

Introdução aos estudos de instalações hidráulicas.

Inicia-se considerando a instalação hidráulica denominada de instalação de recalque representada pela foto a seguir.



Foto 1¹

Define-se instalação de recalque toda a instalação hidráulica que transporta o fluido de uma cota inferior para uma cota superior e onde o escoamento é viabilizado pela presença de uma bomba hidráulica, que é um dispositivo projetado para fornecer energia ao fluido.

¹ A instalação de recalque em questão representa uma bancada de laboratório de mecânica dos fluidos

Uma instalação de recalque é dividida em:

- ✓ tubulação de sucção = tubulação antes da bomba
- ✓ tubulação de recalque = tubulação após a bomba

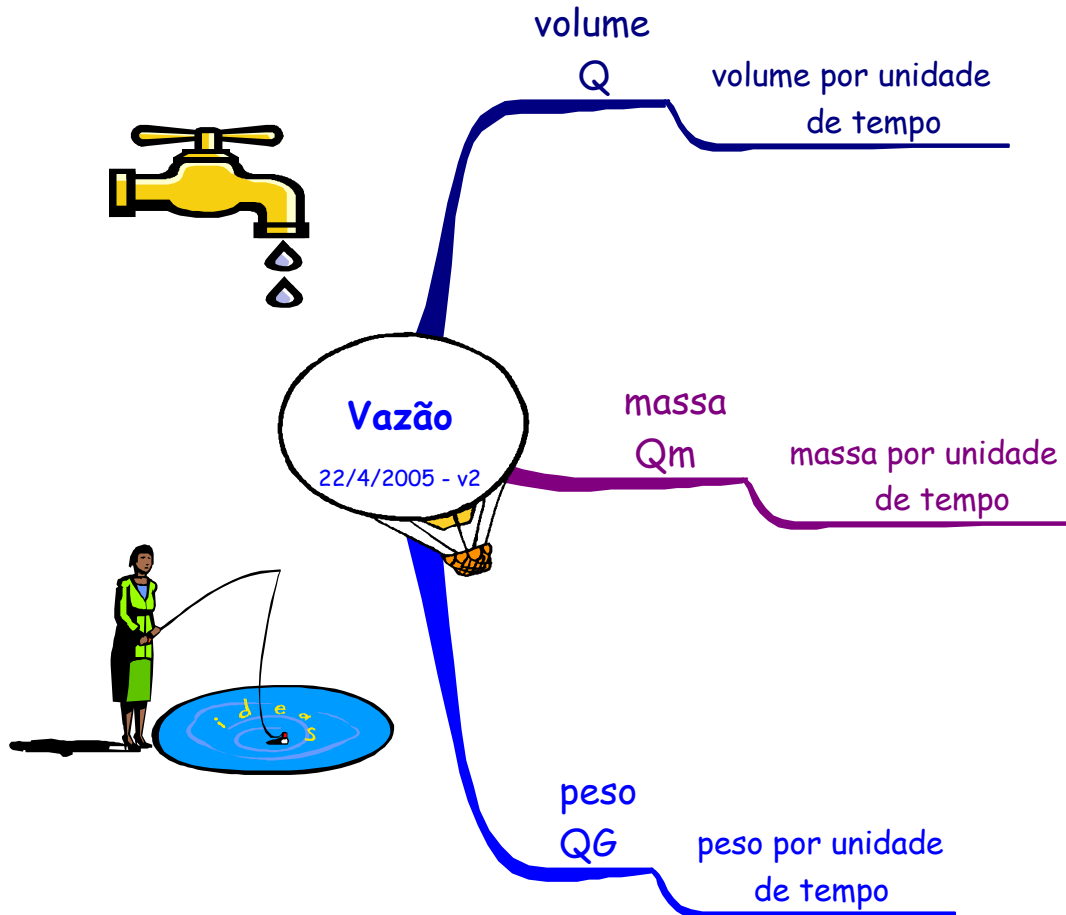
A partir deste ponto, pelo fato do projeto ser considerado a essência da engenharia estabelece-se um estudo que possibilitará a compreensão do desenvolvimento de um projeto de uma instalação hidráulica básica, ou seja, aquela que apresenta uma entrada e uma saída.

Neste tipo de projeto, geralmente deseja-se:

- dimensionar as tubulações;
- especificar a bomba com seu ponto de trabalho;
- especificar a reserva contra a cavitação;
- especificar o consumo de potência.

Para se pensar em iniciar o projeto, deve-se ter os conceitos de vazão, já que esta representa uns dos dados iniciais de projeto.

A argumentação anterior, leva a iniciar os estudos propostos pelos conceitos de vazão em volume (ou simplesmente vazão), vazão em massa e vazão em peso.



$$Q = \frac{\text{Volume}}{\text{tempo}} = \frac{V}{t} \rightarrow Q_m = \frac{\text{massa}}{\text{tempo}} = \frac{m}{t} \rightarrow Q_G = \frac{\text{peso}}{\text{tempo}} = \frac{G}{t}$$

Portanto:

$$Q_G = g \times Q_m = \rho \times g \times Q = \gamma \times Q \therefore Q_m = \rho \times Q$$

Algumas unidades para Q ; Q_m e Q_G :

Para que possamos evocar as suas principais unidades, introduzimos inicialmente as suas equações dimensionais.

	Q_G	Q_m	Q
Equação dimensional	FT^{-1}	$FL^{-1}T$ ou MT^{-1}	L^3T^{-1}

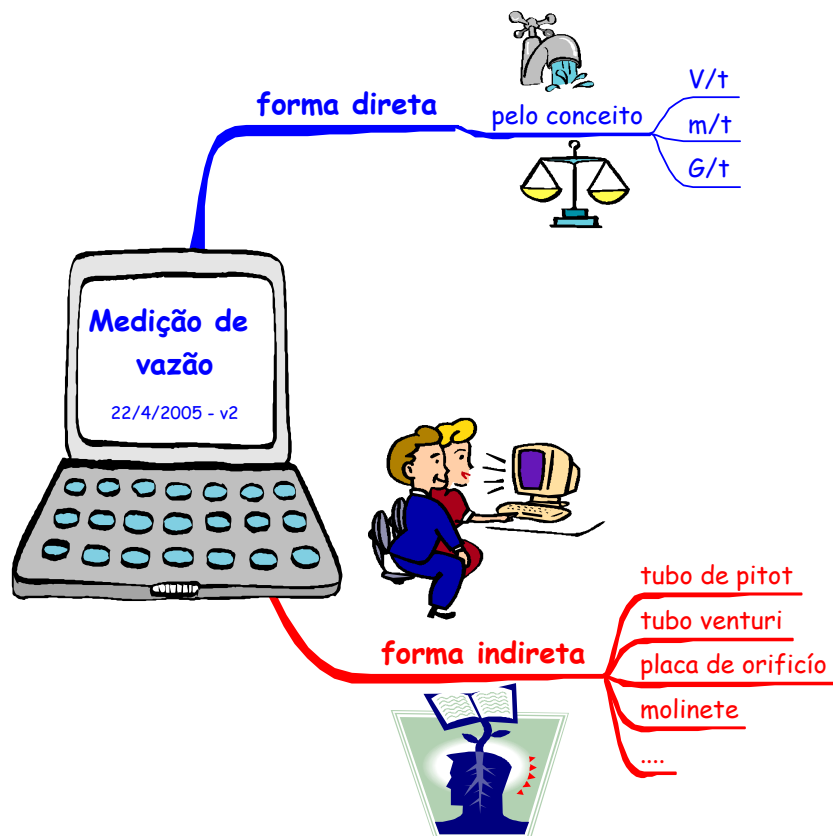
Conhecendo-se as equações dimensionais, podemos estabelecer as suas principais unidades, por exemplo:

	SI	MK*S	CGS
Q_G	N/s	Kgf/s	dina/s
Q_m	kg/s	utm/s	g/s
Q	m^3/s	m^3/s	cm^3/s

Importante: para efeito de dimensionamento das tubulações é fundamental que se recorra a outra expressão para especificação da vazão: $Q = v \times A$, onde:

- v = velocidade média do escoamento;
- A = área da seção formada pelo fluido que em se tratando de condutos forçados é igual a área da seção transversal do conduto.

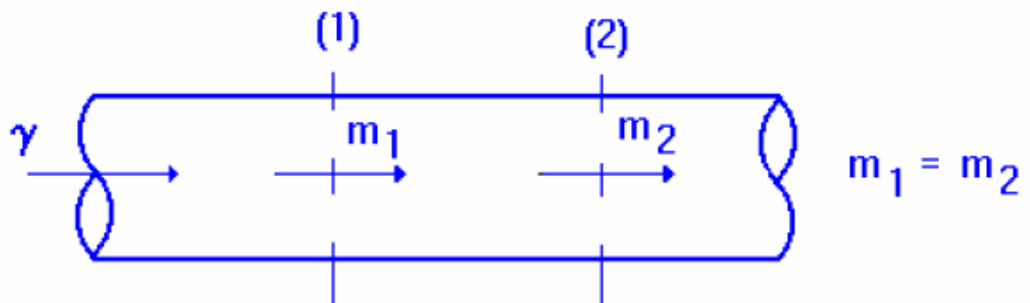
É fundamental também que se saiba efetuar a medição de vazão:



Os aparelhos anteriores serão estudados em escoamentos incompressíveis em regime permanente, ou seja, aqueles que apresentam variações de massa e peso específico desprezíveis ao longo do escoamento e onde ao se fixar uma das suas seções de escoamento se tem as propriedades fluidas invariáveis com o tempo.

Para os estudos anteriores, tanto do projeto da instalação hidráulica básica, como dos aparelhos medidores de vazão deve-se evocar as equações:

- equação da continuidade - que é a equação que garante que não ocorra nem acúmulo, nem falta de massa entre duas seções do escoamento.



$$m_1 = m_2 = m = \text{cte}$$

$$\frac{m_1}{t} = \frac{m_2}{t} = \frac{m}{t} = \text{cte}'$$

$$Q_{m1} = Q_{m2} = Q_m = \text{cte}'$$

$$\rho_1 \times Q_1 = \rho_2 \times Q_2 = \rho \times Q = \text{cte}'$$

$$\rho_1 \times v_1 \times A_1 = \rho_2 \times v_2 \times A_2 = \rho \times v \times A = \text{cte}'$$

Como pela condição de escoamento em incompressível se tem que a massa específica permanece constante ($\rho_1 = \rho_2 = \rho = \text{cte}$)

reescreve-se a equação da continuidade para esta nova situação:

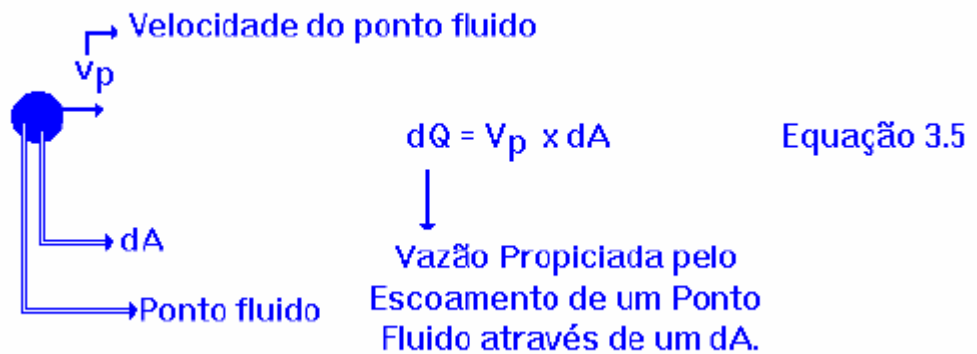
$$Q_1 = Q_2 = Q = \text{cte}'$$

$$v_1 \times A_1 = v_2 \times A_2 = A = \text{cte}$$

É importante notar que em todas as expressões anteriores trabalha-se com a velocidade média do escoamento e que em uma seção do escoamento tem-se a velocidade variando do eixo da tubulação ($v_{máx}$) até junto as suas paredes onde a velocidade é nula, isto implica que a velocidade média deve ser calculada pela expressão:

$$v = v_{média} = \frac{1}{A} \times \int (\text{função da velocidade}) \times dA$$

A expressão anterior é originada do cálculo da vazão em um ponto fluido, posteriormente se soma as vazões de todos os pontos pela integral e se iguala com a expressão $Q = v \times A$:



$Q = \int (\text{função da velocidade}) \times dA$, portanto:

$$\int (\text{função da velocidade}) \times dA = v \times A$$

$$\therefore v = v_{média} = \frac{1}{A} \times \int (\text{função da velocidade}) \times dA$$

Para que se possa praticar os conceitos anteriores basta entrar na página: <http://www.escoladavida.eng.br/mecflubasica/gabaritos.htm> e navegar pelas segundas provas e provas substitutivas, ou então entrar na página: <http://www.escoladavida.eng.br/mecfluidos.htm> e navegar pela Unidade 3 - Conceitos básicos para o estudo dos escoamentos incompressíveis em regime permanente

➤ equação da energia - que representa um balanço de carga

($\frac{\text{energia}}{\text{peso do fluido}}$) entre duas seções do escoamento:

$$H_{\text{inicial}} + H_{\text{máquina}} = H_{\text{final}} + H_{\text{perdas}_{i-f}}$$

$$H_{\text{inicial}} = Z_i + \frac{p_i}{\gamma} + \frac{v_i^2}{2g}, \text{ onde :}$$

$$Z_i \rightarrow \text{carga potencial} = \frac{m \times g \times Z_i}{m \times g}$$

$$\frac{p_i}{\gamma} \rightarrow \text{carga de pressão} = \frac{m \times g \times \frac{p_i}{\gamma}}{m \times g}$$

$$\frac{v_i^2}{2g} \rightarrow \text{carga cinética} = \frac{\frac{m \times v_i^2}{2}}{m \times g}$$

$$H_{\text{máquina}} = \frac{\text{energia trocada entre máquina e fluido}}{\text{peso do fluido}}$$

$$\text{se for uma bomba hidráulica} \rightarrow H_{\text{máquina}} = +H_B$$

$$\text{se for uma turbina hidráulica} \rightarrow H_{\text{máquina}} = -H_T$$

$$H_{\text{final}} = Z_f + \frac{p_f}{\gamma} + \frac{v_f^2}{2g}, \text{ onde :}$$

$$Z_f \rightarrow \text{carga potencial} = \frac{m \times g \times Z_f}{m \times g}$$

$$\frac{p_f}{\gamma} \rightarrow \text{carga de pressão} = \frac{m \times g \times \frac{p_f}{\gamma}}{m \times g}$$

$$\frac{v_f^2}{2g} \rightarrow \text{carga cinética} = \frac{m \times v_f^2}{m \times g}$$

$H_{\text{perdas}_{i-f}}$ → perda de carga devido a viscosidade do fluido ao longo da tubulação e devido a presença de acessórios hidráulicos (joelhos; válvulas; medidores de vazão, etc.)

Exemplo: Considerando a entrada e a saída da bomba em uma instalação de recalque como a representada pela foto 2, onde se tem:
 $p_{m_{\text{entrada}}} = -180 \text{ mmHg}$; $p_{m_{\text{saída}}} = 270 \text{ kPa}$; $\Delta Z = Z_{\text{saída}} - Z_{\text{entrada}} = 0,2 \text{ m}$
 $D_{\text{sucção}} = 52,5 \text{ mm}$; $D_{\text{recalque}} = 40,9 \text{ mm}$, ambos de aço galvanizado de espessura de parede igual a schedule 40, ou simplesmente 40, que é o tubo padrão; $\Delta h = 100 \text{ mm}$; $A_{\text{tanque}} = 0,546 \text{ m}^2$ e $t = 20,8 \text{ s}$ pede - se determinar a carga manométrica da bomba (H_B)



Desejando-se estudar outros exemplos, acessa-se a página: <http://www.escoladavida.eng.br/mecflubasica/gabaritos.htm> e é só navegar pelas segundas provas e provas substitutivas, ou então entrar na página: <http://www.escoladavida.eng.br/mecfluidos.htm> e aí navegar pela Unidade 5 - Equação da energia para um escoamento unidirecional, incompressível e em regime permanente

Deve-se observar que o exemplo anterior representa o único trecho de uma instalação hidráulica (entre a entrada e saída de uma máquina hidráulica) onde não se considera a perda de carga na equação da energia, isto porque a mesma já é considerada no rendimento da máquina, o qual é sempre menor que 100%.

Como nos demais trechos deve-se considerar a perda de carga, inicia-se o seu estudo classificando os escoamentos em função do deslocamento transversal de massa, onde se tem:

- escoamento laminar - que é aquele que apresenta um deslocamento transversal de massa desprezível, o que representa que existe a predominância das forças viscosas
- escoamento turbulento - que é aquele que tem um deslocamento transversal de massa predominante, o que representa a predominância das forças de inércia.
- escoamento de transição - que é a passagem do laminar para o turbulento, ou vice-versa

Um dos precursores deste estudo foi Osborne Reynolds (1842 -1912) que em 1883 realizou as experiências que resultaram, tanto no número de Reynolds

$$(Re = \frac{\rho \times v \times D}{\mu} = \frac{v \times D}{\nu} \propto \frac{F_{inércia}}{F_{viscosa}})$$
 como a classificação do escoamento

incompressível em função do número de Reynolds.

Pelo valor do estudo da perda de carga no desenvolvimento de projetos de instalações hidráulicas e pela influência do tipo de escoamento na sua determinação, inicia-se o próximo encontro com a experiência de Reynolds.

