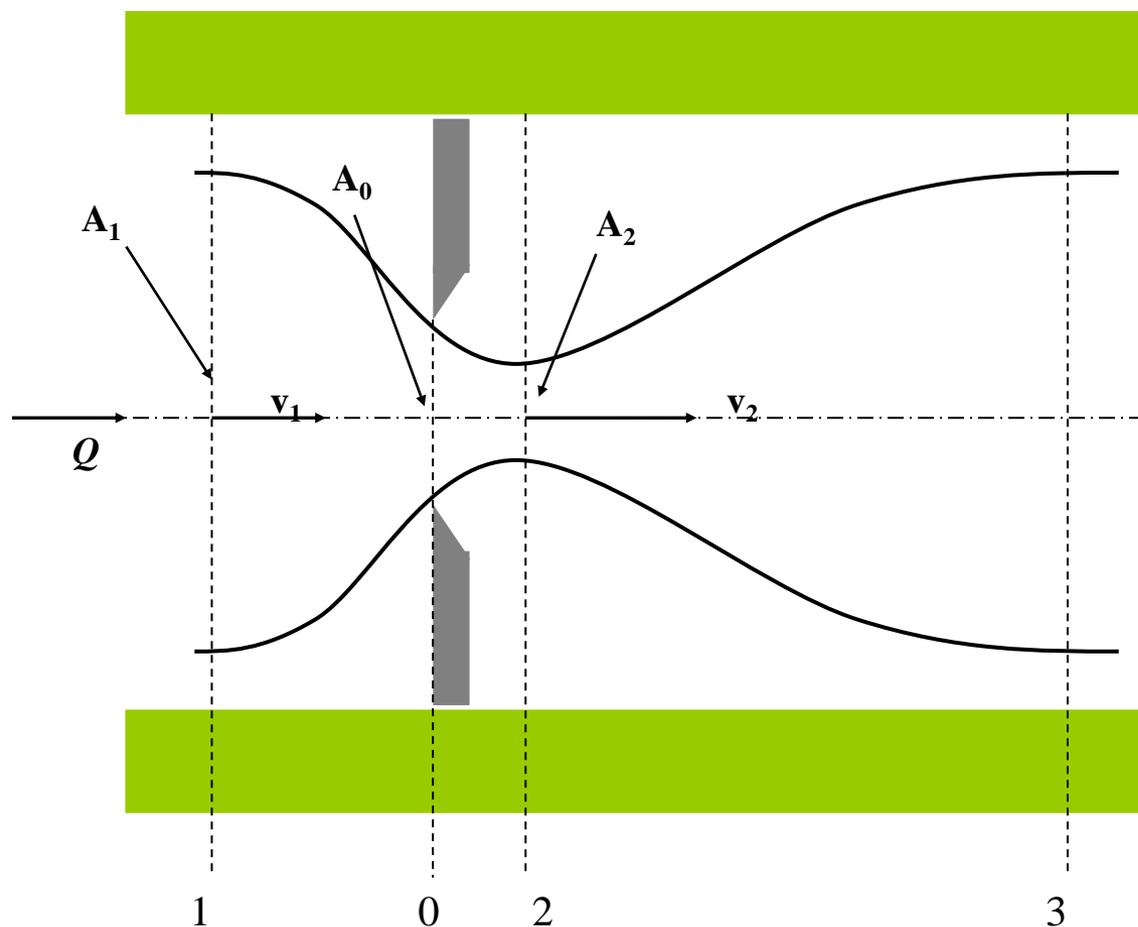


# Experiência

Medidores de vazão

# Tipos de medidores ensaidos: venturi e placa de orifício.



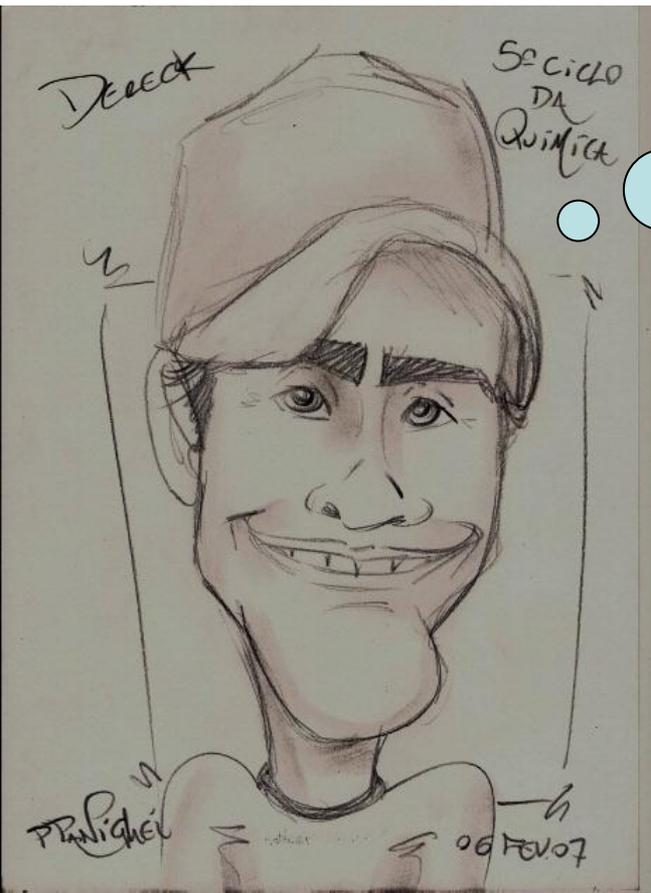
**O que será que há  
de comum entre  
os medidores  
anteriores**



Em ambos os medidores tem-se uma redução de área, no venturi tem-se a área mínima  $A_2$ , que é igual a área da seção 2 e na placa de orifício tem-se a área do próprio orifício  $A_0$ .

Portanto o comum é que em ambos se tem uma contração de área, no venturi a área mínima corresponde a área da garganta e na placa de orifício corresponde a área contraída ( $A_2$ ).





OK!  
Mas o que será  
que esta  
contração de  
área vai originar?

Vai originar um aumento da carga cinética e em consequência uma diminuição da carga de pressão!



# Equacionamento para os medidores

Considera-se fluido ideal e aplica-se a equação de Bernoulli de 1 a 2:

$$H_1 = H_2$$

$$Z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g}$$

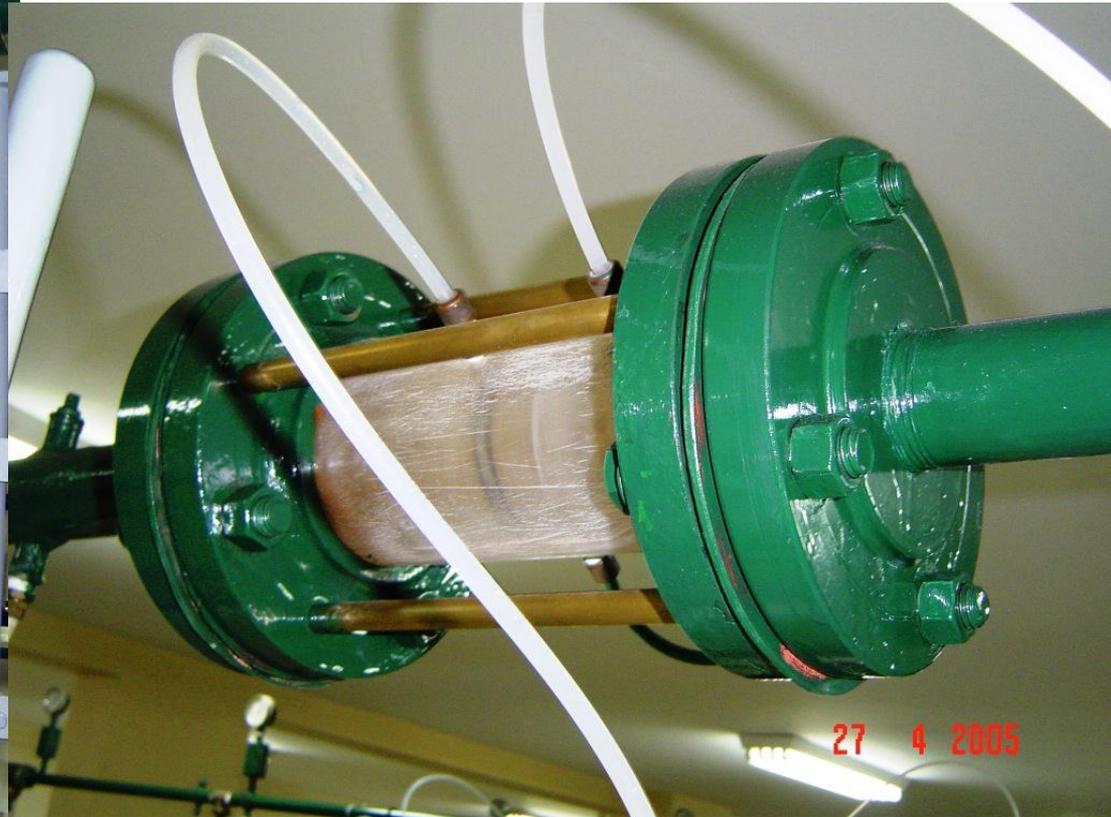
Como os medidores foram instalados em um plano horizontal tem-se que a carga potencial ( $z$ ) é constante, portanto:

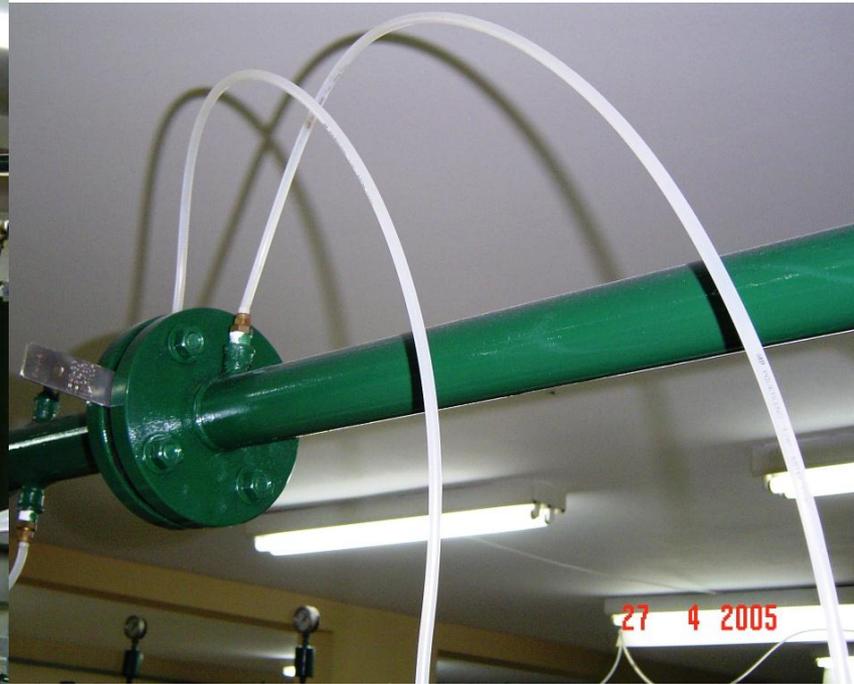
$$\frac{p_1 - p_2}{\gamma} = \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g}$$

$$\therefore v_2^2 - v_1^2 = 2g \times \frac{p_1 - p_2}{\gamma}$$

Pelo fato de  $v_2 > v_1$  pode-se concluir que  $p_1 > p_2$  o que comprova que existe um aumento de carga cinética e em consequência uma redução da carga de pressão

Isto também pode ser comprovado na  
própria bancada





Pela equação da continuidade aplicada a um escoamento incompressível e em regime permanente tem-se:

$$v_1 \times A_1 = v_2 \times A_2$$

# Importante:

No caso do venturi  $A_2 = A_{\text{garganta}} = A_d$  que é a área do diâmetro menor e que é facilmente determinada.

Porém no caso da placa de orifício esta área é muito difícil de se determinar e por este motivo se recorre a definição do coeficiente de contração ( $C_c$ )

# Conceito de coeficiente de contração

$$C_C = \frac{A_{\text{contraída}}}{A_{\text{orifício}}} = \frac{A_2}{A_0}$$

$$\therefore A_2 = C_C \times A_0$$

No caso do venturi  
ele é projetado para  
 $C_C = 1,0$ , portanto:  
 $A_2 = A_{\text{garganta}}$



Portanto:

$$v_1 \times A_1 = C_C \times v_2 \times A_0$$

$$\therefore v_1 = v_2 \times C_C \times \frac{A_0}{A_1} = v_2 \times C_C \times \frac{D_0^2}{D_1^2}$$

Substituindo na equação anterior:

$$v_2^2 \left[ 1 - C_C^2 \times \left( \frac{D_0}{D_1} \right)^4 \right] = 2g \times \frac{p_1 - p_2}{\gamma}$$

Através de uma manômetro diferencial em forma de U instalado entre as seções 1 e 2, tem-se:

$$p_1 - p_2 = h \times (\gamma_m - \gamma)$$

$$\therefore v_2 = \sqrt{\frac{2gh \times \left( \frac{\gamma_m - \gamma}{\gamma} \right)}{1 - C_C^2 \times \left( \frac{D_o}{D_1} \right)^4}}$$

A velocidade  $v_2$  calculada anteriormente é teórica, isto porque se considerou um fluido ideal, ou seja, um fluido que escoia sem ter perda de carga



Portanto pode-se determinar a vazão teórica e com a definição de coeficiente de velocidade a vazão real:

$$Q_{\text{teórica}} = v_2 \times A_2 = C_C \times A_o \times v_2$$

$$\text{Coeficiente de velocidade} \rightarrow C_v = \frac{v_{2_{\text{real}}}}{v_{2_{\text{teórico}}}}$$

$$\therefore Q_{\text{real}} = C_C \times A_o \times C_v \times \sqrt{\frac{2gh \times \left( \frac{\gamma_m - \gamma}{\gamma} \right)}{1 - C_C^2 \times \left( \frac{D_o}{D_1} \right)^4}}$$

Pelo conceito de coeficiente de vazão ou descarga, para a placa de orifício tem-se:

$$C_d = C_C \times C_v$$

$$\therefore Q_{\text{real}} = C_d \times A_o \times \sqrt{\frac{2gh \times \left( \frac{\gamma_m - \gamma}{\gamma} \right)}{1 - C_C^2 \times \left( \frac{D_o}{D_1} \right)^4}}$$

Ou ainda:

$$K = \frac{C_d}{\sqrt{1 - C_C^2 \times \left(\frac{D_o}{D_1}\right)^4}}$$

$$\therefore Q_{\text{real}} = k \times A_0 \times \sqrt{2gh \times \left(\frac{\gamma_m - \gamma}{\gamma}\right)}$$

# Para o Venturi

$$C_d = C_C \times C_v$$

$$\therefore Q_{\text{real}} = C_d \times A_G \times \sqrt{\frac{2gh \times \left( \frac{\gamma_m - \gamma}{\gamma} \right)}{1 - \left( \frac{D_G}{D_1} \right)^4}}$$

resolver exercícios



elaborar um relatório



Através da experiência  
deseja-se

27/04/2005 - v3



obter a curva característica

obter a curva de calibração

A 30 anos atrás eu idealizaria um relatório pelo mindmapping ao lado

