



**INSTITUTO SUPERIOR DE TRANSPORTE E COMUNICAÇÃO**

---

**Departamento de ciências Básicas**

**Física I**

Trabalho laboratorial N° 1

Laboratório Virtual

**“Paquímetro”**

**Responsável:**

Márcio Pagula

Milena Jossefa

Décio Macuacua

**Docente:**

---

## Índice

<b>Introdução</b> .....	4
<b>Informações gerais</b> .....	4
<b>Objectivos da aprendizagem</b> .....	4
Especificações .....	5
<b>Paquímetro com Relógio</b> .....	7
<b>Micrómetro</b> .....	8
<b>Como se obtém a resolução ou precisão do micrómetro centesimal</b> .....	9
<b>Para uma leitura correcta do micrómetro com resolução de 0,01mm:</b> .....	10
<b>Leitura no micrómetro com resolução de 0,001 mm:</b> .....	11
<b>Material usado na experiência para realizar as medições.</b> .....	12
<b>Metodologia</b> .....	13
Procedimentos .....	13
<b>Anexos(CALCULOS)</b> .....	14
.....	14
<b>Recomendações e Referências</b> .....	15

## **Introdução**

O paquímetro é o instrumento de medição mais conhecido para a realização de medições rápidas e relativamente exatas. Podendo ser feitas medições de dimensões internas, externas e de profundidade.

## **Informações gerais**

Por ser um instrumento de precisão, devem ser tomados todos os cuidados para sua preservação, evitando pancadas, colocação de peças sobre o instrumento, queda sobre a bancada de trabalho ou mesmo no chão. Os bicos de medição nunca devem ser utilizados como compasso, riscador, chave inglesa, martelo, etc. É recomendável que o instrumento permaneça em seu estojo quando não estiver sendo utilizado.

Antes e após o uso, deve-se limpar bem o paquímetro para eliminar a sujeira e o pó depositado no instrumento, especialmente nas superfícies de medição e nas superfícies de contato da régua com o cursor. Nunca se deve forçar o paquímetro ao colocá-lo ou retirá-lo da peça a ser medida. A medição deve ser realizada com uma pressão apropriada e constante entre a peça de trabalho e os pontos de contato do paquímetro. A leitura deve ser feita sem retirar o instrumento da peça de trabalho (o paquímetro deve ser aberto antes de retirá-lo) sempre que possível.

## **Objectivos da aprendizagem**

Entender o funcionamento do paquímetro, suas especificações/variedades e efectuar medições para posteriormente calcular os volumes e as densidades dos materiais usados na experiência

## Especificações

O paquímetro é utilizado para fazer medições com rapidez, em peças cujo grau de precisão seja de até 0,02 mm ou 1/128 de polegada. Para calcular a sensibilidade  $S$  do paquímetro (em milímetros ou polegadas), divide-se o menor valor da escala fixa (régua) pelo número de divisões da escala móvel (Vernier ou Nônio).

No sistema métrico, a escala fixa é dividida em intervalos de 1mm, existindo vernier com 10, 20 e 50 divisões. Assim, podemos ter paquímetros com as seguintes características: • Vernier com 10 divisões, sendo:  $S = 1 / 10 \rightarrow S = 0,1\text{mm}$  • Vernier com 20 divisões, sendo:  $S = 1 / 20 \rightarrow S = 0,05\text{mm}$  • Vernier com 50 divisões, sendo:  $S = 1 / 50 \rightarrow S = 0,02\text{mm}$

No sistema Britânico de unidades, com polegadas fracionárias, a menor fração é 1/16 de polegada, apresentando a seguinte característica:

- Vernier com 8 divisões, sendo:

$$S = (1/16")/8 \rightarrow S=(1/16")*(1/8) \rightarrow S=1/128"$$

Na Figura 1 são destacadas e nomeadas as principais partes de um paquímetro. Os bicos externos são utilizados para medir dimensões externas como diâmetro de esferas, cilindros e comprimentos. Os bicos

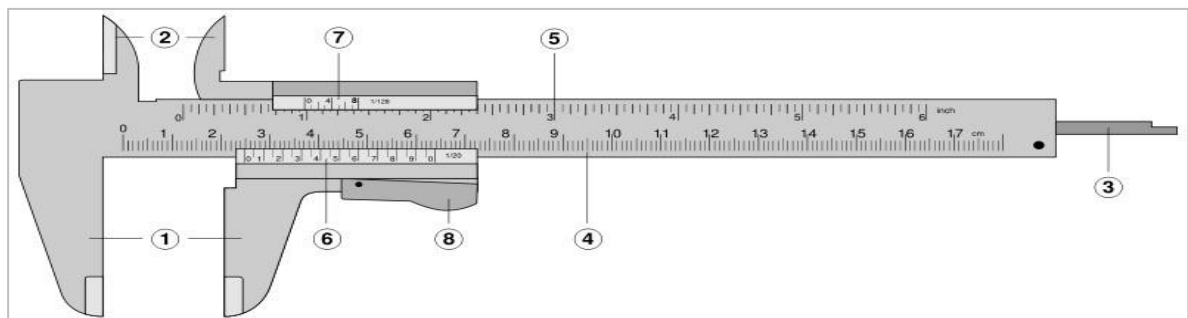


Figura 1 - Paquímetro universal e seus componentes, 1) bicos externos, 2) bicos internos, 3) medidor de profundidade, 4) escala principal em cm, 5) escala principal em polegadas, 6) Vernier em cm, 7) Vernier em polegadas, 8) retentor do cursor.

A menor divisão da escala fixa vale 1 mm, e a escala móvel (nónio) pode ter 10, 20 ou 50 divisões. O número de divisões do nóvio é que vai determinar a resolução ou precisão do paquímetro. A precisão do paquímetro determina-se pela razão entre a divisão mínima (1 mm) da escala fixa, pelo número de divisões que o nóvio apresenta. Assim, paquímetros cujos nóvios apresentem 10, 20 e 50 divisões terão como valores de precisão os seguintes valores: 0.1mm, 0.05mm e 0.02mm, respectivamente, ou seja:

$$\frac{1mm}{10} = 0,1mm, \quad \frac{1mm}{20} = 0,05mm \text{ e } \frac{1mm}{50} = 0,02mm$$

Para uma leitura correcta do paquímetro, a vista do leitor deve estar na perpendicular com a zona onde se pretende ler de modo a minimizar o erro de paralaxe.

Imaginemos que queremos medir o comprimento (C) de um objecto usando este instrumento:

1. Devemos colocar o objecto entre os bicos fixo e móvel. Em seguida ler o valor na escala fixa ou principal, tendo como ponto de referência o zero da escala do nóvio.
2. Ler o valor da divisão (traço) do nóvio que melhor coincide com um dos traços da escala fixa.
3. Multiplicar o valor obtido no número anterior pela precisão do instrumento que estamos a utilizar.

$$C = L_{EP} + L_{EN} * Pr ecisão$$

Ou seja, o comprimento do corpo medido com o auxílio do nóvio é igual ao número de divisões da escala principal, mais a precisão do instrumento multiplicada pelo número de divisões do nóvio até a divisão que melhor coincide com um dos traços da escala principal do paquímetro.

### Paquímetro com Relógio

Para além do paquímetro mostrado na figura 1, existe paquímetro com relógio no lugar de nónio (figura 3).

No relógio, o ponteiro dá uma volta completa ( $360^\circ$ ) a cada milímetro de avanço e seu mostrador tem cem divisões. Deste modo, cada traço que o ponteiro “varre” representa o avanço de  $1/100$  do milímetro ou um centésimo de milímetro.

A resolução ou precisão deste paquímetro é de 0,01mm.

Através do link: [https://www.stefanelli.eng.br/paquimetro-relogio-virtual-simulador-milimetro/#swiffycontainer\\_1](https://www.stefanelli.eng.br/paquimetro-relogio-virtual-simulador-milimetro/#swiffycontainer_1) pode encontrar um simulador que permite compreender melhor o funcionamento deste tipo de instrumento de medição.

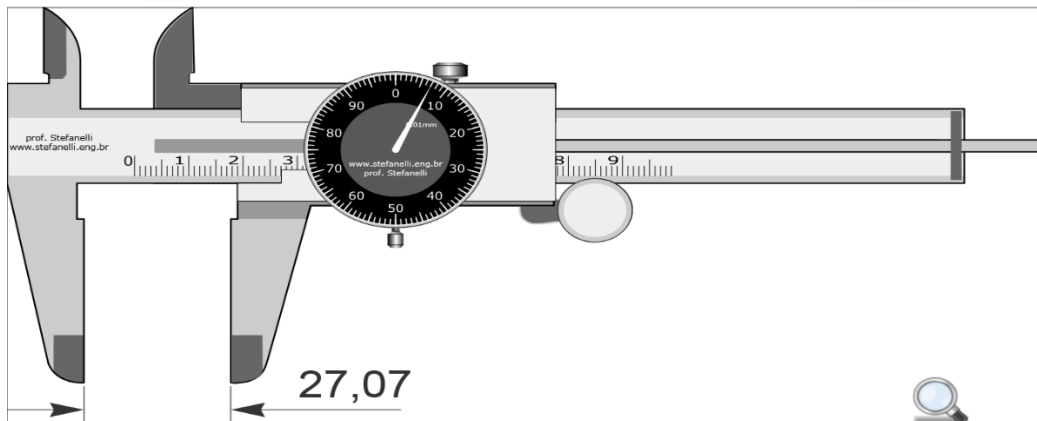


Figura 3 – Paquímetro com relógio

Através do link: <https://www.stefanelli.eng.br/paquimetro-virtual-simulador-milimetro-02/> e <https://www.compadre.org/Physlets/mechanics/> podemos encontrar simuladores úteis para melhor compreensão do funcionamento do paquímetro.

## Micrómetro

A precisão de medição que se obtém com o paquímetro, às vezes, não é suficiente. Para medições mais rigorosas, recorre-se ao micrómetro, que assegura uma exactidão de 0,01mm, ou 0,001mm dependendo do tipo de micrómetro.

O micrómetro é um instrumento que permite medir, por leitura directa, as dimensões reais com uma aproximação de até 0,001mm.

O princípio de funcionamento do micrómetro assemelha-se ao do sistema parafuso e porca. Sendo a porca fixa, se o parafuso móvel der uma volta completa, provocará um deslocamento do tambor igual ao seu passo, equivalente a 0,5mm.



Figura 4 - Micrómetro centesimal analógico

### **Como se obtém a resolução ou precisão do micrómetro centesimal**

O micrómetro é constituído basicamente de um parafuso micrométrico capaz de se mover ao longo do próprio eixo. Há no instrumento duas bases entre as quais se coloca o objecto a medir. O passo do parafuso, uma volta completa (360°) é de 0,5 mm. Na parte externa da porca há uma escala rectilínea, paralela ao eixo do parafuso. Geralmente os traços desta escala estão dispostos em torno de uma linha central de modo a ficarem de um lado os traços dos milímetros inteiros e do outro os meios milímetros. Concluimos então que a mínima divisão na escala rectilínea é de 0,5mm. Existem micrómetros em que os traços que representam milímetros inteiros e meios milímetros encontram-se dispostos no mesmo lado, relativamente a linha central.

A linha central da escala rectilínea serve de ponto de referência para a leitura da escala circular que se encontra na extremidade esquerda do tambor dividida em 50 partes. Ao mesmo tempo, a extremidade do tambor serve de ponto de referência para a leitura na escala rectilínea.

Dividindo a mínima divisão (0,5mm) da escala rectilínea pelo número de divisões da escala circular (50), obtemos a precisão do instrumento.

Exemplo:

$$\text{Resolução (precisão)} = \frac{0,5\text{mm}}{50} = 0,01\text{mm}$$



**Para uma leitura correcta do micrómetro com resolução de 0,01mm:**

1. Leitura de milímetros inteiros na escala rectilínea;
2. Leitura de meio milímetro (se for o caso);
3. Leitura do número de divisões do Tambor (escala circular) que será multiplicado pela precisão do instrumento.

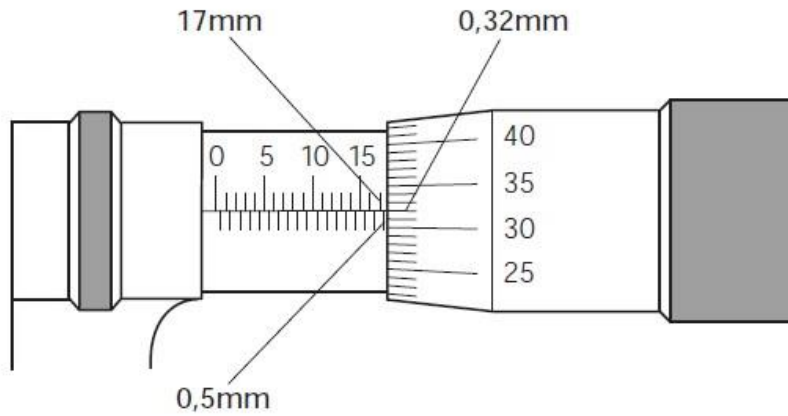


Figura 5 – Exemplos de leituras num micrómetro centesimal

17,00mm (escala dos mm inteiros)

+ 0,50mm (escala dos meios mm em baixo da linha na escala rectilínea)

0,32mm (escala do tambor multiplicado pela precisão)

---

17,82mm Leitura total

Para além de micrómetros centesimais, podemos encontrar micrómetros milésimais.

Quando no micrómetro existe nónio, ele indica o valor a ser acrescentado à leitura obtida na bainha e no tambor. A medida indicada pelo nónio é igual à leitura do tambor, dividida pelo número de divisões do nónio.

Se o nónio tiver dez divisões marcadas na bainha, sua resolução será:

$$R = 0.01\text{mm}/10 = 0.001\text{mm}$$

### Leitura no micrómetro com resolução de 0,001 mm:

1º passo -leitura dos milímetros inteiros na escala da bainha.

2º passo -leitura dos meios milímetros na mesma escala.

3º passo -leitura dos centésimos na escala do tambor.

4º passo -leitura dos milésimos com o auxílio do nónio da bainha, verificando qual dos traços do nónio coincide com o traço do tambor.

*A leitura final será a soma dessas quatro leituras parciais.*

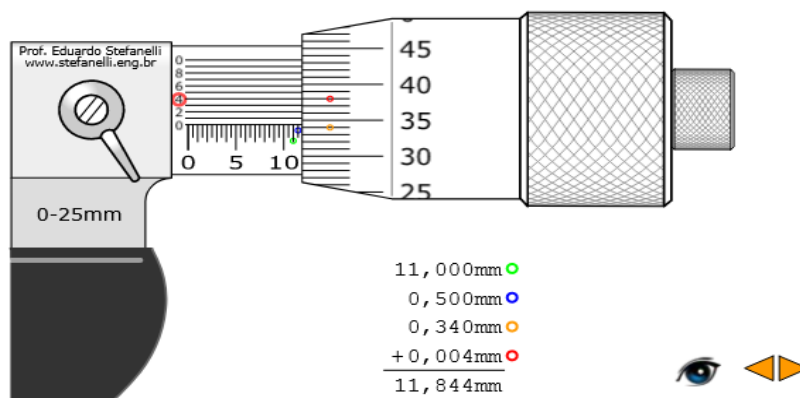


Figura 6 - Exemplos de leituras num micrómetro milésimal

**Material usado na experiência para realizar as medições.**

No presente trabalho foi usado o seguinte material: **Paquímetro, Balança, Crónometro e fita métrica disposta em milímetros:**

- **paralelepípedo, cilindro recto e uma esfera.**

### **I. Paralelepípedo**



Na figura acima temos um paralelepípedo, onde o seu volume é dado pelo produto das suas arestas.

$$V = abc$$

### **II. Cilindro**



Para este caso o cálculo do volume é dado por :  $V = (\pi r^2)h$

### **III. Esfera**



O volume da esfera obtém-se através da seguinte fórmula a baixo:

$$V = \frac{4}{3} * \pi * R^3$$

## Metodologia

1. Com base no material mencionado acima realizamos dez medições usando diferentes dimensões para efectuar o cálculo do volume de cada um dos corpos.
2. Usando a balança, determinamos a massa de cada corpo mencionado a cima.
3. Para cada um dos corpos, determinamos o resultado da sua densidade volumétrica e

A densidade volumétrica obtém-se com base na seguinte formula:

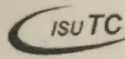
$$\rho = \frac{m}{v}$$

## Procedimentos

1. Realizar as medições necessárias para posteriormente calcular o volume de cada um dos corpos disponíveis no seu posto de trabalho. Tenha em mente a teoria de erros e ordene todas as medições em tabelas.
2. Usando a balança, determine a massa de cada corpo experimentado.
3. Para um dos corpos, determine o valor preliminar da sua densidade volumétrica e procure identificar o material de que foi feito o referido corpo. Apresente o resultado ao docente ou ao técnico de laboratório presente.
4. Dependendo do posto de trabalho onde te encontras, medir (utilizando o cronómetro)
  - a) Período de oscilação de um pêndulo simples de comprimento L.
  - b) Período de oscilação de um sistema corpo – mola.
  - c) Tempo que gasta uma esfera para percorrer uma distância L, ao longo dum plano inclinado, partindo do repouso.

Anexos(CALCULOS)

Deiseu Monteiro  
Márcio Paçola  
Milena Duarte



Aula Laboratorial 1: Medições (Recolha de dados)

$$V = (\pi \cdot r^2) \cdot h$$

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Tabela 1: Medição da densidade do paralelepípedo recto

N	a (mm)	b (mm)	c (mm)	V (mm <sup>3</sup> )	m (g)	$\rho$ (g/cm <sup>3</sup> )	E <sub>p</sub> (%)
1	10,20	9,10	30,20				
2	10,10	10,04	40,20				
3	10,10	10,10	30,20				
4	9,60	9,04	20,20				
5	10,30	9,60	30,10				
6	20,10	10,04	30,20				
7	10,20	10,20	40,31				
8	10,10	9,70	50,10				
9	9,70	10,10	30,20				
10	9,10	10,04	20,10				
Média			30,60				

Tabela 2: Medição da densidade do cilindro recto

N	D (mm)	r (mm)	h (mm)	V (mm <sup>3</sup> )	m (g)	$\rho$ (g/cm <sup>3</sup> )	E <sub>p</sub> (%)
1	10,0	5,10					
2	20,2						
3	15,20						
4	15,10						
5	10						
6	10						
7	15,4						
8	20,2						
9	20,2						
10	5,2						
Média	18,9						

$$V = (\pi \cdot r^2) \cdot h$$

Tabela 1: Medição da densidade da esfera

N	D (mm)	r (mm)	V (mm <sup>3</sup> )	m (g)	$\rho$ (g/cm <sup>3</sup> )	E <sub>p</sub> (%)
1	15					
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
Média						

$$C = 2\pi r \cdot h + \pi r^2 \cdot 2$$

$$V = \frac{4}{3} \pi r^3$$

Estudantes:

Assinatura do docente:

*M. Duarte*  
20.05.2023

$$30 \times 10 \times 0,02$$

$$5 \times 10 \times 0,02$$

$$5 \times 15 \times 0,02$$

$$10 \times 9 \times 0,02$$

Tabela 1: Medição da Densidade do Paralelepípedo Recto.

Calculo do Volume.

$$V_p = abc$$

$$V_p = 10,20 \times 9,10 \times 30,20 = 2803,164$$

Densidade do Paralelepípedo

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{26,10}{2803,164} = 9,310 \times 10^{-3}$$

Determinando o Ponto Médio

$$X = \frac{\sum X_i}{n}$$

$$X = \underline{9,65}$$

Encontrando o Erro Percentual

$$E_p = \frac{\Delta X}{X} \cdot 100\%$$

$$E_p = \frac{10,20 - 9,10}{9,65}$$

$$E_p = 0,1139.$$

Contudo, dado o exposto, não podemos efectuar os calculos da tabela 2 e 3 por falta de dados e por falta de produtividade do grupo na aula experimental laboratorial.

### **Recomendações e Referências**

Através dos links: <https://www.stefanelli.eng.br/micrometro-virtual-milimetro-centesimal-simulador/> e <https://www.stefanelli.eng.br/micrometro-milimetro-milesimal-leitura-uso/> pode se ter acesso a simuladores que permitem melhor compreensão das leituras no micrómetro centesimal e milesimal.

- Fonte: <https://projetowae.files.wordpress.com/2012/06/micrometro2.jpg>

1. João Baptista Domiciano, Klemensas Rimgaudas Juraltis, “Introdução à Física Experimental”, Departamento de Física, Universidade Estadual de Londrina, 2003.
2. Vuolo, J. H., "Fundamentos da Teoria de Erros", Ed Edgard Blúcher, São Paulo, 1992.