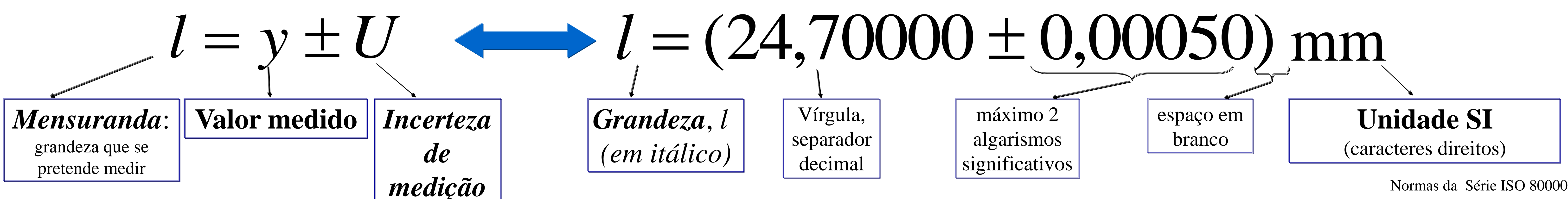


## Resultado de medição

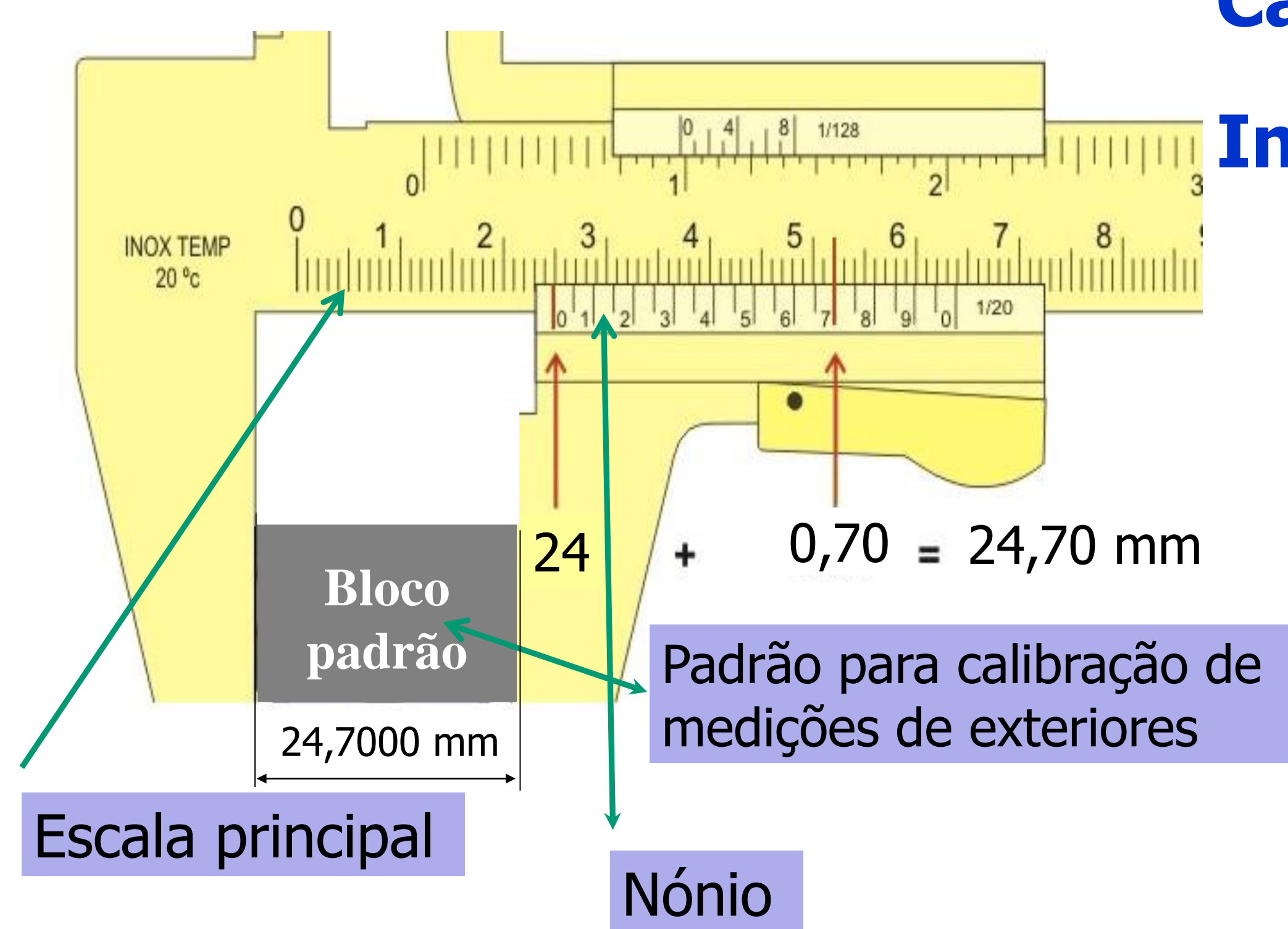
Conjunto de valores atribuídos a uma mensuranda juntamente com toda outra informação pertinente disponível. Um resultado de medição é geralmente expresso por um único valor medido e uma incerteza de medição.



## Calibração

Operação que estabelece, sob condições especificadas, num primeiro passo, uma relação entre os valores e as incertezas de medição fornecidos por padrões e as indicações correspondentes com as incertezas associadas; num segundo passo, utiliza esta informação para estabelecer uma relação visando a obtenção dum resultado de medição a partir duma indicação. A medição, processo de obtenção experimental de um ou mais valores que podem ser, razoavelmente atribuídos a uma grandeza, implica a comparação de grandezas.

### Calibração do Paquímetro



### Incerteza de calibração do paquímetro

Procedimento de medição para a calibração de um ponto da escala,  $\ell$

Indicação (no paquímetro no ponto da escala, $\ell$ ) Medição $i$	$x_i$
Média de $n$ medições independentes $i=1, \dots, n$	$\bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$
Valor medido	$y = \bar{y}$

### Resolução do dispositivo indicador ( $R$ )

Grandezas de influência no valor da incerteza-padrão	Estimativa /mm $u_i(y)$
Resolução do paquímetro	$\frac{R}{\sqrt{3}}$
Repetibilidade (desvio padrão das $n$ medições independentes)	$\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{y})^2}{(n-1)}}$
Incerteza expandida do CC do bloco-padrão	$\frac{U_{bl}}{k}$
Diferença de temperatura, $\Delta t$ (entre o $b/\ell$ e o paquímetro) $\alpha$ coeficiente de expansão térmico do paquímetro	$\alpha \times \frac{\Delta t}{\sqrt{3}} \times \ell$
Incerteza combinada ( $k=1$ )	$u(y) = \sqrt{\sum_{i=1}^n u_i^2(y)}$
Incerteza expandida $k=2$	$U = k \times u(y)$

### Padrão de referência: Bloco-padrão ( $b$ )

Valor nominal = 24,700 mm;  
com Certificado de Calibração onde:  
 $V_{ref}$  = Valor verdadeiro a 20 °C = 24,7000 mm  
Incerteza expandida  $U_{bl} = 50 \text{ nm}$  ( $K=2$ )

(com  $k=2$ : significa que há uma probabilidade de 95 % de que o resultado de medição apresentado no Certificado de Calibração deste padrão esteja entre 24,69950 mm e 24,70050 mm)

Resultado de medição (para cada ponto da escala, $\ell$ )	$y \pm U$
---	-----------

**Erro de medição:** diferença entre o valor medido duma grandeza e um valor de referência VIM §2.16.

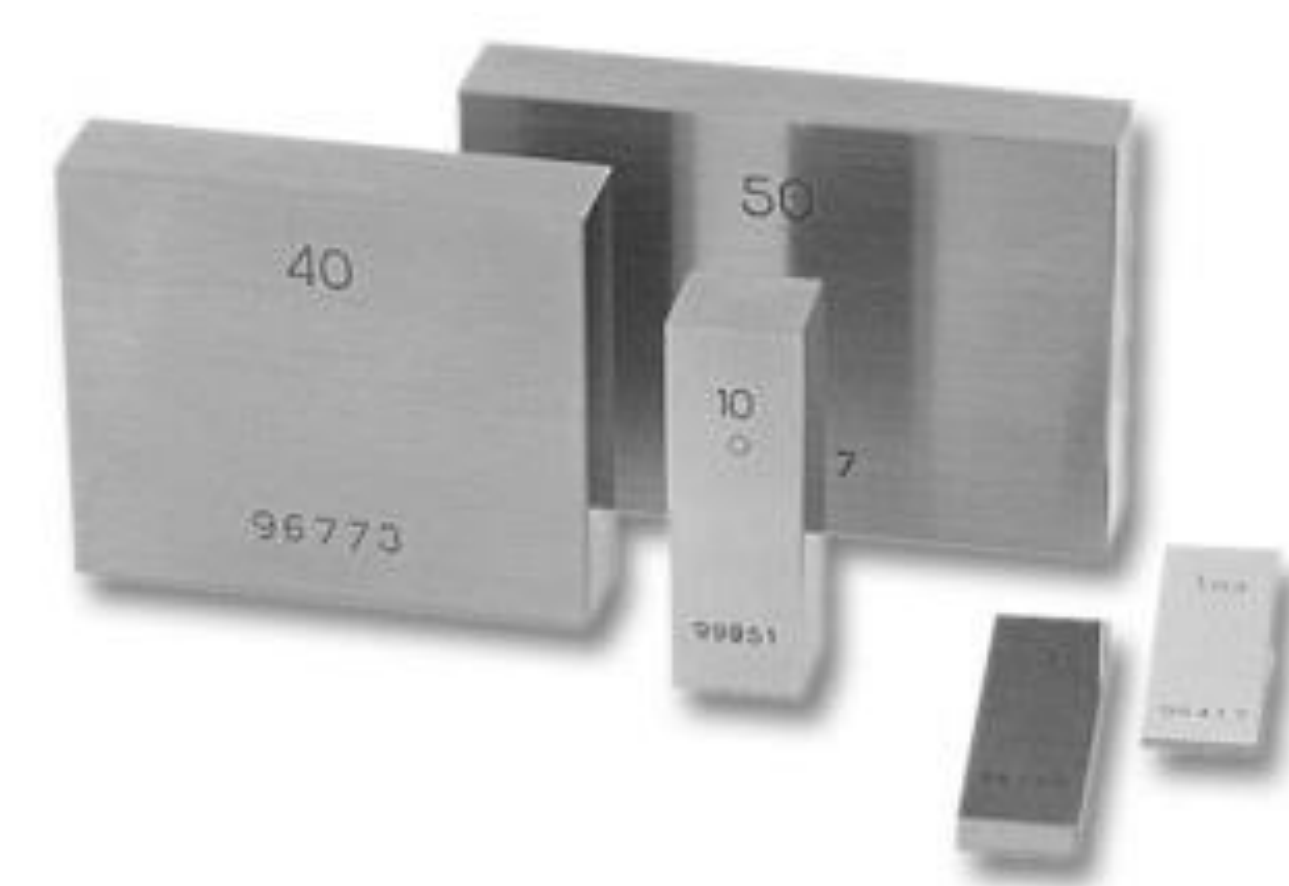
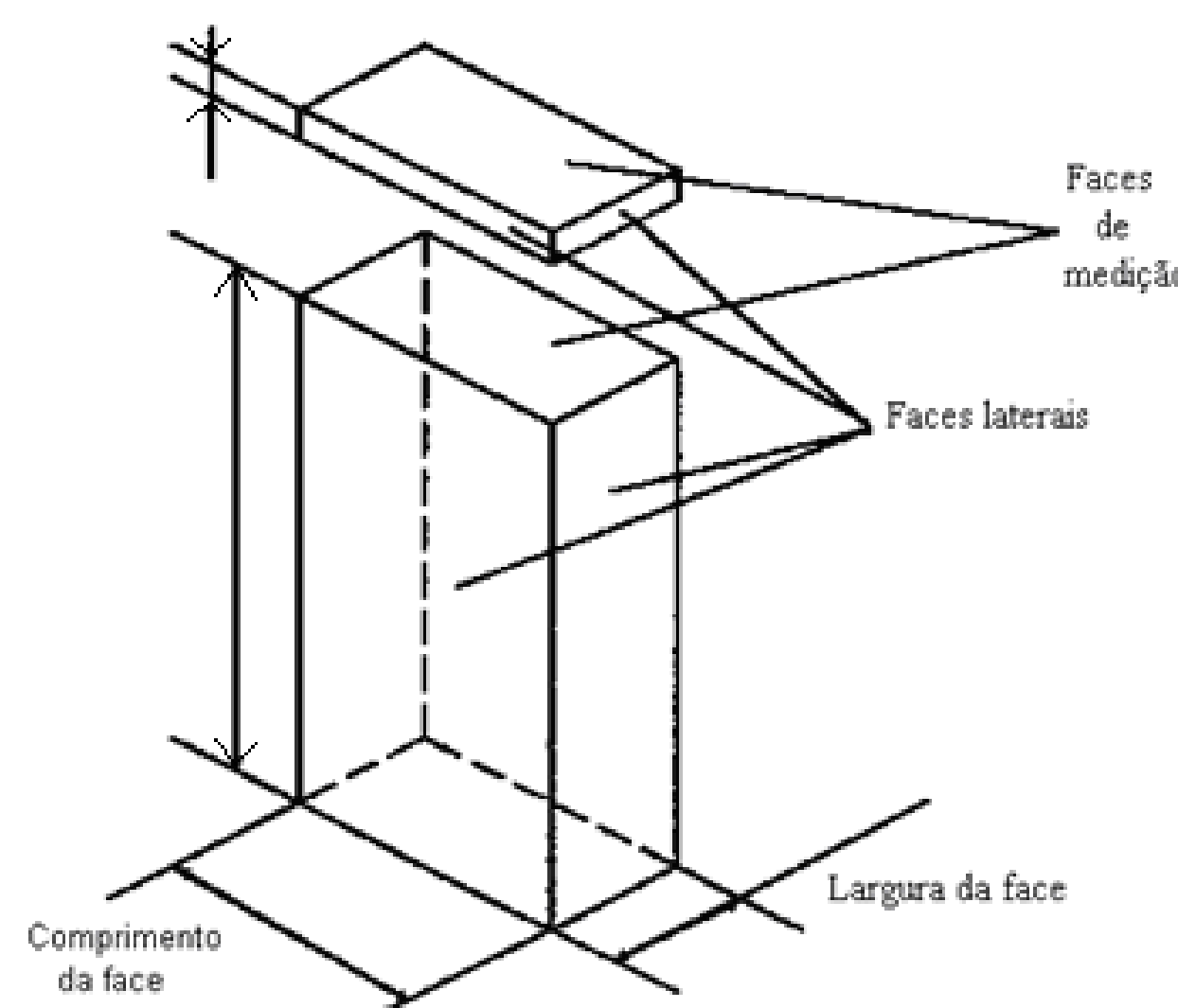
$$e = y - V_{ref}$$

## Rastreabilidade metrológica

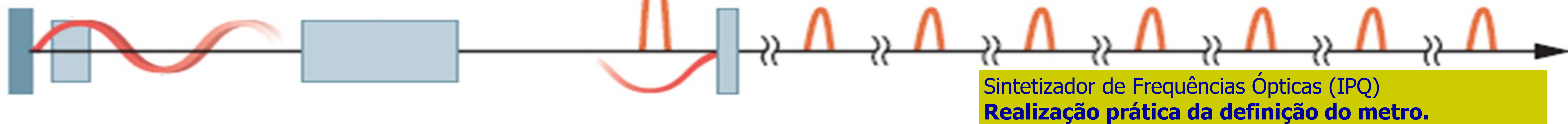
### ✓ Padrão de medição secundário

#### Bloco-padrão linear

Bloco de secção retangular, construído em material resistente, com um par de planos paralelos correspondentes às faces de medição.



### ➤ Padrão de medição internacional



## Bibliografia

- VIM – Vocabulário Internacional de Metrologia – Conceitos Fundamentais e Gerais e Termos associados; disponível em ipq.pt
- ISO\_13385-1: 2019 - Geometrical product specifications (GPS) – Dimensional measuring equipment – Part 1: Design and metrological characteristics of calipers
- ISO 3650: 1998 - Geometrical Product Specifications (GPS) – Length standards – Gauge blocks
- F. Saraiva e outros – “O laser na realização prática da definição do metro”, Gazeta de Física, Vol. 34, nº1; 2011



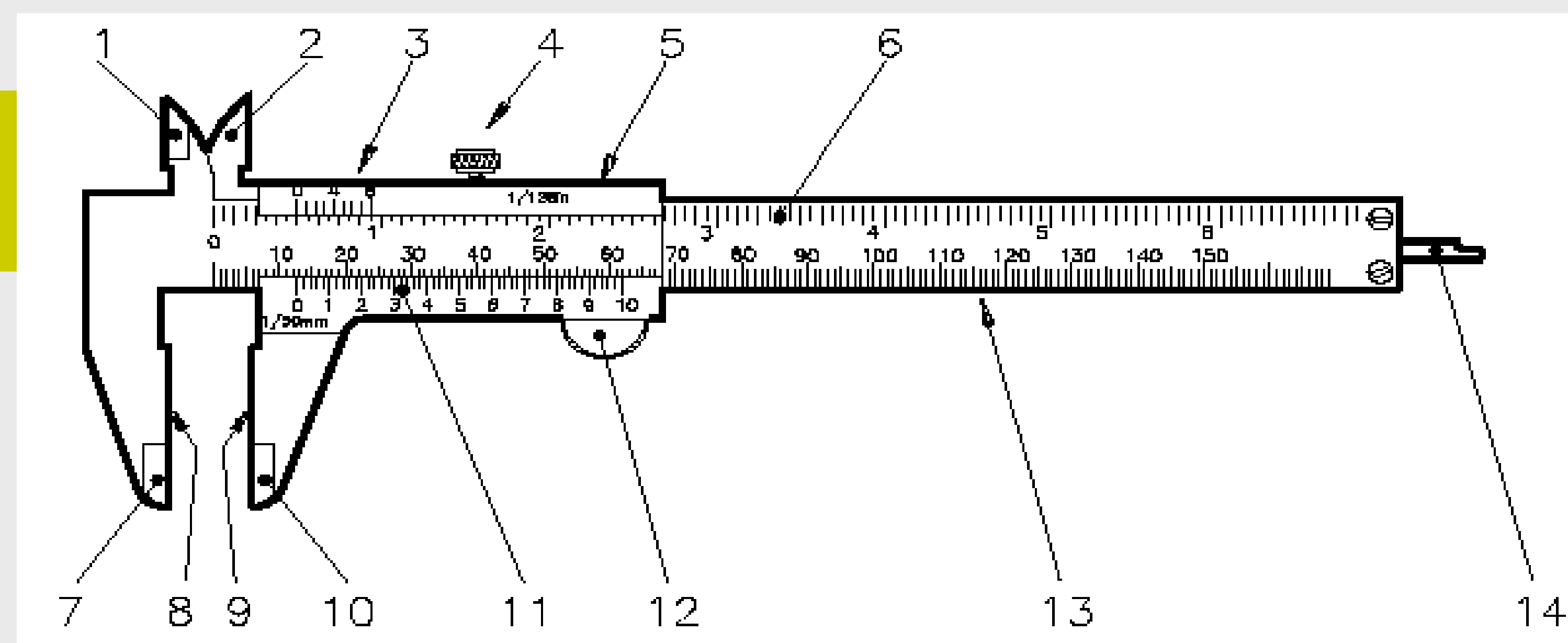
## Calibração do Paquímetro Analógico, em medições de exteriores

com resolução do dispositivo indicador ( $R$ )

**Objetivo:** Determinação do erro de medição, em medições de exteriores, para o ponto da escala,  $\ell = 50,00$  mm.

### Como medir com um paquímetro?

1. Coloca-se entre as maxilas o equipamento ou padrão cuja mensuranda (distância) se pretende medir.
2. Aproxima-se suavemente as maxilas até haver contacto (medição de exteriores ou interiores).
3. Lê-se a indicação na escala e atribuiu-se esse valor à mensuranda.



- |                            |                        |
|----------------------------|------------------------|
| 1. orelha fixa             | 8. encosto fixo        |
| 2. orelha móvel            | 9. encosto móvel       |
| 3. nónio (polegadas)       | 10. maxila móvel       |
| 4. parafuso de fixação     | 11. nónio (mm)         |
| 5. cursor                  | 12. impulsor           |
| 6. escala fixa (polegadas) | 13. escala fixa (mm)   |
| 7. maxila fixa             | 14. haste profundidade |

### Procedimento de calibração

1. Equipamento necessário ( blocos-padrão e certificado de calibração, termómetro, luvas);
2. Verificar o estado de funcionamento e limpeza do paquímetro;
3. Fechar as maxilas e verificar o zero na escala;
4. Selecionar o bloco-padrão calibrado a utilizar (50,00 mm):  $V_{ref}$
5. Deixar o paquímetro a estabilizar em temperatura durante 2 horas junto aos padrões a utilizar na calibração;
6. Abrir as maxilas do paquímetro, deslocando o cursor a um comprimento maior do que o valor nominal do bloco padrão a utilizar;
7. Colocar o bloco-padrão (valor de referência) entre as duas maxilas do paquímetro utilizada para medições de comprimentos exteriores, aproximar as maxilas às faces do bloco-padrão;
8. Registrar a leitura da indicação da escala do paquímetro na folha de registos:  $x_i$ .

Exemplo: Se o zero da escala de nónio não coincide com a linha da graduação da escala fixa e se o zero do nónio se situar entre o valor 50 e 51 da escala fixa, lê-se 50 mm e procura-se o traço da escala do nónio que coincide com um da escala fixa. Adiciona-se a 50 mm o nº de traços do nónio, até haver coincidência, multiplicado pela resolução do nónio.

9. Registrar a temperatura;
10. Repetir  $n$  vezes os passos anteriores;
11. Determinar a média dos  $n$  registos da leitura da indicação da escala, a qual corresponde ao valor medido:

$$\bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

Ponto da escala do paquímetro a calibrar $\ell$	Indicação ou Valor medido (paquímetro) /mm	Incerteza expandida $U$ /mm
50,00 mm	$y = \bar{y}$	$U = k \times u(y)$

**Erro de medição:** é dado pela diferença entre o valor medido duma grandeza e um valor de referência (neste exemplo o valor de referência é dado no Certificado de Calibração do bloco-padrão)

$$e = y - V_{ref}$$