

SUMÁRIO

1.0	- Metrologia - conceito	02
	- Definição de metro	02
	- Medição	02
	- Aplicação	02
	- Múltiplos e submúltiplos do metro	03
	- Sistema de equivalência entre polegada e milímetro	03
2.0	Conversão de Unidades	04
	- Exemplos	04
	- Exercícios	05
3.0	Escala	06
	- Uso	07
	- Tipo	07
	- Leitura	08
	- Exercícios	09
4.0	Paquímetro	10
	- Nomenclatura	10
	- Tipos e uso	11
	- Leitura	13
	- Cálculo da resolução	13
	- Erros de leitura	14
	- Exercícios	14
5.0	Micrômetro	18
	- Nomenclatura	18
	- Tipos e uso	18
	- Leitura	20
	- Erros na medição	20
	- Exercícios	21
6.0	Transferidor de ângulos	24
	- Leitura	24
	- Cálculo da resolução	24
	- Exercícios	25
7.0	Relógio comparador	27
8.0	Utilização da escala angular no carro superior do torno	30
9.0	Cálculo de aproximação do anel graduado	31
10.0	Tolerância e ajuste	32
	- Terminologia	32
	- Sistema de tolerância	33
	- Exercício	40
	Bibliografia	45

1.0 - METROLOGIA

A metrologia é a ciência que estuda as unidades de medida e processos de medição. Utilizada desde a antiguidade, sendo de fundamental importância para diversas atividades do ser humano. Com a evolução dos processos de fabricação industrial, a necessidade de medir se tornou ainda mais importante, para descrever o produto fabricado, exemplo peso de um produto, tamanho de um sapato, dimensões de uma peça, quantidades de produtos em uma embalagem, entre outros.

A metrologia é a base física da qualidade e fundamental para a intercambiabilidade e produtividade dos produtos.

A padronização de medidas consiste na utilização de métodos e processos que mantenham os erros de fabricação em margem aceitável previamente estabelecida. O acompanhamento das medidas de uma peça no processo de fabricação, não serve apenas para reprovar ou rejeitar os produtos, a sua principal função é direcionar o processo, evitando assim erros que comprometam o produto. Com o processo controlado a quantidade de peças inutilizadas diminui e a produtividade aumenta.

Definição de metro

Metro é o comprimento do trajeto percorrido pela luz no vácuo, durante um intervalo de tempo de $1/299\,792\,458$ de segundo.

Medição

Todas as medições são realizadas por comparação utilizando um mesmo padrão como referência, Por exemplo: se uma rua mede cinquenta metros isso implica que a unidade metro coube cinquenta vezes no mesmo comprimento.

Aplicação

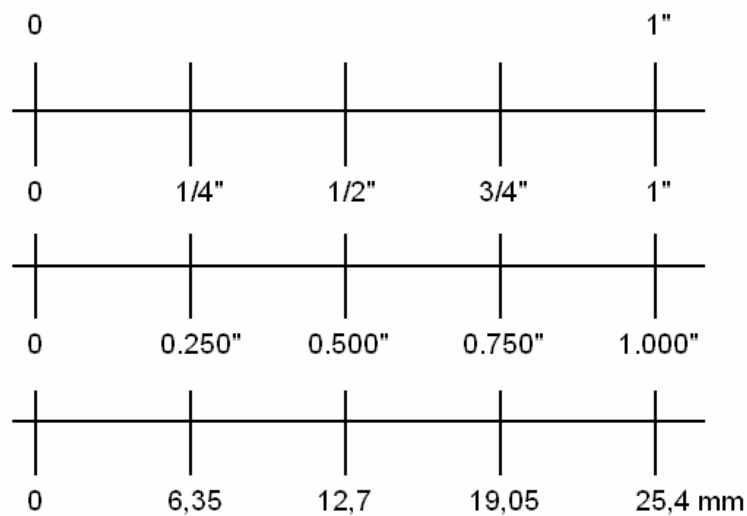
A metrologia é utilizada nas medições de uma peça através do método direto ou indireto por comparação. A medição direta é realizada através de instrumentos de medição para a produção de pequenas quantidades de peças.

A medida indireta por comparação é realizada comparando-se a peça que se quer medir com o padrão especificado.

MÚLTIPLOS E SUBMÚLTIPLOS DO METRO

Terametro	= Tm	:	10^{12}	=	1 000 000 000 000 m
Gigametro	= Gm	:	10^9	=	1 000 000 000 m
Megametro	= Mm	:	10^6	=	1 000 000 m
Quilômetro	= km	:	10^3	=	1 000 m
Hectômetro	= hm	:	10^2	=	100 m
Decâmetro	= dam	:	10^1	=	10 m
METRO (Unidade)	= m	:	10^0	=	1 m
decímetro	= dm	:	10^{-1}	=	0,1 m
centímetro	= cm	:	10^{-2}	=	0,01 m
milímetro	= mm	:	10^{-3}	=	0,001 m
micrômetro	= μm	:	10^{-6}	=	0,000 001 m
nanômetro	= nm	:	10^{-9}	=	0,000 000 001 m
picômetro	= pm	:	10^{-12}	=	0,000 000 000 001 m
femtometro	= fm	:	10^{-15}	=	0,000 000 000 000 001 m
attometro	= am	:	10^{-18}	=	0,000 000 000 000 000 001m

Sistema de equivalência entre polegada fracionária, polegada milesimal e milímetro.



2.0 - CONVERSÃO DE UNIDADES:

EXEMPLOS:

- Polegada fracionária para milímetro:

$$\frac{5''}{8} = \frac{5}{8} \cdot 25,4mm = 0,625 \cdot 25,4mm = 15,875mm$$

$$2 \frac{5''}{16} = \frac{(16 \cdot 2) + 5}{16} \cdot 25,4mm = \frac{37}{16} \cdot 25,4mm = 2,3125 \cdot 25,4mm = 58,7375mm$$

- Milímetro para polegada fracionária

$$12,7mm = \frac{\left(\frac{12,7}{25,4}\right) \cdot 128}{128} = \frac{0,5 \cdot 128}{128} = \frac{64}{128} = \frac{1''}{2}$$

fator: 5,04 → De onde vem?

$$\frac{128}{25,4} = 5,03937 \cong 5,04$$

$$12,7mm = \frac{12,7 \cdot 5,04}{128} = \frac{64,008}{128} \cong \frac{64}{128} = \frac{1''}{2}$$

- Polegada milesimal para polegada fracionária

$$0,125'' = 0,125 \cdot \frac{128}{128} = \frac{16}{128} = \frac{1''}{8}$$

- Polegada fracionária para polegada milesimal

$$\frac{3''}{8} = \frac{3}{8} = 0,375''$$

- Polegada fracionária para milímetro

$$0,8125'' = 0,8125 \cdot 25,4mm = 20,6375mm$$

- Milímetro para polegada milesimal

$$5,08mm = \frac{5,08}{25,4} = 0,200''$$

EXERCÍCIOS DE CONVERSÃO DE UNIDADES:

Polegada fracionária ["] → Milímetros [mm]

$$\frac{1''}{16} =$$

$$\frac{3''}{8} =$$

$$\frac{3''}{16} =$$

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

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

$$\frac{9''}{16} =$$

Polegada milesimal ["] → Polegada fracionária ["]

$$0.375'' =$$

$$1.875'' =$$

$$0.500'' =$$

$$3.4375'' =$$

$$0.02344'' =$$

$$4.8125''$$

Milímetros [mm] → Polegada fracionária ["]

$$2,38125\text{mm} =$$

$$31,75\text{mm} =$$

$$4,7625\text{mm} =$$

$$69,85\text{mm} =$$

$$11,90625\text{mm} =$$

$$98,425\text{mm} =$$

Polegada milesimal ["] → Milímetros [mm]

$$0.15625'' =$$

$$0.1875'' =$$

$$0.250'' =$$

$$0.59375'' =$$

$$0.125'' =$$

$$0.3125'' =$$

Polegada fracionária ["] → Polegada milesimal ["]

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

$$\frac{5''}{8} =$$

$$\frac{7''}{16} =$$

$$\frac{11''}{16} =$$

$$\frac{17''}{64} =$$

$$\frac{3''}{8} =$$

Milímetros [mm] → Polegada milesimal ["]

$$22,225\text{mm} =$$

$$6,35\text{mm} =$$

$$39,6875\text{mm} =$$

$$23,8125\text{mm} =$$

$$20,6375\text{mm} =$$

$$17,4625\text{mm} =$$

3.0 - ESCALA

O instrumento de medição mais simples utilizado é a régua graduada (fig.1), nas oficinas mecânicas são comumente chamadas de escalas. Como essas régua são para manuseio constante as mesmas são construídas em aço inoxidável, possui graduação no sistema métrico e sistema inglês, seus traços devem ser bem definidos, uniformes e finos, devem apresentar distâncias iguais e obedecer a normas internacionais de retilinidade e precisão.

As escalas que apresentam boa qualidade devem ter bom acabamento, cantos retos e faces polidas, fig. 2.

São fabricados em vários comprimentos; 150mm – 6”, 300mm – 12”, 500mm – 20”, 1000mm – 40”.

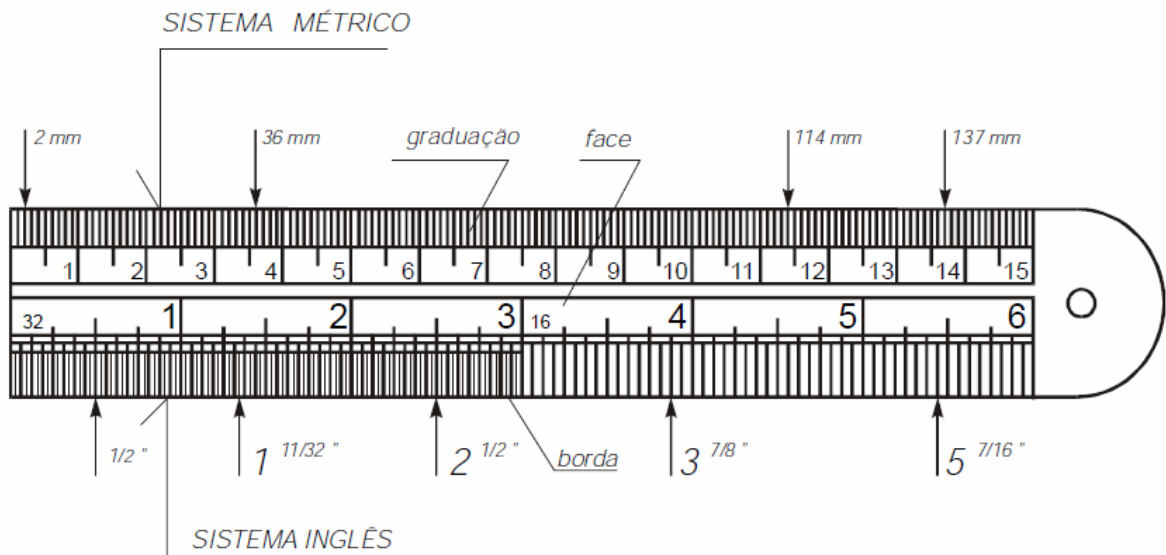


Fig.1 – Exemplo de régua graduada.

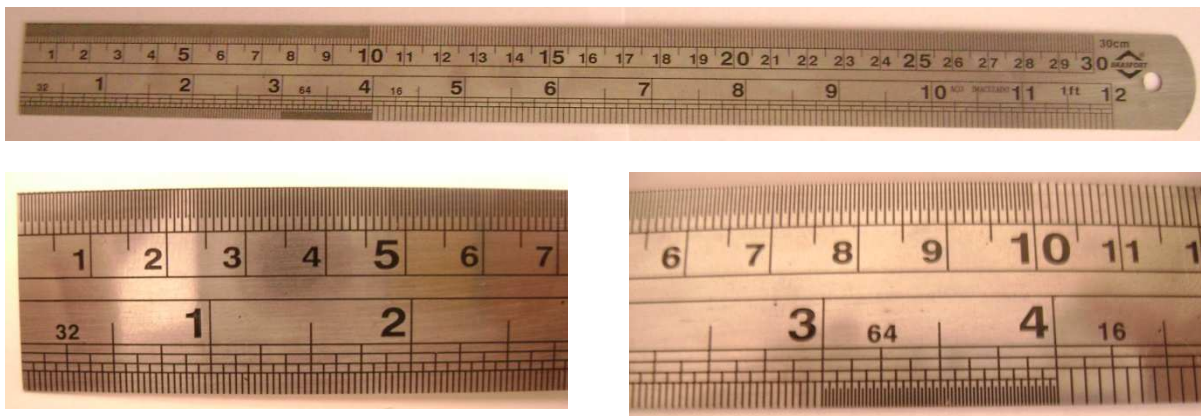


Fig.2 – Régua graduada (detallhes)

Usos da escala

A utilização da escala sem encosto se dá através do apoio da sua face de referência (encosto) sobre a peça a ser medida, ambas devem estar limpas. O valor medido é visualizado na outra extremidade da peça fig.3.

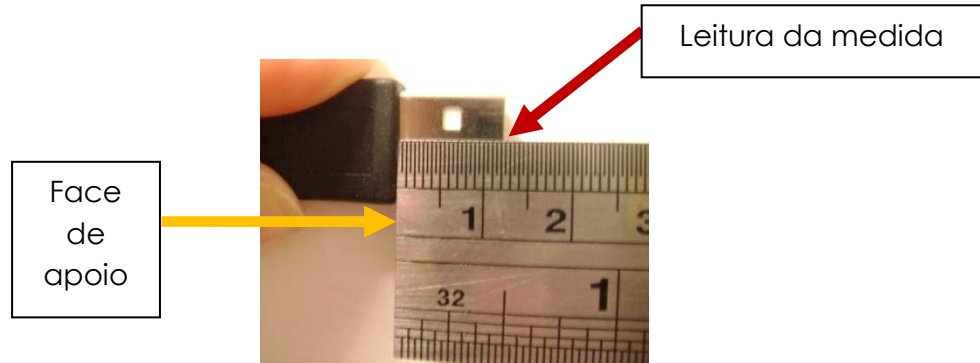
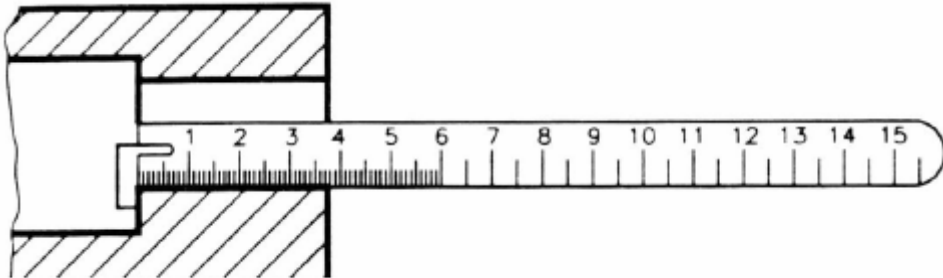


Fig.3 – Uso da escala

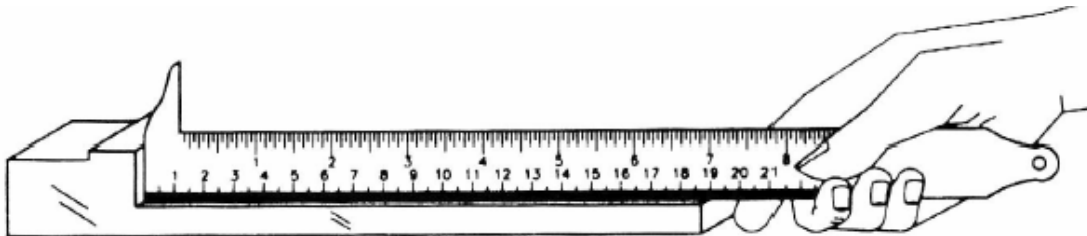
Tipos de escalas

Régua de encosto interno: Serve para a utilização com o uso da face interna como referência.



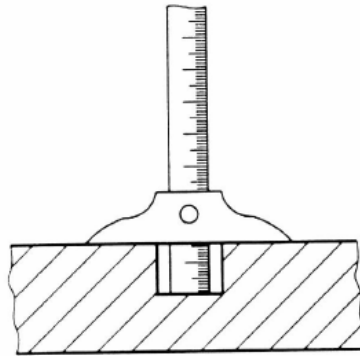
Fonte: SENAI - PR. DET – Metrologia - Curitiba, 2001

Régua com encosto: Medição realizada com o encosto na face externa da peça.



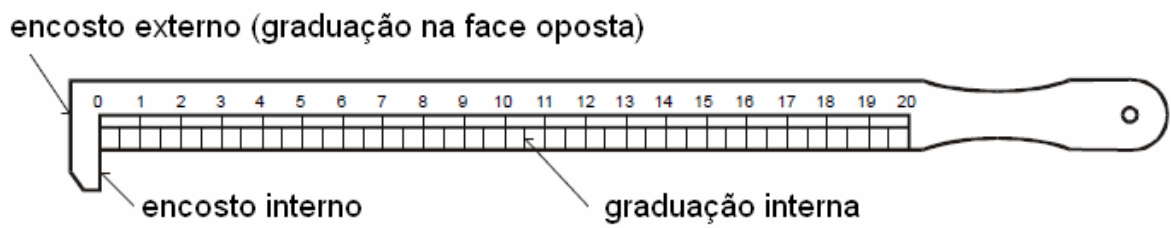
Fonte: SENAI - PR. DET – Metrologia - Curitiba, 2001

Régua de profundidade: Utilizada na medição de peças com canais e rebaiços internos.



Fonte: SENAI - PR. DET – Metrologia - Curitiba, 2001

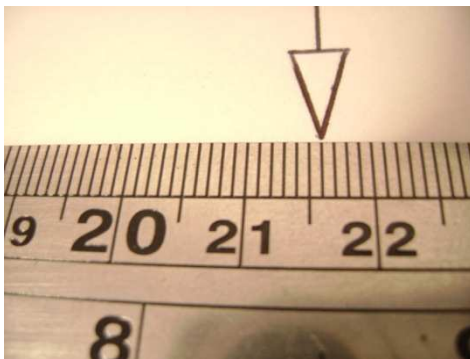
Régua de dois encostos: usada pelo ferreiro



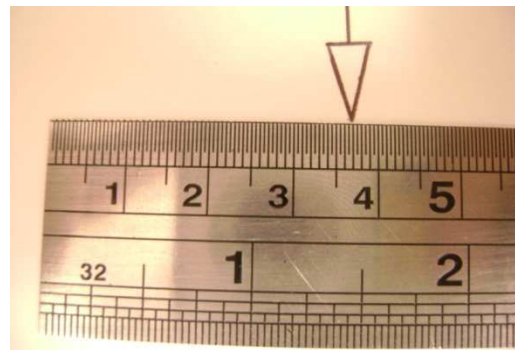
Fonte: SENAI - PR. DET – Metrologia - Curitiba, 2001

Leitura

Cada centímetro na escala está dividida em dez partes, até 100mm está dividida em 20 partes aumentando a precisão da medição.

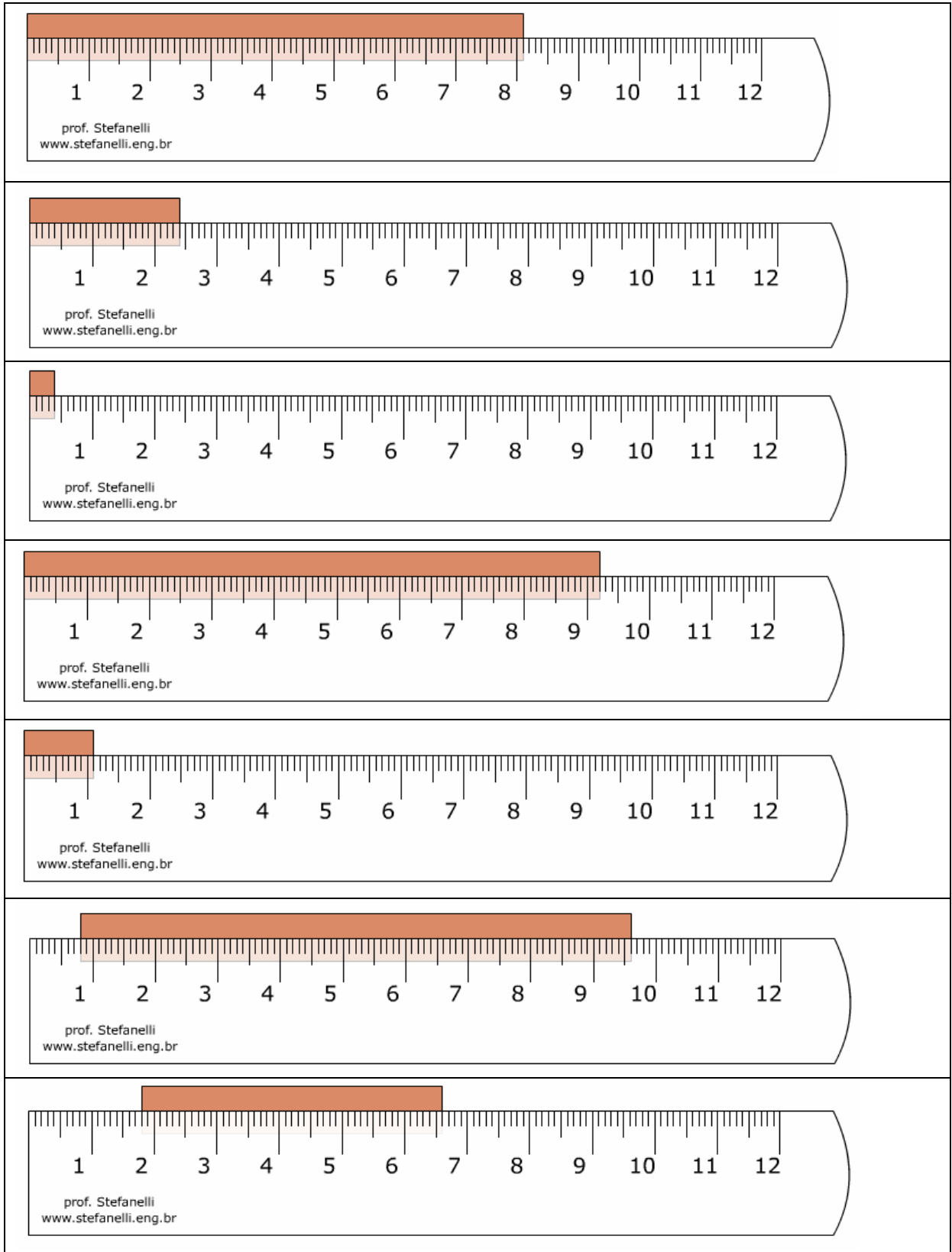


1 cm dividido em 10 partes



1 cm dividido em 20 partes

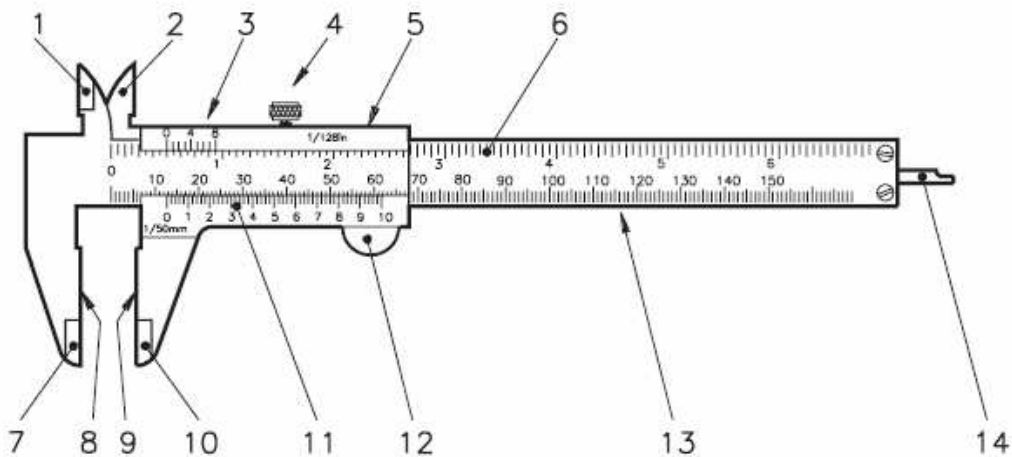
Exercícios:

Fonte: <http://www.stefanelli.eng.br>

4.0 - PAQUÍMETRO

É um instrumento com bom acabamento suas superfícies são planas e polidas fig1. O cursor é ajustado à régua de maneira que o mesmo possa se deslocar livremente e sem folga. Construído em ao inoxidável temperado suas graduações são referidas à 20°C. As escalas são graduadas em milímetros e polegadas. Sendo a polegada em fracionária ou milesimal dependendo do tipo de instrumento. Geralmente a polegada fracionária está vinculado ao paquímetro com resolução 0,05mm e a polegada milesimal ao paquímetro com resolução 0,02mm.

O paquímetro pode ser quadrimensural fig.2, ou seja, sua geometria permite efetuar medições lineares em quatro posições diferentes. Fornece resultado de leitura de 0,1mm – 0,05 mm – ou 0,02mm no sistema métrico e 0,001” ou 1/128” no sistema polegada.



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

Fig. 1 – Partes do paquímetro – Fonte: Telecurso 2000 METROLOGIA.

Tipos e uso

Como as peças possuem diferentes formas geométricas, existem vários tipos de paquímetros que possibilitam suas medições.

Paquímetro universal

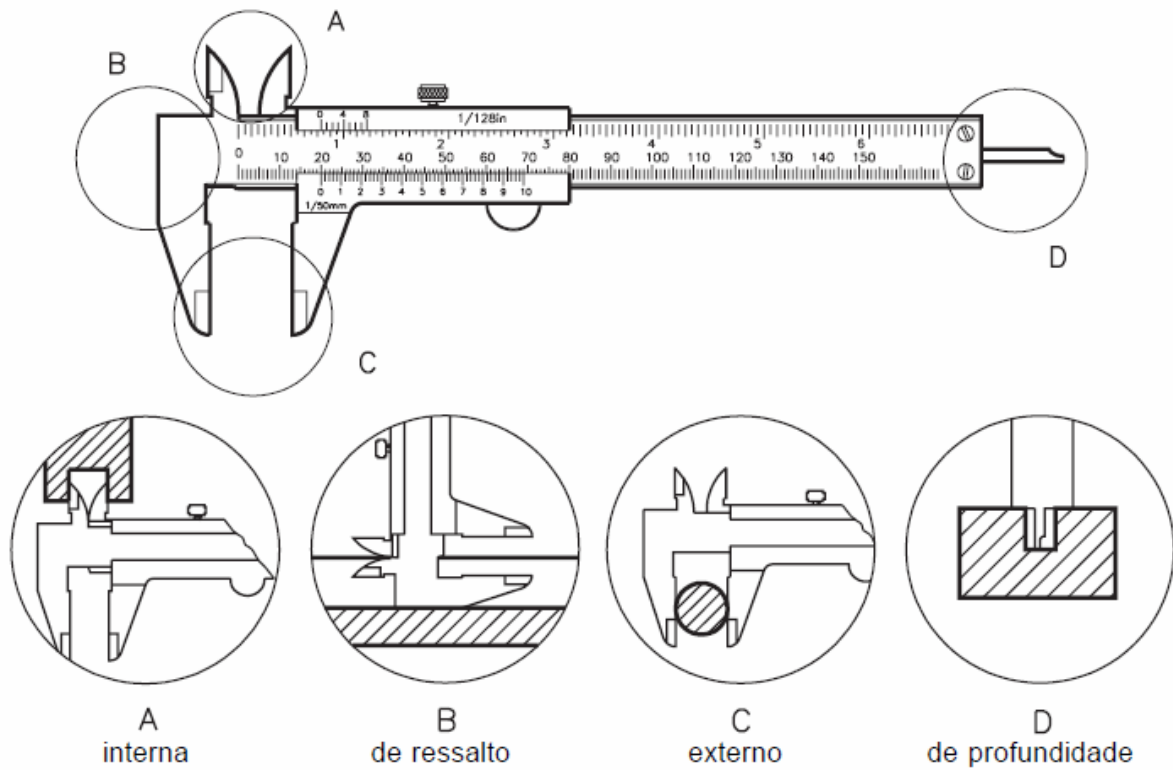


Fig.2 – Como proceder para realizar a medição com o paquímetro quadrimensional –
Fonte: Telecurso 2000 METROLOGIA.

Paquímetro com relógio

O relógio acoplado facilita a leitura diminuindo o tempo para a medição.

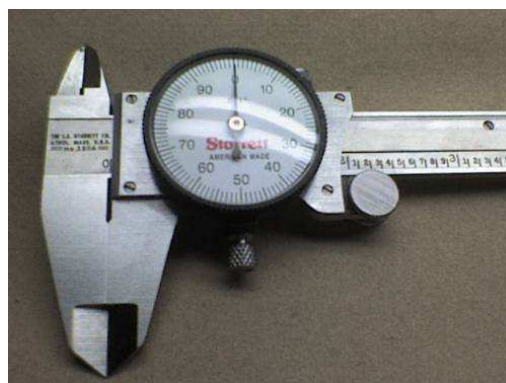


Fig.3 – Paquímetro com relógio. - Fonte: www.emule.com.br/lista.php?keyword=Starrett

Paquímetro com bico móvel (basculante)

Utilizado para medir peças cônicas ou com rebaixos fig.4.

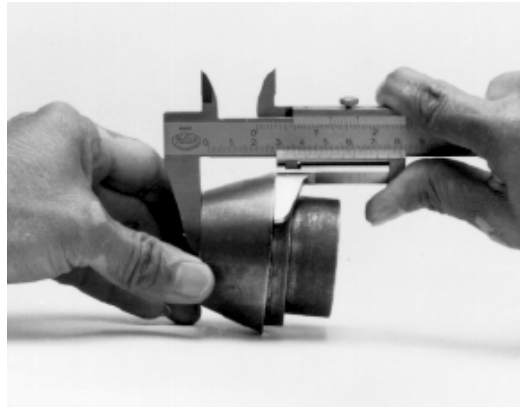


Fig.4 – Paquímetro com bico basculante. Fonte: Telecurso 2000 METROLOGIA.

Paquímetro de profundidade

Serve para medir profundidade de furos cegos, rasgos, rebaixos, etc. Podendo apresentar haste simples ou com gancho fig.5.

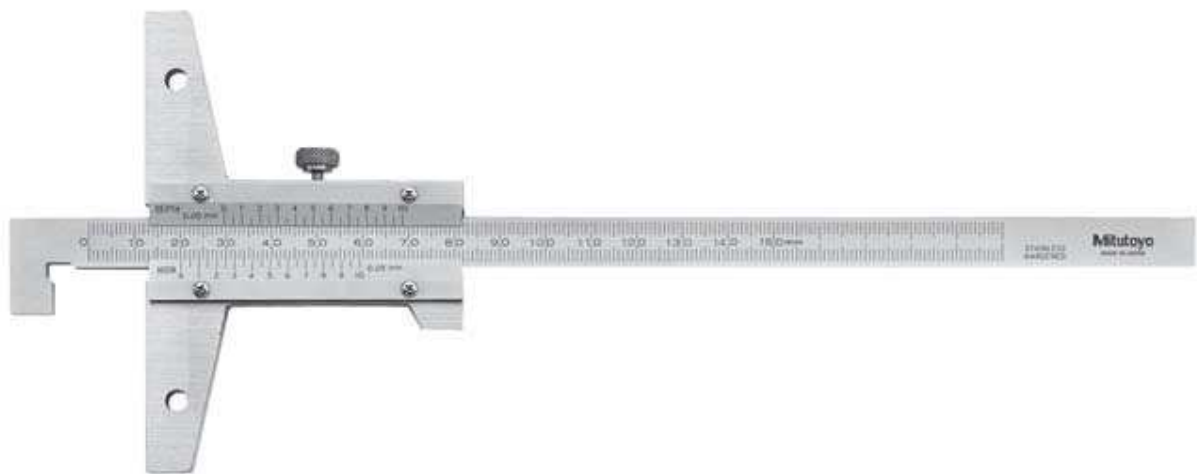


Fig.5 – Paquímetro de profundidade com gancho.

Fonte: www.correaetoledo.com.br/toledo/component/vir...

Leitura:

A leitura da medida no paquímetro é realizada verificando-se a distância que o zero da escala móvel está do zero da escala fixa.

O paquímetro possui uma escala auxiliar móvel (Nônio ou Vernier) que ajuda a dividir a escala principal fixa em 10, 20 ou 50 partes fig.6.

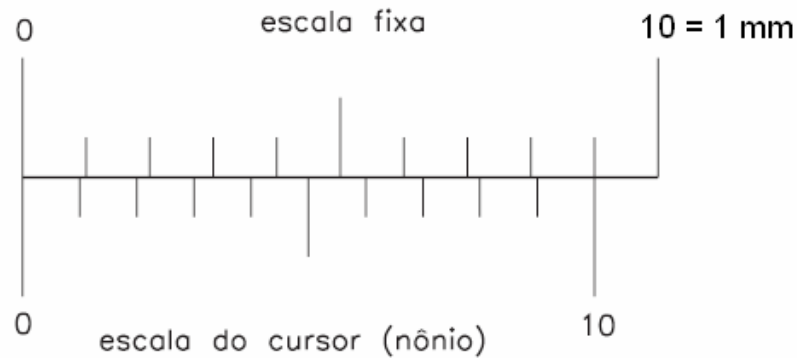


Fig.6 – Escala Auxiliar móvel (Nônio ou Vernier)

Cálculo da resolução

Dividi-se o valor de uma divisão da escala fixa pelo número de divisões do Nônio.

$$\text{Resolução} = \frac{\text{UEF}}{\text{NDN}}$$

UEF = Unidade da Escala Fixa

NDN = Número de Divisões do Nônio

Exemplo:

Nônio com 10 divisões

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

Nônio com 20 divisões

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

Nônio com 50 divisões

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

Erros de leitura

Os erros mais comuns são a paralaxe e a pressão de medição.

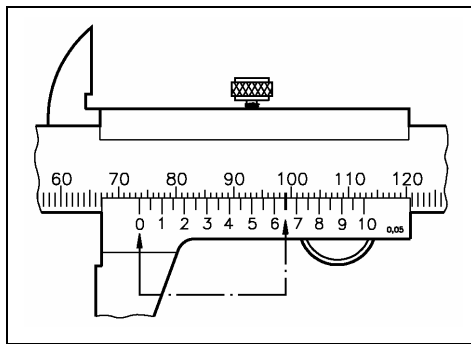
Paralaxe: erros devidos a acuidade visual uma vez que as escalas fixas e móveis estão em planos diferentes.

Pressão de medição: a mola regula a pressão deve ser adaptada a cada operador.

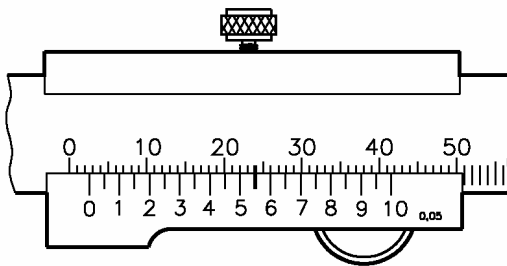
Exemplo 1

Fonte: Telecurso 2000 Metrologia

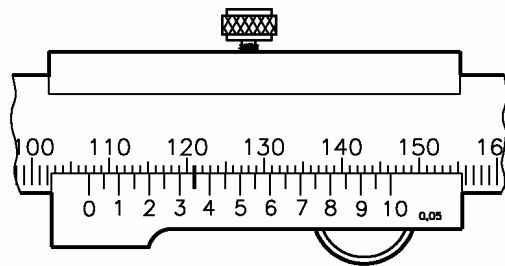
- Escala em milímetro e Nônio com 20 divisões - Resolução = $\frac{1 \text{ mm}}{20} = 0,05\text{mm}$



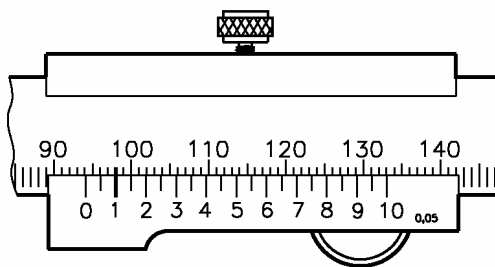
Leitura
 73,00mm → escala fixa
0,65mm → Nônio
 73,65mm → total



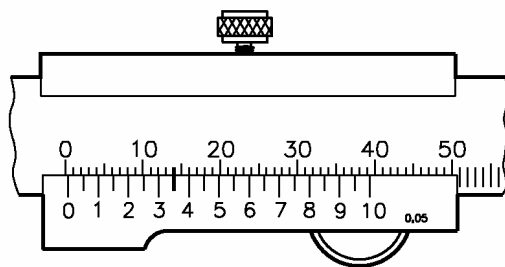
a) Leitura:



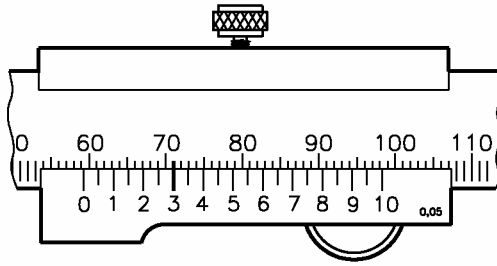
b) Leitura:



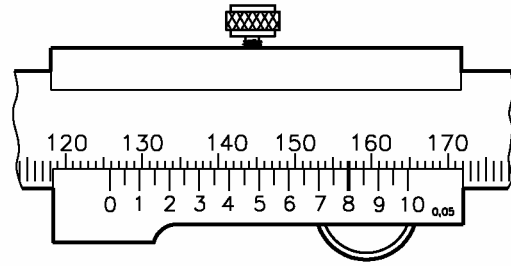
c) Leitura:



d) Leitura:

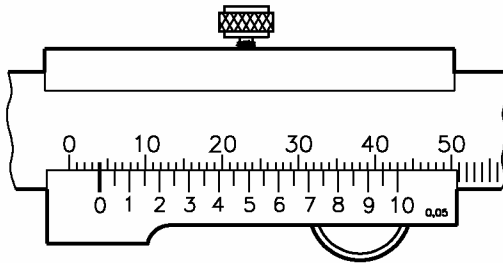


e) Leitura:

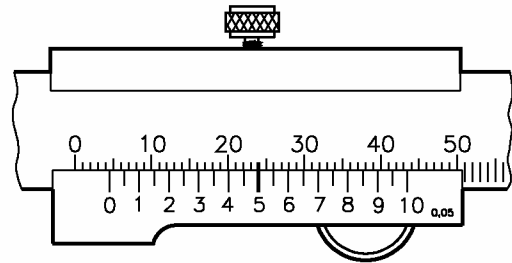


f) Leitura:

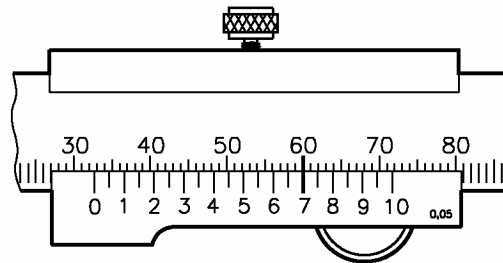
Paquímetro com 20 divisões, precisão de 0,05 mm.



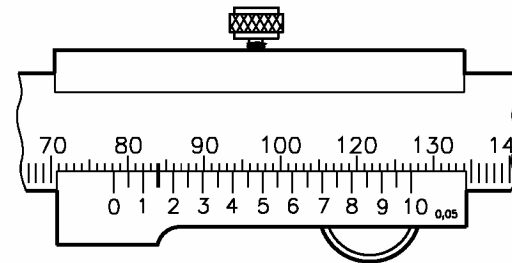
a) Leitura:



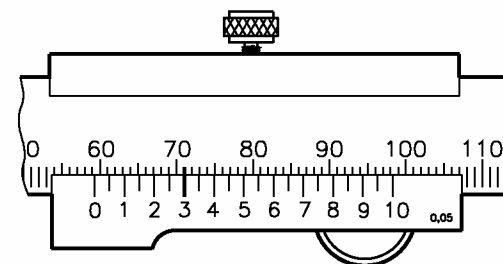
b) Leitura:



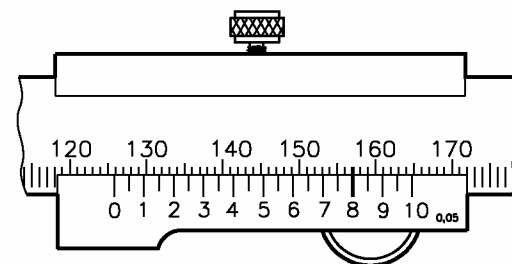
c) Leitura:



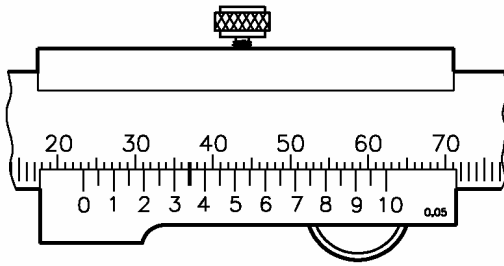
d) Leitura:



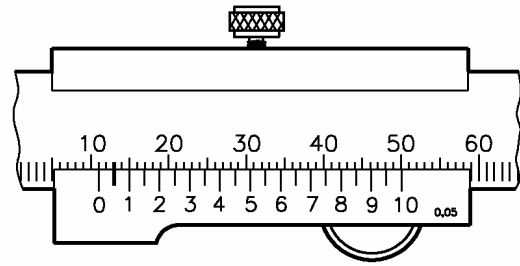
e) Leitura:



f) Leitura:



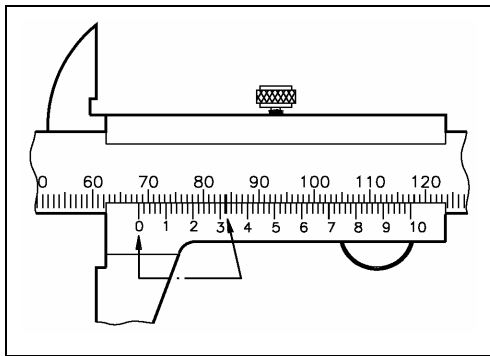
g) Leitura:



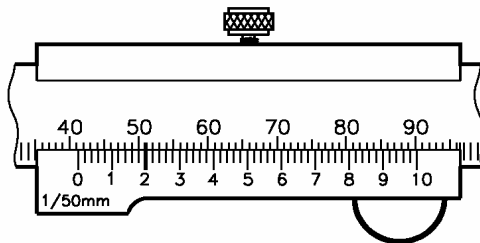
h) Leitura:

Escala em milímetro e Nônio com 50 divisões

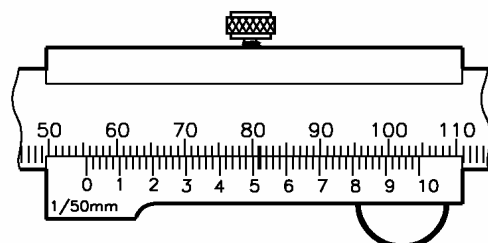
$$\text{Resolução} = \frac{1 \text{ mm}}{50} = 0,02\text{mm}$$



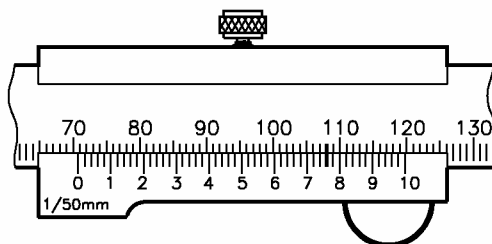
Leitura
 68,00mm → escala fixa
0,32mm → Nônio
 68,32mm → total



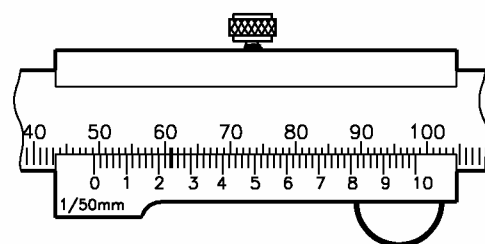
g) Leitura:



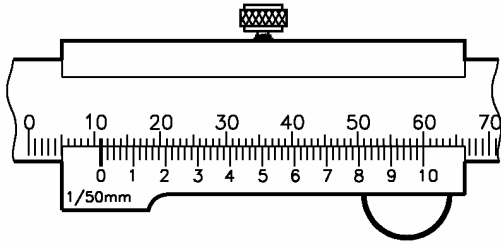
h) Leitura:



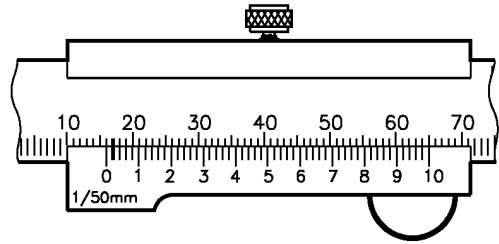
i) Leitura:



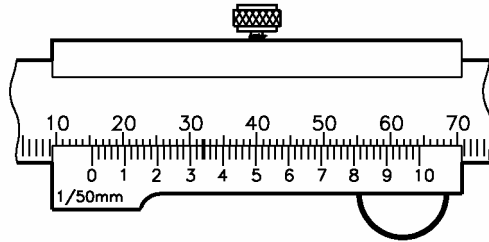
j) Leitura:



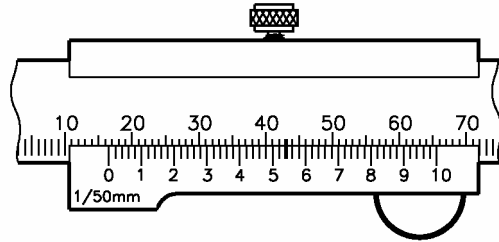
k) Leitura:



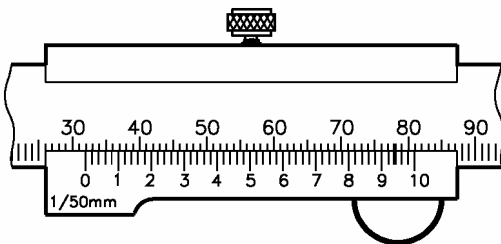
l) Leitura:



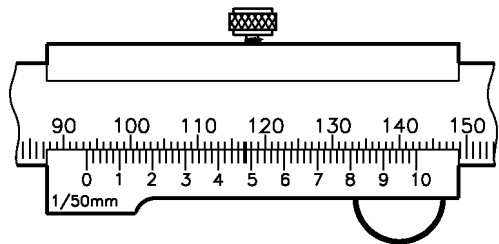
k) Leitura:



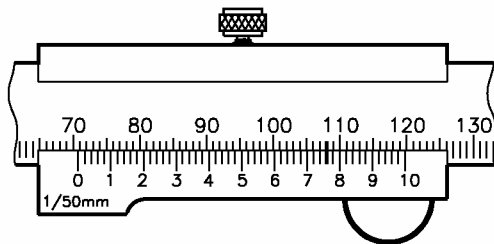
l) Leitura:



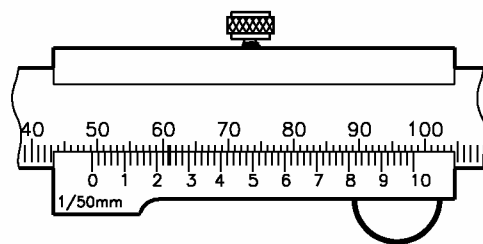
m) Leitura:



n) Leitura:



o) Leitura:



p) Leitura:

5.0 - MICRÔMETRO

Esse instrumento possui precisão maior que o paquímetro, permite medições por leitura direta com resolução de 0,01mm ou 0,001mm, fig1.



Fig.1 – Micrômetro 0-25mm, 0,01mm Fonte: www.switron.com.br/lancamentos.html

Nomenclatura

O micrômetro é constituído de várias peças importantes para o funcionamento do conjunto e a realização da medição, fig.2.

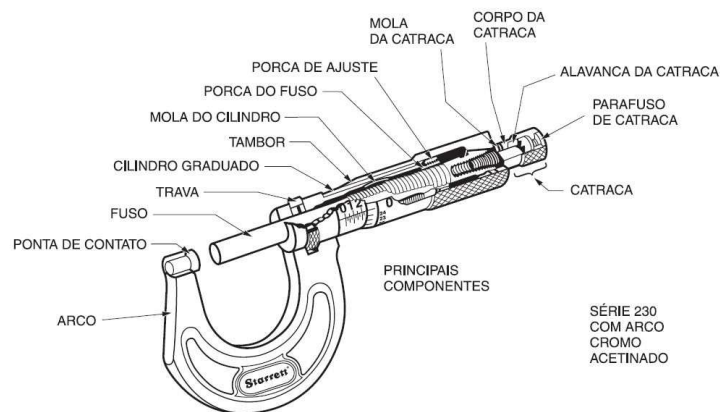


Fig.2 – Nomenclatura Fonte: Manual do estudante – www.starrettonline.com

O princípio utilizado é o parafuso e porca, ou seja, a cada volta que o tambor der ele desloca um comprimento equivalente ao passo do parafuso.

Tipos e usos

Como as peças possuem diferentes formas geométricas, existem vários tipos de micrômetros que possibilitam suas medições.

Micrômetro de medição externa

Esse micrômetro serve para a medição de peças na sua parte externa, fig.3.



Fig.3 – Micrômetro para medição externa. - Fonte: www.tovbein.com.ar/micrometros.html

Micrômetro para a medição de espessura de tubos

Micrômetro com um dos contatos preparados para se apoiar na parede interna do tubo e o outro contato para se apoiar na parede externa do tubo. Fig.4.



Fig.4 – Micrômetro para medir espessura de paredes de tubos. - Fonte: www.tovbein.com.ar/micrometros.html

Micrômetro externo com discos

Para medição de couro, papel, passos de engrenagens e borracha, fig.5.



Fig.5 – Micrômetro externo com discos. Fonte: www.solostocks.com.br/venda-produtos/instrume...

Micrômetro para ferramentas

Micrômetro para medição de ferramentas de corte, fig.6.

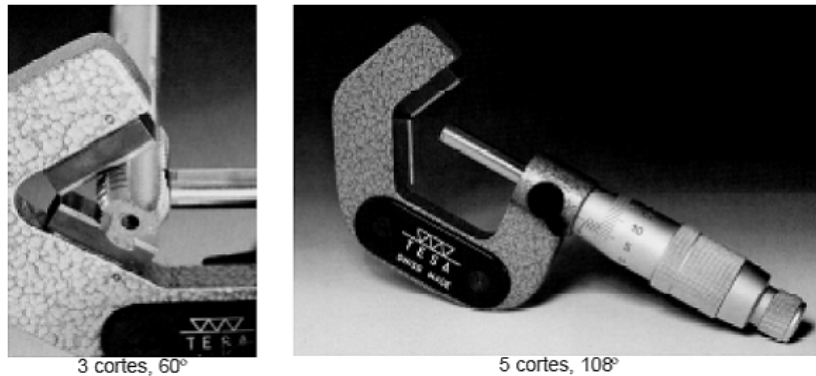


Fig.6 – Micrômetro para ferramentas. Fonte:www.trilha4x4.com.br/index.php?view=article...

Leitura

A medição no micrômetro é realizada pela leitura do tambor.

$$\text{Resolução} = \frac{\text{Passo da rosca}}{\text{número de divisões do tambor}}$$

Se o micrômetro apresentar um Nônio a leitura terá o mesmo procedimento que o paquímetro.

$$\text{Resolução} = \frac{\text{Leitura do tambor}}{\text{número de divisões do Nônio}}$$

Erros na medição

Temperatura: transferência de calor das mãos do operador no momento da operação.

Deflexão do arco: Devido a pressão aplicada pelo operador no momento da medição.

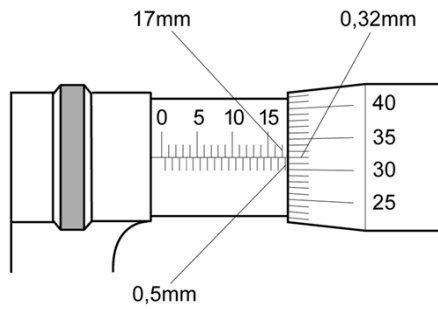
Paralaxe: Posicionamento do instrumento em relação aos olhos do operador.

Exercícios:

Fonte: Telecurso 2000 Metrologia

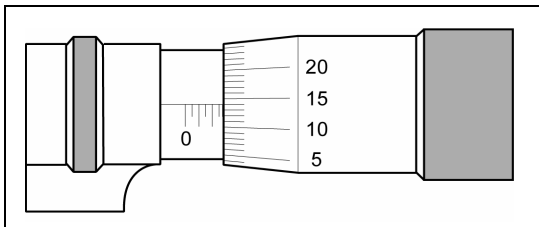
Se o passo da rosca é de 0,5mm e o tambor tem 50 divisões, a

resolução será: $R = \frac{0,5 \text{ mm}}{50} = 0,01\text{mm}$

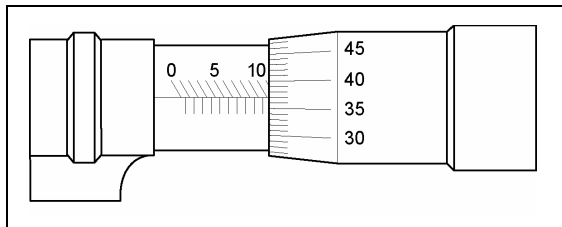


17,00mm (escala dos mm da bainha)
 + 0,50mm (escala dos meios mm da bainha)
 0,32mm (escala centesimal do tambor)

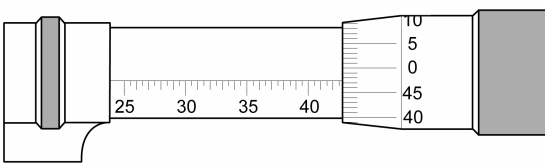
 17,82mm Leitura total



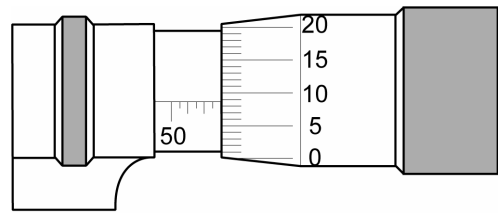
a) Leitura:



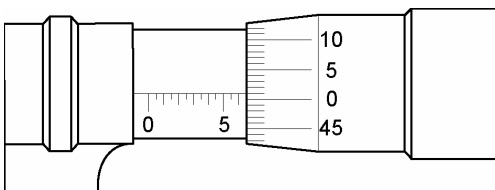
b) Leitura:



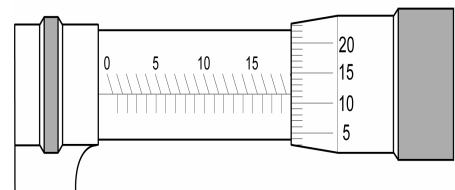
c) Leitura:



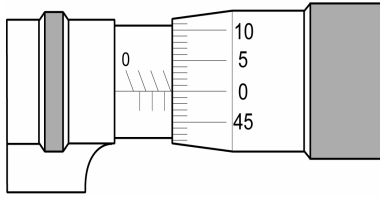
d) Leitura:



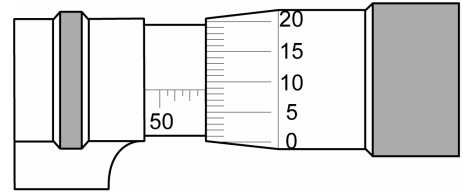
e) Leitura:



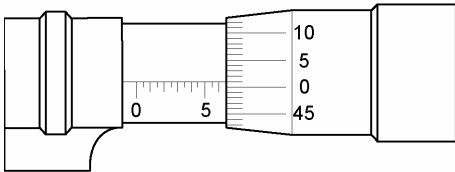
f) Leitura:



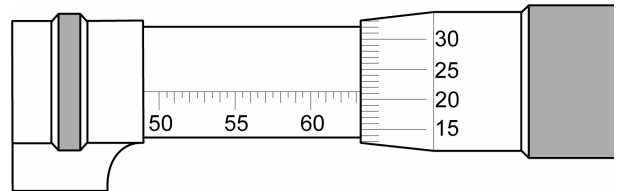
g) Leitura:



h) Leitura:



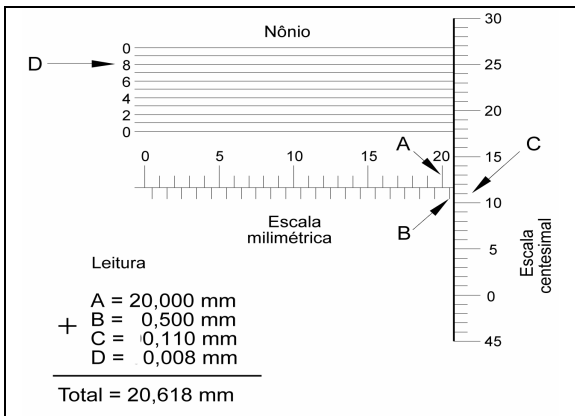
i) Leitura:



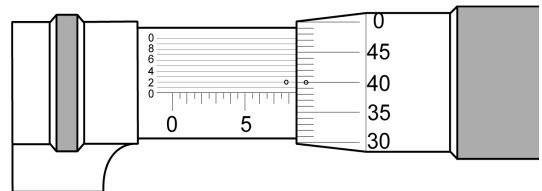
j) Leitura:

Se o nônio tiver dez divisões marcadas na bainha, sua resolução

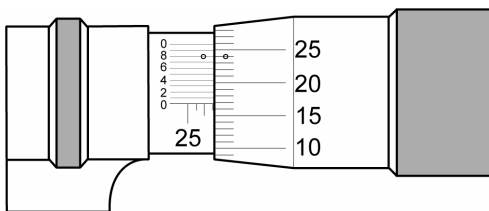
será: $R = \frac{0,01}{10} = 0,001 \text{ m}$



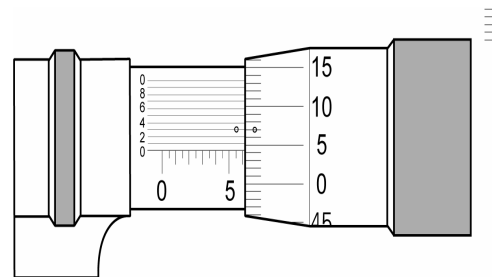
Leitura:



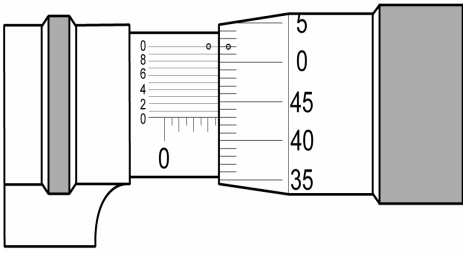
a)



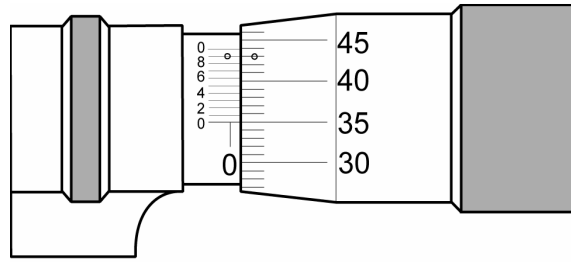
b) Leitura:



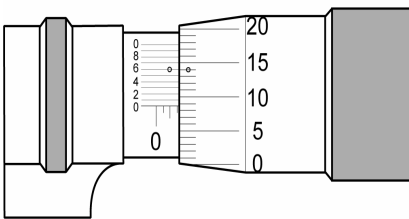
c) Leitura:



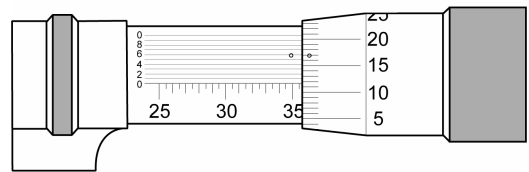
d) Leitura:



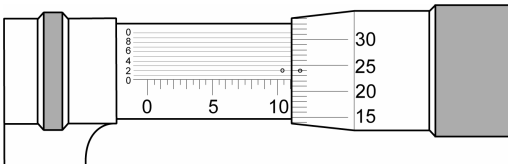
e) Leitura:



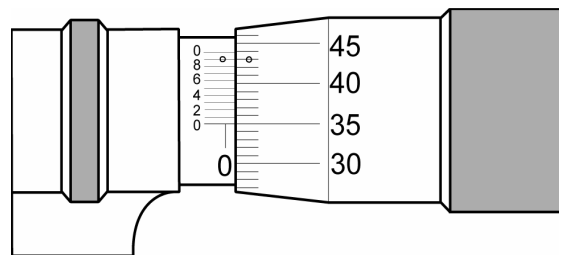
f) Leitura:



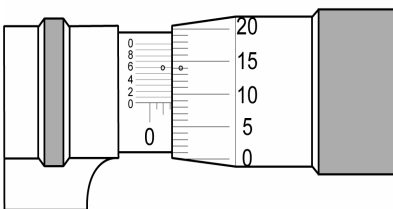
g) Leitura:



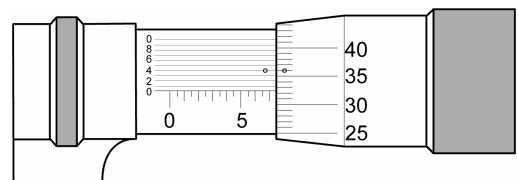
h) Leitura:



i) Leitura:



j) Leitura:



k) Leitura:

6.0 - TRANSFERIDOR DE ÂNGULOS

Instrumento que serve para medir ângulos, o disco graduado e o esquadro forma uma peça só. As graduações do disco variam de 0° à 90°, fig1.



Fig.1 – Transferidor de ângulos. Fonte: www.trilha4x4.com.br/index.php?view=article...

Leitura

Os graus inteiros são lidos na graduação do disco, usando como referência o traço do zero do Nônio.

A leitura dos minutos é realizada a partir do zero na escala do Nônio.

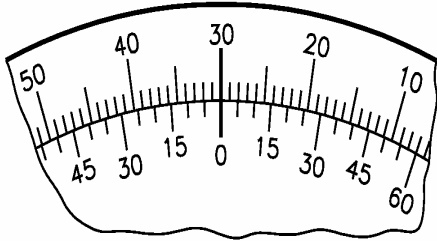
Cálculo da resolução

$$\text{Resolução} = \frac{\text{Menor divisão do disco graduado}}{\text{Número de divisões do Nônio}}$$

$$\text{Resolução} = \frac{1^\circ}{12} = \frac{60'}{12} = 5'$$

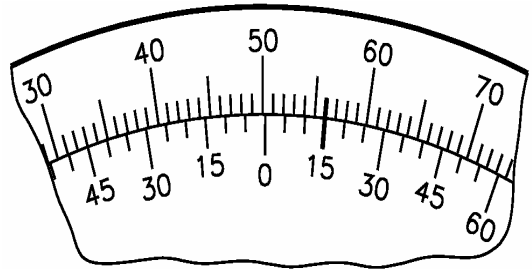
Exercícios:

1)



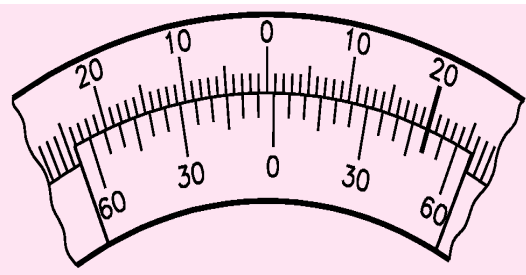
Leitura =

2)



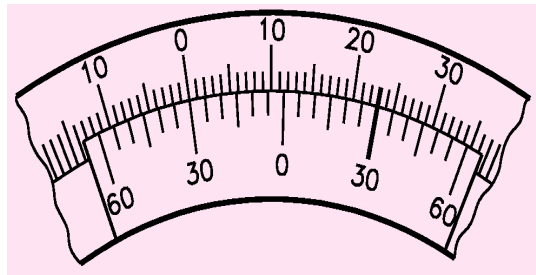
Leitura =

3)



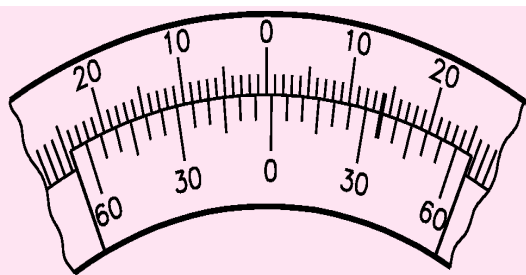
Leitura =

4)



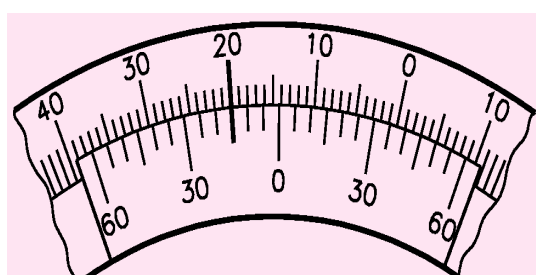
Leitura =

5)



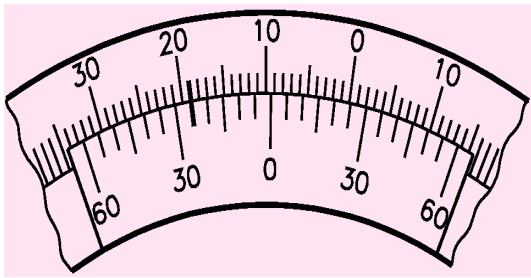
Leitura =

6)



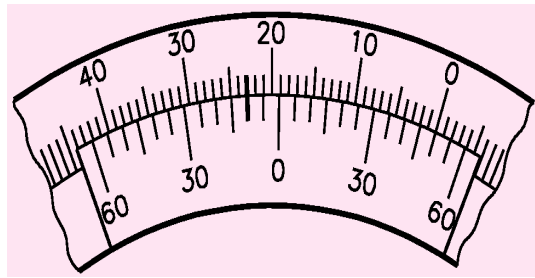
Leitura =

7)



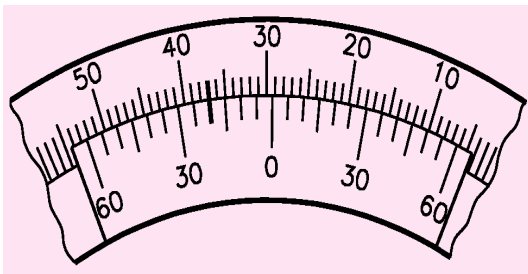
Leitura =

8)



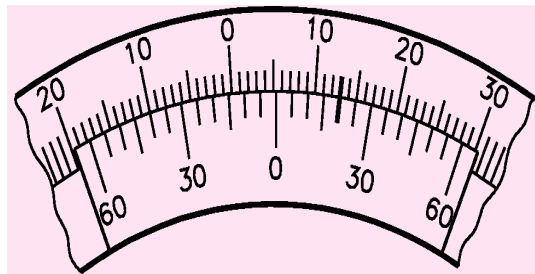
Leitura =

9)



Leitura =

10)



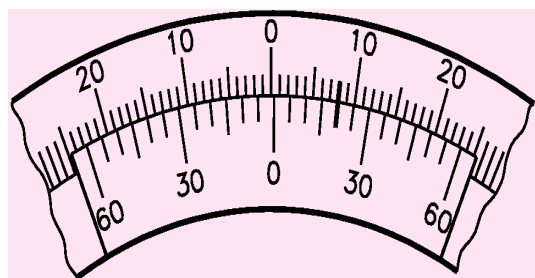
Leitura =

11)



Leitura =

12)



Leitura =

7.0 – RELÓGIO COMPARADOR

O relógio comparador fig.1, mede a variação das grandezas em relação a um padrão previamente definido, essa variação pode ser para mais ou para menos da dimensão nominal, a tolerância. É composto por um sistema mecânico de pinhão e coroa que amplifica a diferença encontrada na peça em relação ao padrão, possui um pino com uma esfera de aço temperado na ponta que aciona o sistema quando o mesmo entra em contato com o material a ser comparado.

As pontas a serem acopladas na haste possuem formatos diferenciados de acordo com a utilização necessária, podendo ser: extra longas, formatos especiais, planas, absorção de choques e roletes, fig.2.

Para a sua utilização prepara-se a medida a ser comparada com o empilhamento dos blocos padrões e gira-se a escala do relógio comparador para equalizar o zero do visor ao ponteiro, pode-se então realizar as verificações de peças produzidas em série. Quando o ponteiro ficar deslocado do zero para a direita a peça está maior que a medida especificada e quando ficar deslocado para a esquerda a peça está menor, resta saber se está dentro da tolerância dimensional.



Fig.1 – Relógio comparador



Fig.2 – Pontas de contato. Fonte: Manual do estudante – www.starrettonline.com

Os comparadores mais comuns, a cada volta completa do ponteiro o pino com a esfera na ponta desloca de 1mm da ponta, com um mostrador de 100 divisões fig.3, cada divisão da escala corresponde a 0,01mm.



Fig.3 – Visor do relógio comparador com 0,01mm, cada divisão. Fonte: www.mitutoyo.com.br

O relógio comparador para ser utilizado necessita de uma base fixa, que pode ser magnética ou não fig.4.



Fig.4 – Relógio comparador com base magnética.
Fonte: http://images.quebarato.com.br/photos/big/B/2/56A9B2_1.jpg

Nas oficinas mecânicas utiliza-se muito o relógio comparador para centralização de peças em máquinas fig.5, como torno mecânico, fresadoras, mandrilhadoras, etc, além disso usa-se também para ajudar na definição precisa de final de curso para aumentar a confiabilidade e a rapidez na execução da peça com maior segurança dimensional fig.6.



Fig.5 – Centralização de peça em torno



Fig.6 – Final de curso para usinagem de peças

Conservação

- A esfera de aço deve ser colocada suavemente sobre a peça a ser comparada;
- Quando for retirar a peça comparada, levantar a ponta evitando pressão desnecessária;
- Deve-se evitar choques mecânicos;
- Evite expô-lo à poeira;

8.0 - UTILIZAÇÃO DA ESCALA ANGULAR NO CARRO SUPERIOR DO TORNO

Para a fabricação de peças com ângulos, uma das alternativas é a utilização do carro superior inclinado, de acordo com a graduação angular no carro principal, fig.1.

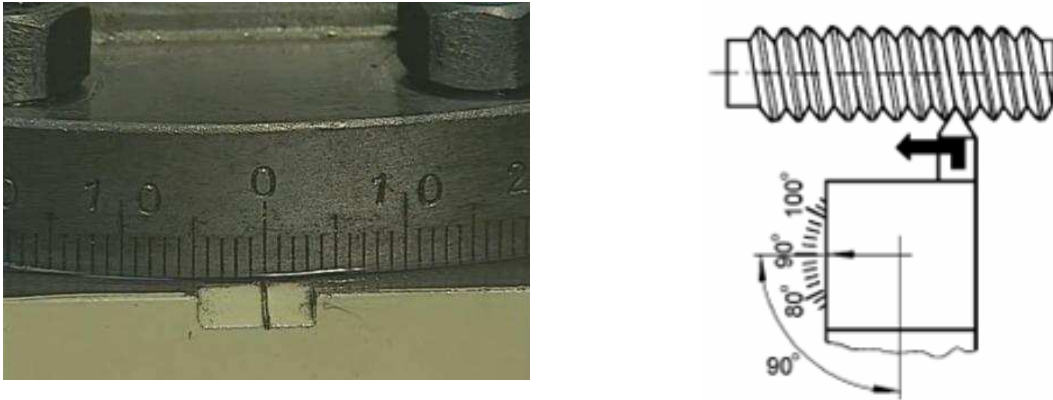


Fig.1 – Escala angular do carro principal.

9.0 - CÁLCULO DA APROXIMAÇÃO DO ANEL GRADUADO - quando o mesmo não é informado:

Este cálculo mostra qual o valor de uma divisão do anel graduado fig, 1, para isso faz-se necessário identificar as seguintes variáveis:

- Passo da rosca do fuso
- Quantas divisões possuem o anel graduado

Na maioria das vezes os fusos possuem passo de 3 ou 4 mm, mais precisamos medir com o paquímetro para ter certeza, a quantidade de divisões do anel precisa ser contada, de posse dessa informação fica simples se calcular a aproximação, basta dividir o passo do fuso pela quantidade de divisões do anel graduado, veja a seguir os exemplos.

Calcular a aproximação do anel graduado com os dados fornecidos.

Passo do anel graduado = 4 mm.

Número de divisões do anel graduado = 80 divisões

$$\text{Aproximação} = \frac{\text{Passo do fuso}}{\text{Número de divisões do anel}} = \frac{4 \text{ mm}}{80} = 0,05 \text{ mm}$$

Com esse cálculo podemos identificar que o valor encontrado é igual à precisão de um paquímetro de 20 divisões, com isso percebe-se que quando for possível se torna bastante interessante a utilização do anel graduado para fazer referências de medição na usinagem de comprimentos e diâmetros.



Fig.1 – Anel graduado de torno mecânico.

10.0 - TOLERÂNCIA E AJUSTE

Nas construções mecânicas obter a exatidão absoluta indicada pelo desenho é impossível devido, aos problemas causados por folgas e desgastes de máquinas e a imperfeição dos instrumentos de medição, erros na leitura devido ao operador e, além disso, os instrumentos somente são capazes de realizar medidas aproximadas.

Com a finalidade de aumentar à produtividade as peças fabricadas em larga escala (em série), não são exatamente iguais, mais sim semelhantes e obedecem a uma tolerância que permite às mesmas variações dentro de certos limites pré-estabelecidos serem totalmente intercambiáveis.

Para isso é necessário estabelecer o intervalo dos limites onde a medida da peça poderá variar, determinando assim sua tolerância.

Tolerância ou campo de tolerância é a variação máxima permitida das medidas da peça dada pela variação da dimensão máxima e a dimensão mínima, fig.1.

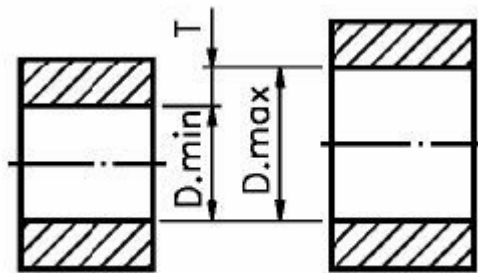


Fig.1 – Tolerância, variação da dimensão.

Terminologia

- **Dimensão nominal (D):** indicadas nos desenhos técnicos
- **Afastamento superior (As/ as):** diferença entre a dimensão máxima e a nominal
- **Afastamento inferior (Ai/ ai):** diferença entre a dimensão mínima e a nominal
- **Campo de tolerância (IT):** valor entre o afastamento superior e o inferior
- **Dimensão efetiva:** valor obtido medindo a peça
- **Dimensão máxima (Dmax):** valor máximo admissível para a dimensão efetiva
- **Dimensão mínima (Dmin):** valor mínimo admissível para a dimensão efetiva

Sistemas de tolerância

Qualidade de trabalho: 18 “graus de tolerância” previstas pela norma ABNT (NB-86)
 IT = ISO Tolerance, fig.2.

		Qualidade de Trabalho																	
		IT01	IT0	IT1	IT2	IT3	IT4	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12	IT13	IT14	IT15	IT16
Eixos		mecânica extra-precisa					mecânica corrente						mecânica grosseira						
Furos		mecânica extra-precisa					mecânica corrente						mecânica grosseira						

Fig.2 – Tabela de I.T. e tipos de ajustes.

Tolerâncias fundamentais: sistema estudado inicialmente para a produção de peças mecânicas com até 500 mm de diâmetro, depois foi ampliado para peças com até 3150 mm de diâmetro.

As Tabelas: 1, 2, 3 e 4, apresentam as aplicações industriais mais importantes dos ajustes normalizados, tanto para furo-base como para eixo-base. Aplicações semelhantes, para casos específicos, poderão ser utilizadas dependendo da análise de jogos e interferências passíveis de serem efetivadas, de acordo com as exigências do cálculo de dimensionamento.

Fonte das tabelas:

Tolerâncias, ajustes, desvios e análise de dimensões, Princípios de engenharia de fabricação mecânica, Oswaldo Luiz Agostinho, Antônio Carlos dos Santos Rodrigues e João Lirani, Editora Edgard Blücher Ltda., p.81-84

Tabela 1 Tolerâncias abertas - construção grosseira

Furo-base	Eixo-base	Tipos de ajustes	Aplicações
<i>H11 a12</i>	<i>h11 A12</i>	Peças móveis com grande tolerância e muito jogo	
<i>H11 c11</i>	<i>h11 C11</i>	Peças móveis com grande tolerância e jogo	<ul style="list-style-type: none"> • rolamentos em máquinas agrícolas • varão de acionamento de freio de automóveis • eixos interruptores giratórios limitadores de curso
<i>H11 a11</i> <i>H10 d10</i> <i>H10 d9</i>	<i>h11 / D9</i> <i>D10 h10</i> <i>D10 h9</i>	Peças móveis, ajustes muito livres correspondentes a pequena precisão. Assento giratório folgado	<ul style="list-style-type: none"> • peças de freio ferroviário • órgãos de máquinas com deslizamento sem lubrificação • aros de êmbolos
<i>H11 h11</i>	<i>h11 H11</i>	Fácil montagem Grande tolerância com pequeno jogo	<ul style="list-style-type: none"> • peças de máquinas agrícolas com eixos de pino de trava; parafusadas • espaçadores de distância

Tabela 2 Tolerâncias de média precisão

Furo-base	Eixo-base	Tipos de ajustes	Aplicações
<i>H8 / a9</i> <i>H9 / e8</i>	<i>E8 / h9</i> <i>E9 / h8</i> <i>F8 / h9</i>	Peça móveis com jogo, desde perceptíveis até amplo. Utilizados em condições pouco severas, permitindo funcionamento sem lubrificação	<ul style="list-style-type: none"> • virabrequins • bielas • eixos apoiados em três rolamentos • rolamentos em bombas centrífugas e de engrenagens • eixos de ventiladores • cruzetas
<i>H9 d10</i>	<i>D10 h9</i>	Peças móveis com jogo muito amplo	<ul style="list-style-type: none"> • suportes para eixos grandes (árvores de transmissão) de acionamento em guias • suportes para transmissão • polias loucas • suportes em máquinas agrícolas
<i>H8 / e7</i>	<i>E8 / h7</i>	Precisão média para peças móveis que giram ou deslizam em mancal de deslizamento	<ul style="list-style-type: none"> • ajustes para máquinas-ferramentas • ajustes para Alavancas • ajustes para Varões
<i>H8 f8</i>	<i>F8 h8</i>	Precisão bastante grande. Ajustes de rotação de órgãos que se efetuam em baixas condições de velocidade e pressão, porém não necessitam de usinagem cuidadosa	<ul style="list-style-type: none"> • assento de árvores de comando de válvulas • eixos de bomba de óleo • ajuste dos porta-escovas nos motores elétricos
<i>H8 h8</i> <i>H8 h9</i>	<i>H8 h8</i>	Peças que devem ser montadas sem esforço e deslizar em funcionamento. Casos em que é preciso boa precisão de rotação	<ul style="list-style-type: none"> • retentores em transmissão • polias fixas e inteiriças • manivelas, engrenagens, acoplamentos que deslizem sobre seus eixos

Tabela 3 Ajustes de precisão

Furo-base	Eixo-base	Tipos de ajustes	Aplicações
<i>H7 d9</i>	<i>D9 h7</i>	Peças móveis com grande jogo. Assento giratório folgado	<ul style="list-style-type: none"> • furos rosqueados em suporte • eixos sobre suportes múltiplos em máquina operatriz
<i>H7 f7</i>	<i>F7 h7</i>	Peças móveis com jogo apreciável. Assento giratório. Provocam jogos de funcionamento pouco importantes	<ul style="list-style-type: none"> • suporte de fusos em afiadoras • engrenagens corredeiras em caixas de câmbio • rolamentos de bielas • acoplamentos com discos deslocáveis • peças giratórias ou deslizantes em rolamentos ou mancal, correspondentes a uma rotação de menos de 600 rpm e pressão do serviço menor que 40 kgf/cm² • fusos com ressalto divisores
<i>H7 g6</i>	<i>G7 h6</i>	Ajuste de peças móveis se jogo. Assento giratório justo.	<ul style="list-style-type: none"> • peças deslizantes de máquinas ferramentas • anéis exteriores de rolamentos e esferas
<i>H6 f6</i>	<i>G6 h6</i>	Ajuste de grande precisão para peças móveis entre si que exigem guias precisas e somente deslizamento preferencial à rotação.	<ul style="list-style-type: none"> • ajuste para rolamentos de cilindros secadores
<i>H6 g5</i>	<i>G6 h5</i>		<ul style="list-style-type: none"> • acoplamento de discos deslocáveis ou desacopláveis • encaixe de centragem de tubulações e válvulas

Tabela 3 Ajustes de precisão (Continuação)

Furo-base	Eixo-base	Tipos de ajustes	Aplicações
<i>H7 h6</i> <i>H6 h5</i>	<i>H7 / h6</i> <i>H6 / h5</i>	Assento deslizante em peças lubrificadas, com deslizamento à mão	<ul style="list-style-type: none"> • eixos de contra ponto • fixação por chavetas • montagem de acessórios em torre de torno revólver • mancais de furadeira • colunas-guia de furadeiras radiais • montagem de rolamentos de esferas e rolos • fresas em mandris, cabeçote broqueador
<i>H7 j6</i> <i>H6 j5</i> <i>H6 k5</i>	<i>J7 h6</i> <i>J6 h5</i> <i>K6 h5</i>	Assento forçado leve. Podem ser montados ou desmontados à mão ou com martelo de madeira. Não são suficientes para transmitir esforço, sendo necessário fixação de peças. Empregadas também para os casos em que há necessidade de grande precisão de giro, com carga leve com direção indeterminada.	<ul style="list-style-type: none"> • peças de máquinas operatrizes desmontadas com frequência e com fixação contra o giro como mancais, capas externas de rolamentos de esferas, buchas em engrenagens de câmbio. • ajustes em máquinas elétricas (rolamentos, polias, alojamentos de chapas do extrator) • rolamentos em virabrequins • pinhões em pontas do eixo • discos, engrenagens, cubos, etc., que devem deslocar-se facilmente por uma chaveta
<i>H7 k6</i>	<i>h6 K7</i>	Assento forçado médio montados ou desmontados com martelo. Não permite rotação ou deslocamento.	<ul style="list-style-type: none"> • engrenagens em fusos de torno • anel interior de rolamento de esferas • discos de excêntricos • polias fixas e volantes em eixos • manivelas para pequenos esforços
<i>H8 m7</i> <i>H7 m6</i> <i>H7 m5</i>	<i>M8 h7</i> <i>M7 h6</i> <i>M6 h5</i>	Assentos forçados com aperto. Montagem e desmontagem com martelo, sem estragar o ajuste.	<ul style="list-style-type: none"> • em máquinas ferramentas, engrenagens que se montam e desmontam com frequência, mas que não devem ter jogo apreciável • polias de correias • pinhões e engrenagens com assento prensado ou forçado com lingüetas para 200 rpm • mancais (\varnothing externo) nos suportes correspondentes

Tabela 4 Ajustes de precisão

Furo-base	Eixo-base	Tipos de ajustes	Aplicações
<i>H7 n6</i>	<i>N7 h6</i>	Montado e desmontado com grande esforço, com esforço. Assento forçado duro.	<ul style="list-style-type: none"> • anéis externos em centros • mancais de bronze no cubo • anéis sobre eixos com interferência • pinhões em eixos motores • induzidos em dínamos
<i>H7 p6</i> <i>H6 p5</i>	<i>P7 h6</i> <i>P6 h5</i>	<p>Ajustes com grandes interferências, para peças onde deve-se garantir que não haja giro relativo entre uma peça e outra.</p> <p>Montagem e desmontagem somente com prensa a frio, ou com esquentamento de uma das peças óleo quente.</p> <p>Não podem ser desmontadas sem prejudicar a fixação</p>	<ul style="list-style-type: none"> • cubos de induzidos em eixos de motores elétricos • rotores sobre eixos até 50mm de diâmetro • montagem de polias e engrenagens de grande diâmetro • rolamento para trens de laminação • mancais de bronze em cubos (com trabalho forçado) • coroas de bronze em rodas de parafuso sem-fim • coroas de bronze para engrenagens • acoplamento em pontas de eixo sujeitas a severas condições de trabalho
<i>H7 s6</i> <i>H8 u7</i> <i>H8 x7</i>	<i>S7 h6</i> <i>U8 h7</i> <i>X8 h7</i>	Ajustes com prensagem a quente com prensa, com desmontagem impossível sem prejudicar a superfície. Possível transmitir esforços pelo ajuste.	<ul style="list-style-type: none"> • ajustes para máquinas elétricas com furos acima de Ø 335 mm • anéis coletores com furos acima de 50 mm
<i>H7 h9</i>	<i>H7 h9</i>	Ajustes deslizantes para peças que se soltam com facilidade	<ul style="list-style-type: none"> • pinhões e engrenagens com <i>n</i> 200 rpm, presos com chavetas de cunha • acoplamentos e polias de freios montados sobre eixos trefilados a frio • aplicação em trens de laminação
<i>H7 r6</i>	<i>R7 h6</i>	Ajustes prensados	<ul style="list-style-type: none"> • acoplamento elástico e rígido para <i>n</i> 200 rpm com chaveta • polias de freios com chaveta <i>n</i> 200 rpm • mancais de aço • mancais de bronze inteiros em cárteres e cubos
<i>E8 h9</i>	<i>h8 E9</i>	Ajustes deslizantes	<ul style="list-style-type: none"> • engrenagens deslocáveis sobre eixos • ajuste giratório de rolamentos presos com anéis • ajustes de rolamentos em cárter de engrenagens, lubrificadas com graxa grossa

Tabela de qualidade I.T.

Tolerâncias fundamentais																		
Grupo de dimensões	Qualidade IT (microns)																	
	01	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
até 1	0,3	0,5	0,8	1,2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
> 1 <= 3	0,3	0,5	0,8	1,2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	100	140	250	400	600
> 3 <= 6	0,4	0,6	1	1,5	2,5	4	5	8	12	18	30	48	75	120	180	300	480	750
> 6 <= 10	0,4	0,6	1	1,5	2,5	4	6	9	15	22	36	58	90	150	220	360	580	900
> 10 <= 18	0,5	0,8	1,2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	180	270	430	700	1100
> 18 <= 30	0,6	1	1,5	2,5	4	6	9	13	21	33	52	84	130	210	330	520	840	1300
> 30 <= 50	0,6	1	1,5	2,5	4	7	11	16	25	39	62	100	160	250	390	620	1000	1600
> 50 <= 80	0,8	1,2	2	3	5	8	13	19	30	46	74	120	190	300	460	740	1200	1900
> 80 <= 120	1	1,5	2,5	4	6	10	15	22	35	54	87	140	220	350	540	870	1400	2200
> 120 <= 180	1,2	2	3,5	5	8	12	18	25	40	63	100	160	250	400	630	1000	1600	2500
> 180 <= 250	2	3	4,5	7	10	14	20	29	46	72	115	185	290	460	720	1150	1850	2700
> 250 <= 315	2,5	4	6	8	12	16	23	32	52	81	130	210	320	520	810	1300	2100	3200
> 315 <= 400	3	5	7	9	13	18	25	36	57	89	140	230	360	570	890	1400	2300	3600
> 400 <= 500	4	6	8	10	15	20	27	40	63	97	155	250	400	630	970	1550	2500	4000

Legenda
xxx = Não tem Valor

Fonte: Nbr-6158 - Jun 1995 Sistema de Tolerâncias e Ajustes.

Tabela de Tolerância ISO para eixos

Código	Mod. Nominal	Campo de Medida Nominal																					
		acima 3 Até 6	acima 6 Até 10	acima 10 Até 18	acima 18 Até 30	acima 30 Até 40	acima 40 Até 50	acima 50 Até 65	acima 65 Até 80	acima 80 Até 100	acima 100 Até 120	acima 120 Até 140	acima 140 Até 160	acima 160 Até 180	acima 180 Até 200	acima 200 Até 225	acima 225 Até 250	acima 250 Até 280	acima 280 Até 315	acima 315 Até 355	acima 355 Até 400	acima 400 Até 450	acima 450 Até 500
a 12	Sup. Inf.	-270 -390	-280 -430	-290 -470	-300 -510	-310 -560	-320 -570	-340 -640	-380 -680	-380 -730	-410 -780	-480 -800	-520 -920	-580 -980	-800 -1120	-740 -1200	-820 -1280	-820 -1440	-1050 -1570	-1200 -1770	-1350 -1920	-1500 -2130	-1650 -2280
a 13	Sup. Inf.	-270 -450	-280 -500	-290 -560	-300 -630	-310 -700	-320 -710	-340 -800	-360 -820	-380 -920	-410 -950	-460 -1090	-520 -1150	-580 -1210	-660 -1380	-740 -1460	-820 -1540	-920 -1730	-1050 -1880	-1200 -2190	-1350 -2240	-1500 -2470	-1650 -2620
c 12	Sup. Inf.	-70 -190	-80 -230	-95 -110	-110 -320	-120 -370	-130 -380	-140 -440	-150 -450	-170 -520	-180 -530	-200 -600	-210 -610	-230 -630	-240 -700	-260 -720	-280 -740	-300 -820	-330 850	-380 -930	-400 -970	-440 -1070	-480 -1110
d 6	Sup. Inf.	-30 -38	-40 -49	-50 -61	-65 -78	-80 -96	-100 -119	-120 -142	-145 -170	-170 -199	-190 -222	-210 -245	-230 -270										
e 6	Sup. Inf.	-20 -28	-25 -34	-32 -43	-40 -53	-50 -68	-60 -79	-72 -94	-85 -110	-100 -129	-110 -142	-125 -161	-135 -175										
e 7	Sup. Inf.	-20 -32	-25 -40	-32 -50	-40 -61	-50 -75	-60 -90	-72 -107	-85 -125	-100 -146	-110 -162	-125 -182	-135 -198										
e 12	Sup. Inf.	-20 -140	-25 -175	-32 -212	-40 -250	-50 -300	-60 -360	-72 -422	-85 -485	-100 -560	-110 -630	-125 -695	-135 -765										
f 5	Sup. Inf.	-10 -15	-13 -19	-16 -24	-20 -29	-25 -36	-30 -43	-36 -51	-43 -61	-50 -70	-56 -79	-62 -87	-68 -95										
f 6	Sup. Inf.	-10 -18	-13 -22	-16 -27	-20 -33	-25 -41	-30 -49	-36 -58	-43 -68	-50 -79	-56 -88	-62 -98	-68 -108										
g 5	Sup. Inf.	-4 -9	-5 -11	-6 -14	-7 -16	-9 -20	-10 -23	-12 -27	-14 -32	-15 -36	-17 -40	-18 -43	-20 -47										
g 6	Sup. Inf.	-4 -12	-5 -14	-6 -17	-7 -20	-9 -25	-10 -29	-12 -34	-14 -39	-15 -44	-17 -49	-18 -54	-20 -60										
h 5	Sup. Inf.	0 -5	0 -6	0 -8	0 -9	0 -11	0 -13	0 -15	0 -18	0 -20	0 -23	0 -25	0 -27										
h 6	Sup. Inf.	0 -8	0 -9	0 -11	0 -13	0 -16	0 -19	0 -22	0 -25	0 -29	0 -32	0 -36	0 -40										
h 7	Sup. Inf.	0 -12	0 -15	0 -18	0 -21	0 -25	0 -30	0 -35	0 -40	0 -46	0 -52	0 -57	0 -63										
h 8	Sup. Inf.	0 -18	0 -22	0 -27	0 -33	0 -39	0 -45	0 -54	0 -63	0 -72	0 -81	0 -89	0 -97										
h 10	Sup. Inf.	0 -48	0 -58	0 -70	0 -84	0 -100	0 -120	0 -140	0 -160	0 -185	0 -210	0 -230	0 -250										
h 11	Sup. Inf.	0 -75	0 -90	0 -110	0 -130	0 -160	0 -190	0 -220	0 -250	0 -290	0 -320	0 -360	0 -400										
h 13	Sup. Inf.	0 -180	0 -220	0 -270	0 -330	0 -390	0 -460	0 -540	0 -630	0 -720	0 -810	0 -890	0 -970										
i 5	Sup. Inf.	+3 -2	+4 -2	+5 -3	+5 -4	+6 -5	+6 -7	+6 -9	+7 -11	+7 -13	+7 -16	+7 -18	+7 -20										
i 6	Sup. Inf.	+6 -2	+7 -2	+8 -3	+9 -4	+11 -5	+12 -7	+13 -9	+14 -11	+16 -13	+16 -16	+18 -18	+20 -20										
i 7	Sup. Inf.	+8 -4	+10 -5	+12 -6	+13 -8	+15 -10	+18 -12	+20 -15	+22 -18	+25 -21	+26 -26	+29 -28	+31 -32										
k 5	Sup. Inf.	+6 +1	+7 +1	+9 +1	+11 +2	+13 +2	+15 +2	+18 +3	+21 +3	+25 +3	+28 +3	+33 +4	+37 +4										
k 6	Sup. Inf.	+9 +1	+10 +1	+12 +1	+15 +2	+18 +2	+21 +2	+25 +3	+28 +3	+33 +4	+36 +4	+40 +4	+45 +5										
m 5	Sup. Inf.	+9 +4	+12 +6	+15 +7	+17 +8	+20 +9	+24 +11	+28 +13	+33 +15	+37 +17	+43 +20	+46 +21	+50 +23										
m 6	Sup. Inf.	+12 +4	+15 +6	+18 +7	+21 +8	+25 +9	+30 +11	+35 +13	+40 +15	+46 +17	+52 +20	+57 +21	+63 +23										
n 5	Sup. Inf.	+13 +8	+16 +10	+20 +12	+24 +15	+28 +17	+33 +20	+38 +23	+45 +27	+51 +31	+57 +34	+62 +37	+67 +40										
n 6	Sup. Inf.	+16 +8	+19 +10	+23 +12	+25 +15	+33 +17	+39 +20	+45 +23	+52 +24	+60 +31	+66 +34	+73 +37	+80 +40										
p 6	Sup. Inf.	+20 +12	+24 +15	+29 +18	+35 +22	+42 +26	+51 +32	+59 +37	+68 +43	+79 +50	+88 +56	+96 +62	+106 +68										

Tabela de Tolerância ISO para FUIROS

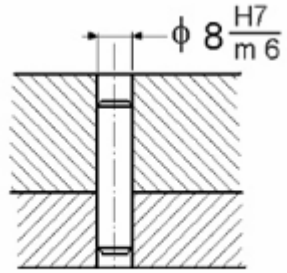
Código	Mod. Nominal	Campo de Medida Nominal																				
		acima 3 Até 6	acima 6 Até 10	acima 10 Até 18	acima 18 Até 30	acima 30 Até 40	acima 40 Até 50	acima 50 Até 65	acima 65 Até 80	acima 80 Até 100	acima 100 Até 120	acima 120 Até 140	acima 140 Até 160	acima 160 Até 180	acima 180 Até 200	acima 200 Até 225	acima 225 Até 250	acima 250 Até 280	acima 280 Até 315	acima 315 Até 355	acima 355 Até 400	acima 400 Até 450
E6	Sup. Inf.	+28 +20	+34 +25	+43 +32	+53 +40	+66 +50	+79 +60	+94 +72	+110 +85	+129 +100	+142 +110	+161 +125	+175 +135									
E7	Sup. Inf.	+32 +20	+40 +25	+50 +32	+61 +40	+75 +50	+90 +60	+107 +72	+125 +85	+146 +100	+162 +110	+182 +125	+198 +135									
E10	Sup. Inf.	+68 +20	+83 +25	+102 +32	+124 +40	+150 +50	+180 +60	+212 +72	+245 +85	+285 +100	+320 +110	+355 +125	+385 +135									
E11	Sup. Inf.	+95 +20	+115 +25	+142 +32	+170 +40	+210 +50	+250 +60	+292 +72	+335 +85	+390 +100	+430 +110	+485 +125	+535 +135									
E12	Sup. Inf.	+140 +20	+175 +25	+212 +32	+250 +40	+300 +50	+360 +60	+422 +72	+485 +85	+560 +100	+630 +110	+695 +125	+765 +135									
F6	Sup. Inf.	+18 +10	+22 +13	+27 +16	+33 +20	+41 +25	+49 +30	+58 +36	+68 +43	+79 +50	+88 +56	+98 +62	+108 +68									
F7	Sup. Inf.	+22 +16	+28 +13	+34 +16	+41 +20	+50 +25	+60 +30	+71 +36	+83 +43	+96 +50	+108 +56	+119 +62	+131 +68									
F8	Sup. Inf.	+28 +10	+35 +13	+43 +16	+53 +20	+64 +25	+76 +30	+90 +36	+106 +43	+122 +50	+137 +56	+151 +62	+165 +68									
G6	Sup. Inf.	+12 +4	+14 +5	+17 +6	+20 +7	+25 +9	+29 +10	+34 +12	+39 +14	+44 +15	+49 +17	+54 +18	+60 +20									
G7	Sup. Inf.	+16 +4	+20 +5	+24 +6	+28 +7	+34 +9	+40 +10	+47 +12	+54 +14	+61 +15	+69 +17	+75 +18	+83 +20									
H6	Sup. Inf.	+8 0	+9 +0	+11 0	+13 0	+16 0	+19 0	+22 0	+25 0	+29 0	+32 0	+36 0	+40 0									
H7	Sup. Inf.	+12 0	+15 0	+18 0	+21 0	+25 0	+30 0	+35 0	+40 0	+46 0	+52 0	+57 0	+63 0									
H8	Sup. Inf.	+18 0	+22 0	+27 0	+33 0	+39 0	+46 0	+54 0	+63 0	+72 0	+81 0	+89 0	+97 0									
H9	Sup. Inf.	+30 0	+36 0	+43 0	+52 0	+62 0	+74 0	+87 0	+100 0	+115 0	+130 0	+140 0	+155 0									
H10	Sup. Inf.	+48 0	+58 0	+70 0	+84 0	+100 0	+120 0	+140 0	+160 0	+185 0	+210 0	+230 0	+250 0									
H11	Sup. Inf.	+75 0	+90 0	+110 0	+130 0	+160 0	+190 0	+220 0	+250 0	+290 0	+320 0	+360 0	+400 0									
J6	Sup. Inf.	+5 -3	+5 -4	+6 -5	+8 -5	+10 -6	+13 -6	+16 -6	+18 -7	+22 -7	+25 -7	+29 -7	+33 -7									
J7	Sup. Inf.	+6 -6	+8 -7	+10 -8	+12 -9	+14 -11	+18 -12	+22 -13	+26 -14	+30 -16	+36 -16	+39 -18	+43 -20									
K6	Sup. Inf.	+2 -6	+2 -7	+2 -9	+2 -11	+3 -13	+4 -15	+4 -18	+4 -21	+5 -24	+5 -27	+7 -29	+8 -32									
K7	Sup. Inf.	+3 -9	+5 -10	+6 -12	+6 -15	+7 -18	+9 -21	+10 -25	+12 -28	+13 -33	+16 -36	+17 -40	+18 -45									
M6	Sup. Inf.	-1 -9	-3 -12	-4 -15	-4 -17	-4 -20	-5 -24	-6 -28	-8 -33	-8 -37	-9 -41	-10 -46	-10 -50									
M7	Sup. Inf.	0 -12	0 -15	0 -18	0 -21	0 -25	0 -30	0 -35	0 -40	0 -46	0 -52	0 -57	0 -63									
N6	Sup. Inf.	-5 -13	-7 -16	-9 -20	-11 -24	-12 -28	-14 -33	-16 -38	-20 -45	-22 -51	-25 -57	-26 -62	-27 -67									
N7	Sup. Inf.	-4 -16	-4 -19	-5 -23	-7 -28	-8 -33	-9 -39	-10 -45	-12 -52	-14 -60	-14 -66	-16 -73	-17 -80									
P6	Sup. Inf.	-9 -17	-12 -21	-15 -26	-18 -31	-21 -37	-26 -45	-30 -52	-36 -61	-41 -70	-47 -79	-51 -87	-55 -95									
P7	Sup. Inf.	-8 -20	-9 -24	-11 -29	-14 -35	-17 -42	-21 -51	-24 -59	-28 -68	-33 -79	-36 -88	-41 -98	-45 -108									
R6	Sup. Inf.	-12 -20	-16 -25	-20 -31	-24 -37	-29 -45	-35 -54	-37 -56	-44 -68	-47 -69	-56 -81	-58 -83	-61 -86	-68 -97	-71 -100	-75 -104	-85 -117	-89 -124	-97 -133	-103 -139	-113 -153	-119 -159
R7	Sup. Inf.	-11 -23	-13 -28	-16 -34	-20 -41	-25 -50	-30 -60	-32 -62	-38 -73	-41 -76	-48 -88	-50 -90	-53 -93	-60 -106	-63 -109	-67 -113	-74 -126	-78 -130	-87 -144	-93 -150	-103 -166	-109 -172

Fonte: Nbr-6158 - Jun 1995 Sistema de Tolerâncias e Ajustes.

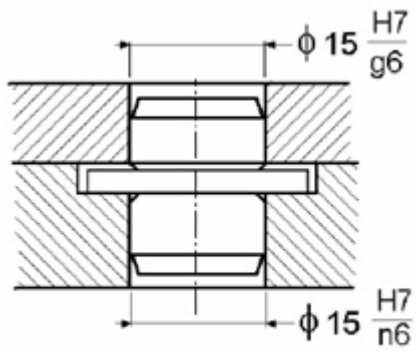
Exercícios.

COTA	MEDIDA NOMINAL	AFASTAMENTO LIMITE (FURO) SUP./ INF.	AFASTAMENTO LIMITE (EIXO) SUP./ INF.	DIMENSÕES MÁX./MÍN. (FURO)	DIMENSÕES MÁX./MÍN. (EIXO)	TIPO DE AJUSTE
30 H7/h6	30 mm	+0,021 / 0	0,000 / -0,013	30,021 / 30	30 / 29,987	Deslizante
63,5 D8/d5						
182 G8/e7						
315 G8/e5						
8,9 N8/f3						
72,7 H7/g6						
400 J8/d12						
5,9 M3/k12						
16,7 K4/d9						
124,6 G6/f8						
98,1 K5/f9						
37,6 F5e/10						
275,3 K8/k4						
57,8 G6/h7						
163,4 M5/j6						
73,6 G5/d13						
61,9 K8/m7						
10,1 G10/e10						
45,3 P5/d11						

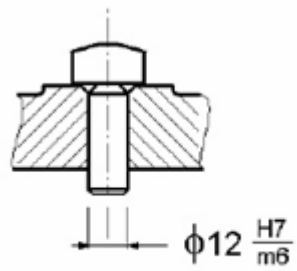
2,5 M6/g3						
211,7 F9/e8						
79,3 D13/k11						
11 H7/j6						
52 G7/h4						
400 JS11/js10						
87,5 E9/e7						
17,8 K3/d5						
89,1 J8/g4						
102,1 N9/f5						
77,7 H7/h7						
275,3 J6/e6						
163,4 G8/d10						
79,4 D6/f4						
11 J8/g8						
26,3 D13/e9						



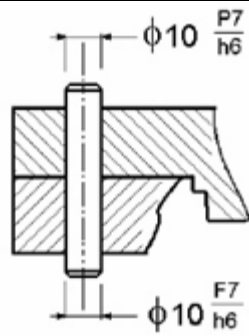
Referência com cunha cilíndrica



Cavilha de centragem



Ponteiro



Linguetas de dobradiças

Exemplos de instrumentos de medição direta e direta por comparação.



PAQUÍMETRO QUADRIMENSIONAL



ESCANTILHÃO



GABARITO DE RAIOS



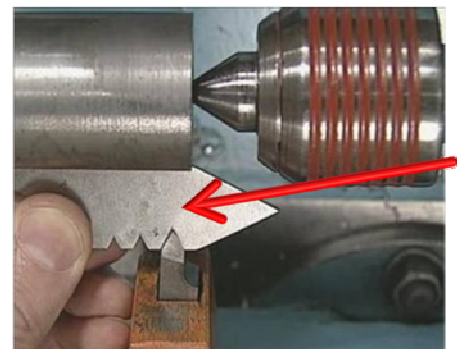
PENTE DE RAIOS



PENTE DE ROSCA



Verificação com gabarito de raio



Posicionamento de ferramenta com a ajuda do escantilhão



Verificação do passo da rosca com o pente de rosca



Calibração da rosca do parafuso com o calibrador passa-não-passa.



Verificação da medida do eixo com micrômetro.

Fonte:

<http://www.calusin.com.br/equipamentos.html>



Utilização do relógio comparador como “stop”-
posicionador de fiavel de curso, facilita a
usinagem de rebaxos na peça. – Fonte:

[http://www.kumhyr.com/topics/david/
machining/P4137683.JPG](http://www.kumhyr.com/topics/david/machining/P4137683.JPG)

BIBLIOGRAFIA

AGOSTINHO, Oswaldo Luiz; **LIRANI**, Rodrigues; **RODRIGUES**, Antônio Carlos dos Santos. Tolerâncias, ajustes, desvios e análise de dimensões, Princípios de engenharia de fabricação mecânica, Editora Edgard Blücher Ltda., p.81-84

Apostila de metrologia - SENAI / CST (Companhia Siderúrgica de Tubarão) - SENAI - ES, 1996.

Apostila de metrologia – Telecurso 2000 – encontrado em:
http://www.aditivocad.com/apostilas.php?de=telecurso_2000_metrologia – acesso em: 23-05-2010.

Catálogo - S474m SENAI - PR. DET – **Metrologia** - Curitiba, 2001, 74 p

GONÇALVES, Armando Albertazzi Jr. *Metrologia*, 1999.2 – Lab / Metro – UFSC – Florianópolis.

NBR-6158 - *Sistema de Tolerâncias e Ajustes* - JUN 1995.

NB – 86- Qualidade de Trabalho – IT = ISO TOLERANCE.

Micrômetro de 0 a 25mm com precisão de 0,01mm – encontrado em: 1- www.switron.com.br/lancamentos.html - 2 - www.tovbein.com.ar/micrometros.html acesso em: 23-05-2010.

Micrômetro para medição de tubos de 0 a 25mm com precisão 0,01mm – encontrado em: www.tovbein.com.ar/micrometros.html - acesso em:23-05-2010.

Micrômetro de discos de 0 a 25mm com precisão de 0,01mm – encontrado em: www.solostocks.com.br/venda-produtos/instrume... - acesso em: 23-05-2010.

Micrômetro para ferramentas – encontrado em:
www.trilha4x4.com.br/index.php?view=article... – acesso em: 23-05-2010.

Paquímetro com relógio – encontrado em:
www.emule.com.br/lista.php?keyword=Starrett – acesso:23-05-2010.

Paquímetro de profundidade com gancho – encontrado em:
www.correaetoledo.com.br/toledo/component/vir... - acesso em: 23-05-2010.

Simulação de exercícios de escala: encontrado em : <http://www.stefanelli.eng.br> acesso em 23-5-2010.

Transferidor de ângulos – encontrado em:
www.trilha4x4.com.br/index.php?view=article... – acesso em:23-05-2010.

Ø mm	D8	D9	D10	D11	E7	E8	E9	F7	F8	F9	G6	G7
1-3	+0,020 +0,034	+0,020 +0,045	+0,020 +0,060		+0,014 +0,024	+0,014 +0,028	+0,014 +0,039	+0,006 +0,016	+0,006 +0,020	+0,006 +0,031	+0,002 +0,008	+0,002 +0,012
3-6	+0,030 +0,048	+0,030 +0,060	+0,030 +0,078	+0,030 +0,105	+0,020 +0,032	+0,020 +0,038	+0,020 +0,050	+0,010 +0,022	+0,010 +0,028	+0,010 +0,040	+0,004 +0,012	+0,004 +0,016
6-10	+0,040 +0,062	+0,040 +0,076	+0,040 +0,098	+0,040 +0,130	+0,025 +0,040	+0,025 +0,047	+0,025 +0,061	+0,013 +0,028	+0,013 +0,035	+0,013 +0,049	+0,005 +0,014	+0,005 +0,020
10-18	+0,050 +0,077	+0,050 +0,093	+0,050 +0,120	+0,050 +0,160	+0,032 +0,050	+0,032 +0,059	+0,032 +0,075	+0,016 +0,034	+0,016 +0,043	+0,016 +0,059	+0,006 +0,017	+0,006 +0,024
18-30	+0,065 +0,098	+0,065 +0,117	+0,065 +0,149	+0,065 +0,195	+0,040 +0,061	+0,040 +0,073	+0,040 +0,092	+0,020 +0,041	+0,020 +0,053	+0,020 +0,072	+0,007 +0,020	+0,007 +0,028
30-50	+0,080 +0,119	+0,080 +0,142	+0,080 +0,180	+0,080 +0,240	+0,050 +0,075	+0,050 +0,089	+0,050 +0,112	+0,025 +0,050	+0,025 +0,064	+0,025 +0,087	+0,009 +0,025	+0,009 +0,034
50-80	+0,100 +0,146	+0,100 +0,174	+0,100 +0,220	+0,100 +0,220	+0,060 +0,090	+0,060 +0,106	+0,060 +0,134	+0,030 +0,060	+0,030 +0,076	+0,030 +0,104	+0,010 +0,029	+0,010 +0,040
80-120	+0,120 +0,174	+0,120 +0,207	+0,120 +0,260	+0,120 +0,340	+0,072 +0,107	+0,072 +0,126	+0,072 +0,159	+0,036 +0,071	+0,036 +0,090	+0,036 +0,123	+0,012 +0,034	+0,012 +0,047
120-180	+0,145 +0,208	+0,145 +0,245	+0,145 +0,305	+0,145 +0,395	+0,085 +0,125	+0,085 +0,148	+0,085 +0,185	+0,043 +0,083	+0,043 -0,106	+0,043 +0,143	+0,014 +0,039	+0,014 +0,054
180-250	+0,170 +0,242	+0,170 +0,285	+0,170 +0,355	+0,170 +0,460	+0,100 +0,172	+0,100 +0,172	+0,100 +0,215	+0,050 +0,096	+0,050 +0,122	+0,050 +0,155	+0,015 +0,044	+0,015 +0,061



METROLOGIA

Professor Me. Claudemir Claudino Alves

