

# Mecânica dos Fluidos para Engenharia Química

Segunda aula

17/02/2009

O sonho ao planejar  
cada semestre é  
viabilizar a FORMAÇÃO  
SUSTENTÁVEL

Pratica-se a  
pedagogia da curiosidade



Educar é ensinar  
a pensar sozinho



**A FORMAÇÃO SUSTENTÁVEL**  
está alicerçada nos seguintes princípios:

16/02/2009 - v8

Qualquer pessoa deseja  
ser mais do que é.



Sabe-se que palavras e  
idéias podem mudar o mundo



Aplica-se a pedagogia da  
pergunta e não da resposta



Porém só os princípios anteriores são incapazes de propiciar uma formação sustentável na engenharia, para tal, é necessário se ter a conscientização do valor da engenharia para o mundo contemporâneo, afinal o que seria do mundo sem a engenharia?



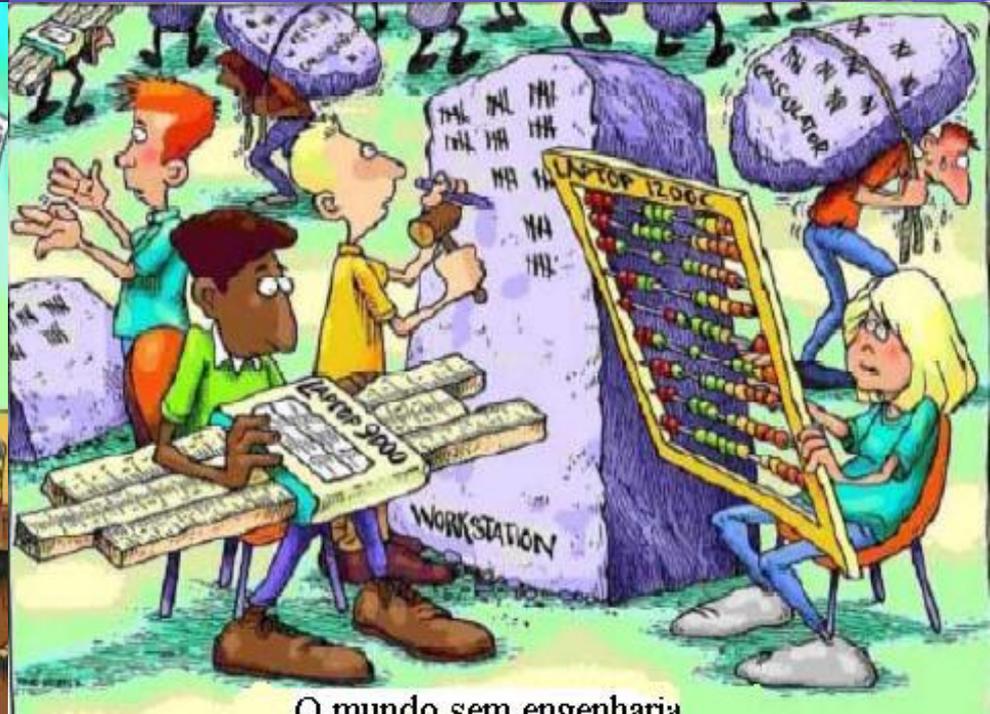
O mundo sem a engenharia



O mundo sem a engenharia



O mundo sem engenharia



O mundo sem engenharia



O mundo sem engenharia



O mundo sem engenharia

Portanto há a necessidade da engenharia, mas a engenharia necessita dos engenheiros e estes devem ter a responsabilidade de construir uma formação contínua e de excelência, onde passam a assumir o “volante” da sua formação.

Os vídeos recomendados a seguir procuram motivar a conscientização da necessidade de se ter a formação sustentável.

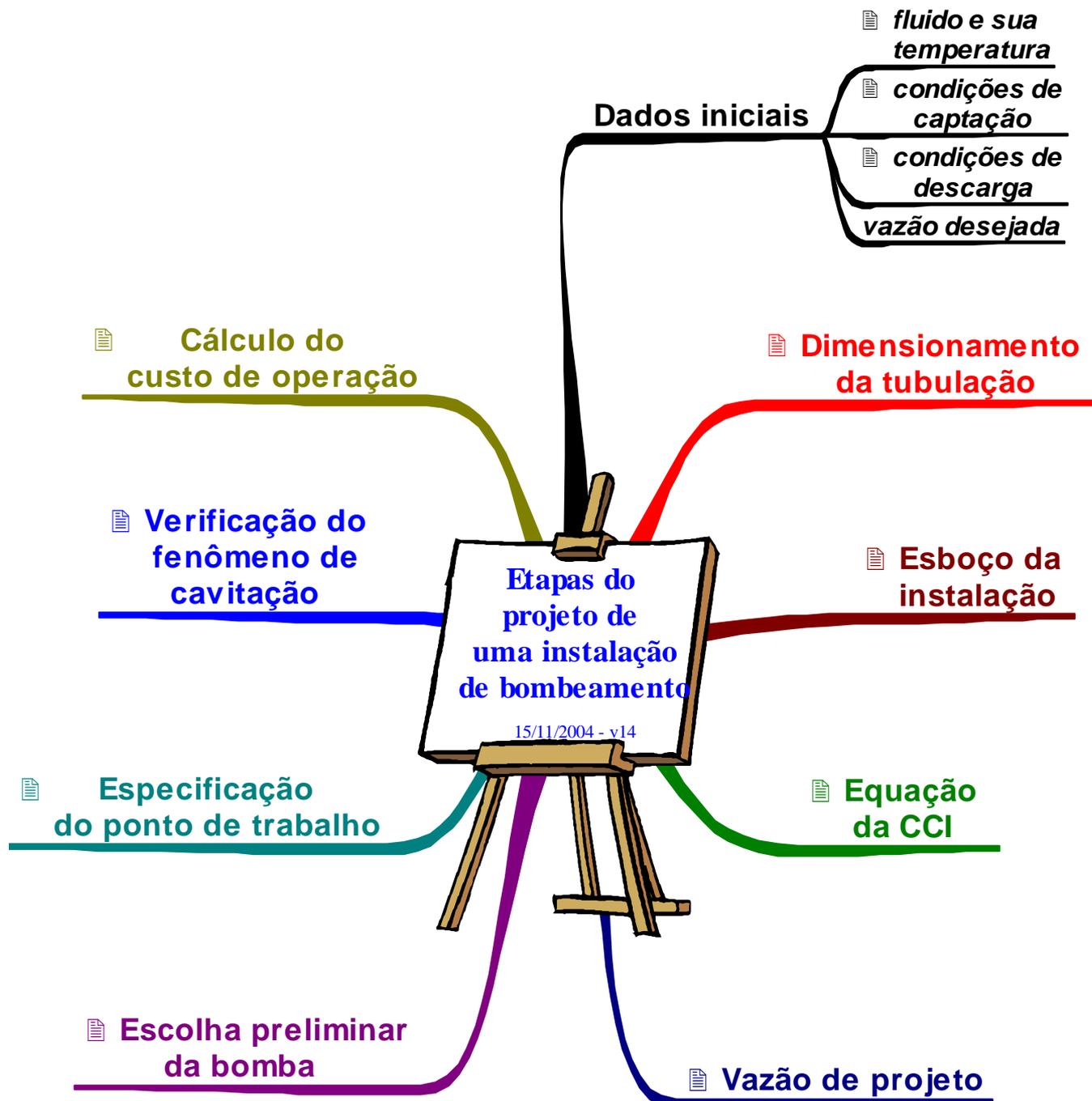
<http://www.youtube.com/watch?v=CAqf0Cw9r9o>

<http://www.youtube.com/watch?v=VN-70HQdUM0>

Mesmo a pessoa  
estando motivada só  
poderá encontrar o  
caminho se souber para  
onde ir.



Inicialmente o caminho que se pretende trilhar objetiva construir conhecimentos para se desenvolver um projeto básico de bombeamento, que apresenta as etapas apresentadas no slide a seguir.



Este certamente é um novo caminho e para poder trilhá-lo é necessário se ampliar os antigos, daí se ter planejado também os complementos de mecânica dos fluidos, complementos mostrados pelo mindmapping a seguir.

# Complemento de mecânica dos fluidos

22/6/2008 - v2



tempo de esvaziamento de reservatórios

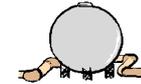
regime variado

cálculo da carga total

$H_x$



associação de bombas



aplicação do balanço

energia



potências



determinação da CCI



economia de energia

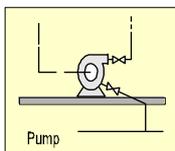
inversor de frequência

determinação das perdas

distribuídas



singular



devido a variação da rotação

correção da CCB



determinação

$f$

$Leq$

Neste segundo encontro vamos nos deter  
nos seguintes tópicos:

1. cálculo da carga total;
2. balanços de energias e potências;
3. determinação das perdas de carga;
4. determinação do “f” e do “Leq”.

# Cálculo da carga total em uma seção de um escoamento incompressível e em regime permanente.

$x$  → seção qualquer do escoamento incompressível e em regime permanente

$H_x$  → carga total na seção  $x$

$z_x$  → carga potencial na seção  $x$

$\frac{p_x}{\gamma}$  → carga de pressão na seção  $x$

$\frac{v_x^2}{2g}$  → carga cinética na seção  $x$

$\alpha$  → coeficiente de energia cinética

$\alpha \cong 1,0$  → nos escoamentos turbulentos

$\alpha = 2,0$  → nos escoamentos laminares

$\alpha$  → não definido para seções de reservatórios e jatos livres

$$H_x = z_x + \frac{p_x}{\gamma} + \frac{\alpha_x \times v_x^2}{2g} + \text{carga térmica}$$

Nos escoamentos incompressíveis, pelo fato dos mesmos serem isotérmicos as cargas térmicas permanecem constantes

Exemplo de aplicação: considerando a seção representada abaixo, pede-se determinar a carga total na mesma para a vazão máxima.



seção x

26 3 2008

Para o referido cálculo o primeiro passo é adotar um plano horizontal de referência (PHR), no caso se o mesmo for adotado no eixo da tubulação resulta em  $z_x = 0$



Determinação da vazão  $\rightarrow Q$

$$Q = \frac{\text{volume}}{\text{tempo}} = \frac{V}{t} = \frac{\Delta h \times A_{\text{tanque}}}{t}$$

$$A_{\text{tanque}} = 0,546 \text{ m}^2$$

Determinação da carga cinética  $\rightarrow \frac{v_x^2}{2g}$

$$v_x = \frac{Q}{A_{\text{tubo}}} = \frac{\frac{\Delta h \times A_{\text{tanque}}}{t}}{A_{\text{tubo}}}$$

No caso  $A_{\text{tubo}} = 5,57 \text{ cm}^2$  e  $g = 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

Já para a determinação da carga de pressão na seção x há a necessidade de se recorrer a equação manométrica e ao teorema de Stevin.



leitura  $p_m$  na  
seção (1)

→ seção x

leitura do desnível  
do HG -  $h_m$

$$p_x - p_1 = h_m \times (\gamma_{Hg} - \gamma_{H_2O})$$

$$p_1 = p_m + \gamma_{H_2O} \times y$$

$$\text{carga de pressão} = \frac{p_x}{\gamma_{H_2O}}$$

Balanço de energia entre duas seções do escoamento incompressível e em regime permanente, que só pode ser aplicado quando se tem uma entrada e uma saída, ou seja, opera-se para uma dada posição da válvula controladora de vazão com uma única vazão.

$$H_{\text{inicial}} + H_{\text{máquina}} = H_{\text{final}} + H_{\text{p}_{\text{real}}}$$

Para as instalações de bombeamento :

$$H_i + H_B = H_f + H_{\text{p}_{\text{totais}}}$$

$$z_i + \frac{p_i}{\gamma} + \frac{\alpha_i \times v_i^2}{2g} + H_B = z_f + \frac{p_f}{\gamma} + \frac{\alpha_f \times v_f^2}{2g} + H_{\text{p}_{\text{totais}}}$$

Considerando as seções (x) e (1), tem-se que:

$$H_x = H_1 + H_{p_{x \rightarrow 1}}$$

$$z_x + \frac{p_x}{\gamma} + \frac{\alpha_x \times v_x^2}{2g} = z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{\alpha_1 \times v_1^2}{2g} + H_{p_{x \rightarrow 1}}$$



leitura  $p_m$  na  
seção (1)

seção x

leitura do  
desnível do HG -  
 $h_m$

26 3 2008

Balanço de potência deve ser usado quando existe mais do que uma entrada e/ou mais do que uma saída, veja a representação abaixo.

### BANCADAS ATUAIS COM BOMBAS NOVAS

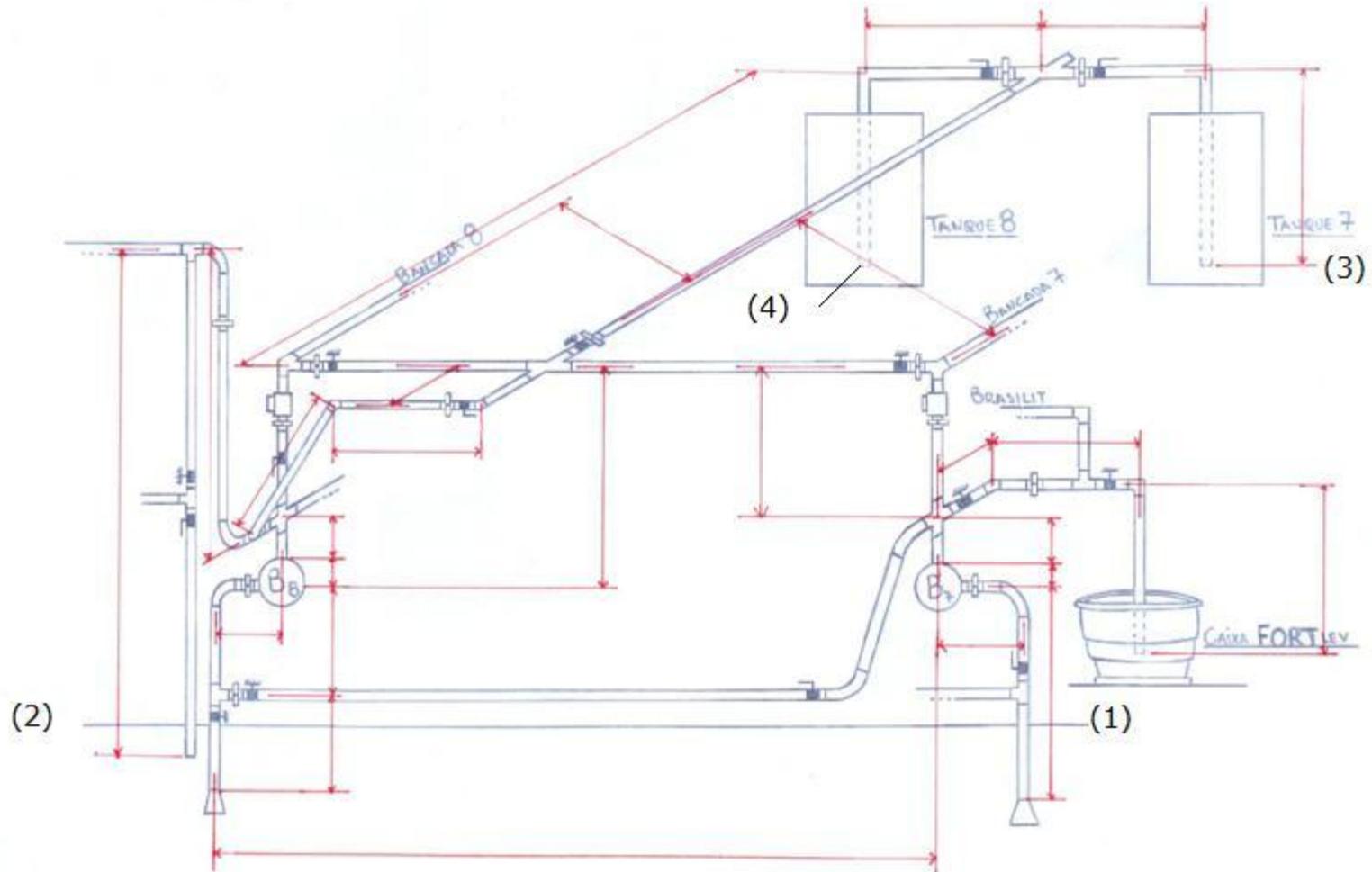
A foto ao lado mostra o caminho percorrido pela água na associação em paralelo das bombas da bancada 7 (B7) e da bancada 8 (B8).

Para viabilizar o escoamento mencionado, necessita-se:

- 1º - manter a válvula esfera 1 aberta;
- 2º - manter a válvula globo 2 fechada;
- 3º - manter a válvula gaveta 3 fechada;
- 4º - manter a válvula gaveta 4 aberta;
- 5º - manter a válvula globo 5 fechada;
- 6º - manter a válvula esfera 6 aberta;
- 7º - manter a válvula globo 7 fechada;
- 8º - manter a válvula esfera 8 fechada;
- 9º - manter as válvulas esfera 9, 10 (vide slide anterior) e 11 fechadas;
- 10º - manter a válvula esfera 12 fechada (vide slide anterior);
- 11º - controlar a vazão pela válvula globo 13 (vide slide anterior).



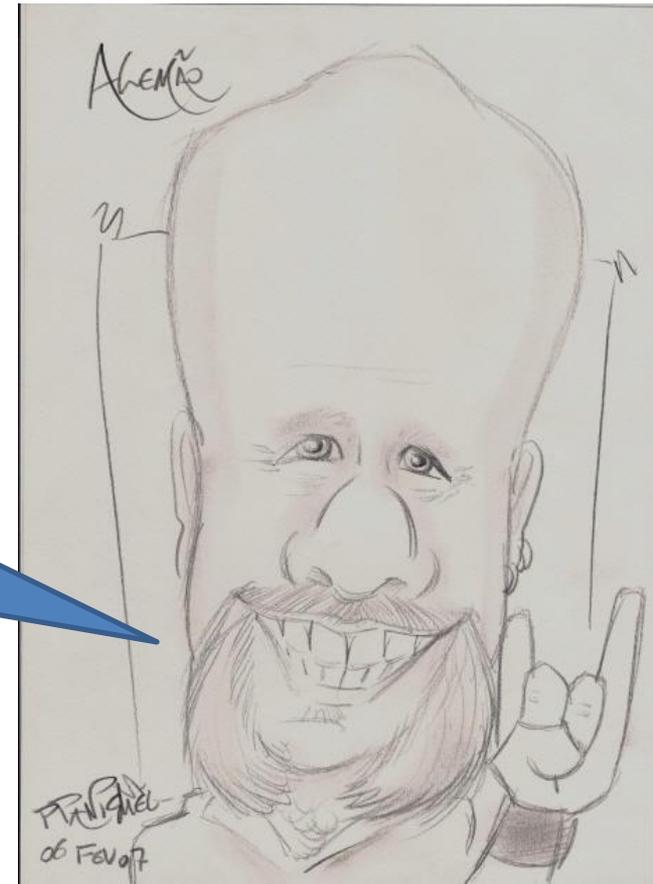
# Esquemáticamente seria:



# O balanço de potências resultaria:

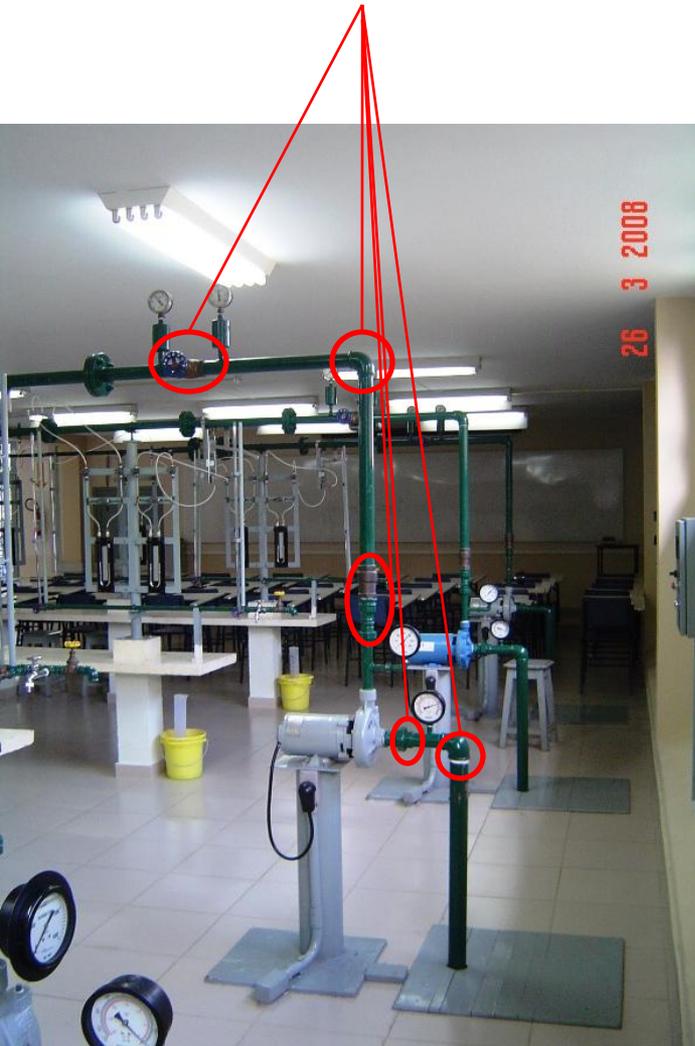
$$\begin{aligned} &\gamma \times Q_1 \times H_1 + \gamma \times Q_2 \times H_2 + \gamma \times Q_1 \times H_{B_7} + \gamma \times Q_2 \times H_{B_8} = \gamma \times Q_3 \times H_3 + \gamma \times Q_4 \times H_4 \\ &+ \gamma \times Q_1 \times \sum H_{p_{Q_1}} + \gamma \times Q_2 \times \sum H_{p_{Q_2}} + \gamma \times (Q_1 + Q_2) \times \sum H_{p_{(Q_1+Q_2)}} + \gamma \times Q_3 \times \sum H_{p_{Q_3}} + \gamma \times Q_4 \times \sum H_{p_{Q_4}} \end{aligned}$$

É fundamental  
praticar a aplicação  
da equação anterior  
para que ocorra o seu  
aprendizado!



# Determinação de perda de carga

Perdas localizadas ou singular



Existem dois tipos de perda, a perda de carga distribuída e a perda de carga localizada (ou singular).

PERDA DISTRIBUÍDA



Perda distribuída –  $h_f$  - este tipo de perda ocorre em tubulação de área da seção transversal constante e onde o seu comprimento é diferente de zero. O seu cálculo geralmente é feito pela equação universal.

$$h_f = f \times \frac{L}{D_H} \times \frac{v^2}{2g} \rightarrow \text{onde:}$$

$f$  → coeficiente de perdas de carga distribuída

$L$  → comprimento da tubulação

$D_H$  → diâmetro hidráulico

$v$  → velocidade média do escoamento

$g$  → aceleração da gravidade

Determinação do  $f$  pode ser feita pelo diagrama de Moody ou de Rouse, porém acaba sendo mais prática a sua determinação pelas equações de Haaland, ou Swamee e Jain, ou Churchill ou por uma planilha desenvolvida no Microsoft Excel, para acessá-las vá:

[http://www.escoladavida.eng.br/mecfluquimica/planejamento\\_12009/consultas.htm](http://www.escoladavida.eng.br/mecfluquimica/planejamento_12009/consultas.htm)

# Perda de carga localizada (ou singular) – $h_s$ – calculada pela equação a seguir:

$$h_s = K_s \times \frac{v^2}{2g} \rightarrow \text{onde:}$$

$K_s$  → coeficiente de perda de carga singular ou localizada

$v$  → velocidade média do escoamento

$g$  → aceleração da gravidade.

Importante: tratando-se de uma redução, ou ampliação, a velocidade considerada será sempre a referente ao menor diâmetro, ou seja, a velocidade média maior.

Utilização do comprimento equivalente ( $Leq$ ), que é um comprimento fictício que ao substituir a singularidade propicia uma perda distribuída igual a perda singular em questão.

$$Leq = \frac{K_s \times D_H}{f}$$

$$h_f = h_s = f \times \frac{Leq}{D_H} \times \frac{v^2}{2g}$$

Valores de  $Leq$  podem ser obtidos consultando o sítio:

[http://www.escoladavida.eng.br/mecfluquimica/planejamento\\_12009/consultas.htm](http://www.escoladavida.eng.br/mecfluquimica/planejamento_12009/consultas.htm)