



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
INSTITUTO DE FÍSICA “GLEB WATAGHIN”**

CONSTRUÇÃO DE UM TUBO DE PITOT E DE UM TUBO DE VENTURI.

F 609 – TÓPICOS DE ENSINO DE FÍSICA I

**ALUNO: THADEU HENRIQUE DINIZ DE ALMEIDA.
(thadeuhenrique@msn.com)
RA: 064623.**

**ORIENTADOR: VARLEI RODRIGUES.
(varlei@ifi.unicamp.br)
CO-ORIENTADOR: GOES.**



05/01/2010

2º semestre de 2009.

1) Resultados atingidos:

Após a etapa de pesquisa e coleta dos materiais, iniciamos a montagem do experimento, as partes do recipiente onde a água ficará armazenada, as bombas e os canos que levarão a água do recipiente e das bombas até os Tubos de Venturi e de Pitot, a parte elétrica (fiação) e uma boa bateria de nobreak com 12 volts que dura bastante tempo para alimentar as bombas de água e pode ser usada na apresentação do experimento. Com tudo pronto tiramos as medidas necessárias para pedir à vidraria da Unicamp a construção dos tubos de Pitot e Venturi. Após um mês, tempo que a vidraria levou para a construção dos tubos, pegamos os tubos e fixamos em uma madeira que ficará pendurada, deixando os tubos bem na vertical e evitando assim erros na leitura dos dados. O principal resultado é o valor da velocidade da água jogada pelas bombas, medido pelo tubo de Pitot e pelo tubo de Venturi e a comparação dos resultados, isto pode ser visto no anexo 1.

2) Fotos da experiência:

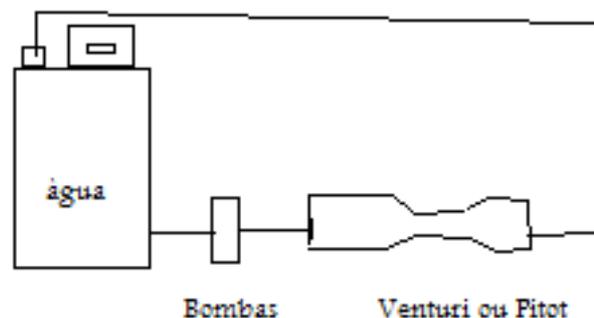


Figura 1: Esquema do experimento.

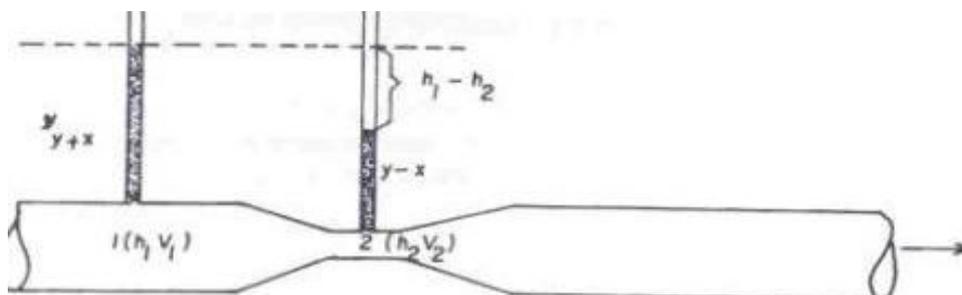


Figura 2: Esquema do tubo de Venturi.

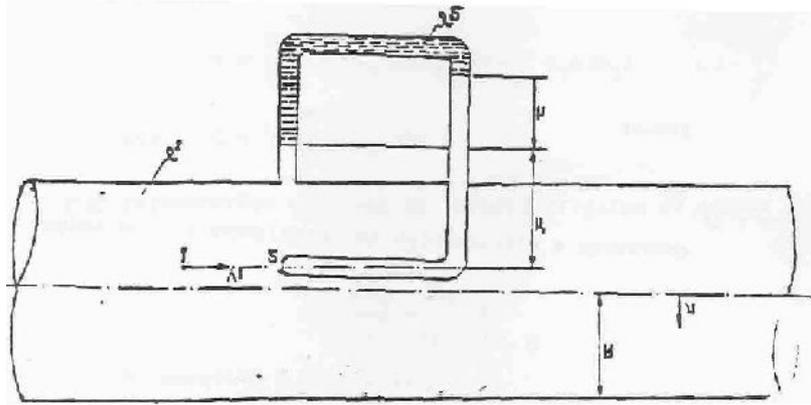


Figura 3: Esquema do tubo de Pitot.



Figura 4: Bombas de água.



Figura 5: Canos de água.



Figura 6: Reservatório de água, bombas de água e os canos montados.



Figura 7: Bateria retirada do No-Break.



Figura 8: Tubo de Venturi pronto.



Figura 9: Tubo de Pitot pronto.



Figura 10: Tubos de Venturi e Pitot fixados.



Figura 11: Diferença de altura nas hastes do tubo de Venturi.



Figura 12: Diferença de altura nas hastes do tubo de Pitot.

3)Dificuldades encontradas:

As dificuldades encontradas foram em vedar o recipiente no local onde foram conectadas as bombas de água e também em calcular as melhores medidas para o tubo de pitot e o tubo de Venturi para que funcionem perfeitamente. Após todo o experimento montado a dificuldade foi em achar uma maneira de dar mais força para a água, pois a sua velocidade não estava muito elevada devido a bateria que estava sendo utilizada, porém este problema logo foi resolvido com a utilização de uma fonte com um transformador, o que ampliou ainda mais a abrangência do projeto pois agora a velocidade da água pode ser variada conforme se varia a tensão da fonte aplicada nas bombas de água.

4)Pesquisa realizada:

Através do site de busca “Google” foram encontradas referências utilizando como palavras-chave: “Tubo de Venturi”, “Tubo de Pitot”. A seguir são explicitadas brevemente as funções de cada referência.

[1] <http://www.poli.usp.br/d/pme2333/Arquivos/Experiencia%20Tubo%20de%20Pitot.pdf>

Fala sobre o Tubo de Pitot.

[2] www.fruticultura.iciag.ufu.br/fertirrigacao.htm

Fala sobre o Tubo de Venturi.

[3] H. Moyses Nussenzveig. Curso de Física Básica vol.2

Fala sobre a teoria do experimento.

[4] <http://www.labtermo.ufsc.br/Medicao%20de%20velocidade%20e%20vazao.html>

Fala sobre um experimento de tubo de pitot e de venturi.

[5] http://pt.wikipedia.org/wiki/Tubo_de_Venturi

Fala sobre o tubo de venturi.

5)Descrição do trabalho:

Resumo:

Trata-se de construir um experimento didático partindo de apenas materiais básicos, iremos construir um Tupo de Venturi e um Tubo de Pitot para ser utilizado nas aulas de laboratórios de física básica da Unicamp e que também podem ser utilizado em escolas de ensino médio ou outras instituições pois será um experimento compacto, de fácil transporte e feito com materiais comuns, de fácil obtenção. Estes tubos são usados para media a velocidade de um fluido, como o ar ou a água.

Descrição:

Importância didática do trabalho será substituir os antigos experimentos de Tubo de Venturi, do laboratório de física básica do instituto de física IFGW. Será complementado com a construção de um Tubo de Pitot.

A lista de materiais utilizados:

- 1 Galão de 5 litros de plástico;
- 2 bombas de água de limpador de parabrisa;
- Mangueiras de plástico;
- Tubos se Pitot e Venturi de vidro;
- Uma bateria de 12 volts;
- Uma fonte variável de tensão (entre 4 e 12 volts);

O Tubo de Venturi da figura 8 e o tubo de Pitot da figura 9 tem as seguintes medidas:

Tubo de Venturi:

- Diâmetro do tubo maior: $(8,0 \pm 0,5)$ mm.
- Diâmetro do tubo menor: $(5,0 \pm 0,5)$ mm.
- Altura das hastes: $(200 \pm 0,5)$ mm.

Tubo de Pitot:

- Diametro do tubo de Pitot: $(5,0 \pm 0,5)$ mm.
- Altura das hastes: $(200 \pm 0,5)$ mm.

Estes instrumentos estão ligados em duas bombas de água pequenas que irão puxar água de um pequeno galão. Esta água retornará para o galão após passar pelo tubo de Venturi ou pelo tubo de Pitot, fechando assim um circuito.

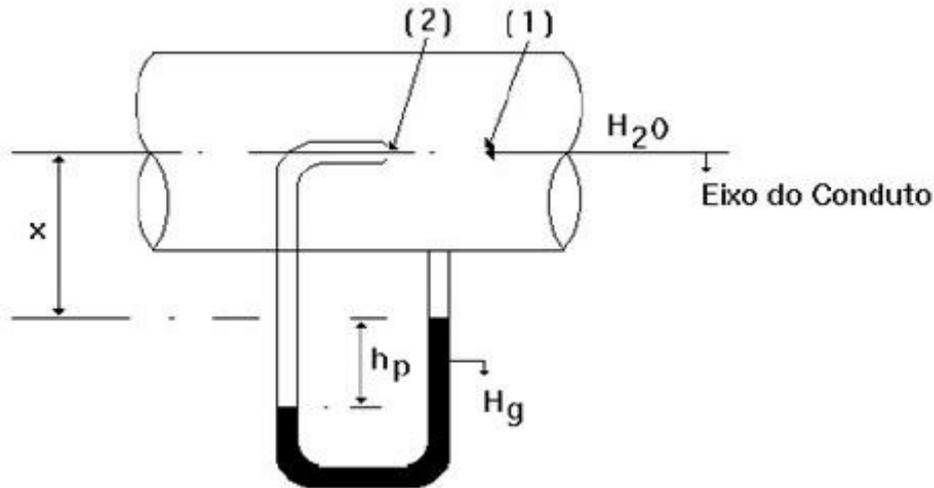
Para calcular a velocidade da água, usaremos a diferença da altura da coluna de água nas hastes e a equação de Bernoulli, aplicada para estes experimentos.

Teoria:

O tubo de Venturi é um aparato criado por Giovanni Battista Venturi para medir a velocidade do escoamento e a vazão de um líquido incompressível através da variação da pressão durante a passagem deste líquido por um tubo de seção mais larga e depois por outro de seção mais estreita. Este efeito é explicado pelo princípio de Bernoulli e no princípio da continuidade da massa. Se um fluxo de um fluido é constante, mas a seção do tubo diminui necessariamente velocidade aumenta. Para o teorema a conservação da energia se a energia cinética aumenta, a energia determinada pelo valor da pressão diminui necessariamente.

O tubo de Pitot é empregado para medição de velocidades principalmente em escoamento de gases como, por exemplo, na aviação. Ele usa a diferença entre a pressão total e a estática para isso.

Teoria envolvida no experimento



Aplicando a lei da conservação de energia:

$$\frac{m \cdot v^2}{2} + m \cdot g \cdot h = c$$

Que se transforma na equação de Bernoulli por causa da conservação da massa ($\Delta m = \rho \cdot A \cdot v \cdot \Delta t$):

$$\frac{\rho \cdot v^2}{2} + p + \rho \cdot g \cdot z = c$$

É possível determinar a velocidade do fluido. A energia total referida a unidade de peso é igual a:

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} + z$$

Onde P_1 é a pressão estática em 1;

1

v_1 é a velocidade do fluido em 1;

1

γ seu peso específico;

g a aceleração gravitacional;

Na entrada do tubo de Pitot, a partícula é desacelerada até a velocidade nula; então a energia total referida à unidade de peso é igual a:

$$\frac{P_2}{\gamma} + z$$

Pode-se considerar que não houve dissipação de energia, isto é, a energia total referida à unidade de peso é igual fora e na entrada do tubo.

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} + z = \frac{P_2}{\gamma} + z$$

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} = \frac{P_2}{\gamma}$$

ou

$$\frac{v_1^2}{2g} = \frac{(P_2 - P_1)}{\gamma}$$

$$v_{\text{real}} = \sqrt{2g \times \frac{(\gamma_m - \gamma)}{\gamma}} \times \sqrt{h}$$

A pressão estática P_1 (efetiva) e a pressão total efetiva P_2 (de estagnação) é dada pela altura “hp” e pela densidades dos fluidos (estamos usando “ar” no lugar de “Hg”).

Portanto, através da leitura da altura de coluna de fluido no tubo de Pitot pode-se obter a velocidade do escoamento. No tubo de Venturi o que ocorre é praticamente a mesma coisa, afinal o Tubo de pitot e uma aplicação do tubo de Venturi.

$$P_1 + \frac{\rho \cdot V_1^2}{2} = P_2 + \frac{\rho \cdot V_2^2}{2} \quad (1)$$

da eq. da continuidade: $v_2 = v_1 \cdot \frac{A_1}{A_2}$ (2)

$$P_1 - P_2 = (P_0 + \rho gh_1) - (P_0 + \rho gh_2) = \rho g(h_1 - h_2) \quad (3)$$

Aplicando (3) e (2) em (1) temos:

$$V_1 = A_2 \sqrt{\frac{2 \cdot g \cdot h}{A_1^2 - A_2^2}}$$

O tubo de Pitot é praticamente um tubo de Venturi modificado e que pode ser mais facilmente utilizado, como por exemplo na aviação:



Antigamente, o instrumento acima era usado para medir a velocidade de umavião, é um tubo de Venturi.

Atualmente é usado o tubo de Pitot, que é mais prático e preciso, pode ser visto na figura abaixo.



6) O meu orientador realizou os seguintes comentários:

O projeto proposto consistia no estudo e construção de um sistema portátil para demonstração dos experimentos dos tubos de Pitot e Venturi. Para criar o fluxo de água, foram usados bombas utilizadas para a limpeza de para-brisas de carros, alimentadas por uma bateria, todos materiais de fácil acesso e baixo custo. Por outro lado, os tubos foram feitos em vidro, o que pode dificultar a sua construção. Além disso, o tubo de Pitot apresentou problemas, aparentemente devido a formação de turbulências no fluxo de água. Este problema não foi resolvido devido à proximidade de final do projeto. O aluno trabalhou no projeto com bastante entusiasmo e independência, sendo seu mérito o bom termo do trabalho.

ANEXO 1: Cálculos das velocidades e dos erros:

Velocidade pelo Tubo de Venturi:

Diâmetro do tubo maior: $(8,0 \pm 0,5)$ mm.

Diâmetro do tubo menor: $(5,0 \pm 0,5)$ mm.

Altura das hastes: $(200 \pm 0,5)$ mm.

$$V = A_2 \cdot \sqrt{\frac{(2 \cdot g \cdot h)}{(A_1^2 - A_2^2)}}$$

$$h = (45 \pm 5) \text{ mm}$$

$$g = 9800 \text{ mm/s}^2$$

$$A1 = (50,24 \pm 12,56) \text{ mm}^2$$

$$A2 = (19,63 \pm 7,85) \text{ mm}^2$$

Substituindo na fórmula teremos:

$$V = (399 \pm 65) \text{ mm/s}$$

Erros no Cálculo da velocidade pelo Tubo de Venturi:

Como:

$$\Delta r = 0,5 \text{ mm}$$

$$A1 = A2 = \pi r^2$$

$$\partial A / \partial r = 2\pi r$$

Então o erro na área será:

$$\Delta A1 = \sqrt{(|\partial A / \partial r|^2 * \Delta r^2)} = \sqrt{(2\pi r^2 * (0,5)^2)} = \sqrt{(2 * \pi * 4^2 * (0,5)^2)} = 12,56 \text{ mm}$$

$$\Delta A2 = \sqrt{(2 * \pi * 2,5^2 * (0,5)^2)} = 7,85 \text{ mm}$$

A fórmula para calcular a velocidade é:

$$V = A2 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot g \cdot h}{(A1^2 - A2^2)}}$$

Calculando a propagação de erros temos:

$$\Delta V = \sqrt{(|\partial V / \partial A1|^2 * \Delta A1^2) + (|\partial V / \partial A2|^2 * \Delta A2^2) + (|\partial V / \partial h|^2 * \Delta h^2)}$$

Calculando as derivadas parciais separadamente, temos:

$$|\partial V / \partial A1| = (4 * A2 * g * h * A1) / (A1^4 - 2 * A1^2 * A2^2 + A2^4) = 380,33$$

$$|\partial V / \partial A2| = [(2 * g * h * A2^2) + (2 * g * h * A1^2)] / (A1^4 - 2 * A1^2 * A2^2 + A2^4) = 561$$

$$|\partial V / \partial h| = 2 * A2 * g / (A2^2 - A1^2) = 179,9$$

logo:

$$\Delta V = \sqrt{(|\partial V / \partial A1|^2 * \Delta A1^2) + (|\partial V / \partial A2|^2 * \Delta A2^2) + (|\partial V / \partial h|^2 * \Delta h^2)}$$

$$\Delta V = \sqrt{[(380,33^2 * 12,56^2) + (561^2 * 7,85^2) + (179,9^2 * 0,5^2)]}$$

$$\Delta V = 64,97783 \approx 65$$

Velocidade pelo Tubo de Pitot:

$$v_{\text{real}} = \sqrt{2g \times \frac{(\gamma_m - \gamma)}{\gamma}} \times \sqrt{h}$$

$$h = (5,5 \pm 0,5) \text{ mm}$$

$$g = 9800 \text{ mm/s}^2$$

A densidade do ar é aproximadamente $1,2 \text{ kg/m}^3$

A densidade da água é aproximadamente 997 kg/m^3

Tubo de Pitot:

Diametro do tubo de Pitot: $(5,0 \pm 0,5) \text{ mm}$.

Altura das hastes: $(200 \pm 0,5) \text{ mm}$.

Substituindo na fórmula teremos:

$$V = (313 \pm 15) \text{ mm/s}$$

Erro no Cálculo da velocidade pelo Tubo de Pitot:

A fórmula para calcular a velocidade é:

$$v_{\text{real}} = \sqrt{2g \times \frac{(\gamma_m - \gamma)}{\gamma}} \times \sqrt{h}$$

$$h = (5,5 \pm 0,5) \text{ mm}$$

$$g = 9800 \text{ mm/s}^2$$

A densidade do ar é aproximadamente $1,2 \text{ kg/m}^3$

A densidade da água é aproximadamente 997 kg/m^3

Tubo de Pitot:

Diametro do tubo de Pitot: $(5,0 \pm 0,5) \text{ mm}$.

Altura das hastes: $(200 \pm 0,5) \text{ mm}$.

Calculando a propagação de erros temos:

$$\Delta V = \sqrt{(|\partial V / \partial h|^2 \cdot \Delta h^2)}$$

Calculando a derivada parcial separadamente, temos:

$$|\partial V / \partial h| = \{[(2g)^{1/2} \cdot (\gamma_m - \gamma)] / [2 \cdot (h \cdot \gamma \cdot (\gamma_m - \gamma))^{1/2}]\} = 29,83$$

logo:

$$\Delta V = \sqrt{(|\partial V / \partial h|^2 \cdot \Delta h^2)}$$

$$\Delta V = \sqrt{(29,83^2 \cdot 0,5^2)}$$

$$\Delta V = 14,92 \approx 15$$

ANEXO 2: Resolução da questão feita pelo professor coordenador Lunazzi.

Se tenho uma vento de velocidade V (em m/s) e coloco um anteparo de área A (em m^2) a enfrentá-lo e uma mola de constante k segurando o anteparo, quanto a mola resulta deslocada em metros?

Dado: V, A, k

Responda: $x=?$

Fluido:

$$\text{Pressão} = \frac{\text{Força}}{A} \Rightarrow \text{Força} = \text{Pressão} \cdot A \quad (1)$$

$$\text{Pressão} = \frac{(\text{densidade do fluido}) \cdot V^2}{2} \quad (2)$$

Mola:

$$\text{Força} = k \cdot x \quad (3)$$

Logo, substituindo (2) em (1) e depois em (3), teremos:

$$\frac{(\text{densidade do fluido}) \cdot V^2 \cdot A}{2} = k \cdot x$$

$$\Rightarrow x = \frac{(\text{densidade do fluido}) \cdot V^2 \cdot A}{2 \cdot k}$$

CÓPIAS DOS SITES DAS REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

[1] <http://www.poli.usp.br/d/pme2333/Arquivos/Experiencia%20Tubo%20de%20Pitot.pdf>

Fala sobre o Tubo de Pitot.

TUBO DE PITOT

1 – INTRODUÇÃO

Em muitos estudos experimentais de escoamentos é necessário determinar o módulo e a direção da velocidade do fluido em alguns pontos da região estudada. Apesar de ser impossível a obtenção da velocidade num ponto, pode-se determinar a velocidade média numa pequena área ou volume através de instrumentos adequados.

Pode-se obter a velocidade medindo-se:

- o tempo que uma partícula identificável leva para percorrer uma distância conhecida;
- a variação da resistência elétrica pelo resfriamento de um condutor elétrico introduzido no escoamento (anemômetro de fio quente);

- a rotação de um hélice introduzido no escoamento (molinete e anemômetro);
- a diferença entre a pressão total e a estática, método introduzido por Henri Pitot em 1732, que é um dos mais utilizados.

O tubo de Pitot é empregado para medição de velocidades principalmente em escoamento de gases como, por exemplo, na aviação.

2 – FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1) Princípio de Funcionamento

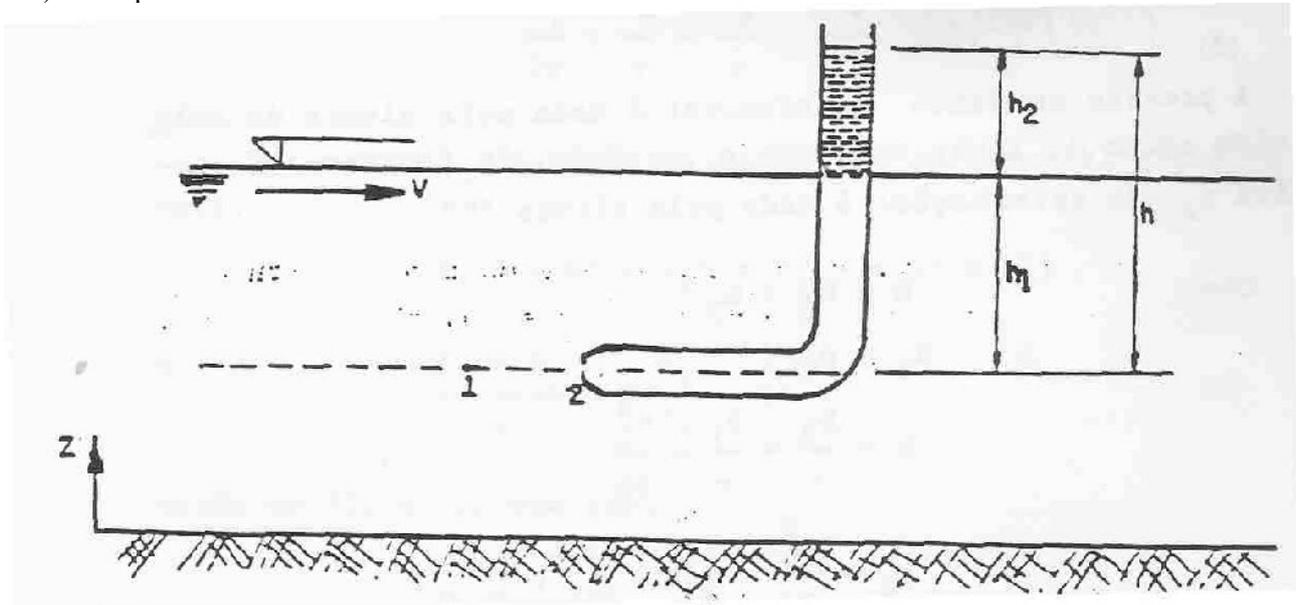


Fig. 1 Tubo de Pitot em canal aberto

No ponto 1, da Figura 1, a energia total referida a unidade de peso é igual a:

$z_2 \gamma + \frac{v_2^2}{2} + P_2 = z_1 \gamma + \frac{v_1^2}{2} + P_1$, onde P_1 é a pressão estática em 1; v_1 é a velocidade do fluido em 1, γ seu peso específico e g a aceleração gravitacional.

No ponto 2, na entrada do tubo de Pitot, a partícula que estava no ponto 1 é desacelerada até a velocidade nula; então a energia total referida à unidade de peso é igual a:

$$z_2 \gamma + \frac{v_2^2}{2} + P_2$$

Devido à proximidade entre os pontos 1 e 2, pode-se considerar que não houve dissipação de energia, isto é, a energia total referida à unidade de peso é igual nos pontos 1 e 2.

$$\left(\gamma P_2 + \frac{v_2^2}{2} + z_2 \gamma \right) = \left(\gamma P_1 + \frac{v_1^2}{2} + z_1 \gamma \right)$$

A pressão estática P_1 (efetiva) é dada pela altura de coluna de fluido acima da linha com cota z , ou seja, " h_1 ". A pressão total efetiva P_2 (de estagnação) é dada pela altura " h "

$$\frac{v_1^2}{2} = \frac{2\gamma(h - h_1)}{\rho}$$

Portanto através da leitura da altura de coluna de fluido no tubo de Pitot acima da superfície livre pode-se obter a velocidade do escoamento na cota z .

2.2) Determinação do perfil de velocidade em uma tubulação

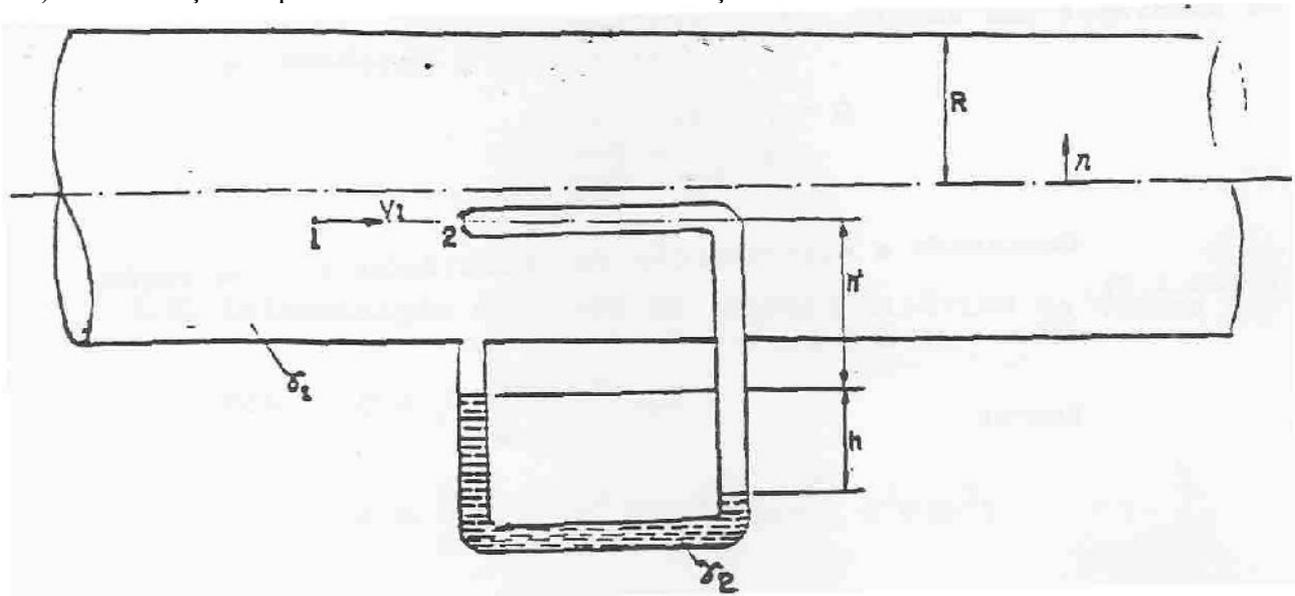


Fig. 2: Tubo de Pitot em uma tubulação

A equação de Bernoulli aplicada entre os pontos 1 e 2 :

$$\frac{v_1^2}{2} + \frac{P_1}{\rho} + z_1 \gamma = \frac{v_2^2}{2} + \frac{P_2}{\rho} + z_2 \gamma$$

Sendo a equação do manômetro diferencial (Tubo de Pitot):

$$\frac{v_1^2}{2} + \frac{P_1}{\rho} + z_1 \gamma = \frac{v_2^2}{2} + \frac{P_2}{\rho} + z_2 \gamma$$

Então, através do deslocamento radial do tubo de Pitot no interior da tubulação, pode-se levantar o diagrama de velocidades $v(r)$ na seção estudada (Figura 3a).

2.3) Determinação da vazão

Tem-se que a vazão em volume (Q) de um fluido escoando através de uma seção " S " é dada por:

$$Q = \int_S v \, dS$$

Conhecida a distribuição de velocidade v na seção (item 2.2),

$$Q = \int_0^R v(r) \, dS = \int_0^R v(r) \, 2\pi r \, dr$$

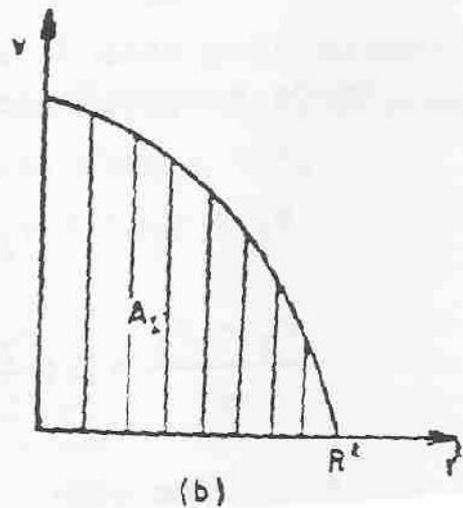
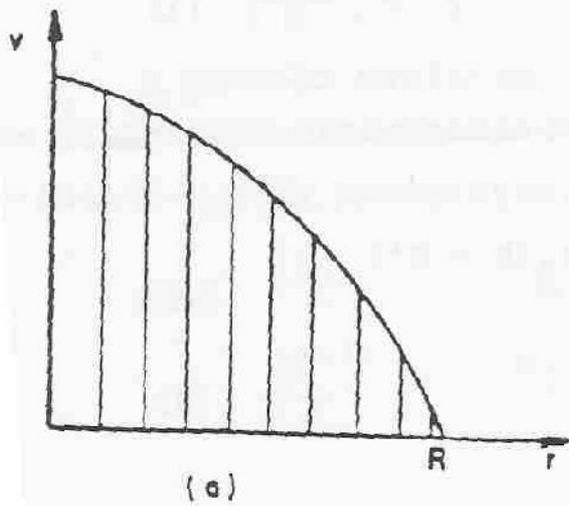


Fig. 3 a) curva $v = f(r)$; b) curva $v = f(r^2)$
 2.4) Determinação da velocidade média (V) na secção.

Por definição:

$$V = SQ$$

Ou conforme a figura 3b

$$V = \frac{1}{A} \int_0^R v \cdot 2\pi r \, dr$$

2.5) Determinação do fluxo de energia cinética na secção (C)

Como 4a. Figura na mostrada área a é A onde $A = 2\pi \int_0^R r \, dr$ $C = \int_0^R \frac{1}{2} \rho v^3 \cdot 2\pi r \, dr$

2.6) Determinação do coeficiente da energia cinética (α)

Para conhecermos o valor real do fluxo da energia cinética numa secção de escoamento a partir da velocidade média na secção (V), torna-se necessário a introdução de um coeficiente de correção α , denominado coeficiente da energia cinética, de tal forma que:

$$C = \alpha \rho A V^3$$

2.7) Determinação do fluxo de quantidade de movimento na secção (x)

$$S = \int_0^R v \cdot 2\pi r \, dr$$

Onde A_3 é a área mostrada na figura 4b.

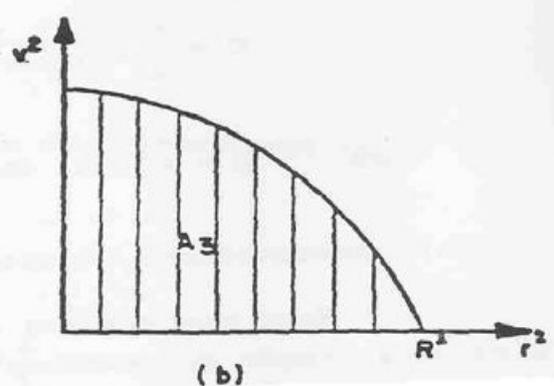
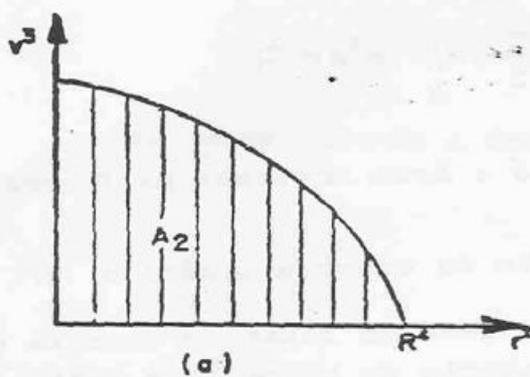


Fig.4 a) curva $v^3 = f(r^2)$; b) curva $v^2 = f(r^2)$

2.8) Determinação do coeficiente da quantidade de movimento (β).

Para calcular o valor real do fluxo da quantidade de movimento na secção a partir da velocidade média, deve-se introduzir um coeficiente de correção β , ou seja:

$$X = \beta \rho V^2 S$$

Onde β = coeficiente da quantidade de movimento

$$V_{RVA} S RAV_x = \beta \rho V^2 S$$

3) PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

O equipamento é constituído por:

- dez tubos de Pitot, distribuídos radialmente numa secção transversal da tubulação superior da bancada (ver Fig. 5);
- uma tomada de pressão estática na mesma secção da tubulação;

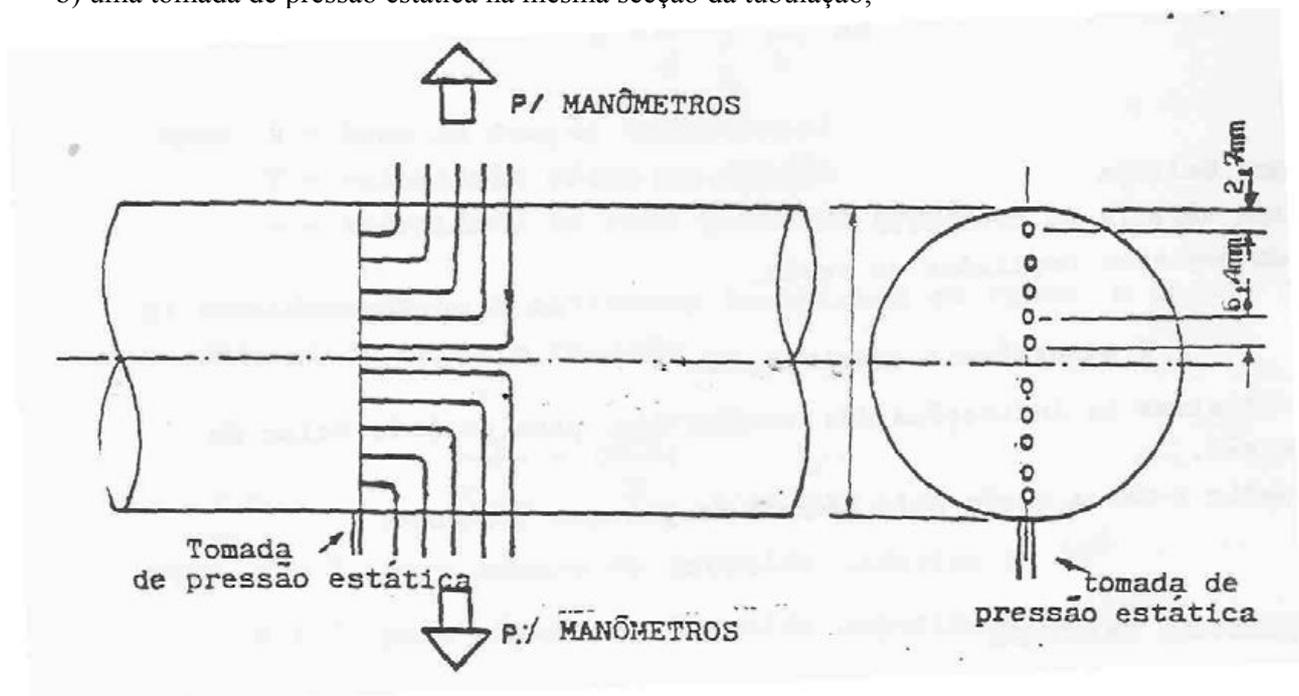


Fig. 5: Esquema do posicionamento dos Pitots na tubulação.

- onze manômetros inclinados conectados na parte inferior aos tubos de Pitot e à tomada de pressão estática, e na parte superior à uma linha de ar comprimido a fim de deslocar os meniscos para uma altura conveniente de coluna d'água (ver Fig. 6).

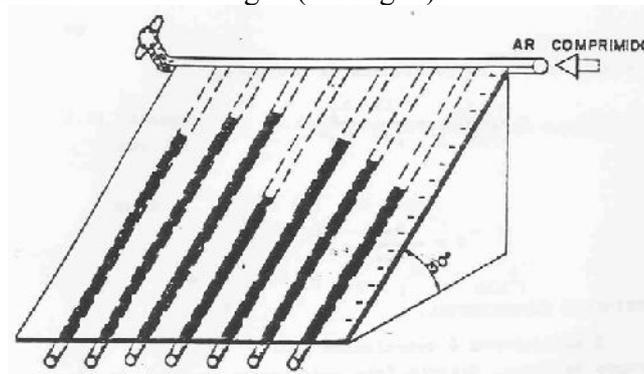


Fig. 6: Esquema dos manômetros

- d) uma balança
- e) uma válvula de três vias
- f) um registro regulador de vazão.

A experiência consiste em:

- a) registrar as indicações dos manômetros para um dado valor de vazão.
- b) Medir a mesma vazão pelo método de pesagem (balança).

4) QUESTÕES PROPOSTAS

- a) levantar o perfil de velocidade na secção transversal de leitura;
- b) levantar a curva $v = v (r^2)$ para calcular a vazão (item 2.3) e confrontar este valor com o resultado obtido através do método das pesagens;
- c) calcular a velocidade média na secção através do perfil de velocidade (item 2.4) e confrontar com a velocidade média obtida com o método das pesagens;
- d) levantar a curva $v^3 = v^3 (r^2)$ para calcular o fluxo de energia cinética na secção (item 2.5) e o coeficiente de energia cinética (item 2.6);
- e) levantar a curva $v^2 = v^2 (r^2)$ para calcular o fluxo da quantidade de movimento na secção (item 2.7) e o coeficiente da quantidade de movimento (item 2.8);
- f) demonstrar que os coeficientes “ α “ e “ β “ podem ser obtidos através das seguintes relações.

$$V = \frac{1}{S} \int \int v \, ds \quad \text{onde}$$

$$S = \text{área da secção transversal}$$

V = velocidade média na secção
 v = velocidade em cada ponto da secção

- g) considerando – se o movimento turbulento em tubos, o perfil de velocidade segue a relação

$$v = v_{max} \left(\frac{r}{R} \right)^n$$

Onde $n = 7$ para número de Reynolds inferior a 10^5
 $n > 7$ para número de Reynolds superiores a 10^5
 À partir das velocidades obtidas no ensaio, determinar o valor de “n” representativo para o perfil.
 Sugere – se utilizar gráfico bilogarítmico: $\log (V/V_{Max}) \times 1/n \log ((R-r)/R)$.

5) BIBLIOGRAFIA

Citar a bibliografia utilizada.

[2] www.fruticultura.iciag.ufu.br/fertirrigacao.htm

Fala sobre o Tubo de Venturi.

Venturi

É uma peça especial, acoplada à linha de irrigação, que consiste numa seção gradual convergente, passando numa seção constrita constante e em seguida numa gradual transição ampliadora, retomando ao diâmetro original da linha de irrigação. No momento da passagem pela seção constrita, cria-se um diferencial de pressão que "suciona" a solução do tanque para a linha lateral ou principal.

O princípio hidráulico que rege esse processo é descrito pelas equações de continuidade e de Bernoulli. Os agroquímicos podem ser injetados numa tubulação sob pressão, usando o princípio da queda de pressão e mudança da velocidade, no momento em que o líquido passa pela seção constrita do venturi (Figura 2.9.).

A queda de pressão no venturi deve ser suficiente para criar uma pressão negativa (vácuo) em relação à pressão atmosférica. Nessas condições, o agroquímico contido no interior do depósito irá fluir para o injetor. O fluxo de solução pode ser regulado, se desejável, por válvula ou registro instalado na tubulação.

Uma possível desvantagem do método é que a perda de carga localizada no venturi pode atingir cerca de 1/3 da pressão de serviço na lateral ou principal, dificultando ou impossibilitando a injeção. Além disso, é difícil regular com precisão o fluxo de solução no venturi, porque a taxa de injeção é muito sensível à variação de pressão e vazão no sistema.

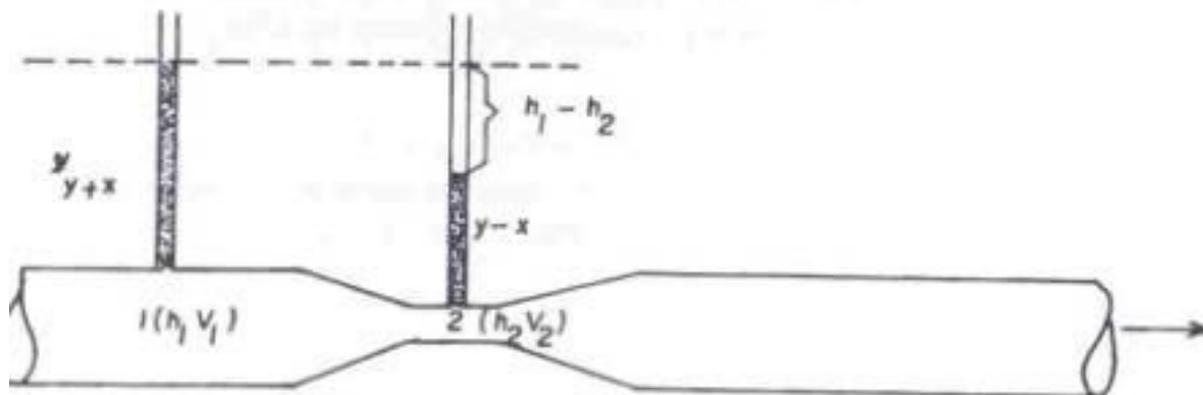


Figura 2.9. Tubo Venturi (COSTA e BRITO, 1994).

[3] H. Moyses Nussenzveig. Curso de Física Básica vol.2

Fala sobre a teoria do experimento.

[4] <http://www.labtermo.ufsc.br/Medicao%20de%20velocidade%20e%20vazao.html>

Fala sobre um experimento de tubo de pitot e de venturi.

Medição de Velocidade e de Vazão/ Tubo de Venturi e Tubo de Pitot



O tubo de Pitot é colocado no final da tubulação ligada ao ventilador radial. Com o tubo de Pitot é possível traçar o perfil de velocidades do escoamento e calcular a vazão. Mudando a frequência do ventilador, pode-se atingir diferentes valores de vazão.

Vista geral do equipamento.

Um ventilador, do tipo radial, é acoplado no início da tubulação. É possível variar a frequência do ventilador através do controlador junto ao ventilador.



Tomadas de pressão estática na entrada de ar do ventilador.

A foto mostra em detalhe, o paquímetro digital acoplado ao tubo de Pitot, de forma que se possa variar o ponto de medição e "varrer" todo o tubo, a fim de se traçar um perfil de velocidades. Também é possível girar todo o conjunto (Pitot/paquímetro), em 90°, permitindo assim, a leitura na direção horizontal.



Tubo de Pitot, paquímetro digital e micrômetro.

Através do micrômetro, acoplado ao tubo de Pitot, é possível aumentar ou diminuir a sensibilidade da medição, facilitando a leitura das mais variadas vazões.



Micrômetro junto ao tubo de Pitot. Detalhe: reservatório de fluido manométrico.

O tubo de Venturi, colocado na metade da tubulação, permite que seja feito o cálculo da vazão, e que sejam comparados os resultados.



Vista do tubo de Venturi, no meio do equipamento. Junto, os manômetros utilizados para medição.

[5] http://pt.wikipedia.org/wiki/Tubo_de_Venturi

Fala sobre o tubo de venturi.

Tubo de Venturi

Origem: Wikipédia, a enciclopédia livre.

Ir para: navegação, pesquisa

O **tubo de Venturi** é um aparato criado por Giovanni Battista Venturi para medir a velocidade do escoamento e a vazão de um líquido incompressível através da variação da pressão durante a passagem deste líquido por um tubo de seção mais larga e depois por outro de seção mais estreita. Este efeito é explicado pelo princípio de Bernoulli e no princípio da continuidade da massa. Se um fluxo fluido é constante, mas a secção diminui necessariamente velocidade aumenta. Para o teorema a conservação da energia se a energia cinética aumenta, a energia determinada pelo valor da pressão diminui necessariamente.

Ligações externas

- Medição de Velocidade e de Vazão/ Tubo de Venturi e Tubo de Pitot (em português)
- Hidrodinâmica (em português)