Noções de Hidráulica

1- INTRODUÇÃO

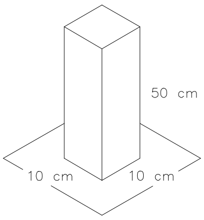
Este caderno apresenta alguns conceitos básicos, envolvendo o campo da Física e da Mecânica dos Fluídos, com o propósito de auxiliar a correta seleção de bombas hidráulicas. Para facilitar sua leitura, optou-se por não utilizar simbologia nas fórmulas apresentadas.

2- PRESSÃO

É muito comum confundir-se pressão com força. A pressão, no entanto, leva em conta não só a força como também a área em que ela atua. Pressão é a força dividida pela área.

$$\boxed{PRESSÃO = \frac{FORÇA}{ÁREA}}$$

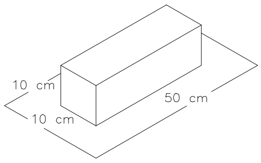
Exemplo: *Tomemos um bloco medindo 10 cm x 10 cm x 50 cm que pesa 50 kgf. Qual a pressão que ele exerce sobre o solo?*
Isto depende da área de apoio do bloco sobre o solo.
Veja as duas possibilidades abaixo.



Força = 50 kgf

Área = 10 x 10 = 100 cm²

$$Pressão = \frac{50}{100} = 0{,}5 \ kgf \ / \ cm^2$$



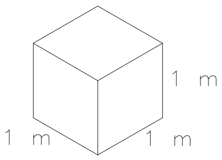
Força = 50 kgf

Área = 10 x 50 = 500 cm²

$$Pressão = \frac{50}{500} = 0{,}1 \ kgf \ / \ cm^2$$

3- PRESSÃO DA ÁGUA

Veja os exemplos abaixo. Vamos calcular a pressão exercida pela água sobre o fundo dos reservatórios. Lembre-se que o peso específico da água é de 1.000 kgf/m³.

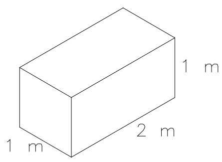


Volume = 1 x 1 x 1 = 1 m³

Força = 1 x 1000 = 1000 kgf

Área = 1 x 1 = 1 m²

$$Pressão = \frac{1000}{1} = 1000 \ kgf \ / \ m^2$$

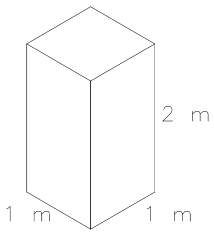


Volume = 1 x 2 x 1 = 2 m³

Força = 2 x 1000 = 2000 kgf

Área = 1 x 2 = 2 m²

$$Pressão = \frac{2000}{2} = 1000 \ kgf \ / \ m^2$$

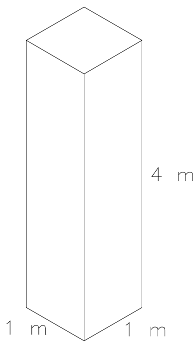


Volume = 1 x 1 x 2 = 2 m³

Força = 2 x 1000 = 2000 kgf

Área = 1 x 1 = 1 m²

$$Pressão = \frac{2000}{1} = 2000 \ kgf \ / \ m^2$$

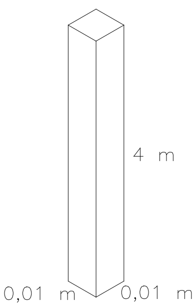


Volume = 1 x 1 x 4 = 4 m³

Força = 4 x 1000 = 4000 kgf

Área = 1 x 1 = 1 m²

$$Pressão = \frac{4000}{1} = 4000 \ kgf \ / \ m^2$$



Volume = 0,01 x 0,01 x 4 = 0,0004 m³

Força = 0,0004 x 1000 = 0,4 kgf

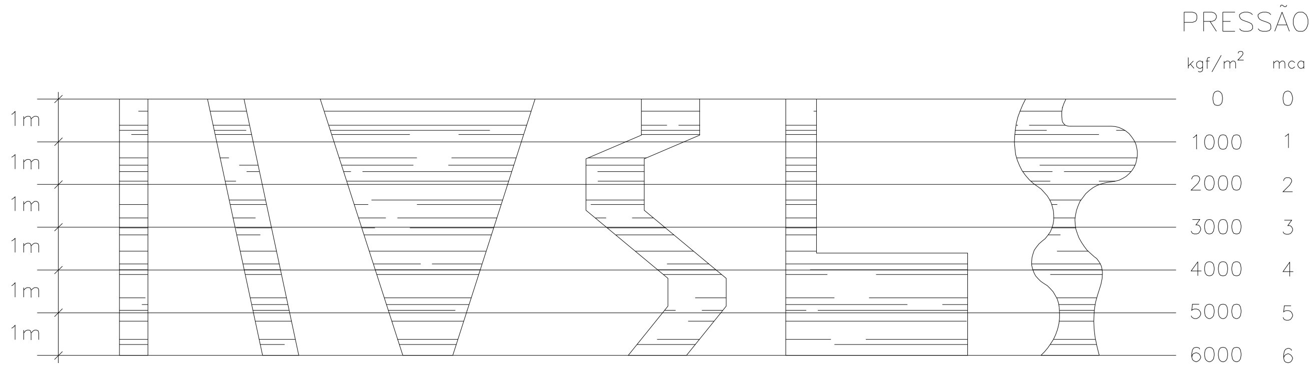
Área = 0,01 x 0,01 = 0,0001 m²

$$Pressão = \frac{0{,}4}{0{,}0001} = 4000 \ kgf \ / \ m^2$$

Comparando-se a altura dos reservatórios com a pressão, pode-se observar que a pressão não depende da área, mas somente da altura do reservatório, ou seja, a pressão é proporcional aos METROS DE COLUNA DE ÁGUA (mca). Nos exemplos anteriores temos:

ALTURA DO RESERVATÓRIO	*PRESSÃO*
1 m	*1000 kgf / m² ou 1 mca*
2 m	*2000 kgf / m² ou 2 mca*
4 m	*4000 kgf / m² ou 4 mca*

Uma vez que as pressões dependem somente de altura da coluna de líquido, pode-se concluir facilmente que as pressões em qualquer ponto no interior do líquido não dependem do formato ou do volume do reservatório. Por exemplo:



Por isso as unidades usuais de medida de pressão indicam ou FORÇA POR UNIDADE DE ÁREA ou ALTURA DE COLUNA DE LÍQUIDO:

- **kgf** / **cm²** (quilogramas por centímetro quadrado)
- **kgf** / **m²** (quilogramas por metro quadrado)
- **lb** / **sq.in.** ou **PSI** ou **lb** / **pol²** (libras por polegada quadrada)
- **mca** (metros de coluna de água).
- **feet head of water** (pés de coluna de água)
- **mm Hg** (milímetros de coluna de mercúrio)

4- PRESSÃO ATMOSFÉRICA OU BAROMÉTRICA

Vivemos em um oceano de ar. Como o ar tem peso, ele exerce uma pressão semelhante à exercida pela água. Entretanto o ar, diferentemente da água, se torna cada vez menos denso quanto mais afastado se encontra da superfície da terra. Assim a pressão por ele exercida não pode ser medida simplesmente em termos da altura da "coluna de ar" existente sobre um ponto. O valor dessa pressão, medida ao nível do mar, situa-se em torno de 1 kgf/cm². O valor de uma atmosfera física é de 1,0332 kgf / cm² ou 10,332 mca ou 760 mm Hg.

Cabe agora fazer uma distinção entre PRESSÃO ABSOLUTA e PRESSÃO EFETIVA no interior de um líquido.
A PRESSÃO ABSOLUTA é a pressão total em um ponto qualquer no interior do líquido, sendo portanto igual à pressão da altura da coluna de líquido somada à pressão atmosférica.
A PRESSÃO EFETIVA, MANOMÉTRICA OU RELATIVA é simplesmente o valor da pressão causada pela altura da coluna de líquido, sendo uma indicação de quanto a pressão no ponto é maior do que a pressão atmosférica. É também chamada manométrica, pois é a indicada pelos manômetros.

A pressão atmosférica é muito importante para o funcionamento de uma bomba centrífuga, uma vez que ela é responsável pela "aspiração" de água de um reservatório cujo nível esteja situado abaixo do nível da bomba. Vejamos como isso ocorre. Tomemos como exemplo o caso de um tubo U com um pouco de água. O nível nos dois braços será o mesmo e o ar estará exercendo a mesma pressão sobre as duas superfícies da água. Aspire um pouco de ar de um dos lados, de modo a diminuir a pressão nele. A pressão maior no outro lado forçará a água para baixo, fazendo-a subir no braço oposto até as pressões novamente se igualarem (fig. 1). O mesmo ocorre quando você chupa o ar de um canudo de refresco, pois é a pressão atmosférica sobre a superfície do refresco que o força a subir pelo canudo (fig.2).

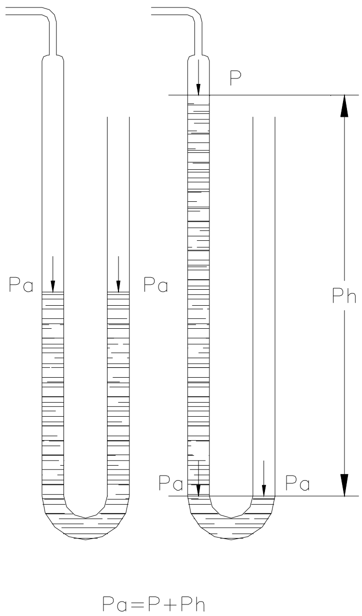


Fig. 1

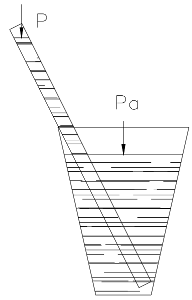


Fig. 2

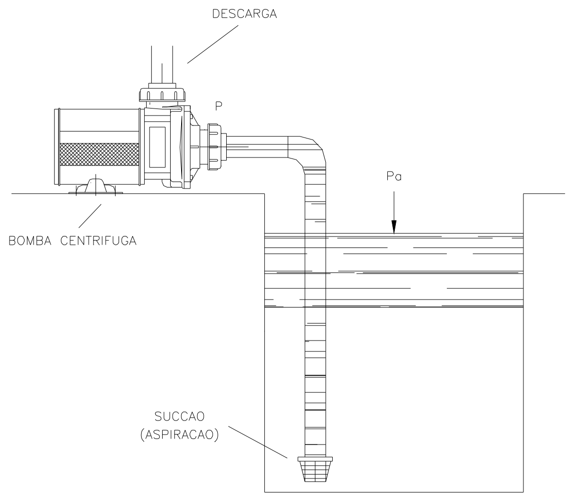
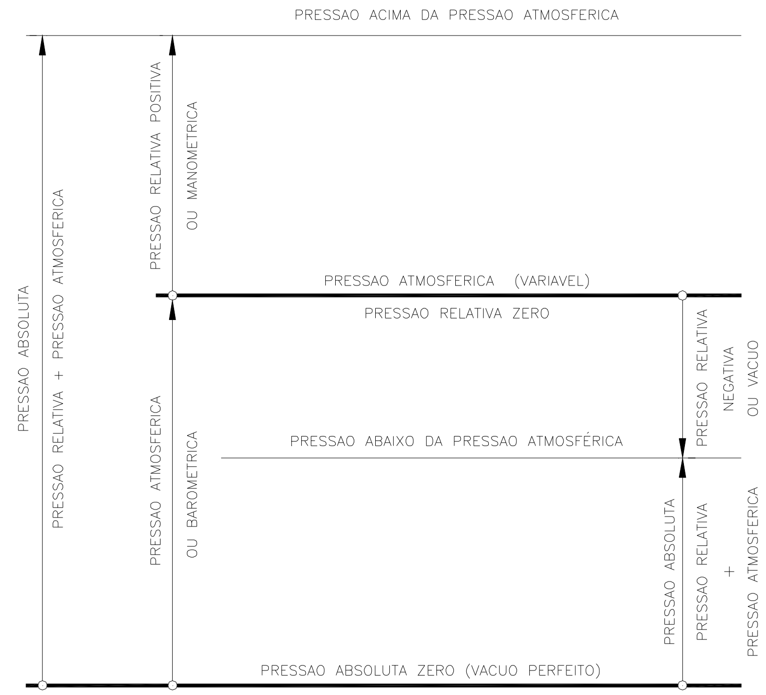


Fig. 3

Acontece exatamente a mesma coisa com a aspiração de uma bomba centrífuga, pois há diminuição de pressão na entrada do rotor e a pressão atmosférica obriga a água a subir pela tubulação de sucção (fig. 3).

Abaixo ilustramos a relação entre as pressões atmosférica (barométrica), absoluta, manométrica e de vácuo. Temos vácuo quando a pressão é inferior à atmosférica, ou seja, pressões efetivas negativas. Nos exemplos do tubo U, do canudo de refresco e da bomba centrífuga há formação de vácuo parcial onde há sucção.



5- VAZÃO

Vazão é a quantidade de líquido que passa através de uma seção por unidade de tempo. A quantidade de líquido pode ser medida em unidades de massa, de peso ou de volume, sendo estas últimas as mais utilizadas. Por isso as unidades mais usuais indicam VOLUME POR UNIDADE DE TEMPO:

- **m³ / h** (metros cúbicos por hora)
- **l / h** (litros por hora)
- **l / min** (litros por minuto)
- **l / s** (litros por segundo)
- **gpm** (galões por minuto)
- **gph** (galões por hora)

6- VELOCIDADE

O termo velocidade normalmente refere-se à velocidade média de escoamento através de uma seção. Ela pode ser determinada dividindo-se a vazão pela área da seção considerada.

$$\boxed{VELOCIDADE = \frac{VAZÃO}{ÁREA}}$$

As unidades usuais de medida indicam DISTÂNCIA POR UNIDADE DE TEMPO:

- **m** / **min** (metros por minuto)
- **m** / **s** (metros por segundo)
- **ft** / **s** (pés por segundo)

Por isso deve-se sempre calcular a velocidade utilizando-se unidades coerentes para os valores da vazão e da área.

Exemplo: *Vazão 200 l / min*
Tubulação PVC marrom de 50 mm

Transformaremos a unidade de vazão para m³ / s e calcularemos a área da seção do tubo em m² para obter a velocidade em m / s.

VAZÃO: Lembre-se de que 1 m³ = 1000 l, ou seja, $1l = \frac{1}{1000}\ m^3$ *e de que 1 min = 60 s*

$$\frac{200\ l}{1\ min} = \frac{200\ x \frac{1}{1000}\ m^3}{1\ x\ 60\ s} = \frac{200\ m^3}{1000\ x60\ s} = 0{,}00333\ m^3 / s$$

ÁREA: Diâmetro interno do tubo de 50 mm = 42 mm $\frac{\pi\ x\ 42^2}{4} = 1385 mm^2 = 0{,}001385\ m^2$

VELOCIDADE: $\frac{0{,}00333 m^3 / s}{0{,}001385} = 2{,}4 m / s$

Obviamente, para calcular a vazão através de uma seção, com uma dada velocidade de escoamento, basta multiplicar a área da seção pela velocidade, desde que medidas em unidades coerentes:

$$\boxed{VAZÃO = ÁREA\ X\ VELOCIDADE}$$

Exemplo: *Tubulação galvanizada de 6" classe pesada (diâmetro interno 155 mm)*
Velocidade: 2 m / s

ÁREA: $\frac{\pi\ x\ 155^2}{4} = 18869\ mm^2 = 0{,}018869\ m^2 = 0{,}0189\ m^2$

VAZÃO: $0{,}0189\ m^2\ x\ 2\ m / s = 0{,}0378\ m^3 / s$

lembrando que $1\ s = \frac{1}{3600}\ h$ VAZÃO: $\frac{0{,}0378\ m^3}{1\ s} = \frac{0{,}0378\ m^3}{1\ x \frac{1}{3600}\ h} = 3600x0{,}0378\ m^3\ /\ h = 136\ m^3\ /\ h$

7- TRABALHO

Necessitamos introduzir o conceito físico da palavra TRABALHO para podermos depois caracterizar o que é POTÊNCIA e o que é ENERGIA.

Em física, há realização de um trabalho sempre que há aplicação de uma força a um corpo e este se desloca na direção dessa força. O trabalho é igual ao produto da força pela distância percorrida na direção da força.

$$\boxed{TRABALHO = FORÇA\ X\ DISTÂNCIA}$$

Entre as unidades usuais de medida, interessa-nos o

kgm (quilogrâmetro)

que é unidade de medida do trabalho quando a força é medida em kgf e a distância em m

Exemplos: Vamos calcular o trabalho realizado:

a) Para elevar um tijolo que pesa 1,5 kgf do chão até um andaime a 4 m de altura.

FORÇA : 1,5 kgf *DISTÂNCIA : 4 m*

TRABALHO : 1,5 x 4 = 6 kgm

b) Para arrastar uma caixa que pesa 50 kgf, necessitando-separa isso empurrá-la com uma força de 20 kgf para um local distante 15 m.

FORÇA : 20 kgf (força na direção do deslocamento) *DISTÂNCIA : 15 m*

TRABALHO : 20 x 15 = 300 kgm

c) Para elevar um reservatório contendo 3 m³ de água a uma altura de 5 m, sendo o peso do reservatório 200 kgf.

FORÇA : peso do reservatório + peso da água
peso do reservatório : 200 kgf *peso da água: 3 m³ x 1000 kgf / m³ = 3000 kgf*
peso total: 200 + 3000 = 3200 kgf

DISTÂNCIA : 5 m

TRABALHO : 3200 x 5 = 16000 kgm

Trabalho para elevar o reservatório: 200 x 5 = 1000 kgm
Trabalho para elevar a água: 3000 x 5 = 15000 kgm.

8- POTÊNCIA

Potência é o trabalho realizado por unidade de tempo.

$$\boxed{POTÊNCIA = \frac{TRABALHO}{TEMPO}}$$

As unidades usuais de medida são:

- **cv** (cavalo-vapor) - equivalente a 75 kgm / s
- **W** (Watt) - equivalente a 0,102 kgm / s

Observe que a potência aumenta quando diminui o tempo para realização de um trabalho.

Tomemos como exemplo as situações descritas no ítem 7:

a) Sendo o tempo para elevar o tijolo 10 s:

POTÊNCIA : $\frac{6\,kgm}{10\,s} = 0{,}6\,kgm\,/\,s$ *Dividindo-se por 75: <u>0,008 cv</u>*

Sendo o tempo para elevar o tijolo 0,5 s :

POTÊNCIA : $\frac{6\,kgm}{0{,}5\,s} = 12\,kgm\,/\,s$ *Dividindo-se por 75: <u>0,16 cv</u>*

b) Sendo o tempo para arrastar a caixa 120 s:

POTÊNCIA : $\frac{300\,kgm}{120\,s} = 2{,}5\,kgm/s$ *Dividindo-se por 75: <u>0,033 cv</u>*

Sendo o tempo para arrastar a caixa 2 s:

POTÊNCIA : $\frac{300\,kgm}{2\,s} = 150\,kgm/s$ *Dividindo-se por 75: <u>2 cv</u>*

c) Sendo o tempo para elevar o reservatório 6 horas, ou seja, 21600 s:

POTÊNCIA : $\frac{15000\,kgm}{21600\,s} = 0{,}694\,kgm\,/\,s$ *Dividindo-se por 75: <u>0,0093 cv</u>*

Sendo o tempo para elevar o reservatório 10 s:

POTÊNCIA : $\frac{15000\,kgm}{10\,s} = 1500\,kgm/s$ *Dividindo-se por 75: <u>20 cv</u>*

Da simples comparação dos valores obtidos conclui-se que com qualquer potência podemos realizar um dado trabalho, mas, quanto maior for a potência empregada, menor será o tempo gasto para a realização do trabalho.

9- ENERGIA

É extremamente difícil definir o que é energia. O conceito que nos parece mais válido para efeito destas Noções de Hidráulica é: ENERGIA É A CAPACIDADE DE REALIZAR TRABALHO, pois há necessidade de energia para realizar qualquer trabalho,.

A energia é encontrada sob várias formas. Vejamos alguns exemplos:

energia química - nas baterias e combustíveis
energia atômica - nos elementos químico-radioativos
energia hidráulica - nos reservatórios de água elevados (represas)
energia eólica - nos ventos
energia elétrica - nas redes de energia elétrica
energia solar - proveniente do sol
energia térmica - no vapor das caldeiras.

Podemos transformar uma forma de energia em outra, por exemplo:

- a energia química de uma bateria transforma-se em energia elétrica, que ao acionar o motor de arranque de um veículo transforma-se em energia mecânica.

- a energia atômica transforma-se em energia térmica ao gerar vapor de um reator atômico. Essa energia térmica transforma-se em energia mecânica ao acionar uma turbina. Essa energia mecânica transforma-se em elétrica quando a turbina aciona um gerador. A energia elétrica transforma-se em energia mecânica ao acionar o motor elétrico. Essa energia mecânica transforma-se em energia hidráulica ao acionar uma bomba etc.

ENERGIA POTENCIAL E ENERGIA CINÉTICA: esta é outra distinção interessante entre as formas de apresentação da energia.
A energia potencial é a que existe em estado latente, em condição de ser liberada como a contida nos reservatórios de água elevados e na mola comprimida de um relógio.
A energia cinética é a energia que um corpo possui em virtude de seu movimento, como a contida numa enxurrada ou num martelo ao atingir um prego.

Apesar de podermos transformar uma forma de energia em outra, nunca podemos criar ou destruir energia. Esta é a lei da CONSERVAÇÃO DE ENERGIA. A quantidade de energia contida no universo é constante e eterna.

As unidades de medida são as mesmas de medida do trabalho, ou seja, kgm. São também usuais as unidades que medem o trabalho realizado (ou energia consumida) a partir da potência empregada multiplicada pelo tempo de sua aplicação.
Ou seja, do item 7 temos:

ENERGIA = TRABALHO = POTÊNCIA X TEMPO

resultando na unidade de medida:

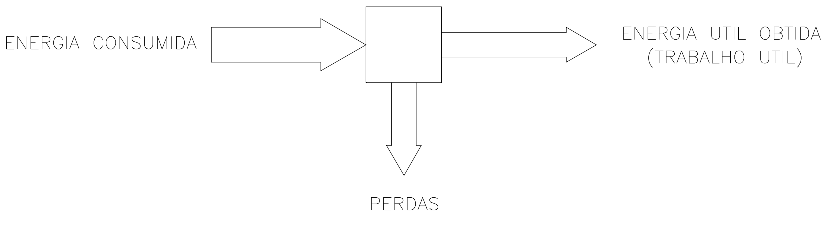
Wh (Watt-hora) - equivalente a 367 kgm

Exemplo: Qual o consumo de energia de uma lâmpada de 100 W de potência acesa durante 2 horas?

ENERGIA CONSUMIDA : 100 W x 2 h = 200 Wh = 0,2 kWh

10- RENDIMENTO

Indica a eficiência da conversão de energia. É a relação entre a energia útil obtida (trabalho útil) e a energia total consumida.



$$\boxed{RENDIMENTO\ \ OU\ \ EFICIÊNCIA = \frac{ENERGIA\ (TRABALHO)\ ÚTIL}{ENERGIA\ CONSUMIDA}}$$

Se consideramos a energia ou o trabalho por unidade de tempo, temos:

$$\boxed{RENDIMENTO\ \ OU\ \ EFICIÊNCIA = \frac{POTÊNCIA\ ÚTIL}{POTÊNCIA\ CONSUMIDA}}$$

Retomemos o exemplo do item 7-b:

Sendo a energia consumida para arrastar a caixa de 1 Wh, qual o rendimento obtido?

TRABALHO REALIZADO: 300 kgm *ENERGIA : lembre-se de que 1 Wh = 367 kgm*

$$RENDIMENTO = \frac{300\,kgm}{367\,kgm} = 0{,}817 = 81{,}7\%$$

Com esse rendimento, as potências consumidas no item 8-b seriam:

$$POTÊNCIA\quad CONSUMIDA = \frac{POTÊNCIA\quad ÚTIL}{RENDIMENTO}$$

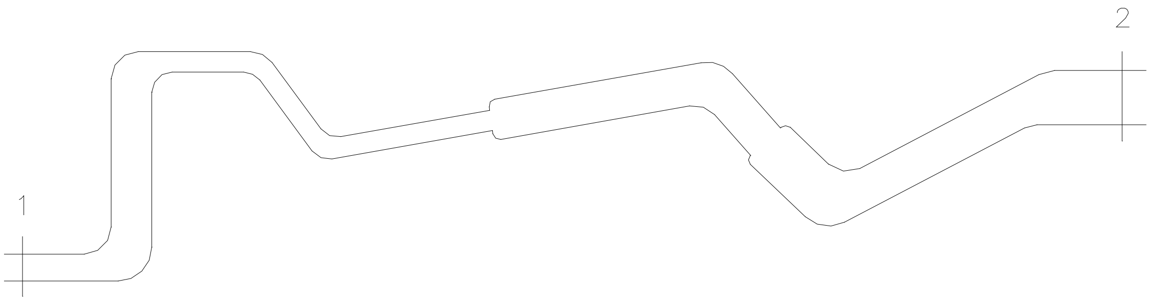
Para arrastar a caixa em 120 s: $POTÊNCIA\ CONSUMIDA = \dfrac{0{,}033\,cv}{0{,}817} = 0{,}040\,cv$

Para arrastar a caixa em 2 s: $POTÊNCIA\quad CONSUMIDA = \dfrac{2\,cv}{0{,}817} = 2{,}45\,cv$

A diferença entre a energia consumida e a energia útil é perdida por atrito, choques, calor etc... São as chamadas PERDAS.

11- CONSERVAÇÃO DA ENERGIA NO CASO DE ESCOAMENTO DE ÁGUA EM UMA TUBULAÇÃO.

Consideremos uma tubulação qualquer onde esteja ocorrendo escoamento de água de 1 para 2:



A energia total da água em qualquer seção da tubulação é composta por:

- energia potencial da posição (altura geométrica)
- energia potencial da pressão interna
- energia cinética da velocidade de escoamento

Se não houvesse perdas, aplicando-se a lei da conservação da energia concluir-se-ia que o valor da energia total é o mesmo em todas as seções da tubulação.

Mas existem perdas, causadas basicamente pelo atrito da água contra a tubulação e pelos choques que ocorrem por causa da turbulência e das mudanças bruscas de direção do escoamento. A energia assim dissipada é chamada de PERDA DE CARGA.

Assim, observando-se a figura anterior, o que se pode afirmar é que:

A ENERGIA TOTAL NA SEÇÃO 2 É IGUAL À ENERGIA TOTAL NA SEÇÃO 1 DIMINUÍDA DA PERDA DE CARGA ENTRE 1 E 2.

12- EQUAÇÃO DE BERNOULLI - ALTURA MANOMÉTRICA TOTAL

Bernoulli demonstrou que a energia total específica (por unidade de peso) em qualquer seção pode ser expressa em termos de alturas de coluna de água, ou seja:

- a energia potencial da posição como

ALTURA GEOMÉTRICA = COTA EM RELAÇÃO A UM PLANO DE REFERÊNCIA

- a energia potencial da pressão interna como

ALTURA PIEZOMÉTRICA = PRESSÃO EXPRESSA EM METROS DE COLUNA DE ÁGUA

- a energia cinética da velocidade de escoamento como

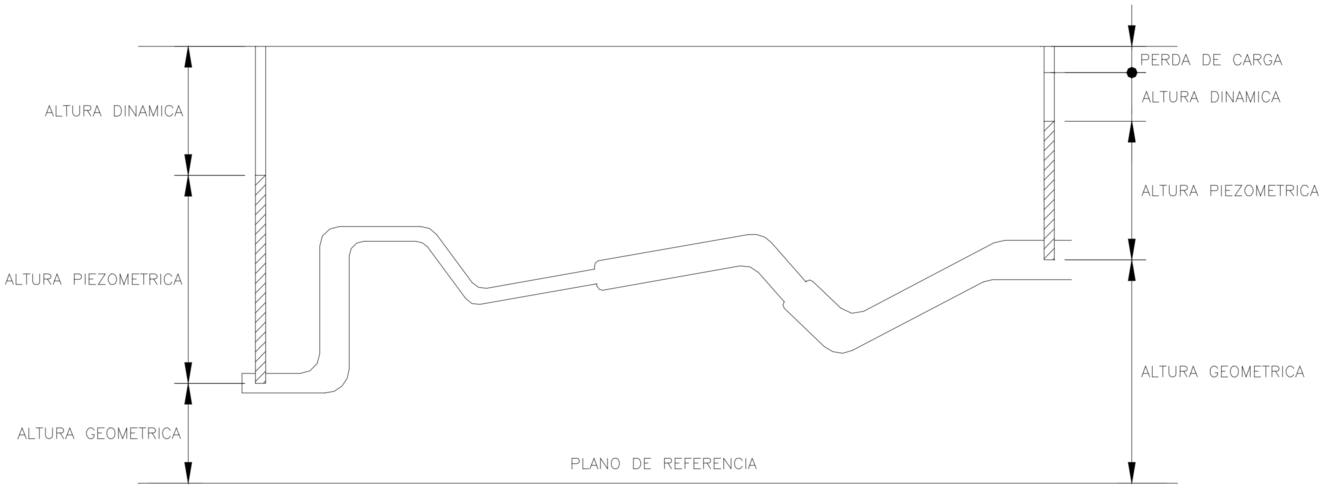
$$\text{ALTURA DINÂMICA} = \frac{\text{VELOCIDADE } x \text{ VELOCIDADE}}{2\,x \text{ ACELERAÇÃO DA GRAVIDADE}}$$

Podendo-se adotar para valor de aceleração da gravidade: 9,81 m / s²

A energia total específica, que é a soma das três parcelas, é chamada de ALTURA MANOMÉTRICA TOTAL.

ALTURA MANOMÉTRICA = ALTURA GEOMÉTRICA + ALTURA PIEZOMÉTRICA + ALTURA DINÂMICA

Veja como podemos representar essas energias e a perda de carga na tubulação do ítem 11.



Para fixar o conceito de altura manométrica total (ou energia total específica) observe atentamente os seguintes exemplos:

a) *Tubulação com vazão de 360 m³ / h, sendo a pressão no ponto considerado de 5 kgf / cm² e a seção de 0,20 m². Qual a altura manométrica total nesse ponto?*

Escolhendo como referência um plano que passa pelo centro da tubulação temos:

ALTURA GEOMÉTRICA = 0

ALTURA PIEZOMÉTRICA 5 kgf / cm² = 50000 kgf / m² = 50 mca

ALTURA DINÂMICA

$$Vazão = 360\ m^3\ /\ h = \frac{360\, m^3}{3600\, s} = 0{,}1\ m^3\ /\ s$$

$$Velocidade = \frac{0{,}1\, m^3\ /\ s}{0{,}20\, m^2} = 0{,}5\ m\ /\ s$$

$$Altura\ dinâmica = \frac{0{,}5\ m\ /\ s\ x\ 0{,}5\ m\ /\ s}{2\ x\ 9{,}81\ m\ /\ s^2} = 0{,}013\ mca$$

ALTURA MANOMÉTRICA TOTAL *0 + 50 + 0,013 = 50,013 mca*

b) Se essa tubulação for horizontal, qual será a pressão a 300 m de distância, sendo a perda de carga de 2 mca?

A altura manométrica total em 2 será igual à altura manométrica total em 1 diminuída da perda de carga.

ALTURA MANOMÉTRICA TOTAL EM 2 = 50,013 - 2 = 48,013 mca

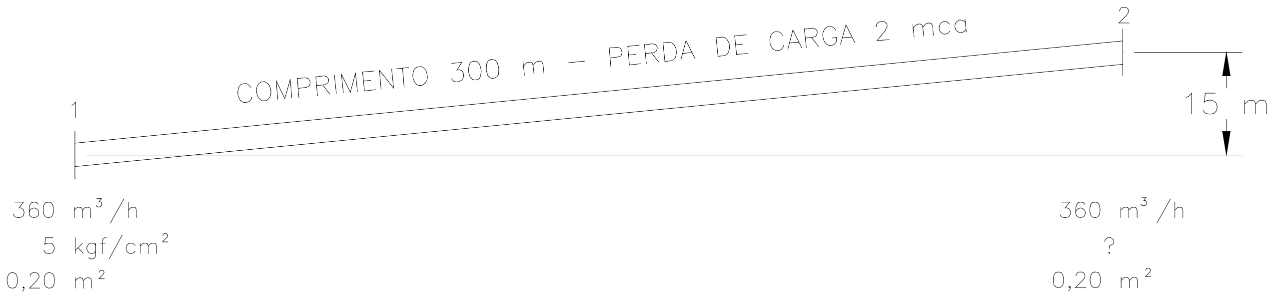
ALTURA GEOMÉTRICA EM 2 = 0

ALTURA DINÂMICA EM 2 = 0,013 mca (mesma velocidade que em 1)

ALTURA PIEZOMÉTRICA EM 2 = 48,013 - 0 - 0,013 = 48 mca

Portanto a pressão em 2 será de 48 mca = 4,8 kgf / cm².

c) Se a mesma tubulação for inclinada, elevando-se a uma altura de 15 m, qual será a pressão em 2?



Sempre a altura manométrica total em 2 será igual à altura manométrica total em 1 diminuida da perda de carga. Portanto:

ALTURA MANOMÉTRICA TOTAL EM 2 = 48,013 mca

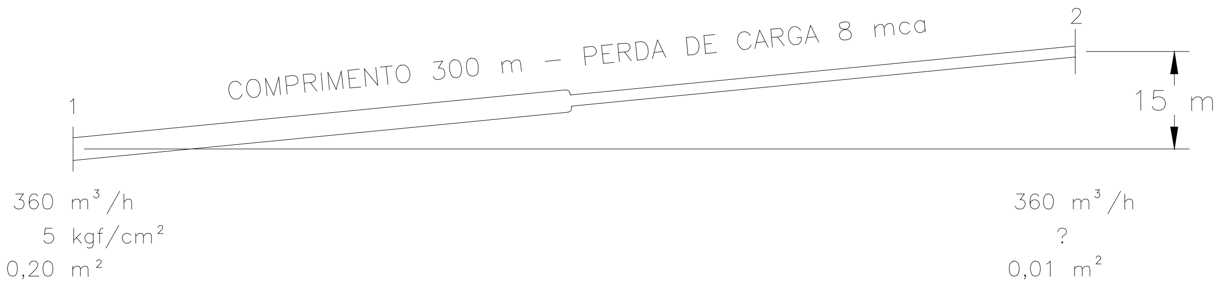
ALTURA GEOMÉTRICA EM 2 = 15 mca

ALTURA DINÂMICA EM 2 = 0,013 mca (mesma velocidade que em 1)

ALTURA PIEZOMÉTRICA EM 2 = 48,013 - 15 - 0,013 = 33 mca

Portanto a pressão em 2 será de 33 mca = 3,3 kgf / cm².

d) Se o diâmetro da tubulação, nesta última condição, for de 0,01 m² na seção 2 e, devido a isso, a perda de carga for de 8 mca, qual será a pressão em 2?



ALTURA MANOMÉTRICA TOTAL EM 2 = 50,013 - 8 = 42,013 mca

ALTURA GEOMÉTRICA EM 2 = 15 mca

ALTURA DINÂMICA EM 2 $\quad Vazão = 360\ m^3\ /\ h = \dfrac{360\, m^3}{3600\, s} = 0,1\ m^3\ /\ s$

$$Velocidade = \frac{0,1 m^3\ /\ s}{0,01 m^2} = 10\ m\ /\ s$$

$$Altura\ dinâmica = \frac{10\ m\ /\ s\ x\ 10\ m\ /\ s}{2\ x\ 9,81\ m\ /\ s^2} = 5,097\ mca$$

ALTURA PIEZOMÉTRICA EM 2 = 42,013 - 15 - 5,097 = 21,916 mca

Portanto a pressão em 2 será de 21,916 mca = 2,19 kgf / cm²

Observe o exemplo "c" e note que parte da ALTURA PIEZOMÉTRICA em 1, transformou-se em ALTURA GEOMÉTRICA em 2. No exemplo "d" a ALTURA PIEZOMÉTRICA em 1 transformou-se parcialmente em ALTURA GEOMÉTRICA e ALTURA DINÂMICA em 2. São simplesmente conversões de forma de energia.

13- BOMBA HIDRÁULICA

A água sempre fluirá naturalmente de uma condição de energia maior para outra de energia menor. Por exemplo: de um reservatório elevado (altura geométrica maior) ou do tanque de um sistema hidropneumático de pressão (altura piezométrica maior).

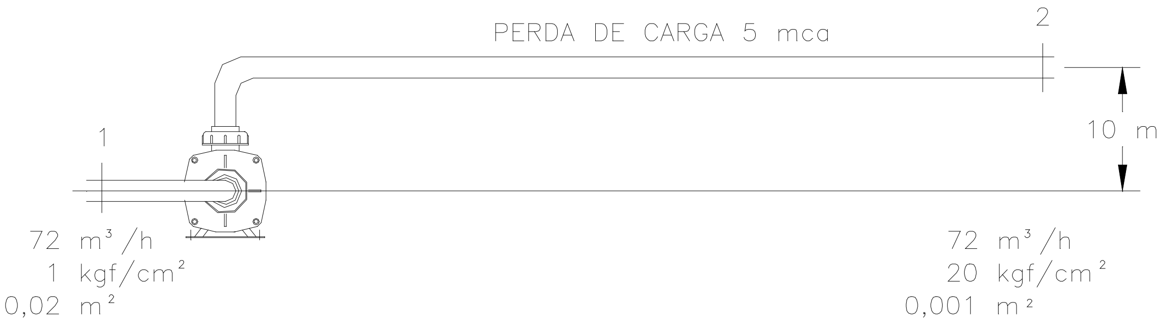
Como é possível fazer a água fluir para uma condição de energia maior, como por exemplo de um poço para uma caixa d'água elevada? Obviamente fornecendo energia à água. É isso que uma bomba hidráulica faz: converte a energia mecânica que recebe do motor de acionamento em energia hidráulica.

Quanta energia deve a bomba fornecer?

Deve fornecer uma quantidade de energia total específica (por unidade de peso), ou seja, uma ALTURA MANOMÉTRICA TOTAL, igual à variação de ALTURA MANOMÉTRICA TOTAL da água (entre as condições inicial e final) somada às PERDAS DE CARGA na tubulação.

Exemplo: Propositadamente daremos um exemplo utilizando a situação mais complexa possível.

Consideremos, hipoteticamente, que possam ser mantidas constantes as condições de vazão e pressão antes da bomba.



ALTURA MANOMÉTRICA TOTAL EM 1

ALTURA GEOMÉTRICA EM 1 = 0

ALTURA PIEZOMÉTRICA EM 1 $\quad$ 1 kgf / cm² = 10000 kgf / m² = 10 mca

ALTURA DINÂMICA EM 1

$$Vazão = 72\ m^3\ /\ h = \frac{72\ m^3}{3600\ s} = 0{,}02\ m^3\ /\ s$$

$$Velocidade = \frac{0{,}02\ m^3\ /\ s}{0{,}02\ m^2} = 1\ m\ /\ s$$

$$Altura\ dinâmica = \frac{1\ m\ /\ s\ x\ 1\ m\ /\ s}{2\ x\ 9{,}81\ m\ /\ s^2} = 0{,}051\ mca$$

ALTURA MANOMÉTRICA TOTAL EM 1 = 0 + 10 + 0,051 = 10,051 mca

ALTURA MANOMÉTRICA TOTAL EM 2

ALTURA GEOMÉTRICA EM 2 = 10 mca

ALTURA PIEZOMÉTRICA EM 2 20 kgf / cm² = 200000 kgf / m² = 200 mca

ALTURA DINÂMICA EM 2

$$Vazão = 72\ m^3\ /\ h = \frac{72\ m^3}{3600\ s} = 0{,}02\ m^3\ /\ s$$

$$Velocidade = \frac{0{,}02\ m^3\ /\ s}{0{,}001\ m^2} = 20\ m\ /\ s$$

$$Altura\ dinâmica = \frac{20\ m\ /\ s\ x\ 20\ m\ /\ s}{2\ x\ 9{,}81\ m\ /\ s^2} = 20{,}387\ mca$$

ALTURA MANOMÉTRICA TOTAL EM 2 = 10 + 200 + 20,387= 230,387 mca

ALTURA MANOMÉTRICA DA BOMBA

Alt. Man. Bomba = Alt. man. 2 - Alt man. 1 + Perdas de carga

Alt. Man. Bomba = 230,387 - 10,051 +5 = 225,336 mca

14- POTÊNCIA HIDRÁULICA ÚTIL

A energia total fornecida à água pode ser calculada multiplicando-se a energia total específica (ALTURA MANOMÉTRICA TOTAL) pelo peso da água bombeada (VOLUME X PESO ESPECÍFICO). Se dividirmos pelo tempo gasto, teremos a potência utilizada, que chamamos de POTÊNCIA HIDRÁULICA ÚTIL.

$$\boxed{\begin{matrix}POTÊNCIA\\ HIDRÁULICA\ ÚTIL\end{matrix} = \begin{matrix}ALTURA\\ MANOMÉTRICA\ TOTAL\end{matrix}\ x\ VAZÃO\ x\ \begin{matrix}PESO\\ ESPECÍFICO\end{matrix}}$$

Lembramos que $VAZÃO = \frac{VOLUME}{TEMPO}$, temos:

$$\begin{matrix}POTÊNCIA\\ HIDRÁULICA\ ÚTIL\end{matrix} = \frac{\begin{matrix}ALTURA\\ MANOMÉTRICA\ TOTAL\end{matrix}\ x\ VOLUME\ x\ \begin{matrix}PESO\\ ESPECÍFICO\end{matrix}}{TEMPO}$$

A título de curiosidade, note que uma ALTURA multiplicada por um PESO é uma realização de TRABALHO, que dividido pelo TEMPO resulta na POTÊNCIA empregada.

Para a ÁGUA, introduzindo-se na fórmula o peso específico de 1000 kgf / m³, a vazão em m³ / h e a altura manométrica em mca, resulta para a potência hidráulica útil em cv.

$$\boxed{\begin{matrix}POTÊNCIA\\ HIDRÁULICA\\ ÚTIL\ (cv)\end{matrix} = \frac{\begin{matrix}ALTURA\ MANOMÉTRICA\\ TOTAL\ (mca)\end{matrix}\ x\ \begin{matrix}VAZÃO\\ (m^3/\ h)\end{matrix}}{270}}$$

PARA A ÁGUA

Exemplo: Calcular a potência hidráulica útil fornecida pela bomba do exemplo do ítem 13.

ALTURA MANOMÉTRICA TOTAL = 225,336 mca

VAZÃO = 72 m³/h

$$POTÊNCIA\ HIDRÁULICA\ ÚTIL = \frac{225{,}336 \times 72}{270} = 60{,}1\ cv$$

15- POTÊNCIA DA BOMBA

A potência consumida pela bomba depende do seu rendimento ou eficiência.

$$\boxed{\text{POTÊNCIA DA BOMBA} = \frac{\text{POTÊNCIA HIDRÁULICA ÚTIL}}{\text{RENDIMENTO}}}$$

Exemplo: Qual a potência que deve fornecer um motor elétrico para acionar a bomba dos exemplos anteriores, supondo que seu rendimento é de 70%?

$$POTÊNCIA\ DA\ BOMBA = \frac{60{,}1}{0{,}70} = 85{,}9\ cv$$

Podemos, para a água, estabelecer:

$$\boxed{\begin{array}{c}\text{POTÊNCIA}\\ \text{HIDRÁULICA}\\ \text{ÚTIL (cv)}\end{array} = \frac{\begin{array}{c}\text{ALTURA MANOMÉTRICA}\\ \text{TOTAL (mca)}\end{array} \times \begin{array}{c}\text{VAZÃO}\\ (m^3/h)\end{array}}{270 \times \text{RENDIMENTO}}}$$

PARA A ÁGUA

O rendimento das bombas centrífugas normalmente varia de 0,45 a 0,75. Bombas de grandes dimensões podem atingir rendimento de 0,85.

16- DETERMINAÇÃO DA PERDA DE CARGA

A perda de carga (perda de energia) da água fluindo por um circuito hidráulico depende:

- do diâmetro da tubulação
- da vazão, ou mais especificamente, da velocidade de escoamento
- da rugosidade interna do tubo e, portanto do material de fabricação do tubo (aço, PVC etc)
- do comprimento da tubulação
- das singularidades existentes no circuito

São chamadas de singularidades as peças, dispositivos ou conexões (curvas, válvulas, registros, válvulas de retenção, luvas de redução etc.) nos quais ocorrem perdas de carga localizadas.

A perda de carga em função da vazão, para os vários diâmetros e tipos de tubos, é normalmente apresentada em tabelas ou ábacos, usualmente para cada m ou 100 m de tubulação.

A perda de carga das singularidades está geralmente indicada em termos do comprimento de tubo que produz a mesma perda de carga. É o chamado COMPRIMENTO EQUIVALENTE.

O catálogo de Bombas Jacuzzi apresenta tabelas para determinação da perda de carga em tubulações de PVC e galvanizadas ou de ferro fundido.

17- COMO SELECIONAR UMA BOMBA

Determine a vazão e a altura manométrica total requerida.

Procure a bomba de menor potência que satisfaça esses valores, ou seja, a bomba mais eficiente, de melhor rendimento.

Para determinar a potência aproximada da bomba, calcule-a utilizando um rendimento de 0,50, pois só coincidentemente você encontrará uma bomba comercial exatamente adequada às suas necessidades.

Exemplos:

a) Bomba para 3 m³/h com altura manométrica total 30 mca.

$$POTÊNCIA\ APROXIMADA = \frac{3 \times 30}{270 x 0{,}5} = 0{,}67\ cv$$

Pela página 2 do Catálogo de Bombas, vemos que as bombas mais adequadas são as das séries C e H4.

Bomba C: pelo Gráfico de Seleção escolhemos a bomba 7C com kit KCH, de 3/4 cv. Pela Tabela de Seleção podemos estimar que para 30 mca de altura manométrica total teremos uma vazão de cerca de 3,2 m³/h.
Bomba H4: pelo gráfico de seleção poderíamos escolher bomba 7H4B12 de 3/4 cv. Note porém que as bombas H4 são adequadas para altas pressões e tem construção mais complexa e cara que as bombas C.

Se fossemos optar por bombas de série D ou MA, necessitamos, para 30 mca, de bombas de 1 cv (pelo catálogo, na série D: 1NDS1 ou 1DR100 ou na série MA : 1MA2).

b) Bomba para 8 m³/h com altura manométrica total 80 mca.

$$POTÊNCIA\ APROXIMADA = \frac{8\,x\,80}{270x0,5} = 4{,}74\ cv$$

Pela página 2 do Catálogo de Bombas, escolhemos uma bomba das séries MA-MB-MC. Pela Tabela de Seleção e pelo Gráfico de Seleção deve-se utilizar uma bomba multi-estágio 5MB4, de 5 cv, que para uma altura manométrica total de 80 mca fornece uma vazão de 8,8 m³/h.
Note que para atingir essa altura com uma bomba centrífuga série D, necessitaríamos de uma bomba 15DL1.1/2, de 15 cv.

c) Bomba para 20 m³/h com altura manométrica total 50 mca.

$$POTÊNCIA\ APROXIMADA = \frac{20\,x\,50}{270x0,5} = 7{,}40\ cv$$

Pela página 2 do Catálogo de Bombas notamos que a bomba deve ser da série D. Pela Tabela de Seleção e pelo Gráfico de Seleção escolhemos a bomba 75DL1.1/4, de 7,5 cv, que para a altura de 50 mca fornece uma vazão de 20,8 m³/h
Se utilizássemos uma bomba multiestágio, necessitaríamos de uma bomba 10MC4, de 10. Se a bomba fosse da série G seria também de 10 cv, bomba 10GB2.

d) Bomba para 90 m³/h com altura manométrica total de 30 mca.

$$POTÊNCIA\ APROXIMADA = \frac{90\,x\,30}{270x0,5} = 20\ cv$$

Pela página 2 do Catálogo de Bombas selecionamos bombas das séries E ou G.
Pelas Tabelas de Seleção e pelos Gráficos de Seleção podem ser escolhidas as bombas 15EB4 ou 15GB4, de 15 cv. Note que a bomba EB4 trabalha em menor rotação, sendo mais silenciosa, porém com maior custo.

e) Bomba para 350 m³/h com altura manométrica de 95 mca.

$$POTÊNCIA\ APROXIMADA = \frac{350\,x\,95}{270x0,5} = 205\ cv$$

Pela página 2 pode-se notar que não existe bomba para essa aplicação, pois fabricamos bombas de até 100 cv. A potência hidráulica útil já supera 100 cv, ou seja:

$$POTÊNCIA\ HIDRÁULICA\ ÚTIL = \frac{350\,x\,95}{270} = 123\ cv$$

18- OBSERVAÇÕES FINAIS

Várias informações complementares estão contidas em nosso Catálogo de Bombas, como:.
- aplicações de bombas em termoplástico das séries JQ, LQ e TQ.
- seleção de bombas auto-escorvantes das séries JL, JM.
- terminologia.
- informações para fornecimento de bombas especiais.
- influência do peso específico do líquido bombeado.
- efeitos das variações do diâmetro do rotor e da velocidade de rotação da bomba.
- cavitação e NPSH requerido.
- perda de carga nas tubulações e velocidades máximas de escoamento recomendadas.
- dimensionamento de condutores elétricos.
- conversão de unidades.

