

## 7 – MEDIDORES DE VAZÃO

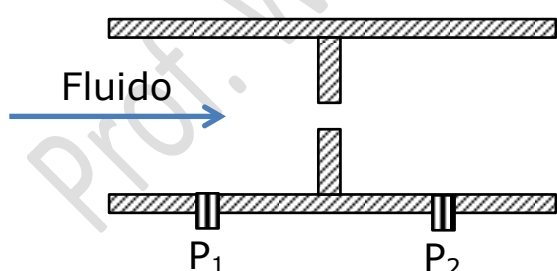
A vazão é um parâmetro importante em um processo industrial, tanto para o acompanhamento do processo, quanto para a determinação de quantidades para fins de inventários contábeis ou comercialização, e em avaliações de controle da poluição do ar.

Os medidores de vazão empregam vários tipos de elementos sensores e podem ser subdivididos em três grandes grupos: os medidores por área variável, medidores por perda de carga e medidores especiais. Dentro da categoria dos especiais, estão os medidores que operam, por exemplo, por efeito térmico.

Vamos considerar os mais simples: placa de orifício, medidor Venturi, tubo de Pitot e anemômetro de fio quente.

### Placa de Orifício

Um método comum para determinação da vazão de escoamento em um conduto é medir a queda de pressão em um "obstáculo" no conduto. Um exemplo disso é a placa de orifício que é uma fina placa com um orifício em seu centro. As tomadas de pressão são feitas a montante e a jusante do dispositivo:



$$V_1 = \sqrt{\frac{2(P_1 - P_2)}{\rho} \left[ \frac{1}{\left(\frac{A}{A_0}\right)^2 - 1} \right]}$$

$\rho$  = densidade do fluido;

$A$  = área de seção do conduto;

$A_0$  = área de seção do orifício.

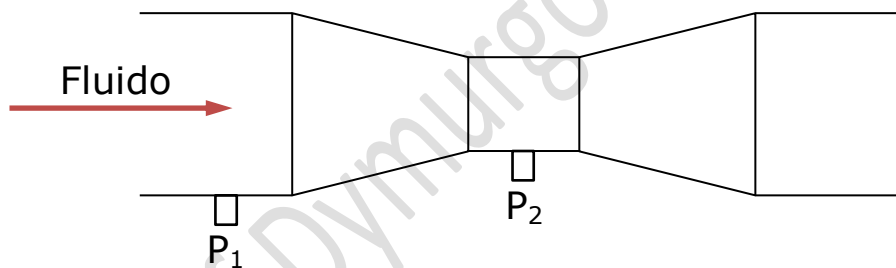
Para corrigirmos os efeitos viscosos no orifício, introduzimos um coeficiente de descarga,  $C_d$ , como função de  $(A_o/A)$  e do número de Reynolds:

$$\dot{m} = C_d A_o \sqrt{\frac{2\rho(P_1 - P_2)}{1 - \left(\frac{A_o}{A}\right)^2}}$$

Para  $Re > 10^4 \rightarrow C_d \approx 0,61$  (qualquer  $(A_o/A)$ )

A equação acima é válida para líquidos e gases quando a queda de pressão  $(P_1 - P_2)$  for menor que 10% da pressão  $P_1$ .

### Medidor Venturi



Para um fluido incompressível, a expressão para a vazão:

$$\dot{V} = C_d A_2 \frac{\sqrt{2(P_1 - P_2)/\rho}}{\sqrt{1 - \left(\frac{D_2}{D_1}\right)^4}}$$

Para  $Re > 10^4 \rightarrow C_d \approx 0,98$  [qualquer  $(D_2/D_1)$ ]

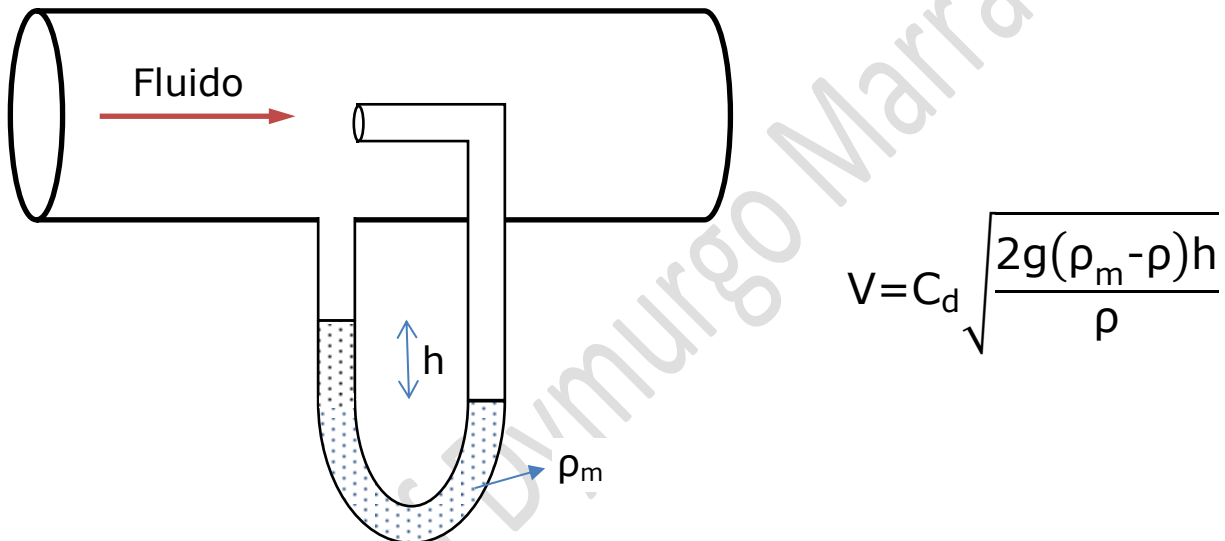
Para escoamento compressível:

$$V_2^2 = \left( \frac{2\lambda RT_1}{\lambda - 1} \right) \left[ \frac{1 - \left( \frac{P_2}{P_1} \right)^{(\lambda-1)/\lambda}}{1 - \left( \frac{A_2}{A_1} \right)^2 \left( \frac{P_2}{P_1} \right)^{2\lambda}} \right]$$

$$\lambda = \frac{C_p}{C_v} = \frac{\text{Calor específico a pressão constante}}{\text{Calor específico a volume constante}}$$

R = constante dos gases

### Tubo de Pitot



$C_d \approx 1,0$  para a maioria dos Pitot's.

A equação acima é válida para gases em velocidades moderadas, para variação de pressão menor que 15% da pressão total.

### Anemômetro de Fio-Quente

Um anemômetro de fio-quente consiste de um filamento aquecido que fica exposto ao escoamento de um fluido. Este filamento fica conectado a um circuito eletrônico que é capaz de monitorar a sua variação de resistência elétrica pela ação de escoamento. Pode-se,

então, estabelecer uma relação de pertinência entre a velocidade do escoamento e a resistência observada no filamento aquecido.

