[illegible]

Índice

Unidades de medida.....	3
Histórico sobre os padrões de medida.....	3
Unidade de base	4
Unidades derivadas	4
Unidade de comprimento:	5
Unidade de Área	5
Volume	5
Pressão.....	5
Pressão Absoluta –	6
Temperatura.....	6
Força.....	7
Metrologia e indústria	8
Métodos empregados	8
Conversões de medidas	9
Conversões	10
Exercício conversão de polegadas para milímetros.....	10
Instrumentos de medição.....	12
PAQUÍMETRO	12
Erros de leitura.....	15
Micrometro Externo.....	15
Tipos e características.....	16
Micrometro Interno.....	17
Constituição	17
Exemplo de leitura	18
Exercício:.....	18
Relógio comparador.....	18

Unidades de medida

Histórico sobre os padrões de medida

Antigamente não existiam os equipamentos disponíveis para realizar as medidas que necessitamos, assim as pessoas da época utilizavam bastante a prática de correlações com algo conhecido. As unidades de medição primitivas estavam baseadas em partes do corpo humano, que eram referências universais, pois ficava fácil chegar-se a uma medida que podia ser verificada por qualquer pessoa. Foi assim que surgiram medidas padrão como a polegada, o palmo, o pé, a jarda, a braça e o passo, como ilustram na Figura 1 e Figura 2. Algumas dessas medidas-padrão continuam sendo empregadas até hoje.

Veja os seus correspondentes em centímetros:

- | Inglês | Brasil |
|--------------|------------|
| • 1 polegada | = 2,54 cm |
| • 1 pé | = 30,48 cm |
| • 1 jarda | = 91,44 cm |

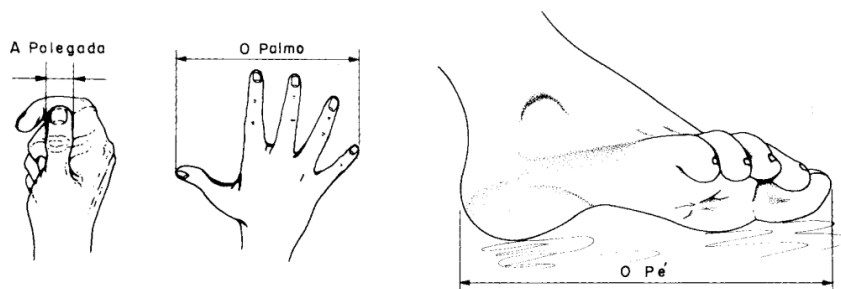


Figura 1: Partes do corpo utilizadas como padrão de medida.

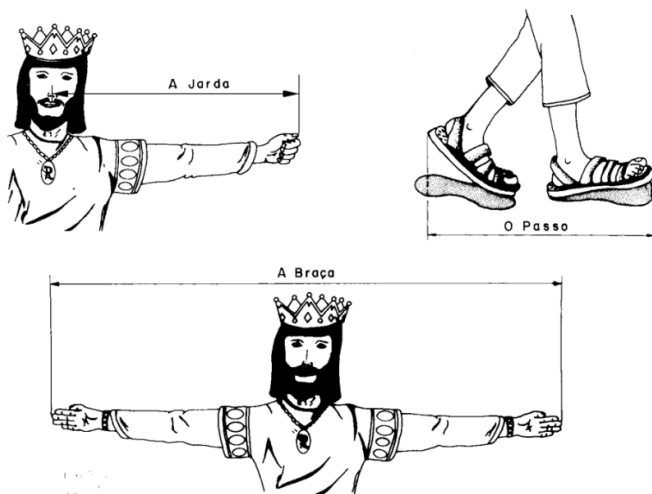


Figura 2: Utilização de referências corporais para determinação de unidades de medição

Unidade de base

Na Tabela 1 estão descritas os setes unidades que servem de base para todas as demais. Nela também estão presentes o símbolo e a descrição de como a mesma é obtida.

Tabela 1: Sete unidades de base, sua definição e símbolo.

Grandeza	Definição	Símbolo
Comprimento	metro: Distância percorrida pela luz no vácuo no intervalo de tempo de $1/299\,792\,456$ do segundo	m
Massa	quilograma: referente a massa do protótipo internacional.	kg
Tempo	segundo: Duração de $9\,192\,631\,770$ períodos da radiação correspondente a transição entre dois níveis hiperfinos do estado fundamental do átomo de Césio 133.	s
Intensidade de corrente elétrica	ampere: Intensidade de corrente elétrica constante que, mantida em dois condutores paralelos, retilíneos, de comprimento infinito, seção circular desprezível, e situados a distância de 1 metro entre si, no vácuo, produz entre estes condutores uma força igual a 2×10^{-7} newton por metro de comprimento.	A
Temperatura termodinâmica	kelvin: Corresponde a fração $1/273,16$ da temperatura termodinâmica do ponto triplice da água.	K
Intensidade luminosa	candela: Correspondente a intensidade luminosa, numa dada direção, de uma fonte que emite radiação monocromática de 540×10^{12} hertz e cuja intensidade nesta direção é de $1/683$ watt por esterradiano.	cd
Quantidade de matéria	Mol: Quantidade de matéria contendo um número de entidades elementares existentes em $0,012$ quilograma de carbono 12.	mol

Unidades derivadas

O conjunto das sete unidades de base e as unidades suplementares forma um conjunto que descreve as demais grandezas existentes, as unidades derivadas (tabela 2).

Tabela 2: Unidades derivadas.

Grandeza derivada	Unidade derivada	Símbolo
área	metro quadrado	m^2
volume	metro cúbico	m^3
velocidade	metro por segundo	m/s
aceleração	metro por segundo ao quadrado	m/s^2
velocidade angular	radiano por segundo	rad/s
aceleração angular	radiano por segundo ao quadrado	rad/s^2
massa específica	quilogramas por metro cúbico	kg/m^3
intensidade de campo magnético	ampère por metro	A/m
densidade de corrente	ampere por metro cúbico	A/m^3
concentração de substância	mol por metro cúbico	mol/m^3
luminância	candela por metro quadrado	cd/m^2

Unidade de comprimento:

<u>Unidades de Comprimento</u>						
	m	μm	mm	cm	dm	km
1 m =	1	10^6	10^3	10^2	10	10^{-3}
1 μm =	10^{-6}	1	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-9}
1 mm =	10^{-3}	10^3	1	10^{-1}	10^{-2}	10^{-6}
1 cm =	10^{-2}	10^4	10	1	10^{-1}	10^{-5}
1 dm =	10^{-1}	10^5	10^2	10	1	10^{-4}
1 km =	10^3	10^9	10^6	10^{-5}	10^4	1

Unidade de Área

<u>Unidades de Área</u>						
	m^2	μm^2	mm^2	cm^2	dm^2	km^2
1 m^2 =	1	10^{12}	10^6	10^4	10^2	10^{-6}
1 μm^2 =	10^{-12}	1	10^{-2}	10^{-8}	10^{-10}	10^{-18}
1 mm^2 =	10^{-6}	10^6	1	10^{-2}	10^{-4}	10^{-12}
1 cm^2 =	10^{-4}	10^8	10^2	1	10^{-2}	10^{-10}
1 dm^2 =	10^{-2}	10^{10}	10^4	10^2	1	10^{-8}
1 km^2 =	10^6	10^{18}	10^{12}	10^{10}	10^8	1

Volume

<u>Unidades de Volume</u>					
	m^3	mm^3	cm^3	dm^3 ¹⁾	km^3
1 m^3 =	1	10^9	10^6	10^3	10^9
1 mm^3 =	10^{-9}	1	10^{-3}	10^{-6}	10^{-18}
1 cm^3 =	10^{-6}	10^3	1	10^{-3}	10^{-15}
1 dm^3 =	10^{-3}	10^{-6}	10^3	1	10^{-12}
1 km^3 =	10^9	10^{18}	10^{15}	10^{12}	1
¹⁾ 1 dm^3 =	1 l (Litro)				

Pressão

Na área industrial trabalhamos com três conceitos de pressão:

Pressão Atmosférica ou Barométrica - É a pressão do ar e da atmosfera vizinha.

Pressão Relativa ou Manométrica - É a pressão tomada em relação à pressão atmosférica. Pode assumir valores negativos (vácuo) ou positivos (acima da pressão atmosférica).

Pressão Absoluta –

É a pressão tomada em relação ao vácuo completo ou pressão zero. Portanto só pode assumir valores positivos.

O Pascal é a unidade SI de pressão, e o seu símbolo é Pa.

Um Pascal é a pressão de uma força de 1 Newton exercida numa superfície de 1 metro quadrado.

Relações entre Unidades de pressão

$$P = F/A \quad P - \text{pressão} \quad F - \text{Força} \quad A - \text{Área}$$

Kgf/cm² : quilograma força por centímetro quadrado

lbs/pol² : libras por polegada ao quadrado

BAR..... : BAR

Pol Hg : polegada de mercúrio

Pol H₂O : polegada de água

ATM..... : atmosfera

mmHg..... : milímetros de coluna de mercúrio

mmH₂O : milímetros de coluna d'água

Kpa..... : quilopascal

	Kg/cm ²	lbs/pol ²	BAR	Pol Hg	Pol H ₂ O	ATM	mmHg	mmH ₂ O	Kpa
Kg/cm ²	1	14,233	0,9807	28,96	393,83	0,9678	735,58	10003	98,07
lbs/pol ²	0,0703	1	0,0689	2,036	27,689	0,068	51,71	70329	6,895
BAR	1,0197	14,504	1	29,53	401,6	0,98692	750,06	10200	100
Pol Hg	0,0345	0,4911	0,03386	1	13,599	0,0334	25,399	345,40	3,3863
Pol H ₂ O	0,0025	0,03611	0,00249	0,07353	1	0,00245	1,8677	25,399	0,24901
ATM	1,0332	14,696	1,0133	29,923	406,933	1	760,05	10335	101,332
mmHg	0,00135	0,01933	0,00133	0,03937	0,5354	0,00131	1	13,598	0,13332
mmH ₂ O	0,00009 9	0,00142	0,00009 8	0,00289	0,03937	0,00009	0,07363	1	0,0098
Kpa	0,01019	0,1450	0,01	0,29529	4,0158	0,00986	7,50056	101,998	1

Temperatura

O Kelvin é unidade SI de temperatura, e o seu símbolo é K.

O Kelvin é definido como a fração 1/273,15 da temperatura termodinâmica do ponto tríplice da água (equilíbrio simultâneo das fases sólida, líquida e gasosa).

Na prática utiliza-se o grau Celsius (°C).

Existem também as escalas Rankine e Fahrenheit.

Unidade de Temperatura

	K	°C	°F	Rank
Ponto de ebulição (Água)	373,15	100	212	671,67
Ponto de Solidificação	273,15	0	32	491,67
Zero Absoluto	0	-273,15	-459,67	0

$$\begin{aligned}
 T_K &= 273,15 + t_C = \frac{5}{9} T_R \\
 T_R &= 459,67 + t_F = 1,8 T_K \\
 t_C &= \frac{5}{9} (t_F - 32) = T_K - 273,15 \\
 t_F &= 1,8 t_C + 32 = T_R - 459,67
 \end{aligned}$$

T_K , T_R , t_C e t_F são os valores numéricos de uma temperatura nas escalas: Kelvin; Rankine; Celsius e Fahrenheit.

Força

Força é uma grandeza vetorial, derivada do produto da massa pela aceleração, ou seja, quando se aplica uma força (F) em um corpo de massa (m), ele se move com uma aceleração a, então:

$$F = m \cdot a$$

O Newton é a unidade SI de força, e o seu símbolo é N.

Unidades de Peso

	N ²⁾	kN	MN	kp	dina
1 N =	1	10^{-3}	10^{-6}	0,102	10^5
1 kN =	10^3	1	10^{-3}	$0,102 \cdot 10^3$	10^8
1 MN =	10^6	10^3	1	$0,102 \cdot 10^6$	10^{11}
1 kp =	9,81	$9,81 \cdot 10^{-3}$	$9,81 \cdot 10^{-6}$	1	$9,81 \cdot 10^5$
1 dina =	10^{-5}	10^{-8}	10^{-11}	$0,102 \cdot 10^{-5}$	1

$$^2) \quad 1N = 1 \text{ kg m/s}^2$$

Metrologia e indústria

A metrologia é a ciência que estuda as unidades de medida e de processo de medição.

Tanto os equipamentos de fabricação como os instrumentos de medida são imperfeitos. Por esse motivo, é impossível produzir objetos com total precisão. O erro pode ser diminuído, mas não eliminado completamente, pois as imperfeições são inevitáveis, até mesmo pelo desgaste dos equipamentos utilizados.

O controle de medidas consiste, pois, na aplicação de processos que permitam manter os erros de fabricação dentro de limites aceitáveis, previamente estabelecidos.

O controle dimensional não tem por fim apenas reter ou rejeitar os produtos dentro ou fora das normas de qualidade.

Seu objetivo principal consiste em orientar a fabricação, evitando, assim, erros inaceitáveis. Segue-se daí uma redução de perdas nas empresas, devido à diminuição da quantidade de peças produzidas fora de padrão. Conseqüentemente haverá um aumento da produtividade.

Métodos empregados

A medição pode ser **DIRETA** ou **INDIRETA** por comparação.

A medição **DIRETA** é feita mediante instrumentos, aparelhos e máquinas de medir.

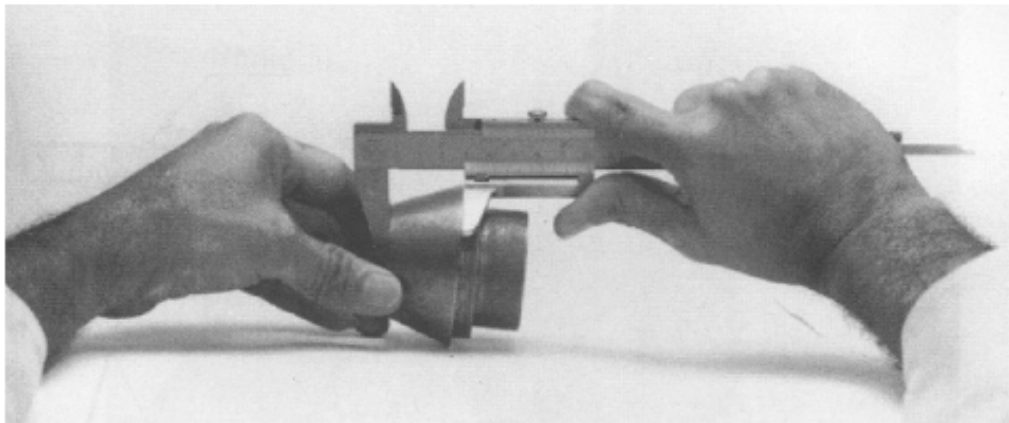


Figura 3 exemplo de medição direta

Emprega-se a medição direta, por exemplo, na confecção de peças protótipos, isto é, peças originais que se utilizam como referência; ou ainda em produção de pequena quantidade de peças.

A medida **INDIRETA** por comparação consiste em confrontar a peça que se quer medir, com aquela de padrão ou dimensão aproximada. Por exemplo, um eixo pode ser controlado, por medida indireta, usando-se um calibrador para eixos.

Um **calibrador** para eixos, **TIPO BOCA FIXA**, possui duas bocas. Vamos, agora, medir um de seus eixos. O eixo escolhido deve passar pela boca maior, ou seja, pelo lado “passa”, mas não pode passar pelo lado menor que é o lado “não passa”, pintado de vermelho.

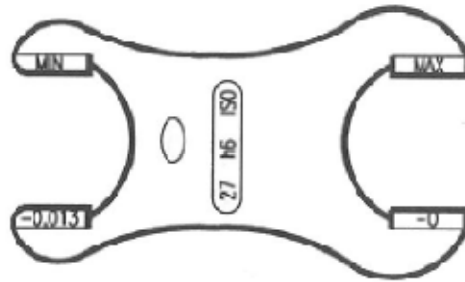


Figura 4 calibre tipo boca medição indireta

Outro calibre do tipo “passa / não passa” é o **TAMPÃO** para furos, em que o lado “não passa” é o mais curto. Seu funcionamento é semelhante ao do calibre fixo para eixos.

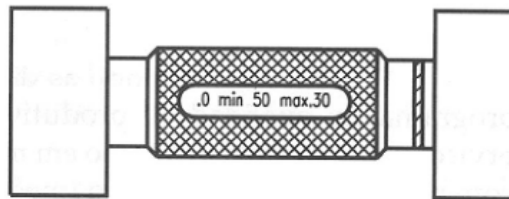


Figura 5 calibre tipo tampão medição indireta

Conversões de medidas

A polegada divide-se em frações ordinárias de denominadores iguais a: 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128... Temos, então, as seguintes divisões da polegada:

$\frac{1}{2}''$	(meia polegada)
$\frac{1}{4}''$	(um quarto de polegada)
$\frac{1}{8}''$	(um oitavo de polegada)
$\frac{1}{16}''$	(um dezesseis 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)

Os numeradores das frações devem ser números ímpares:

Profº Emerson L. de Oliveira

$$\frac{1}{2}'' , \frac{3}{4}'' , \frac{5}{8}'' , \frac{15}{16}'' , \dots$$

Quando o numerador for par, deve-se proceder à simplificação da fração:

$$\frac{6}{8}'' : 2 \rightarrow \frac{3}{4}''$$

$$\frac{8}{64}'' : 8 \rightarrow \frac{1}{8}''$$

Conversões

Sempre que uma medida estiver em uma unidade diferente da dos equipamentos utilizados, deve-se convertê-la (ou seja, mudar a unidade de medida).

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

Exercício conversão de polegadas para milímetros

a) $\frac{5}{32}'' =$

f) $\frac{3}{4}'' =$

b) $\frac{5}{16}'' =$

g) $\frac{27}{64}'' =$

c) $\frac{1}{128}'' =$

h) $\frac{33}{128}'' =$

d) $5'' =$

i) $2\frac{1}{8}'' =$

e) $1\frac{5}{8}'' =$

j) $3\frac{5}{8}'' =$

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.

$$\begin{aligned} \text{a) } 12,7 \text{ mm} \\ 12,7 \text{ mm} &= \frac{\left(\frac{12,7}{25,4}\right) \times 128}{128} = \\ &= \frac{0,5 \times 128}{128} = \frac{64}{128}'' \end{aligned}$$

simplificando:

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

$$\begin{aligned} \text{b) } 19,8 \text{ mm} \\ 19,8 \text{ mm} &= \frac{\left(\frac{19,8}{25,4}\right) \times 128}{128} = \frac{99,77}{128} \\ \text{arredondando : } &\frac{100}{128}'' \end{aligned}$$

simplificando:

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

Regra prática - Para converter milímetro em polegada ordinária, basta multiplicar o valor em milímetro por 5,04, mantendo-se 128 como denominadores. Arredondar se necessário.

Exemplos:

$$\text{a) } \frac{12,7 \times 5,04}{128} = \frac{64,008}{128} \text{ arredondando: } \frac{64}{128}'' , \text{ simplificando: } \frac{1}{2}''$$

$$\text{b) } \frac{19,8 \times 5,04}{128} = \frac{99,792}{128} \text{ arredondando: } \frac{100}{128}'' , \text{ simplificando: } \frac{25}{32}''$$

Observação: O valor 5,04 foi encontrado pela relação $\frac{128}{25,4} = 5,03937$ que arredondada é igual a 5,04.

Faça, agora, estes exercícios:

- a) 1,5875 mm =
 b) 19,05 mm =
 c) 25.00 mm =

Instrumentos de medição

Para dar uma medida precisa, é indispensável que o instrumento esteja aferido, ou seja, corresponda ao padrão adotado. É necessário, também, que ele nos possibilite executar a medida com precisão exigida. Em suma, a boa medida depende da qualidade do instrumento empregado.

PAQUÍMETRO

O paquímetro é um instrumento usado para medir dimensões lineares: internas, externas e de profundidade.

Consiste em uma régua graduada, com encosto fixo, na qual desliza uma garra móvel. Abaixo, mostramos um paquímetro de uso geral; daí, seu nome: paquímetro universal.

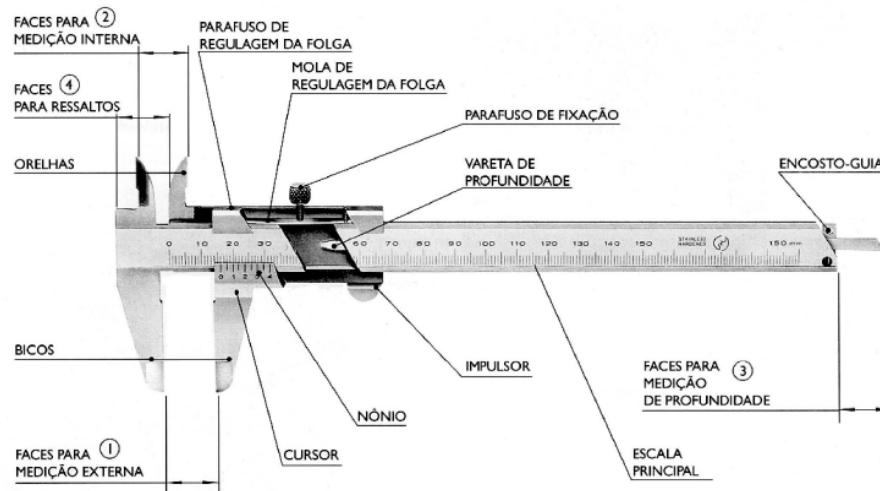


Figura 6 Paquímetro Universal

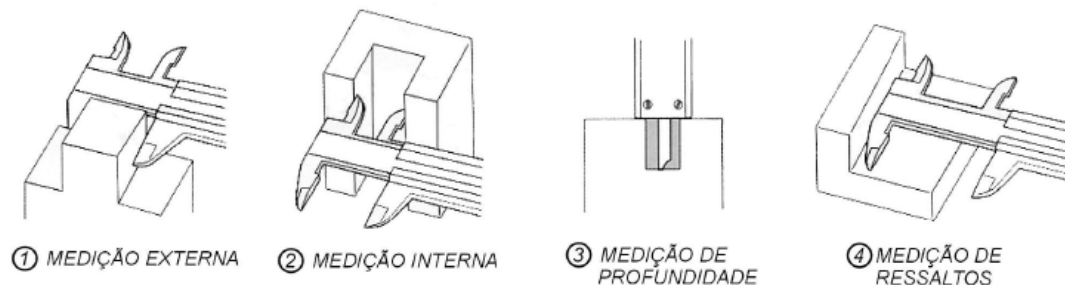


Figura 7 Formas de utilização do paquímetro

O cursor ajusta-se à régua de modo a permitir sua livre movimentação, com um mínimo de folga. Ele é dotado de uma escala auxiliar, chamada de nônio ou vernier. Essa escala permite que se alcance uma maior precisão nas medidas.

O paquímetro universal é usado, especialmente, quando a quantidade de peças que se quer medir é pequena e a precisão não é inferior a 0,02 mm.

Tipos – características e usos

Paquímetro universal: é utilizado em medições externas, internas e de profundidade. Entre todos os outros, é o tipo mais usado.

Paquímetro universal com relógio indicador: utilizado quando se necessita executar um grande número de medições.

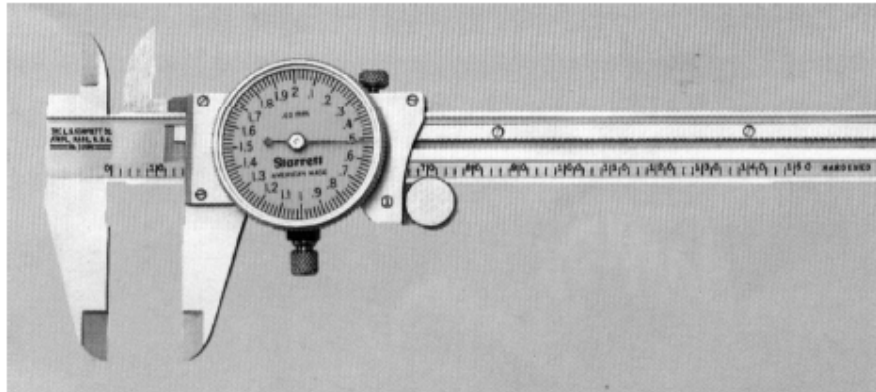


Figura 8 Paquímetro Universal com relógio indicador

Paquímetro de profundidade: serve para medir profundidade de furos não vazados, rasgos, rebaixos, etc.

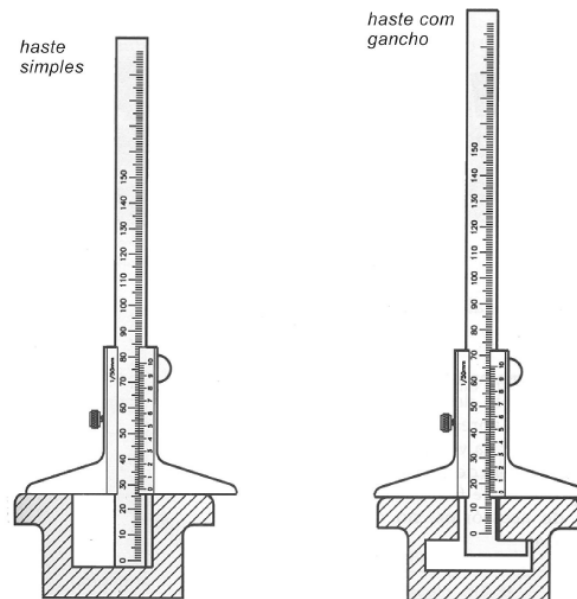


Figura 9 Paquímetro de profundidade

Princípio do nônio

A escala do cursor é chamada de nônio ou vernier, em homenagem a Pedro Nunes e Pierre Vernier, considerados seus inventores.

Cálculo da aproximação

Calcula-se a aproximação de um paquímetro, utilizando a seguinte fórmula:

$$\text{Aproximação} = \frac{\text{valor da menor divisão da escala fixa}}{\text{Número de divisões da escala móvel}}$$

Exemplos:

$$\text{Aproximação} = \frac{1 \text{ mm}}{10 \text{ divisões}} = 0,1 \text{ mm}$$

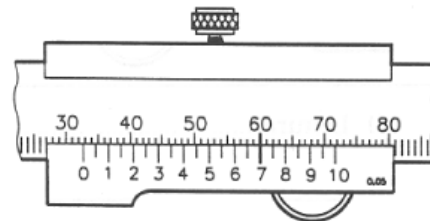
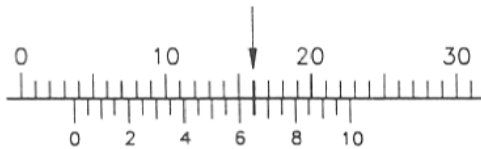
$$\text{Aproximação} = \frac{1 \text{ mm}}{20 \text{ divisões}} = 0,05 \text{ mm}$$

Exercício:

Faça a leitura e escreva as medidas nas linhas levando em consideração que a aproximação é de 1/20.

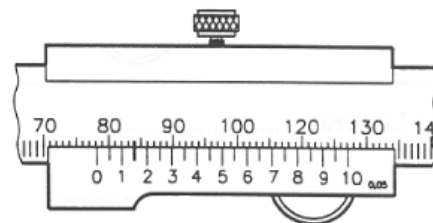
1º Calcule a aproximação do instrumento em uso?

a) Leitura = _____ mm



Leitura = _____ mm

b) Leitura = _____ mm



Leitura = _____ mm

Erros de leitura

Além da falta de habilidade do operador, outros fatores podem provocar erros de leitura no paquímetro, como por exemplo, a **paralaxe** e a **pressão 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.

O cursor onde é gravado o nônio, por razões técnicas de construção normalmente tem uma espessura mínima (a), e é posicionado sobre a escala principal. Assim, os traços do nônio (TN) são mais elevados que os traços da escala fixa (TM).

Colocando o instrumento em posição não perpendicular à vista e estando sobrepostos os traços TN e TM, cada um dos olhos projeta o traço TN em posição oposta, o que ocasiona um erro de leitura.

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

Já o erro de pressão de medição origina-se no jogo do cursor, controlado por uma mola. Pode ocorrer uma inclinação do cursor em relação à régua, o que altera a medida.

Para se deslocar com facilidade sobre a régua, o cursor deve estar bem regulado: nem muito preso, nem muito solto. O operador deve, portanto, regular a mola, adaptando o Instrumento à sua mão. Caso exista uma folga anormal, os parafusos de regulagem da mola devem ser ajustados, girando-os até encostar no fundo e, em seguida, retornando $1/8$ de volta aproximadamente. Após esse ajuste, o movimento do cursor deve ser suave, porém sem folga.

Micrometro Externo

O micrômetro é um instrumento de medição de comprimentos. Sua precisão é maior do que a do paquímetro, permitindo medir, por leitura direta, dimensões com aproximação de 0,01 mm ou mesmo de 0,001 mm (um micron). Daí, esse instrumento ser chamado de “micrômetro”.

O micrômetro permite a medição de comprimento de 0 a 25mm, de 25 a 50 mm... 2000 mm. Seu funcionamento baseia-se no avanço de um parafuso micrométrico. O passo do parafuso é de 0,5 mm, e cada volta dividi-se em aproximadamente 50 partes iguais, podendo, ainda, conter um nônio.

Constituição

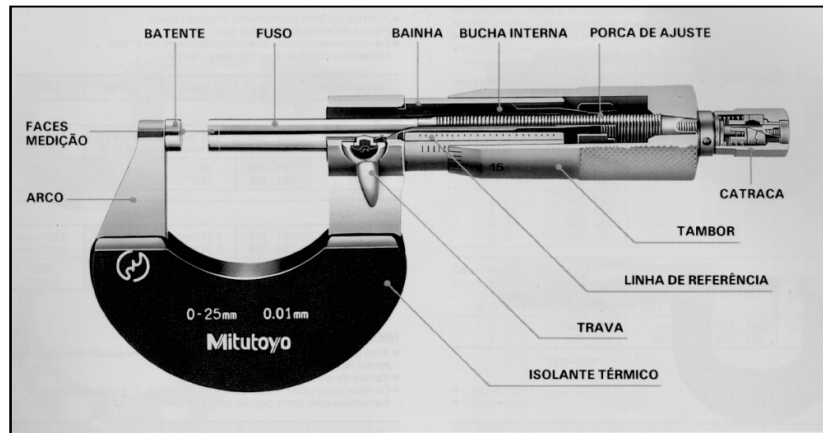


Figura 10 Micrometro externo 0-25 mm

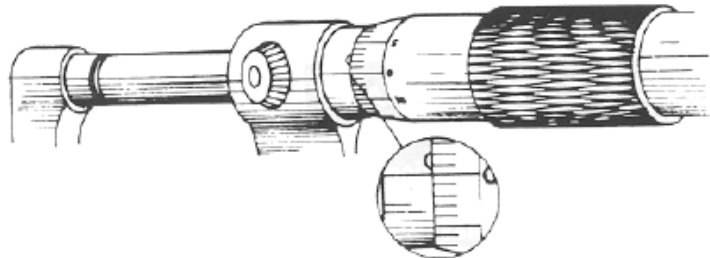
Tipos e características

É importante saber, também, que os micrômetros se caracterizam pela capacidade e pela aproximação da leitura:

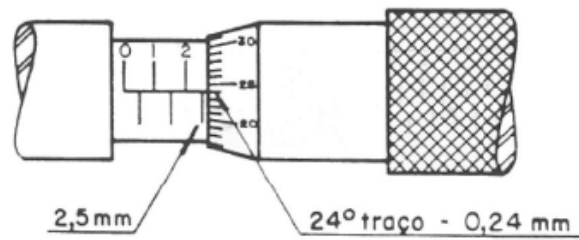
Pela capacidade, os micrômetros variam de 0 a 25mm; de 25 a 50mm de 1975 a 2000 mm;

Pela aproximação de leitura, podem ser de 0,01mm e 0,001mm ou de .001" e de .0001".

No micrômetro de 0 a 25 mm, quando as faces das pontas estão juntas, a borda do tambor coincide com o traço zero da bainha. A linha longitudinal, gravada na bainha, coincide com "zero" da escala centesimal do tambor.



Exemplo



Exemplo:

$$\begin{array}{r} \text{bainha} = 2,50 \text{ mm} \\ + \text{tambor} = 0,24 \text{ mm} \\ \hline \text{leitura total} = 2,74 \text{ mm} \end{array}$$

Micrometro Interno

Introdução

Os micrômetros internos são utilizados exclusivamente para medidas cilíndricas internas. Há dois tipos principais: o micrômetro interno de três contatos e o micrômetro interno de dois contatos.

Constituição

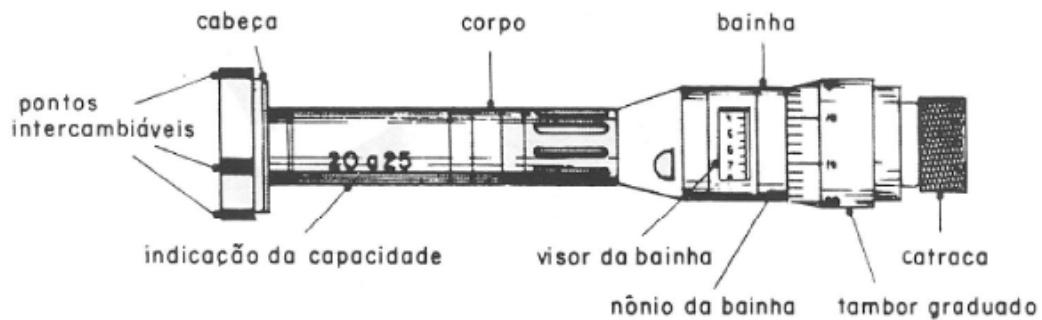
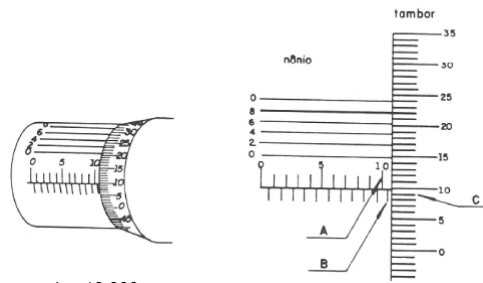


Figura 11 Micrometro interno 20-25 mm

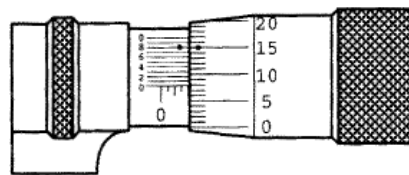
Exemplo de leitura



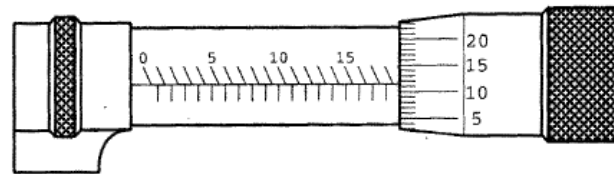
A = 10,000 mm
 B = 0,500 mm
 C = 0,090 mm
 D = 0,008 mm

Leitura total = A + B + C + D = 10,598 mm

Exercício:



Leitura: _____



Leitura: _____

Relógio comparador

É um instrumento de precisão de grande sensibilidade. É utilizado tanto na verificação de medidas, superfícies planas, concentricidade e paralelismo, como para leituras diretas. Por sua elevada precisão e versatilidade, o relógio pode ser usado medindo ou comparando diversas formas de peças (fig.1 e 2).

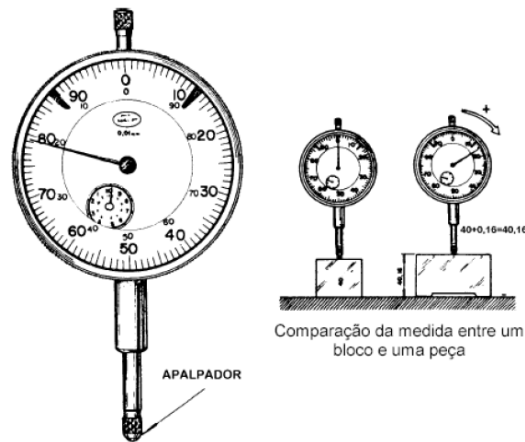


Figura 12 Relógio comparador



Os relógios comparadores podem apresentar ainda alguns acessórios ou variações na construção que possibilitem diferentes tipos de medida. Sua finalidade é possibilitar controle em série de peças, medições especiais de superfícies verticais, de profundidade, de espessuras de chapas etc. A Figura 13 ilustra exemplos de aplicações especiais como a medição de profundidade e espessura de chapas por exemplo. Também podem ser encontrados relógio comparadores com visor digital que fornecem uma leitura direta do deslocamento mensurado.



**Comparadores
de diâmetros
externos (Mahr)**



**Medidor de
espessura de
chapas (Interapid)**

Figura 13 Medidores de espessura