 pés

1 milha terrestre = 1.760 jardas

$\frac{1}{2}''$	= Meia polegada
$\frac{1}{4}''$	= um quarto de polegada
$\frac{1}{8}''$	= um oitavo de polegada
$\frac{1}{16}''$	= um desesseis avos de polegada
$\frac{1}{32}''$	= um trinta e dois avos de polegada.
$\frac{1}{64}''$	= um sessenta e quatro avos de polegada.
$\frac{1}{128}''$	= um cento e vinte e oito avos de polegada.



## Sistema Inglês de Medidas

➤ A divisão da polegada em submúltiplos de  $\frac{1}{2}$ "",  $\frac{1}{4}$ "",  $\frac{1}{8}$ "", em vez de facilitar, complica os cálculos na indústria. Por essa razão, criou-se a divisão decimal da polegada. Na prática, a polegada subdivide-se em milésimo e décimos de milésimo.

Por exemplo:

a)  $1.003'' = 1$  polegada e 3 milésimos

b)  $1.1247'' = 1$  polegada e 1 247 décimos de milésimos

c)  $.725'' = 725$  milésimos de polegada

➤ Para converter polegada fracionária em milímetro, deve-se multiplicar valor em polegada fracionária por 25,4.

$$\frac{3''}{8} \div \frac{3 \times 25,4}{8} = \frac{76,2}{8} = 9,525$$



## Sistema Inglês de Medidas

➤ A conversão de milímetro em polegada fracionária é feita dividindo-se o valor em milímetro por 25,4 e multiplicando-o por 128. O resultado deve ser escrito como numerador de uma fração cujo denominador é 128. Caso o numerador não dê um número inteiro, deve-se arredondá-lo para o número inteiro mais próximo.

a) 12,7 mm

$$12,7 = \frac{\left(\frac{12,7}{25,4}\right) \times 128}{128} = \frac{0,5 \times 128}{128} = \frac{64''}{128}$$

Simplificando;

$$\frac{64''}{128} = \frac{32}{64} = \frac{16}{32} = \frac{8}{16} = \frac{4}{8} = \frac{2}{4} = \frac{1''}{2}$$

b) 19,8 mm

$$19,8 = \frac{\left(\frac{19,8}{25,4}\right) \times 128}{128} = \frac{99''}{128}, \text{ arredondando;}$$

$$\frac{100''}{128} \text{ Simplificando } \frac{100}{128} = \frac{50}{64} = \frac{25''}{32}$$





## Sistema Inglês de Medidas

➤ A polegada milesimal é convertida em polegada fracionária quando se multiplica a medida expressa em milésimo por uma das divisões da polegada, que passa a ser o denominador da polegada fracionária resultante. Exemplo:

❖ Escolhendo a divisão 128 da polegada, usaremos esse número para:

❑ multiplicar a medida em polegada milesimal:  $.125'' \times 128 = 16''$ ;

❑ figurar como denominador (e o resultado anterior como numerador):

**b) Converter 0,750" em polegada fracionária;**

$$\frac{.750}{128} \times 128 = \frac{96}{128} \dots = \frac{3}{4}''$$

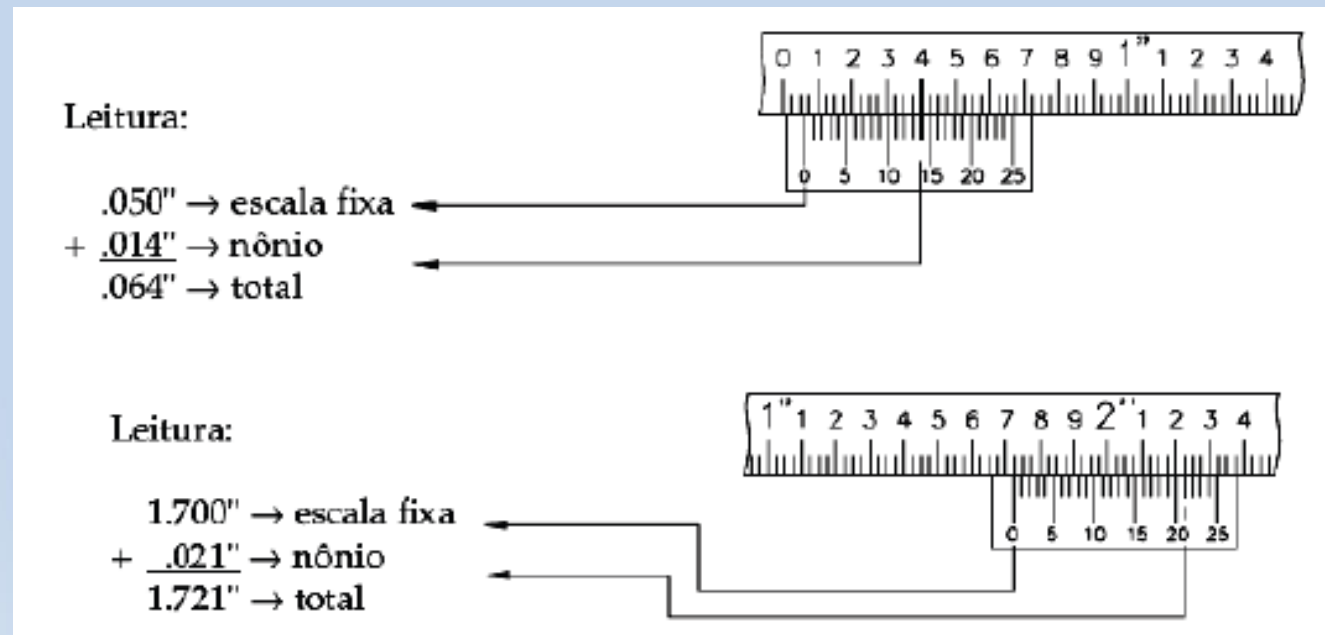


## Paquímetro – resolução (polegadas)

➤ Polegada milesimal: No paquímetro em que se adota o sistema inglês, cada polegada da escala fixa divide-se em 40 partes iguais. Cada divisão corresponde a:

$$e = 1/40'' = 0.025''$$

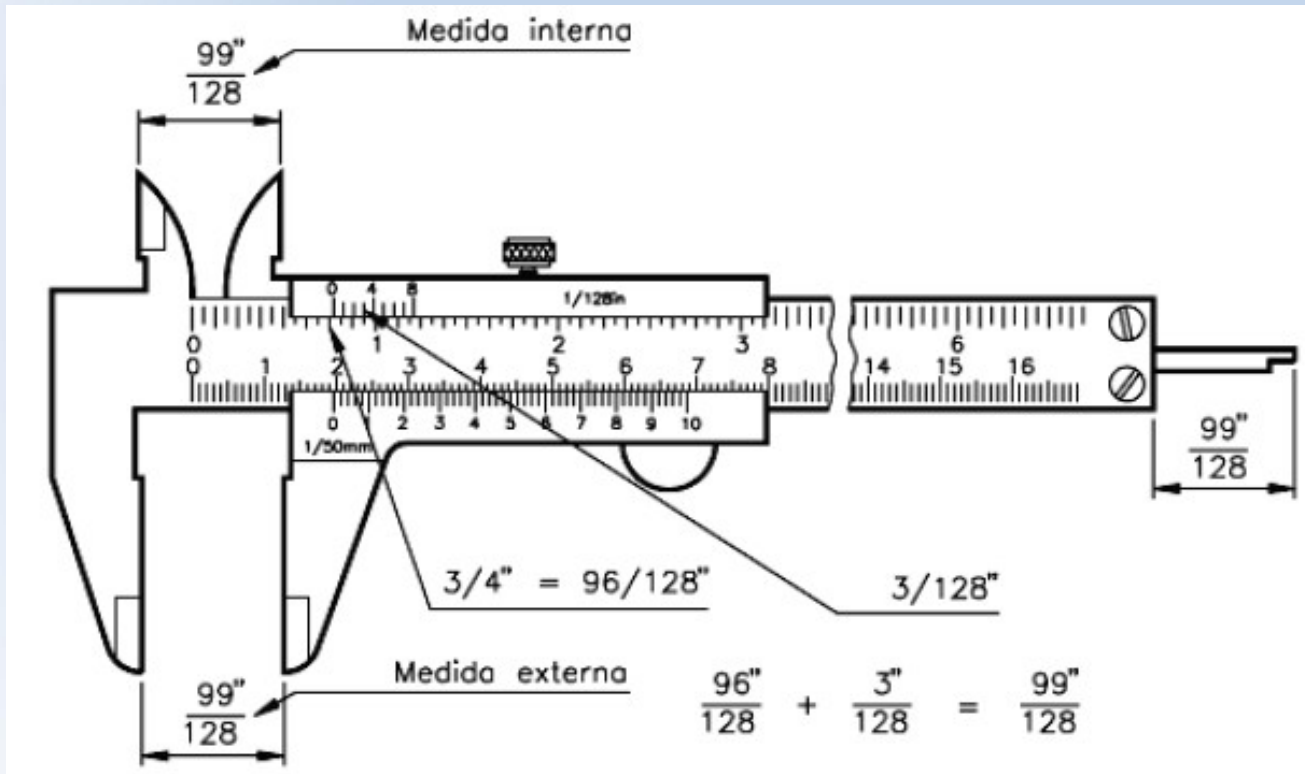
➤ O procedimento para leitura é o mesmo que para a escala em milímetro.





## Paquímetro – resolução (polegadas)

Polegada fracionada: A escala fixa do paquímetro é graduada em polegada e frações de polegada. Esses valores fracionários da polegada são complementados com o uso do nônio. Para utilizar o nônio, precisamos saber calcular sua resolução.



$$e = 1/16''$$

$$n = 8$$

$$r = e / n$$

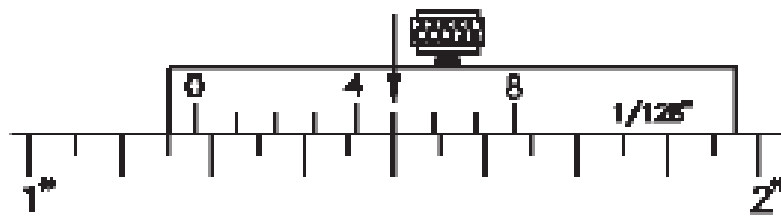
$$a = (1/16)/8$$

$$a = 1/128''$$



## Paquímetro – leitura da medida (polegadas)

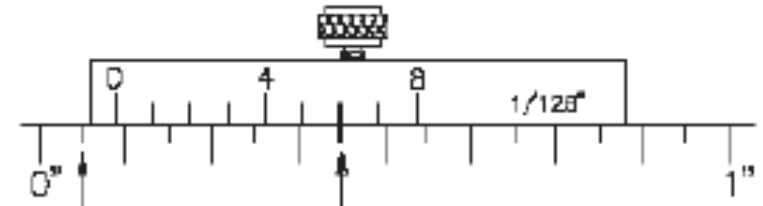
➤ Como é possível notar, a utilização de medidas em polegadas fracionadas exige uma sequência de contas, pois a leitura só será direta com muita prática.



$$\text{Escala fixa} \rightarrow 1 \frac{3}{16} \quad \text{nônio} \rightarrow \frac{5}{128}$$

$$\text{Portanto: } 1 \frac{3}{16} + \frac{5}{128} \Rightarrow 1 \frac{24}{128} + \frac{5}{128}$$

$$\text{Total: } 1 \frac{29}{128}$$



$$\text{Escala fixa} \rightarrow \frac{1}{16} \quad \text{nônio} \rightarrow \frac{6}{128}$$

$$\text{Portanto: } \frac{1}{16} + \frac{6}{128} \Rightarrow \frac{8}{128} + \frac{6}{128} = \frac{14}{128}$$

$$\text{Total: } \frac{7}{64}$$



## Paquímetro – leitura da medida (polegadas)

Para abrir um paquímetro em uma medida dada em polegada fracionária, devemos:

**1º passo** - Verificar se a fração tem denominador 128.

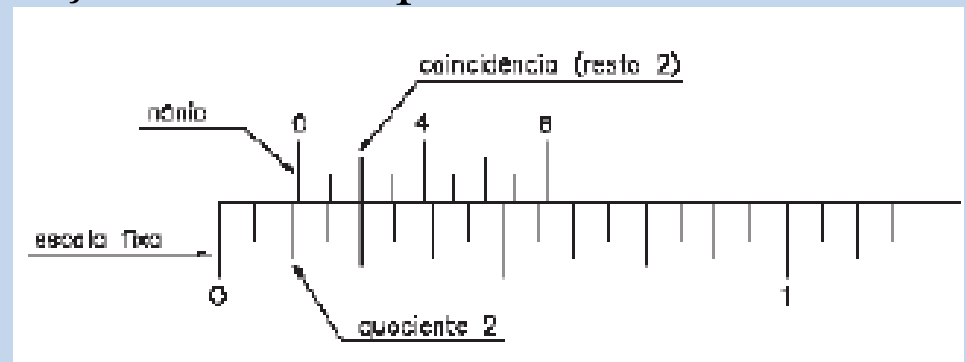
Se não tiver, deve-se substituí-la pela sua equivalente, com denominador 128.

Ex.  $9/64'' = 18/128''$

**2º passo** - Dividir o numerador por 8, que é o número de divisões do nônio.

**3º passo** - O quociente indica a medida na escala fixa; O resto mostra o número do traço do nônio que coincide com um traço da escala fixa.

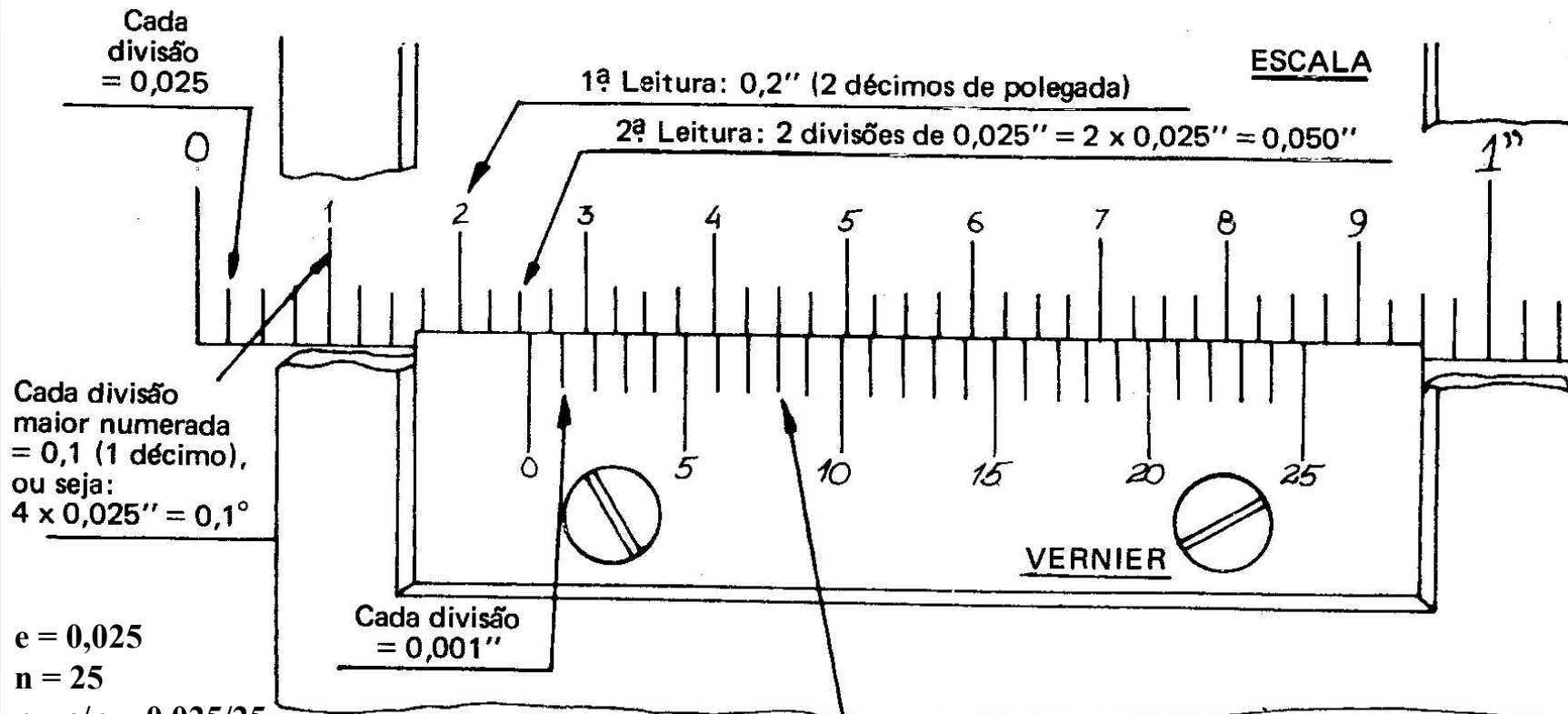
18	8
2	2
resto	quociente





## Paquímetro – leitura de medida (polegadas)

M  
E  
T



$e = 0,025$   
 $n = 25$   
 $r = e/n = 0,025/25$   
 $r = 0,001"$

1ª Leitura = 0,2"  
 2ª Leitura = 0,050"  
 3ª Leitura = 0,008"  
 Total = 0,258" (258 milésimos de polegada)

3ª Leitura: Verificar qual a divisão do "Vernier" que COINCIDE com a divisão da escala. Na gravura o 8º traço. Cada divisão = 0,001". Logo, 0,008 (8 milésimos de polegada).



