

Objetivos da segunda aula da unidade 3:

Obter uma nova expressão para o cálculo da vazão que possibilitará especificar o diâmetro interno da tubulação;

Exemplificar a importância de conhecer a velocidade média para as aplicações de Mecânica dos Fluidos;

Obter a expressão para o cálculo da velocidade média;

Resolver o exercício 3.13.1;

Propor o exercício 3.13.2;

Mostrar alguns cálculos práticos da velocidade média em condutos livres;

Exemplificar o cálculo da vazão em condutos livres;

Explicar a utilização do "molinete" na determinação das velocidades em condutos livres.

3.7 - Dimensionamento de uma tubulação

Dimensionar um conduto consiste em:

- **especificar o material adequado;**
- **especificar a espessura adequada do conduto;**
- **especificar o seu diâmetro nominal através do diâmetro interno calculado.**

Nesta unidade, objetivamos mostrar como podemos obter o diâmetro interno através da vazão (Q), que é um parâmetro sempre conhecido ao se iniciar um projeto.

Para atingirmos o objetivo proposto, calculamos a vazão de uma outra maneira, onde a mesma será obtida em função da velocidade média do escoamento (v) e da área da seção transversal formada pelo fluido (A).

Para obtenção desta nova forma para o cálculo da vazão, consideramos o conduto forçado representado pela figura 3.5, onde temos as seguintes situações:

- para $t = 0s$ o corante ainda não foi injetado;
- para $t = t_s$ tem-se o deslocamento "s" do fluido, o qual pode ser determinado pela injeção do corante.

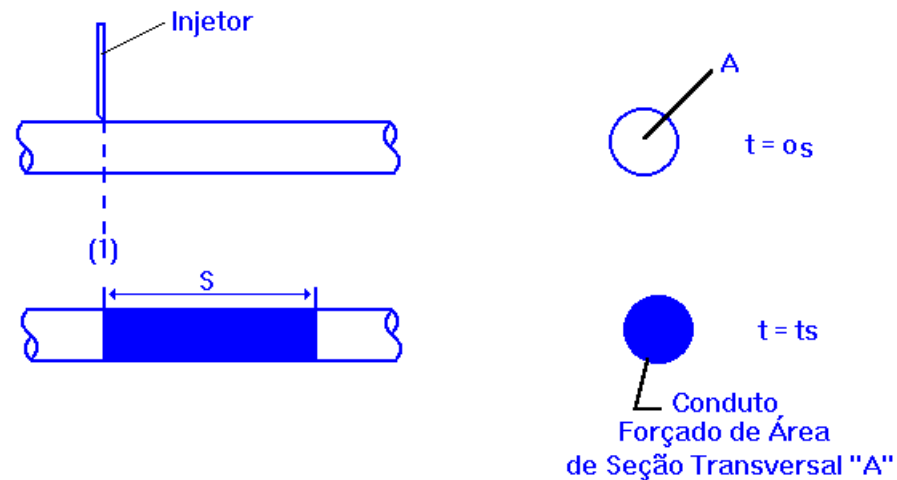


Figura 3.5

Evocando a equação 3.1, tem-se que:

$$Q = \frac{V}{t} = \frac{s \cdot A}{t}, \text{ onde :}$$

$$\frac{s}{t} = v - \text{velocidade média do escoamento}$$

A - área da seção transversal formada pelo fluido

Portanto:

$$Q = v \cdot A \quad \text{equação 3.4}$$

A equação 3.4 possibilita a determinação do diâmetro interno do conduto, isto porque em função da aplicação da instalação tem-se a chamada velocidade econômica, como conhecemos a vazão pode-se calcular o diâmetro interno:

$$A = \frac{Q}{v} \quad \therefore \quad D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot v}}$$

Através do diâmetro calculado e da norma, obtida em função do material da tubulação especifica-se o **diâmetro nominal**, também denominado de **diâmetro comercial**.

3.8 - Cálculo da velocidade média - v

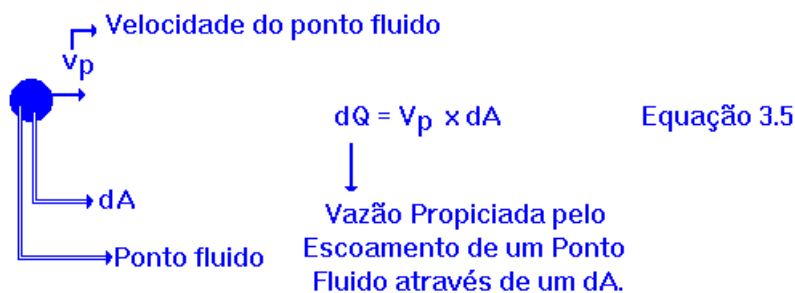
O cálculo da velocidade média do escoamento é fundamental no estudo dos escoamentos fluidos, pois através da mesma, podemos calcular:

- a vazão em canais;
- a carga cinética em uma dada seção do escoamento;
- a perda de carga, etc. ...

3.8.1 Expressão para o cálculo da velocidade média

Pelo princípio de aderência, sabemos que a velocidade em uma seção do escoamento varia de 0, junto a parede, até $V_{\text{máx}}$, no eixo do conduto.

Considerando um ponto fluido e levando-se em conta a hipótese do contínuo, temos:



Podemos determinar a vazão através da seção transversal considerada integrando-se ambos os membros da equação acima relacionada, o que resulta:

$$Q = \int (\text{função da velocidade}).dA \quad \text{equação 3.6}$$

Através das equações $Q = v \cdot A$ e $Q = \int (\text{função da velocidade}).dA$, obtemos a expressão utilizada para o cálculo da velocidade média em condutos.

$$v = \frac{1}{A} \int (\text{função da velocidade}).dA \quad \text{equação 3.7}$$

Nota: Para utilização da equação anterior, devemos conhecer a função que representa a lei de variação da velocidade ao longo da seção transversal considerada, além de se estabelecer os limites de integração. **Porém nem sempre conhecemos a equação que representa a distribuição da velocidade, principalmente ao considerarmos os condutos livres, por este motivo introduziremos alguns exemplos práticos para determinação da velocidade média neste tipo de conduto.**

3.8.2 Cálculos práticos da velocidade média em condutos livres

A seção transversal de um dado canal, deve ser dividida em várias outras, como mostra a (Figura 3.6).

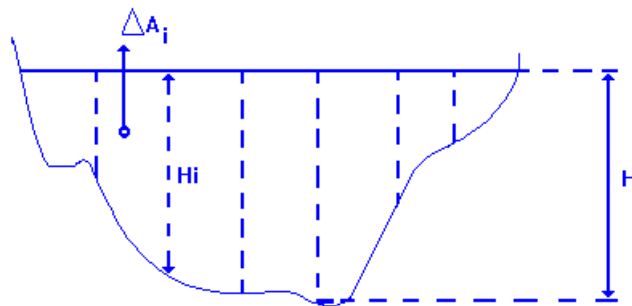


figura 3.6

Após a divisão da seção transversal, deve-se calcular a velocidade média em cada uma das verticais que limitam cada uma das subdivisões.

Considerando uma dada vertical com profundidade H_i , podemos determinar a sua velocidade média (v_i) por um dos seguintes processos:

- **dos dois pontos** → neste processo efetua-se apenas duas medidas por vertical, a 20 e 80% da profundidade e com erros menores que 10%, obtém-se a velocidade média da vertical (v_i):

$$v_i = \frac{v_{0,2} + v_{0,8}}{2} \quad \text{equação 3.8}$$

- **do ponto único** → neste processo efetua-se apenas uma medida por vertical, a 60% da profundidade, onde temos a velocidade média da vertical (v_i):

$$v_i = v_{0,6} \quad \text{equação 3.9}$$

A medida da velocidade média pelo processo do ponto único é menos exata que o processo dos dois pontos.

- **dos três pontos** → para este processo efetuamos as medidas indicadas pela (figura 3.7), onde a velocidade média é obtida pela equação 3.10.

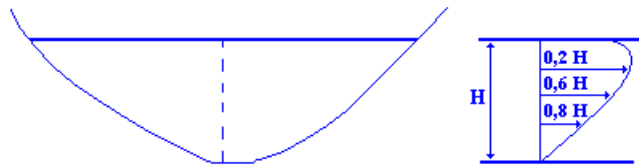


Figura 3.7

$$v_i = \frac{v_{0,2} + 2 \cdot v_{0,6} + v_{0,8}}{4} \quad \text{equação 3.10}$$

Determinando-se as velocidades médias, pode-se, através da equação $Q = \sum v_i \cdot A_i$, determinar a vazão em condutos livres, como por exemplo a vazão de rios.

Para exemplificarmos esta aplicação, consideramos a seção transversal do rio representada pela figura 3.8, onde a vazão é calculada pela equação 3.11

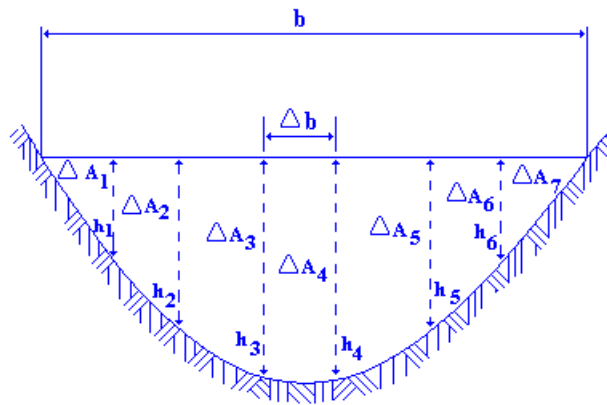


Figura 3.8

$$Q = \sum_{i=1}^n v_i \cdot \Delta A_i \quad \text{equação 3.11}$$

A equação 3.11 aplicada à figura 3.8, resulta:

$$Q = v_1 \cdot \frac{h_1 \cdot \Delta b}{2} + \frac{v_1 + v_2}{2} \cdot \frac{h_1 + h_2}{2} \cdot \Delta b + \frac{v_2 + v_3}{2} \cdot \frac{h_2 + h_3}{2} \cdot \Delta b + \frac{v_3 + v_4}{2} \cdot \frac{h_3 + h_4}{2} \cdot \Delta b \\ + \frac{v_4 + v_5}{2} \cdot \frac{h_4 + h_5}{2} \cdot \Delta b + \frac{v_5 + v_6}{2} \cdot \frac{h_5 + h_6}{2} \cdot \Delta b + v_6 \cdot \frac{h_6 \cdot \Delta b}{2}$$

As velocidades nas verticais podem ser determinadas, por exemplo, através do **molinete**, onde a velocidade de escoamento é medida em função da rotação de sua hélice ou conjunto de pás móveis (figura 3.9).

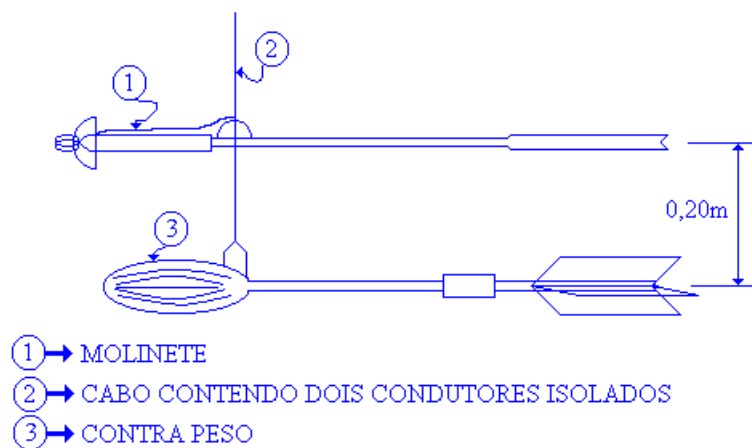


Figura 3.9

Os molinetes atuais contam com um circuito elétrico, alimentado por pilhas, que envia ao gerador sinais correspondentes a um determinado número de rotações (cronometrando com precisão de cerca 0,1s), permitindo assim a determinação da velocidade de rotação.

A equação 3.12 a seguir representa a equação do molinete, onde :

v = velocidade em $\frac{m}{s}$;

n = rotações por segundo ;

k = constante cujo valor é próximo ao passo da hélice .

a = perdas que para aparelhos precisos tem valor bastante baixo no ordem de 0,05 .

$$v = K \cdot n + a$$

equação 3.12

Através da figura 3.9, compreendemos o porque dos processos mencionados anteriormente para a determinação das velocidades médias nas verticais, serem limitados em relação as profundidades das mesmas, daí o fato do processo do ponto único ser geralmente utilizado nas margens do rio.