

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ – UFPI  
CENTRO DE CIÊNCIAS DA NATUREZA – CCN  
DEPARTAMENTO DE FÍSICA  
DISCIPLINA: FÍSICA EXPERIMENTAL II  
PROF.º: JEREMIAS ARAÚJO

**Prática V: APLICAÇÕES DA EQUAÇÃO DE BERNOULLI**

**OBJETIVOS:** Mostrar o comportamento das correntes de ar e pressão através do gerador de fluxo de ar.

**EXPERIMENTOS**

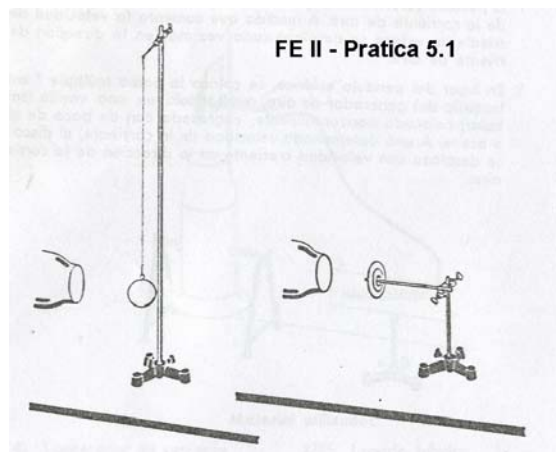
❖ **Experimento 1: Resistência ao avanço**

**Materiais:** 1 gerador de corrente de ar, 1 tripé, 1 barra de suporte, 1 duplo-nó, 1 pêndulo esférico, 1 polia múltipla, 1 sonda tubular.

**Procedimento:**

1. Suspendeu-se o pêndulo esférico diante do centro da corrente de ar. À medida que aumenta a velocidade da corrente, a esfera se afasta cada vez mais na direção da corrente de ar.
2. No lugar do pêndulo esférico, colocou-se uma polia múltipla frente à “boca” do gerador de ar, em uma sonda tubular colocada horizontalmente, lubrificada com um pouco de glicerina ou azeite. A uma determinada velocidade da corrente, a polia se desloca com velocidade crescente na mesma direção da corrente de ar.

Os corpos submergidos na corrente de um fluido experimentam a ação de uma força na direção da corrente. A força mencionada se chama “Resistência ao avanço”.



❖ **Experimento 2: Resistência das bordas**

**Materiais**

1 gerador de corrente de ar, 1 pinça de mesa, 2 barras de suporte, 2 duplos-nós, 1 tripé, 1 placa com suporte giratório, 1 modelo de ala sustentadora com medidas regulares

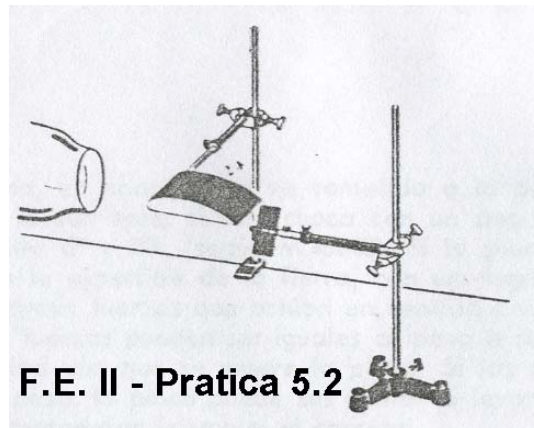
**Procedimento:**

1. A placa, com seu eixo paralelo à direção da corrente, é colocada em diferentes posições na corrente de ar. Observa-se um movimento de rotação muito pequeno ou nulo.

2. A placa giratória, com seu eixo paralelo a direção da corrente, aproxima-se a um modelo de ala sustentadora, inclinada aproximadamente  $10^\circ$ . Na prolongação das bordas laterais do modelo observam-se intensos movimentos de rotação, e de sentido oposto: redemoinhos.

A depressão que se produz na parte superior da ala origina uma corrente compensadora da pressão sobre os limites laterais (bordas) da ala sustentadora. A mesma corrente se manifesta atrás da ala como uma corrente rotatória (Redemoinho de bordas)

Os redemoinhos se formam nas bordas da ala sustentadora devido à “Resistência das bordas”.



### ❖ Experimento 3: Distribuição da pressão nas alas sustentadoras

#### Materiais:

1 gerador de corrente de ar, 1 pinça de mesa, 1 barra, 1 duplo-nó, 1 sonda tubular, 1 manômetro de precisão, 1 tripé com nivelção, 1 modelo de alas sustentadoras com medidas regulares

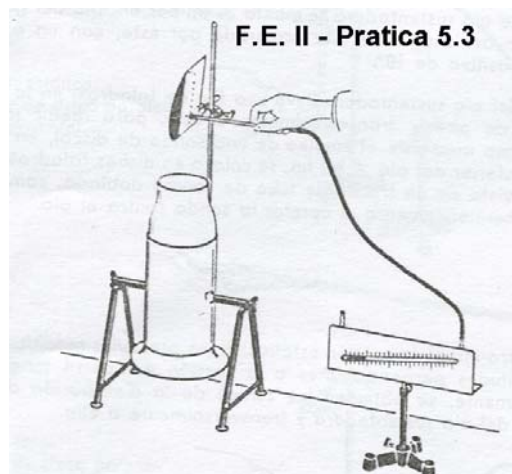
#### Procedimento:

O modelo de ala sustentadora é colocado 20 cm acima do gerador de ar no centro da corrente de ar produzida, com um ângulo de incidência de  $10^\circ$ .

O modelo de ala sustentadora tem por dentro uma fila de canais, na direção da corrente de ar e transversalmente a esta, para medir a pressão estática (como mediante o uso de uma sonda de disco), nas superfícies superior e inferior da ala. Para tal fim, coloca-se a sonda tubular nos canais da ala provida de um tubo dobrado, como "cabeça" que fecha hermeticamente ao apertar a sonda contra a ala.

O manômetro indica a pressão estática. Se as pressões medidas se tomam como longitudes perpendiculares à secção do perfil longitudinal ou transversalmente, obtém-se as curvas da distribuição de pressão ao longo da ala sustentadora e transversalmente a ela.

1. Na parte superior da ala há, na maioria das vezes, uma depressão, e na parte inferior uma sobrepressão com relação à pressão atmosférica.
2. O efeito de sustentação é devido, sobretudo, a sucção que se produz na parte superior da ala.
3. Os valores de pressão diminuem nas bordas da ala, onde as pressões podem se equilibrar, em contraste com o centro da ala.



### Experimento 4 : Determinação da corrente mediante o Tubo de Venturi

Materiais: 1 gerador de corrente de ar, 1 barra , 1 tripé, 1 duplo-nó, 1 empalme em T, 1 Tubo de Venturi, 1 tripé com nivelção, 1 manômetro de precisão

Procedimento:

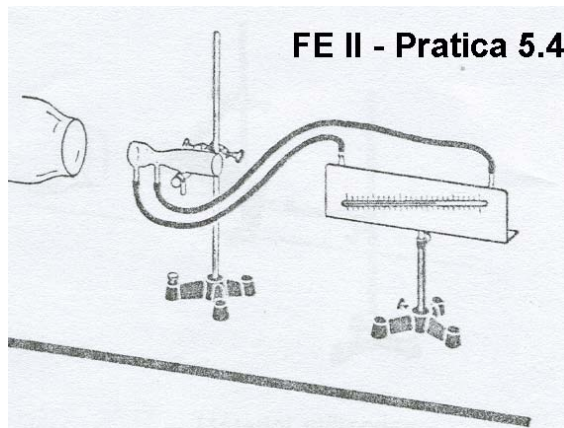
1. O Tubo de Venturi é colocado a 10 cm de distância do gerador de corrente de ar. O manômetro de precisão, conectado ao tubo de Venturi, acusa uma diferença  $\Delta P$  entre as pressões hidrostáticas.
2. Ao aumentar ou diminuir a resistência também varia a velocidade  $V$  da corrente e, por conseguinte, as indicações do manômetro. O valor  $\Delta P$  permite deduzir o valor de  $V$ .

Resultados

Variando a velocidade da corrente de ar, obtém-se 4 valores para a pressão: Use a expressão  $V^2 = 2\Delta P_1 / \rho =$  Sabendo também que  $\rho = 1,21 \times 10^3 \text{ Kg/m}^3$ . Calcule os 4 valores de  $v$  e preencha a tabela a seguir.

$\Delta P$ (mm H <sub>2</sub> O)				
$V$ (m/s)				

A velocidade de uma substância de densidade  $\rho$  que passa por um tubo com estreitamento pode ser calculada pela diferença das pressões hidrostáticas nas diferentes partes do tubo.



❖ **Experimento 5 : Pressão estática - Pressão devido à velocidade - Pressão Total.**

Materiais: 1 gerador de corrente de ar, 3 barras, 3 duplos-nós, 1 tripé, 1 sonda de disco, 1 sonda tubular, 2 tripés com nivelção, 1 manômetro de precisão

Procedimento:

1. Coloca-se a sonda paralela à corrente de ar: não há pressão alguma.
  2. A sonda de disco, desmontada de seu suporte, há de ser girada pouco a pouco até que seu disco esteja perpendicular à corrente: há indicação de pressão crescente.
  3. Modifica-se a velocidade da corrente. A sonda de disco disposta paralelamente à corrente não acusa variação alguma: colocada perpendicularmente, acusa um aumento de pressão ao aumentar a velocidade.
  4. No lugar da sonda de disco, coloca-se outra tubular perpendicularmente à corrente. As indicações manométricas são idênticas.
1. A Pressão Estática é medida nos orifícios de saída, paralelamente à corrente.
  2. A Pressão Total é medida mediante um tubo cujos orifícios estão dispostos perpendicularmente à corrente.
  3. A Pressão devido à velocidade é a diferença entre a pressão total e a estática.

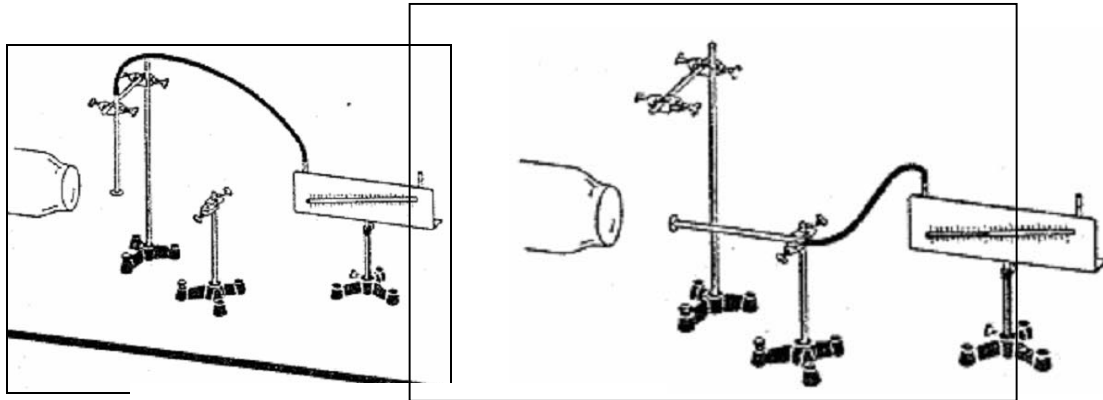


Figura 1. Experimento 5.5

❖ Experimento 6 : Pressão Estática ao longo da corrente

Materiais: 1 gerador de corrente de ar, 2 barras, 2 duplos-nós, 2 tripés, 1 tripé com nivelção, 1 sonda de disco, 1 manômetro de precisão, 1 cilindro oco, 1 porta -placa, 1 polia múltipla ( como disco com perfuração central)

Procedimento:

1. Diante da corrente de ar coloca-se um cilindro a 10 cm de distância do orifício de saída, de maneira que a borda do cilindro esteja situada 1 cm abaixo da corrente de ar, para estreitar assim a corrente. A sonda de disco é colocada na corrente de ar acima do cilindro, para medir a pressão estática. Quanto mais próxima a sonda estiver do cilindro menor será a pressão medida entre eles.
  2. O cilindro é substituído pelo disco com perfuração central (polia múltipla). Ao aproximar a sonda de disco, desde um determinado ponto pode-se observar um aumento contínuo de pressão.
1. A pressão estática varia segundo a secção, sendo pequena nos estreitamentos, e grande nos pontos mais largos.
  2. As ações de força que as correntes podem produzir, ao redor de um corpo, estão em função da pressão estática.

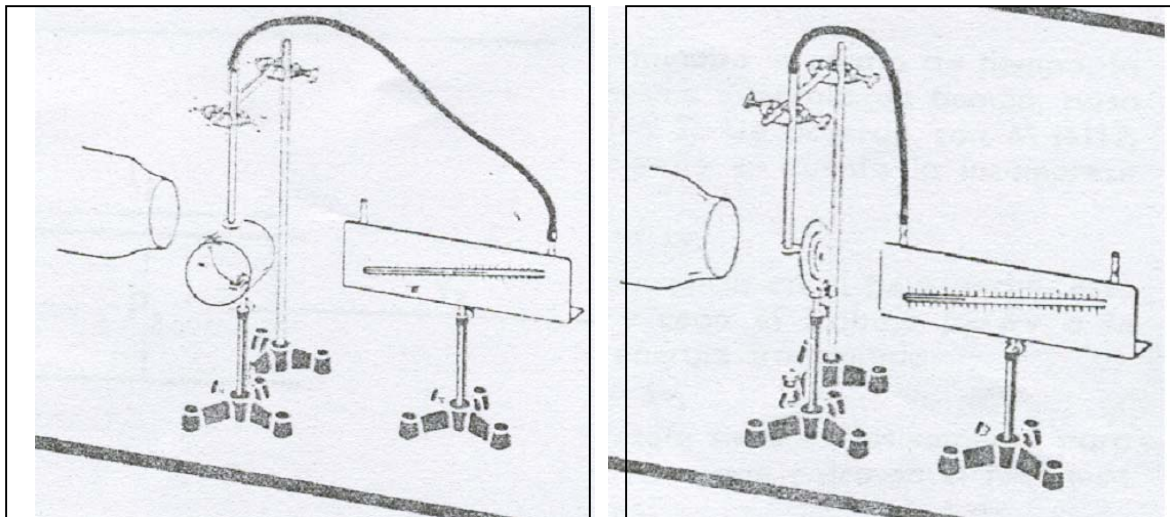


Figura 2. Experimento 5.6

❖ Experimento 7 : Pressão total ao longo da corrente

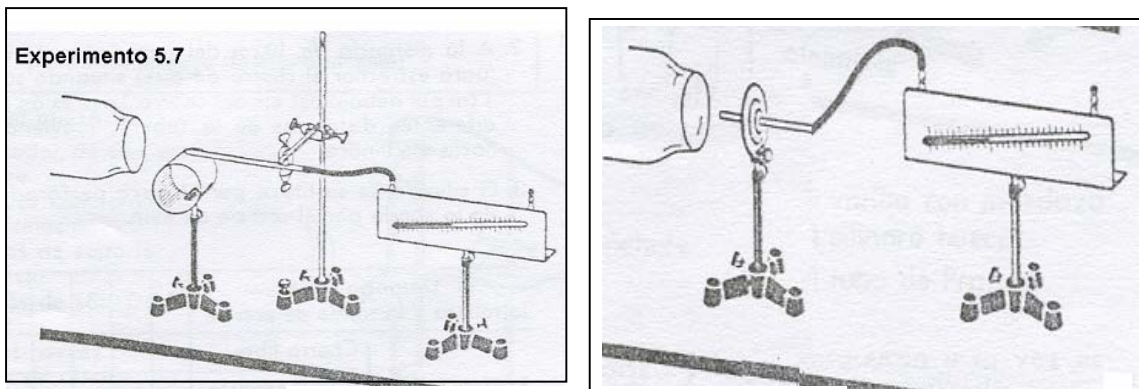
Materiais: 1 gerador de corrente de ar, 2 barras, 2 duplos-nós, 2 tripés, 1 tripé com nivelção, 1 sonda tubular, 1 manômetro de precisão, 1 cilindro oco, 1 porta -placa, 1 polia múltipla ( como disco com perfuração central)

Procedimento:

1. À distância de 10 cm do gerador de ar coloca-se um cilindro (para estreitar a corrente de ar) situando sua borda aproximadamente 1 cm abaixo da corrente de ar. A Pressão total mede-se igualmente a diferentes distâncias, movendo-se a sonda tubular acima do cilindro. Preencha a tabela abaixo com as medidas.
2. Substitui-se o cilindro pelo disco perfurado (polia múltipla), passando a sonda pelo orifício do mesmo. Idem para esta situação.

<u>cm</u>	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>6</u>
<u>livre</u>						
<u>estreitamento</u>						
<u>estancamento</u>						
<u>cm</u>	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>6</u>
<u>livre</u>						
<u>estreitamento</u>						
<u>estancamento</u>						

1. A Pressão total (soma da pressão estática e da pressão devido à velocidade) da corrente desprovida de viscosidade, é constante em todos os seus pontos.
2. À medida que afastamos a sonda do cilindro ou da polia múltipla a pressão diminui e vice-versa.
3. Certa diminuição da pressão total ao aumentar a distância, é devida ao fato de que a corrente não é "ideal", ou seja, que não está completamente isenta de viscosidade.



**Figura 3. Experimento 5.7**

❖ **Experimento 8 : Determinação da velocidade.**

Materiais: 1 gerador de ar, 2 tripés com nivelção, 4 barras , 2 tripés, 4 duplos-nós, 1 sonda de disco, 1 sonda tubular, 1 manômetro de precisão, 1 cilindro oco, 1 tubo de Prantdl

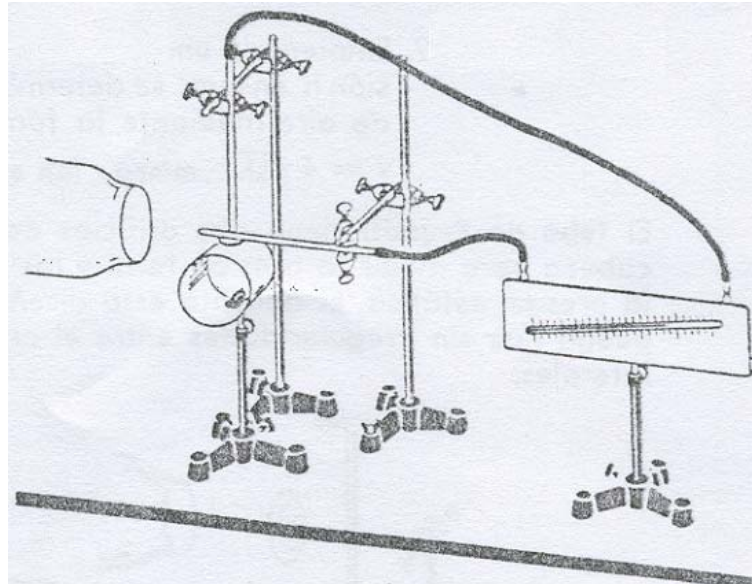
Procedimento:

1. A sonda de disco e a sonda tubular são colocadas na corrente estreitada por um cilindro, conectando a sonda tubular com o extremo inferior (lado da pressão) do manômetro de precisão para medir a pressão total; e a sonda de disco, para medir a pressão estática, é conectada ao extremo oposto do manômetro de precisão. Com isto se mede a diferença entre ambas as pressões, ou seja, a pressão devido à velocidade  $\Delta P = q = 1/2 \rho \cdot V^2$ , a qual permite determinar a velocidade da corrente. A sonda de disco situa-se exatamente no ponto de medida. A sonda tubular pode afastar-se deste ponto evitando assim uma modificação da corrente antes de ligar a sonda de disco, especialmente se a sonda tubular se instala aproximadamente 1 cm detrás da sonda de disco situando seu orifício em cima da borda do disco.
2. A medida se repete com o tubo de Prantdl, aparato técnico de medida que é uma combinação das sondas tubular e de disco.

Resultados:

$\Delta P = \underline{\hspace{2cm}}$  mm H<sub>2</sub>O ;  $\rho = 1 \times 10^3 \text{ Kg/m}^3$   $V^2 = 2\Delta P/\rho$   $V^2 = \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}}$   $V^2 = \underline{\hspace{2cm}}$   $V = \underline{\hspace{2cm}}$  **m/s**

1. A velocidade  $v$  de um fluido em movimento de densidade  $\rho$ , pode-se determinar medindo a pressão devido à velocidade, e daí, a diferença  $\Delta P$  entre a pressão total e a estática:  **$V^2 = 2\Delta P/\rho$  m/seg**
2. Observando um manômetro de água, o qual indica pressão  $h$  em mm, determina-se a velocidade das correntes de ar mediante a fórmula aproximada:  **$V^2 = 16 \Delta h$  m/seg**



**BIBLIOGRAFIA**

RESNICK, HALLIDAY, KRANE; V.2; 4ª ed.; Editora LTC, Rio de Janeiro – RJ – 1996.  
TIPLER, Paul A., V.2; 4ª ed.; Editora LTC – Livros Técnicos e científicos , Rio de Janeiro – RJ.  
SERWAY, V.2; 4ª ed.; Editora LTC – Livros Técnicos e científicos; Rio de Janeiro – RJ.  
<http://geocities.com/fisica>