



HIDRÁULICA, IRRIGAÇÃO E DRENAGEM

HIDRÁULICA
SISTEMAS DE BOMBEAMENTO
Abril/2023

Prof. Tamara Gomes

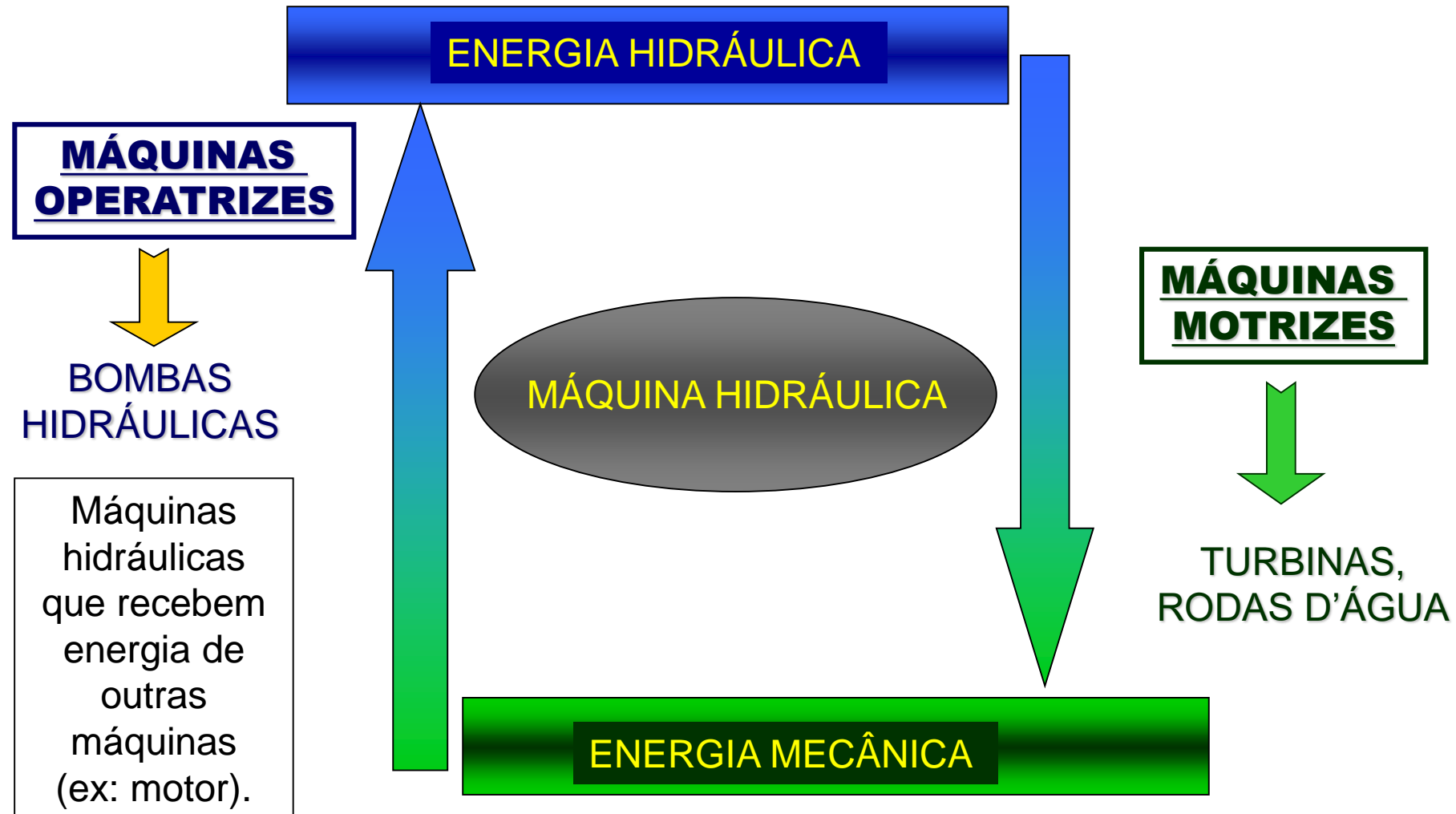
MÁQUINAS HIDRÁULICAS

As máquinas hidráulicas promovem as trocas entre as energias mecânica e hidráulica e se dividem em duas grandes categorias, de acordo com o sentido da troca de energia, em *turbinas* e *bombas*.

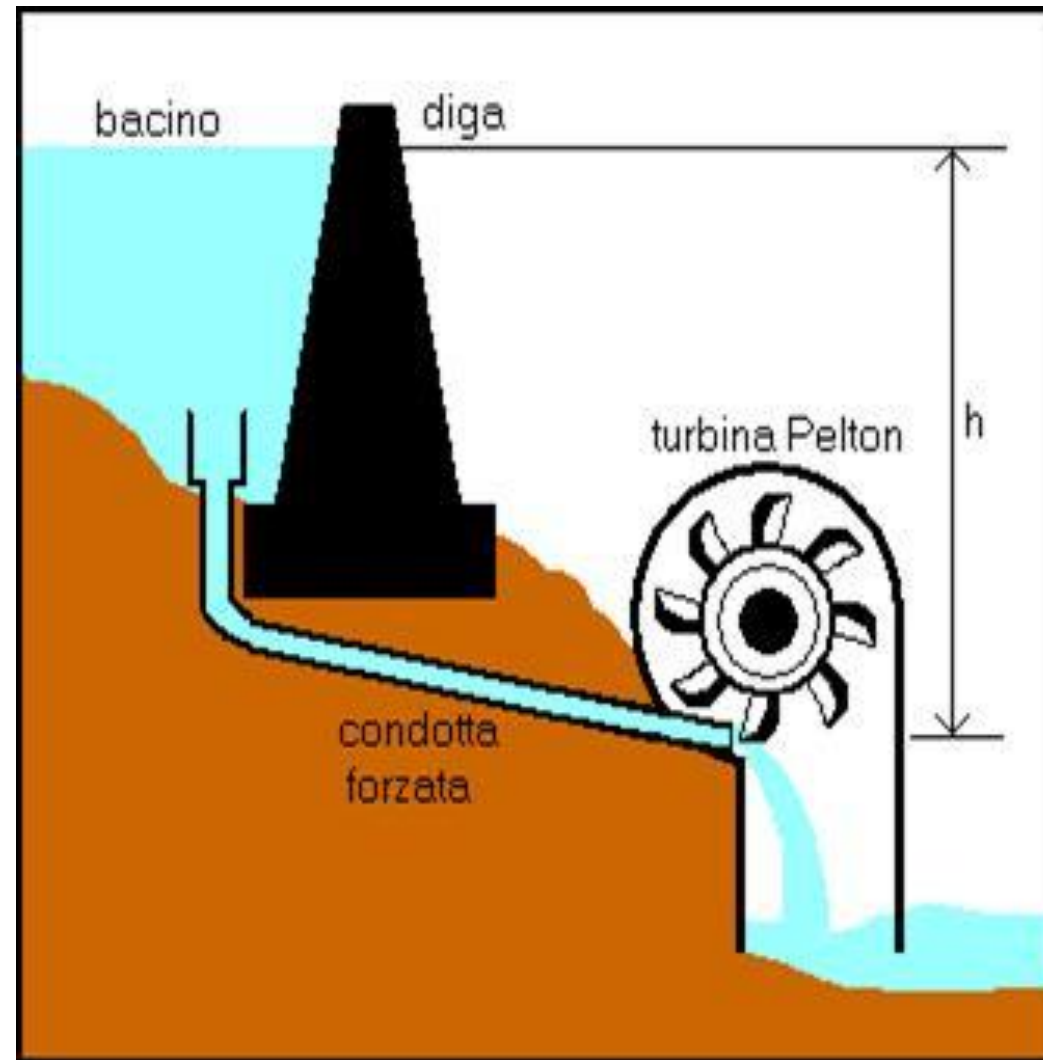
MÁQUINAS HIDRÁULICAS

Máquina através da qual escoa água.

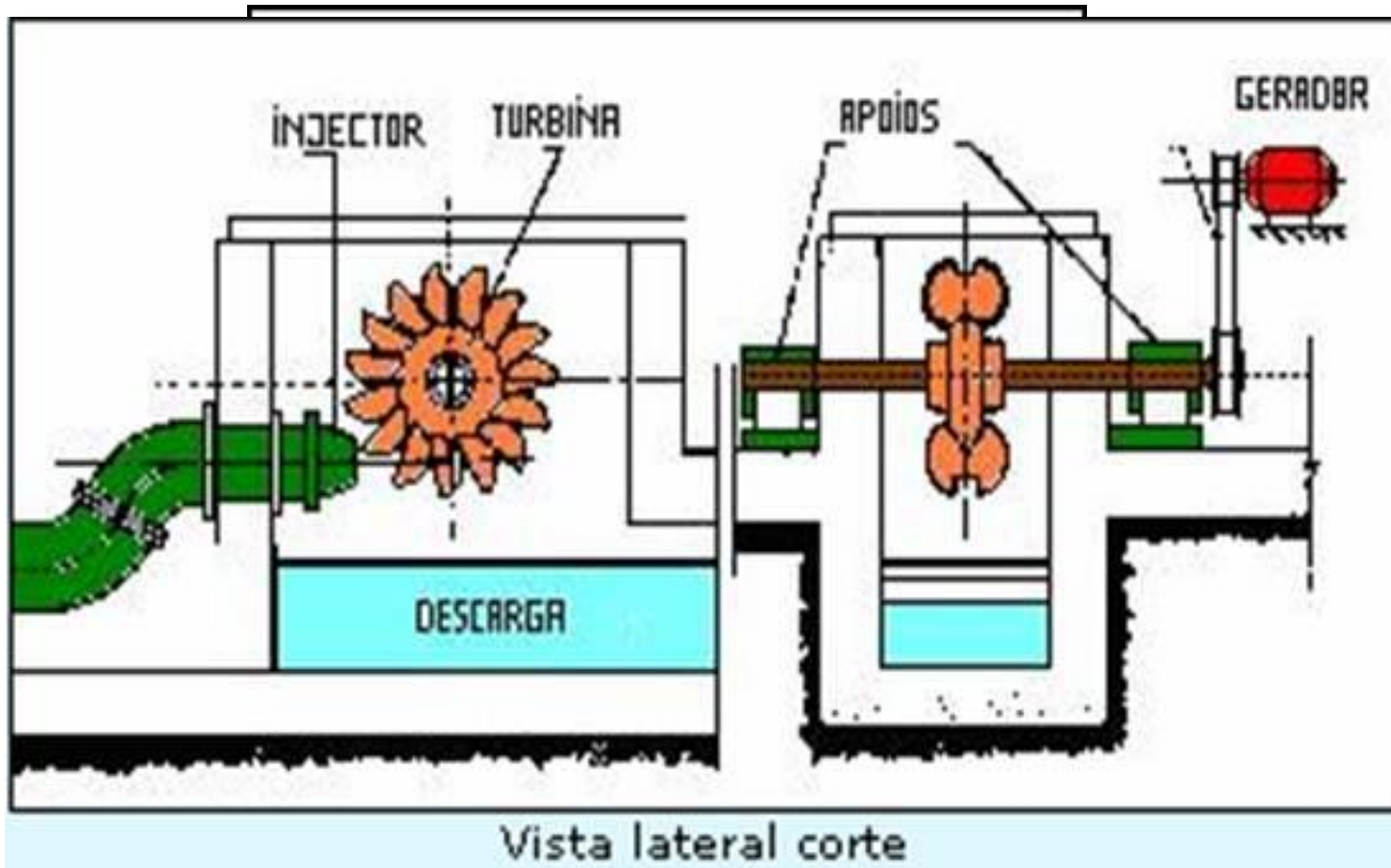
CLASSIFICAÇÃO: conforme o **sentido** de transformação de **energia**.



Máquinas Motrizes

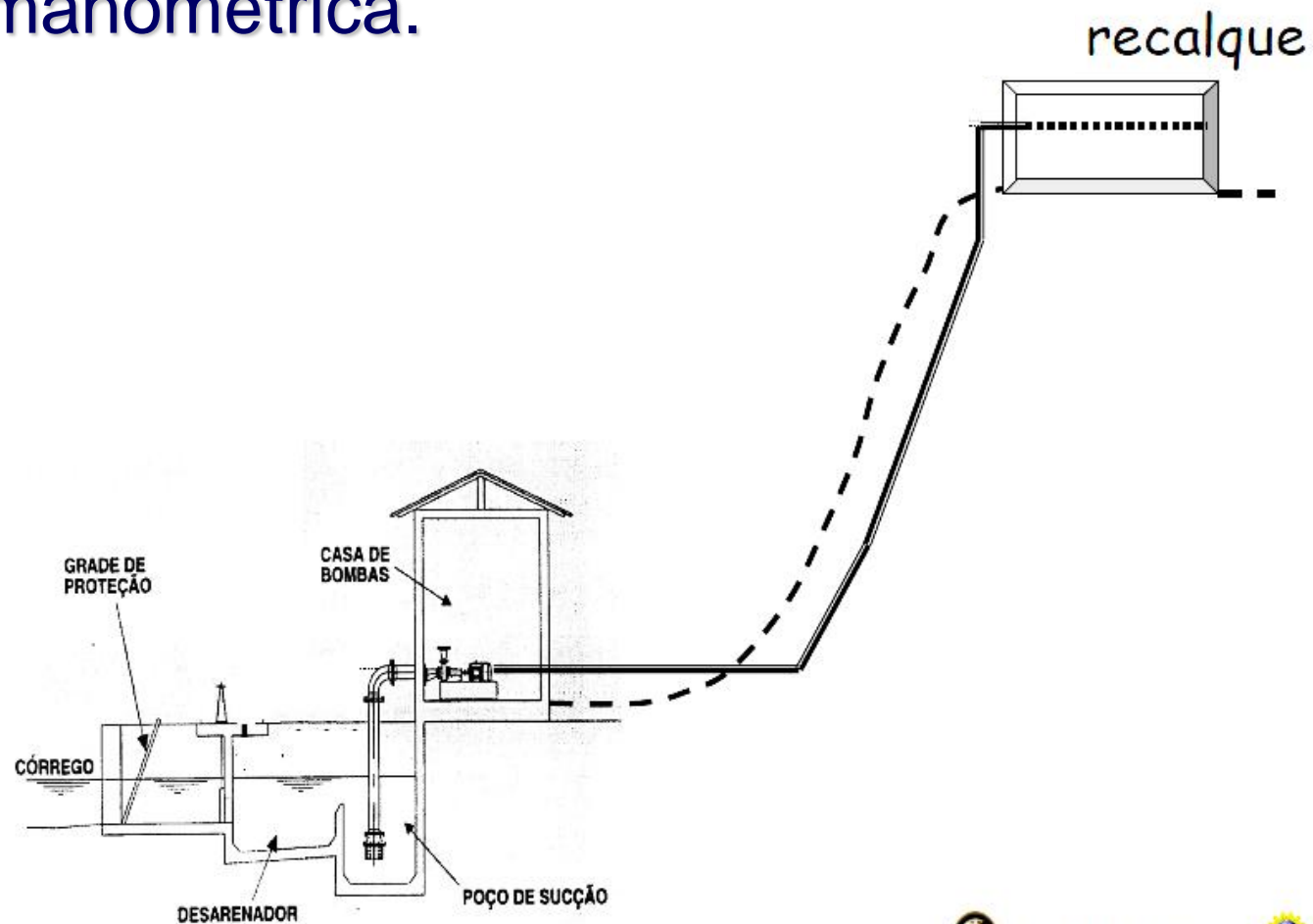


Máquinas Motrizes

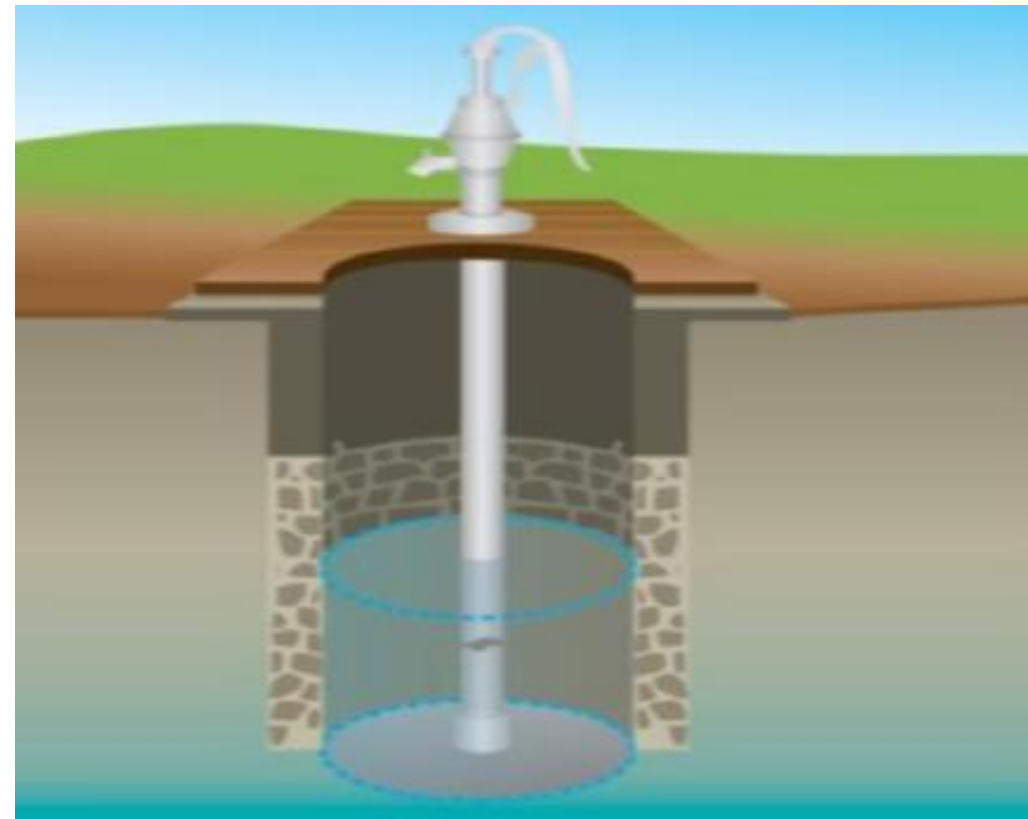


Sistemas de Bombeamento

Sistema montado para elevar uma determinada vazão de fluido a uma determinada altura manométrica.



Sistemas de Bombeamento



Sistemas de Bombeamento



Sistemas de Bombeamento



Sistemas de Bombeamento



Sistemas de Bombeamento

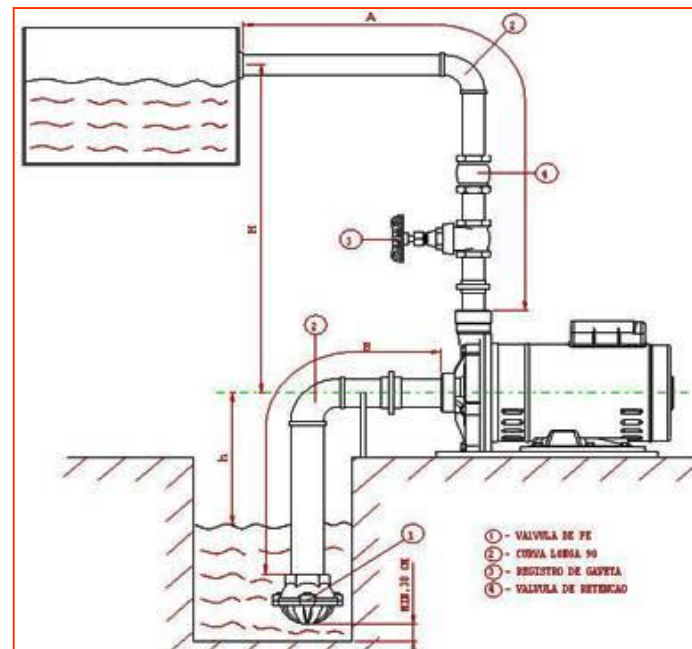
Uma estação de bombeamento, no geral, é constituída dos sistemas interdependentes descritos a seguir.

- **Sistema de adução:** este sistema é constituído basicamente pelo sucção, pela tubulação de sucção e por acessórios diversos como válvula de retenção, registros, curvas, reduções excêntricas e manômetros, entre outros equipamentos.
- **Sistema de bombeamento:** este sistema é constituído pelas próprias bombas hidráulicas e pelos seus motores, além dos equipamentos de partida e de proteção dos motores.
- **Sistema de recalque:** este sistema é constituído pela tubulação de recalque e acessórios diversos como registros, válvulas de retenção e de alívio, curvas, juntas elásticas, reduções concêntricas, entre outras.

Bombas Hidráulicas

DEFINIÇÃO:

São máquinas que recebem energia potencial externa (força motriz de um motor ou turbina), e transformam parte desta potência em energia cinética (movimento) e energia de pressão (força), cedendo estas duas energias ao fluído bombeado, de forma a recirculá-lo ou transportá-lo de um ponto a outro.



Bombas Hidráulicas

A quantidade de energia transferida a um fluido em bombeamento por uma bomba hidráulica deve ser suficiente para atender aos seguintes propósitos básicos:

- A perda de energia total – contínua e localizada que se verifica no conduto e nos seus acessórios durante o processo de bombeamento.
- Aumentar a energia potencial, gravitacional e de pressão, do fluido em bombeamento.
- Fornecer a energia cinética necessária à movimentação do fluido no sistema de bombeamento.

Bombas Hidráulicas

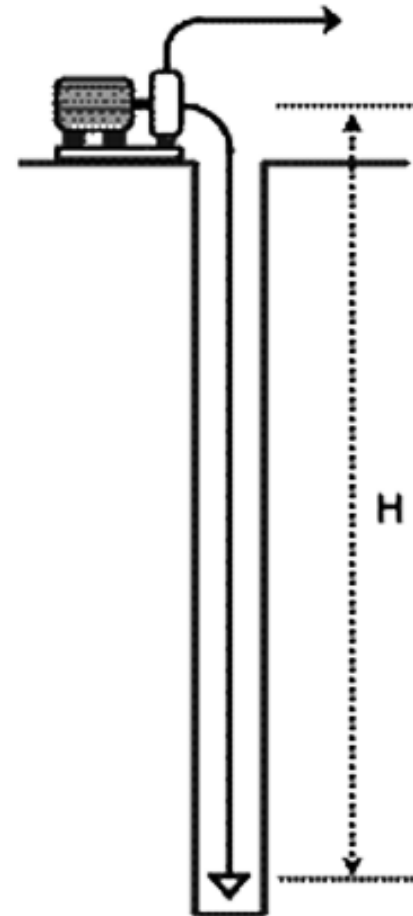
A soma de todas as energias atendidas pela bomba hidráulica é denominada de altura ou carga ou energia de bombeamento total. A altura de bombeamento total também corresponder à soma das alturas piezométricas à entrada e à saída da bomba hidráulica, acrescida da variação da energia cinética relativa à velocidade média de escoamento nas tubulações de sucção e de recalque do sistema

Como na prática a tubulação de sucção é quase sempre um diâmetro comercial maior que a de recalque, a influência da variação de energia cinética na composição da altura de bombeamento total é muito pequena, podendo ser desconsiderada sem maiores prejuízos para os cálculos hidráulicos.

Bombas Hidráulicas

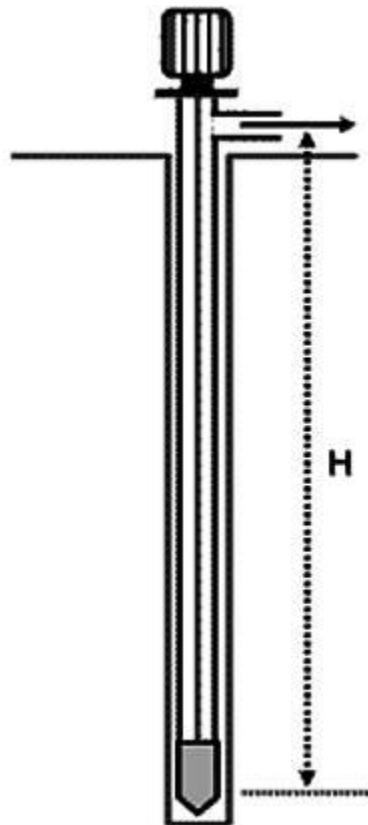
O mais simples é dado na Figura abaixo: uma bomba centrífuga com a tubulação de sucção e respectiva válvula de pé no interior do poço.

É adequado para poços pouco profundos, uma vez que a altura máxima de sucção de uma bomba centrífuga (H da figura) é teoricamente cerca de 10 metros. Na prática, devido a perdas nas tubulações, o valor máximo se situa na faixa de 7 a 8 metros.



Bombas Hidráulicas

Para profundidades maiores, outros arranjos devem ser usados, como o da Figura, uma bomba de eixo prolongado.



O motor fica na superfície e aciona a bomba no fundo do poço por meio de um eixo vertical no interior da tubulação.

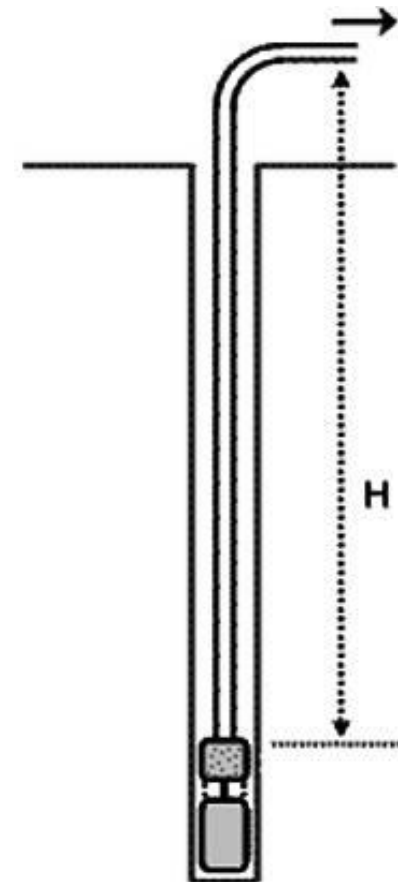
Assim, H não é altura de sucção e sim de recalque e seu valor máximo só depende das características construtivas da bomba.

É usado para profundidades de até 300 metros.

Bombas Hidráulicas

Na Figura é dado o esquema de uma bomba submersa, ou seja, um conjunto bomba e motor de construções especiais, que ficam submersos no fundo do poço.

Da bomba até a superfície encontram-se a tubulação de recalque e o condutor elétrico de alimentação do motor.

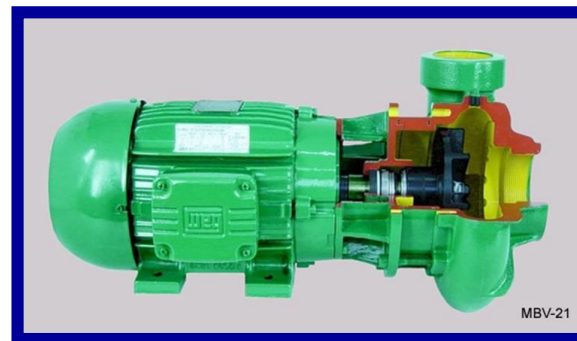
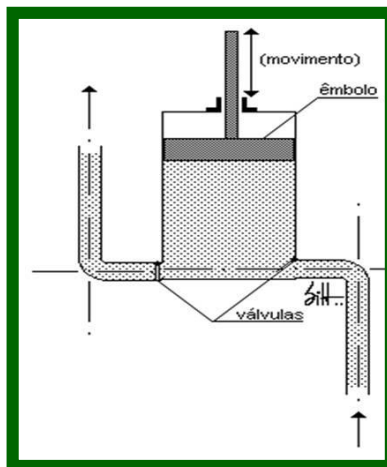


Bombas Hidráulicas

Classificação:

As bombas podem ser classificadas pela sua aplicação ou pela forma com que a energia é cedida ao fluido. De acordo com o modo de transferência de energia podemos classificar em:

- 1- Bombas volumétricas;
- 2- Bombas de escoamento, cinéticas ou dinâmicas;
- 3- Bombas especiais.



Bombas Hidráulicas

1- Bombas volumétricas:

São assim denominadas por utilizarem a variação de volume do líquido no interior de uma câmara fechada para provocar a variação de pressão. A quantidade de líquido é proporcional as dimensões geométricas da bomba. A variação de volume é realizada pela ação de movimentos rotativos ou alternativos, e por causa disso recebem as denominações de bomba pistão e bombas rotativas.

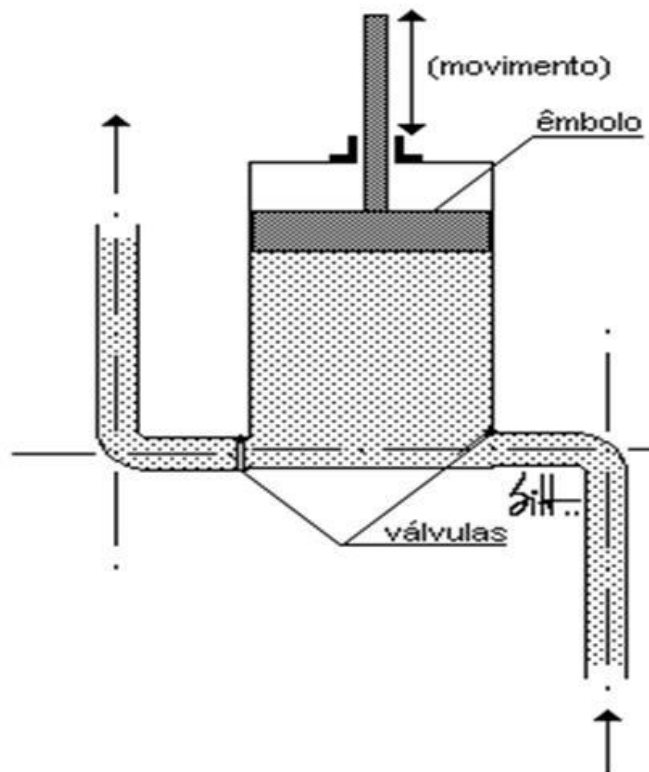
Tipos:

- a) Movimento alternado (pistão ou diafragma)
- b) Rotativas

Bombas Hidráulicas

a) Bombas volumétricas movimento alternado PISTÃO:

As primeiras bombas utilizadas em abastecimento de água, eram do tipo de deslocamento direto, de movimento alternado a pistão, movimentadas por máquinas a vapor.

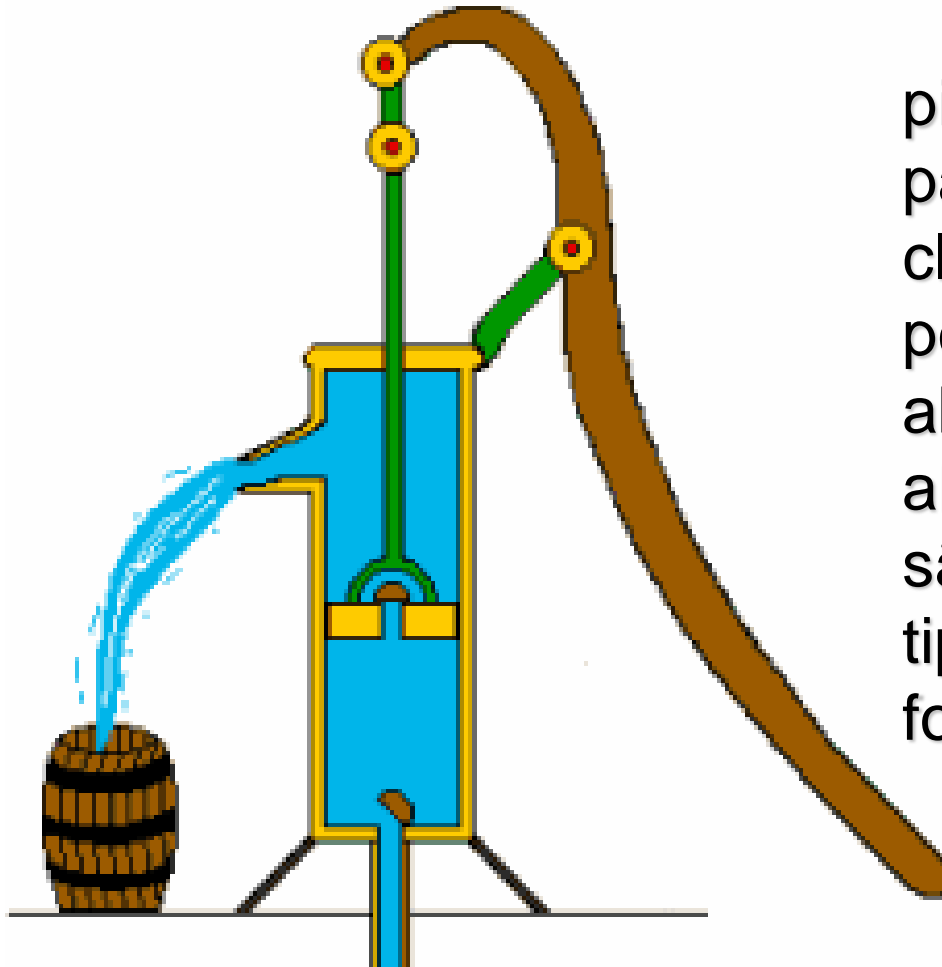


Quando o êmbolo se desloca para cima, a pressão no cilindro se reduz, a válvula de retenção na linha de sucção se abre e o líquido entra.

Quando o êmbolo chega ao final do cilindro, o movimento se inverte. Aumenta a pressão no cilindro e a válvula de admissão fecha. A pressão aumenta e a válvula de descarga se abre e o líquido sai pressurizado.

Bombas Hidráulicas

a) Bombas volumétricas movimento alternado PISTÃO:



As bombas alternativas de pistão só podem ser utilizadas para deslocamento de fluidos clarificados e limpos, não podendo manusear fluidos abrasivos. São utilizadas para altas pressões, que somente são alcançadas para esses tipos de bombas, porém fornecem baixas vazões.

Bombas Hidráulicas

a) Bombas volumétricas movimento alternado PISTÃO:



Roda d' água

Um arranjo muito interessante encontrado no meio rural é a conhecida roda d' água. Ela consiste basicamente de uma bomba hidráulica de pistão acionada por uma roda, cuja movimentação é feita aproveitando-se a energia fornecida por uma queda de água.

Bombas Hidráulicas

a) Bombas volumétricas movimento alternado PISTÃO:

Roda d' água



Modelos:

- 5.000L/dia
- 27.000 L/dia
- 60.000 L/dia
- 110.000 L/dia
- 155.000 L/dia



Bombas Hidráulicas

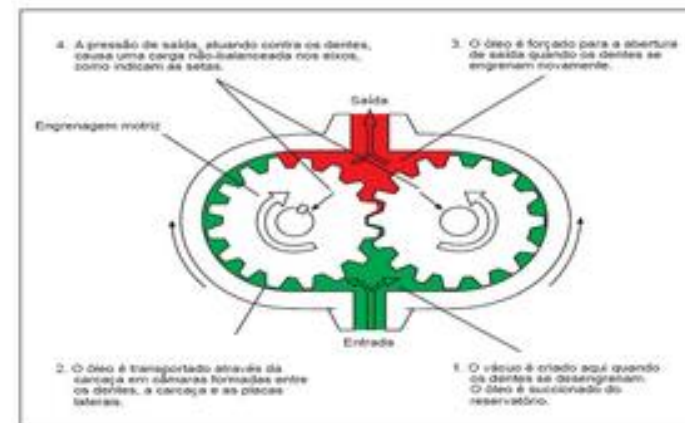
b) Bombas volumétricas ROTATIVAS:

Nas bombas rotativas, o líquido recebe a ação de forças provenientes de uma ou mais peças dotadas de movimento de rotação que, comunicando energia de pressão, provocam seu escoamento.

A ação das forças se faz segundo a direção que é praticamente a do próprio movimento de escoamento do líquido. A descarga e a pressão do líquido bombeado sofrem pequenas variações quando a rotação é constante.



Imagem: www.cca.ufsc.br



Bombas Hidráulicas

b) Bombas volumétricas ROTATIVAS:

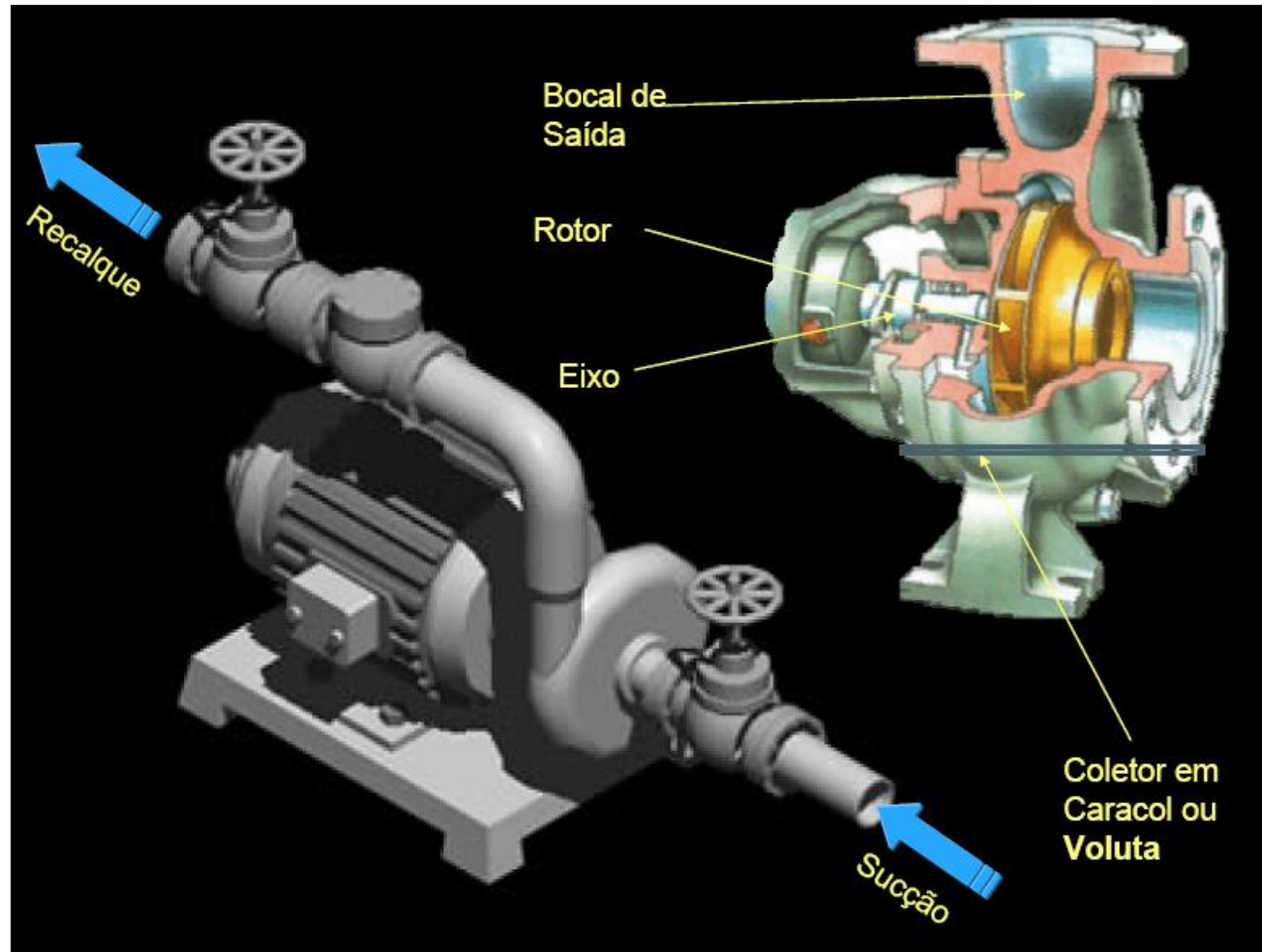
Existe uma grande variedade de bombas rotativas que encontram aplicação principalmente nos sistemas de lubrificação, nos comandos, controles e transmissões hidráulicas e nos sistemas automáticos com válvulas de seqüência.

Classificação das bombas rotativas:

Um único rotor	Palhetas	Mais de um rotor	Engrenagem
	Pistão		Lóbulos
	Elemento Flexível		Pistões Oscilatórios
	Parafuso		Parafuso

Bombas Hidráulicas

2- Bombas Cinéticas:



Bombas Hidráulicas

2- Bombas Cinéticas:

Do ponto de vista hidráulico, assim que o fluido entra na bomba hidráulica através da sucção a sua pressão é sub-atmosférica.

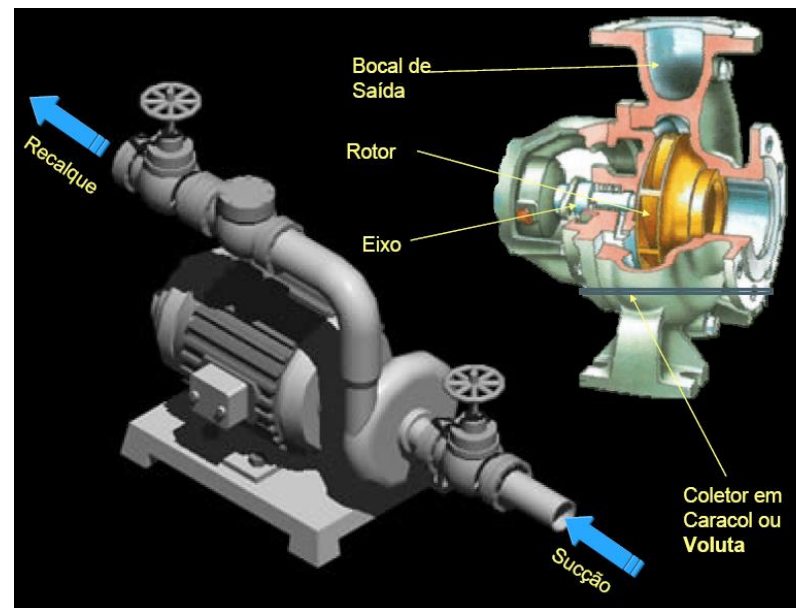
Quando o fluido passa da sucção para o “olho do rotor”, que possui um diâmetro menor, a velocidade de deslocamento é aumentada, fazendo com que a pressão do fluido diminua ainda mais, sendo este fato responsável pelo fluxo contínuo de fluido para dentro da carcaça.

Assim que o fluido entra em contato com as palhetas do rotor, a sua velocidade é muito aumentada, sendo esta energia de “fora” que a ação mecânica do rotor transfere para o fluido na forma de energia cinética

Bombas Hidráulicas

2- Bombas Cinéticas:

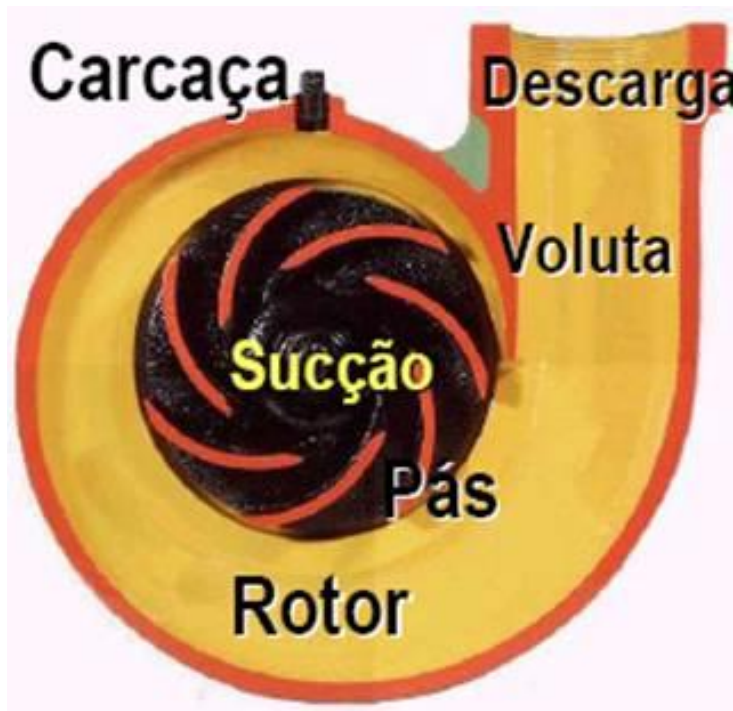
O fluido é então rapidamente atirado pelo rotor contra as paredes da carcaça, onde a sua velocidade começa a diminuir. Como a velocidade de deslocamento do fluido diminui, a energia cinética respectiva é transformada em energia de pressão, mantendo-se praticamente constante a energia total do sistema, como bem estabelece o teorema de Bernoulli.



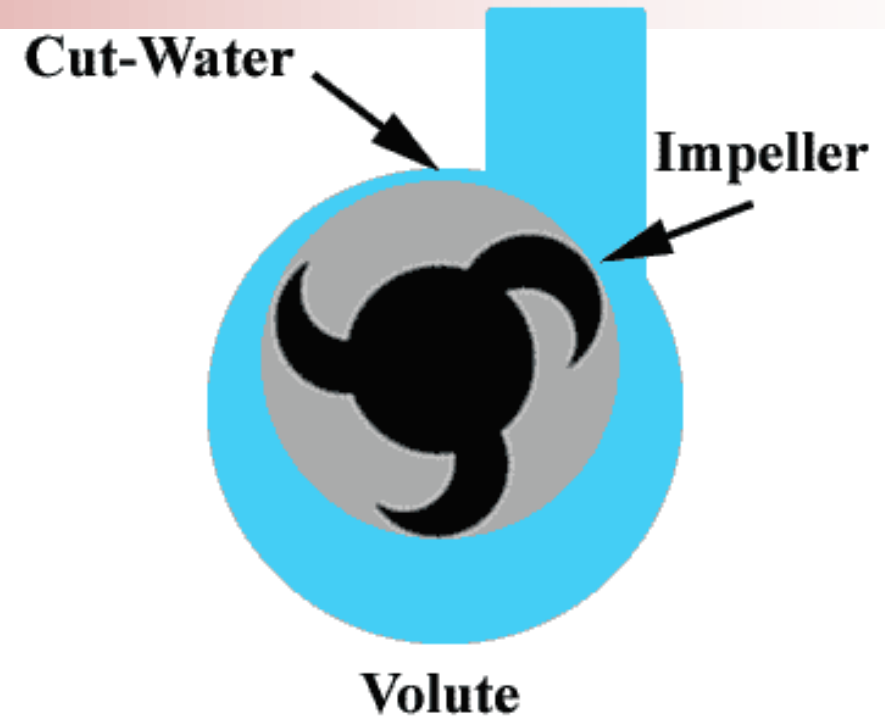
Bombas Hidráulicas

2- Bombas Cinéticas:

Princípio de funcionamento



Imagens: Nelson R. Amanthea



O líquido é succionado pela ação de um impulsor que gira rapidamente dentro da carcaça. O movimento produz uma zona de vácuo (no centro) e outra de alta pressão (na periferia).

Bombas Hidráulicas

2- Bombas Cinéticas:

A característica mais marcante das bombas hidráulicas cinéticas é que elas apresentam uma relação inversa entre a vazão fornecida e a altura total de bombeamento:

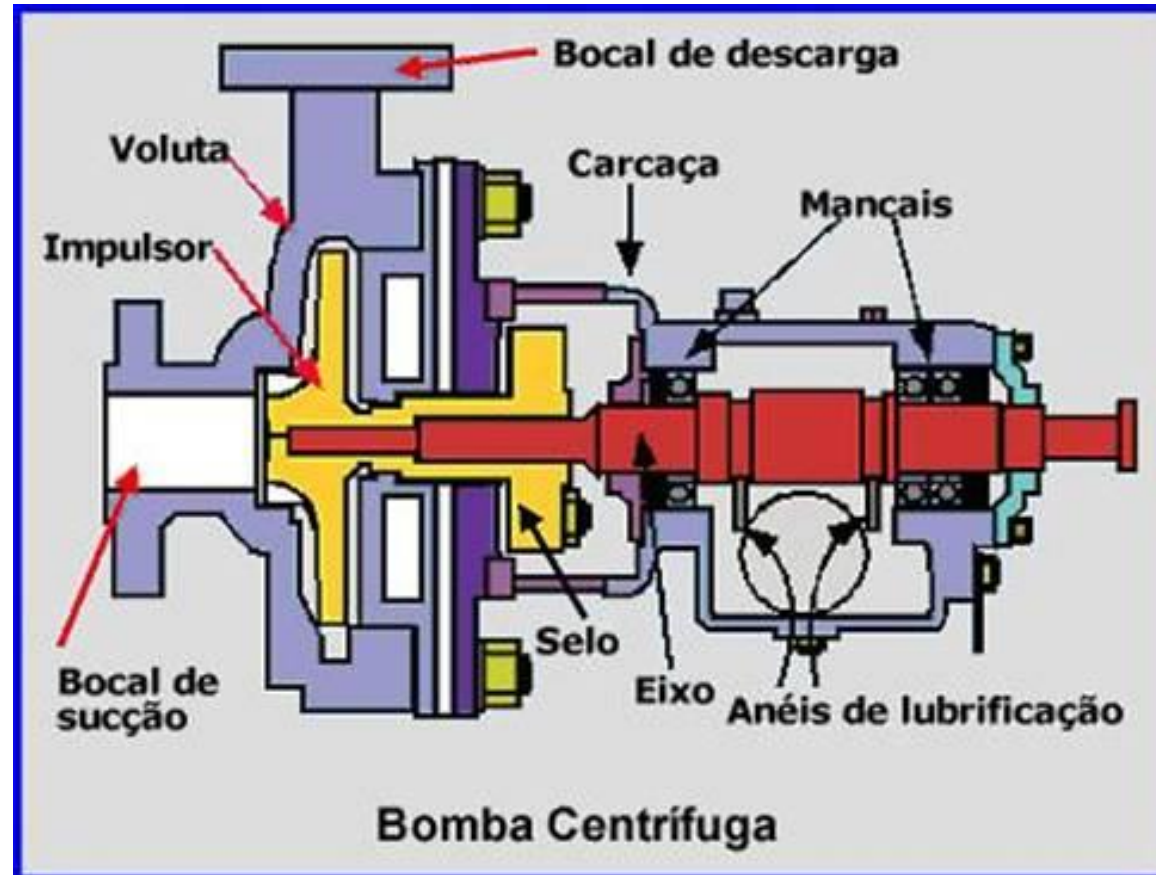
- para uma mesma bomba cinética, quanto maior for a altura de bombeamento total, menor será a vazão fornecida pelo equipamento e vice-versa;
- para uma mesma altura de bombeamento total, quanto maior for a potência da bomba, maior será a sua vazão;
- para uma mesma vazão, quanto maior for a altura de bombeamento total, maior será a potência requerida pela bomba hidráulica cinética;

Bombas Hidráulicas

Bombas cinéticas- Centrífuga:

Partes de uma bomba centrífuga:

Basicamente, uma bomba hidráulica centrífuga é constituída de órgãos principais (corpo espiral, rotor e eixo) e órgãos complementares (rolamentos, anéis de lubrificação e selo mecânico)

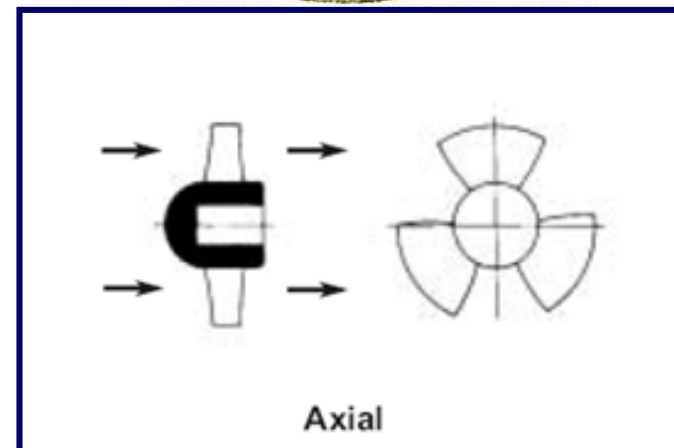
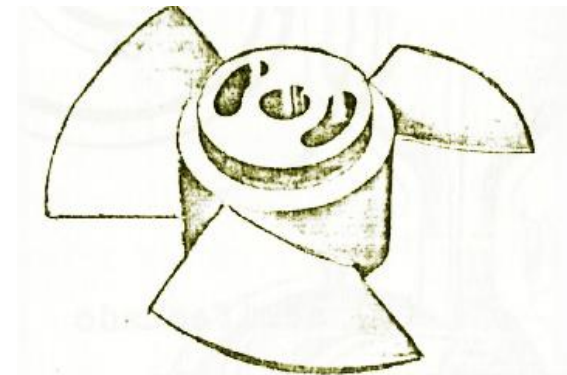


Bombas Hidráulicas

Bombas cinéticas- Centrífuga:

A principal forma de classificação das bombas hidráulicas cinéticas leva em consideração a trajetória seguida pelo fluido dentro do seu rotor, podendo ser classificado:

Escoamento Axial: O fluido penetra e é descarregado axialmente, em um plano paralelo ao eixo de rotação da bomba (0°). É adequado para altas vazões e baixas pressões. Ex: drenagem e irrigação por inundação.

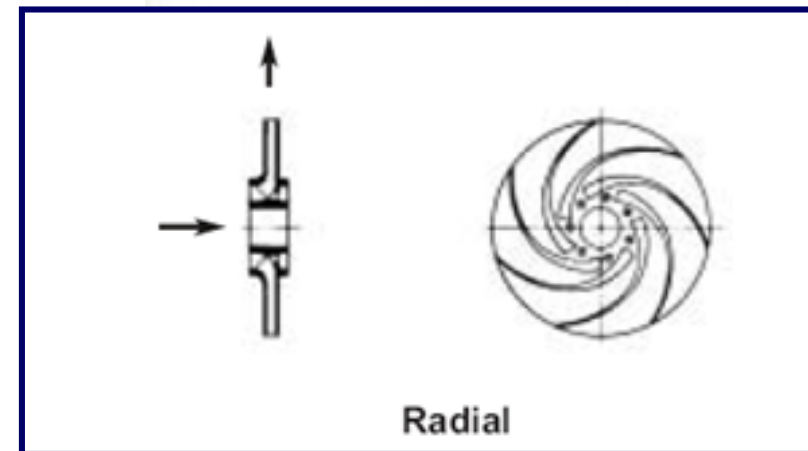
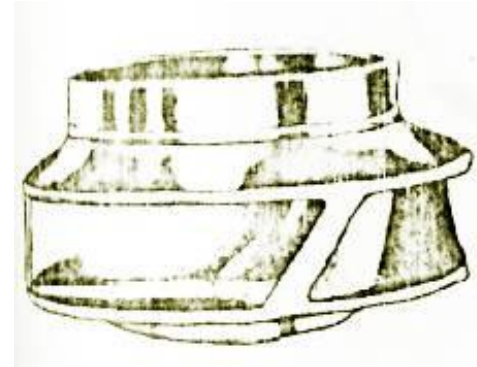


Bombas Hidráulicas

Bombas cinéticas- Centrífuga:

A principal forma de classificação das bombas hidráulicas cinéticas leva em consideração a trajetória seguida pelo fluido dentro do seu rotor, podendo ser classificado:

Escoamento Radial: O fluido penetra na carcaça em um plano paralelo ao seu eixo de rotação e é descarregado perpendicularmente, em um ângulo reto (90°), totalmente centrífuga. É muito utilizada na irrigação, alturas de bombeamento elevada e vazões de pequeno e médio porte

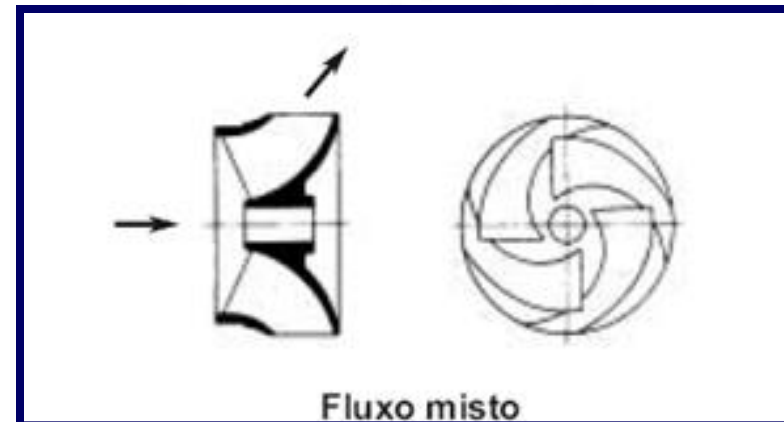
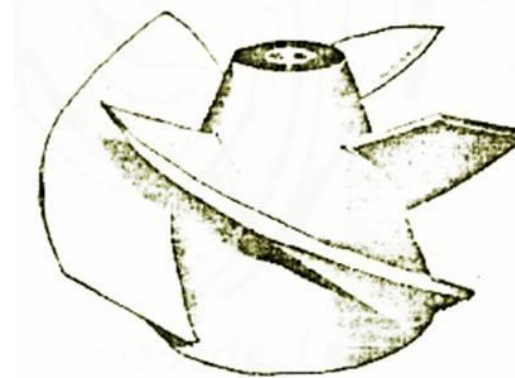


Bombas Hidráulicas

Bombas cinéticas- Centrífuga:

A principal forma de classificação das bombas hidráulicas cinéticas leva em consideração a trajetória seguida pelo fluido dentro do seu rotor, podendo ser classificado:

Escoamento diagonal ou misto: O fluido penetra na carcaça em um plano paralelo ao seu eixo de rotação e é descarregado perpendicularmente, em um ângulo entre 0° e 90° , totalmente centrífuga. Médias alturas de bombeamento e médias vazões. É o caso da maioria das bombas hidráulicas do tipo turbina.



Bombas Hidráulicas

Bombas cinéticas- Centrífuga:

Tipos de rotores:

Fechado: O rotor fechado tem as pás compreendidas entre dois discos paralelos, podendo ter entrada de um só lado (sucção simples) ou de ambos os lados. Para líquidos sem partículas em suspensão



Imagem: indústrias Schneider



Imagem: Nelson R. Amanthea

Bombas Hidráulicas

Bombas cinéticas- Centrífuga:

Tipos de rotores:

Semi-aberto: Possui apenas um disco, onde são fixadas as palhetas. São apropriados para bombeamento de líquidos contendo quantidades pequenas de material em suspensão.



Bombas Hidráulicas

Bombas cinéticas- Centrífuga:

Tipos de rotores:

Aberto: As palhetas são fixadas diretamente no corpo do rotor. Os rotores abertos apresentam pequena resistência estrutural, razão pela qual eles são utilizados somente em bombas hidráulicas de pequeno porte. São de uso comum no bombeamento de fluido contendo materiais abrasivos ou sujos.

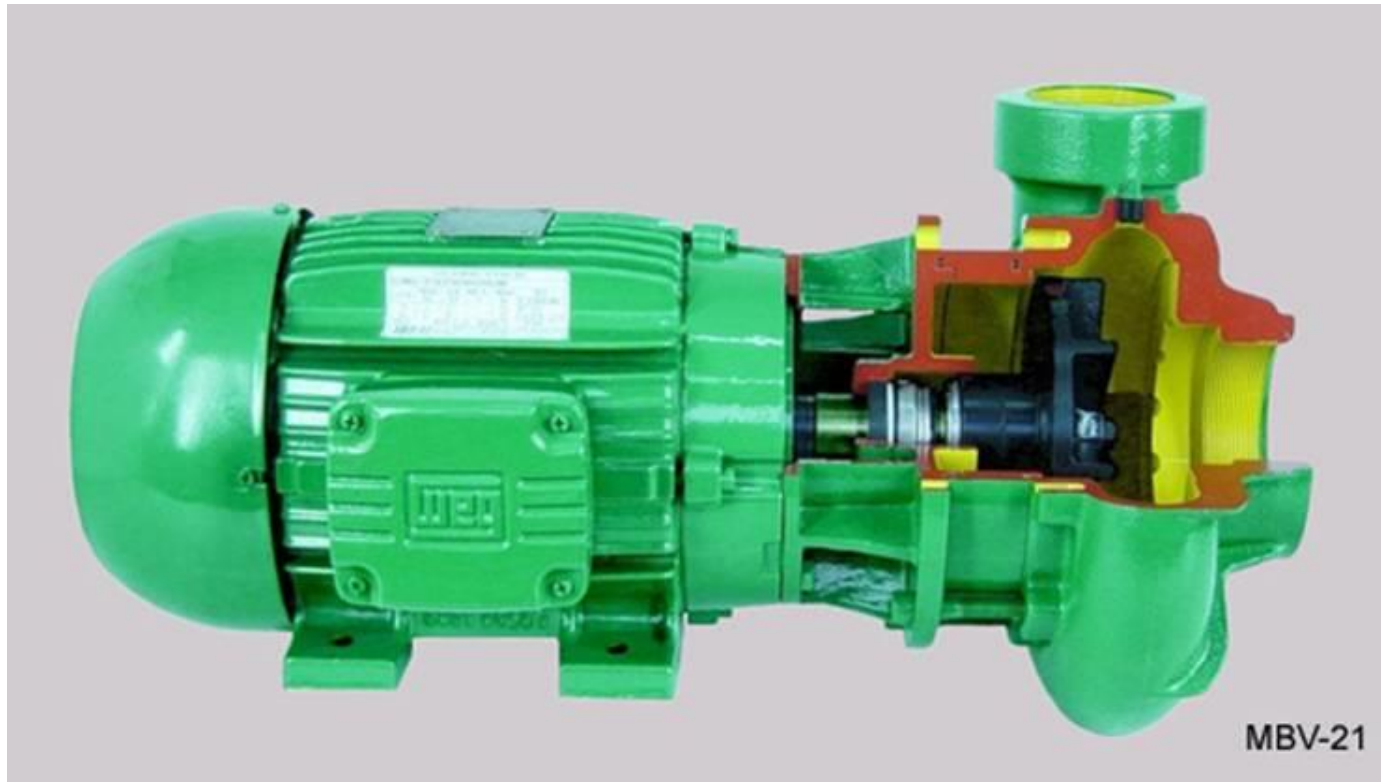


Bombas Hidráulicas

Bombas cinéticas- Centrífuga:

Número de rotores:

Um rotor: Simples estágio

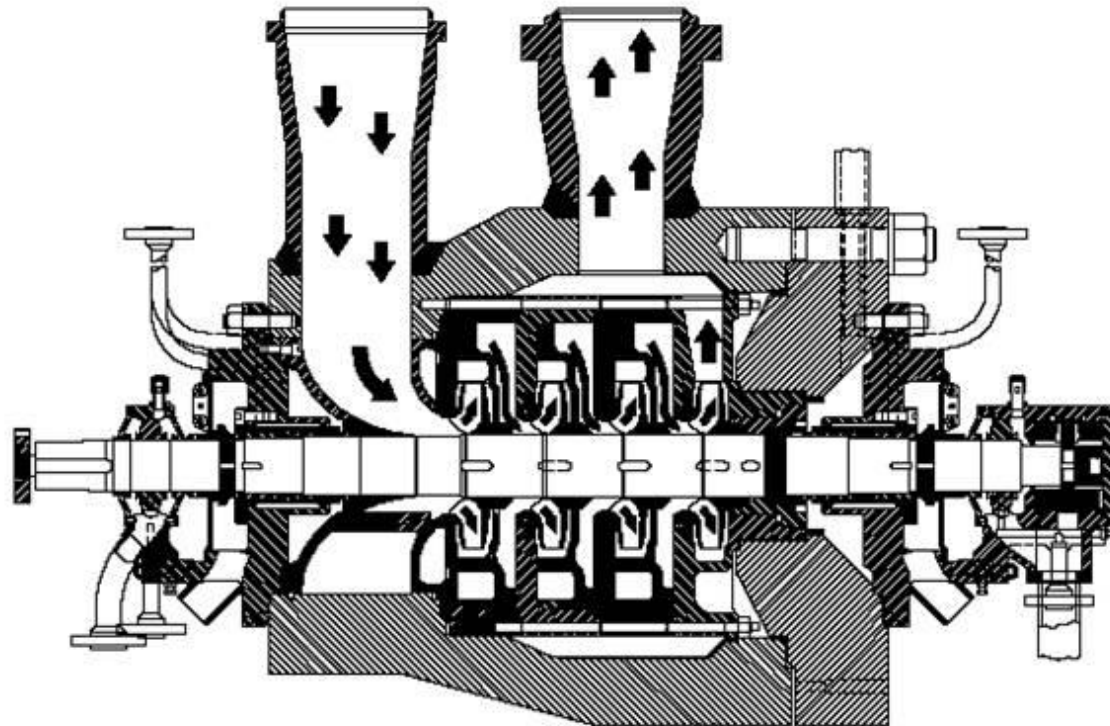


Bombas Hidráulicas

Bombas cinéticas- Centrífuga:

Número de rotores:

Vários rotores: Múltiplos estágios (vários rotores operando em série) que permitem o desenvolvimento de altas pressões).

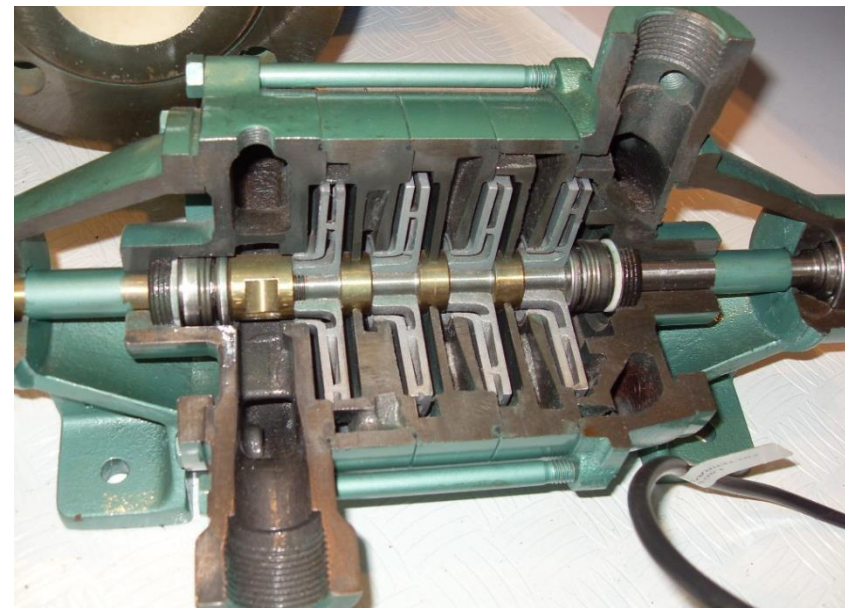


Bombas Hidráulicas

Bombas cinéticas- Centrífuga:

Número de rotores:

Vários rotores: Múltiplos estágios (vários rotores operando em série) que permitem o desenvolvimento de altas pressões).

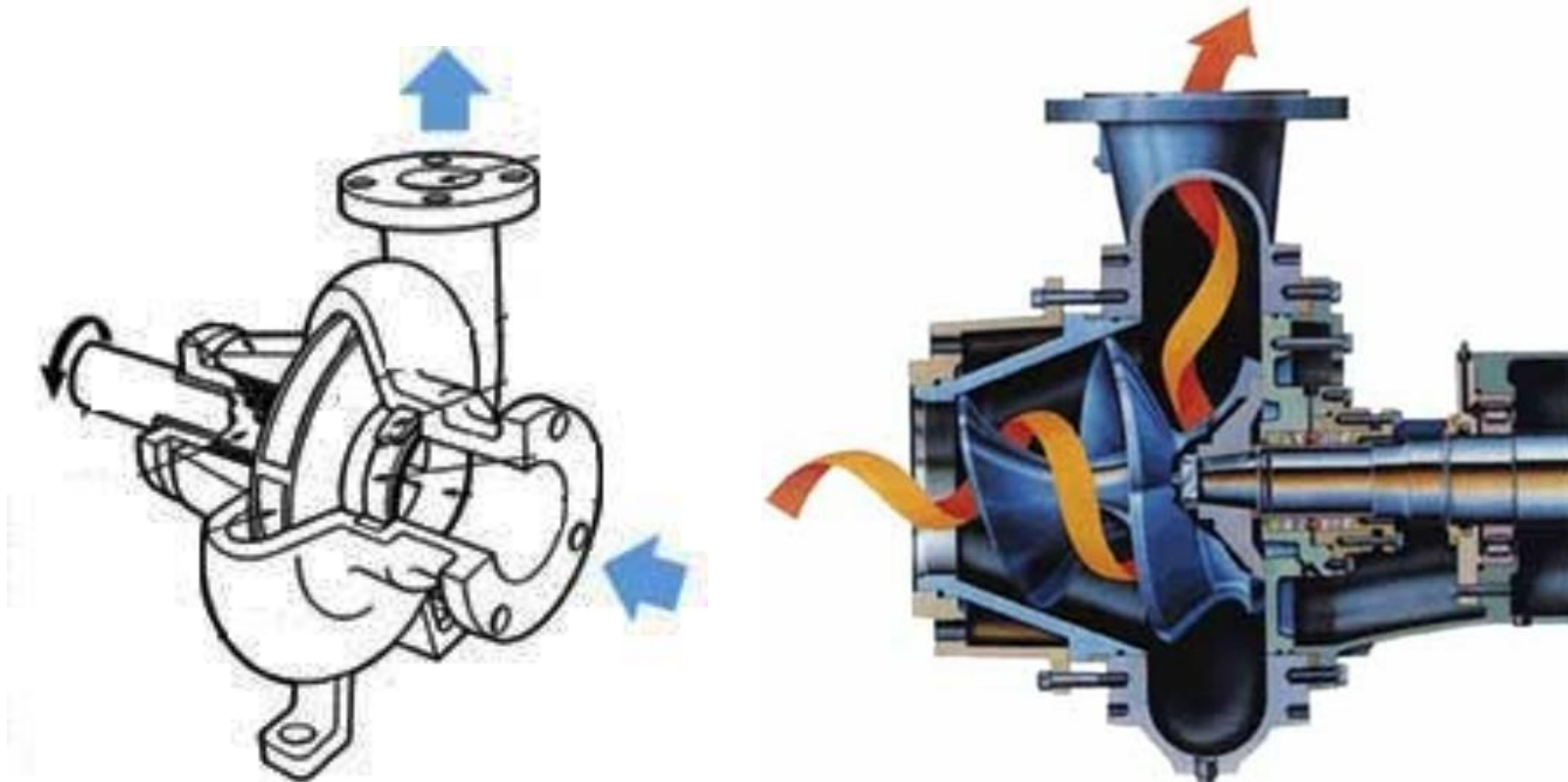


Bombas Hidráulicas

Bombas cinéticas- Centrífuga:

Tipos de entrada:

Simples: Utilizada em pequenas unidades.

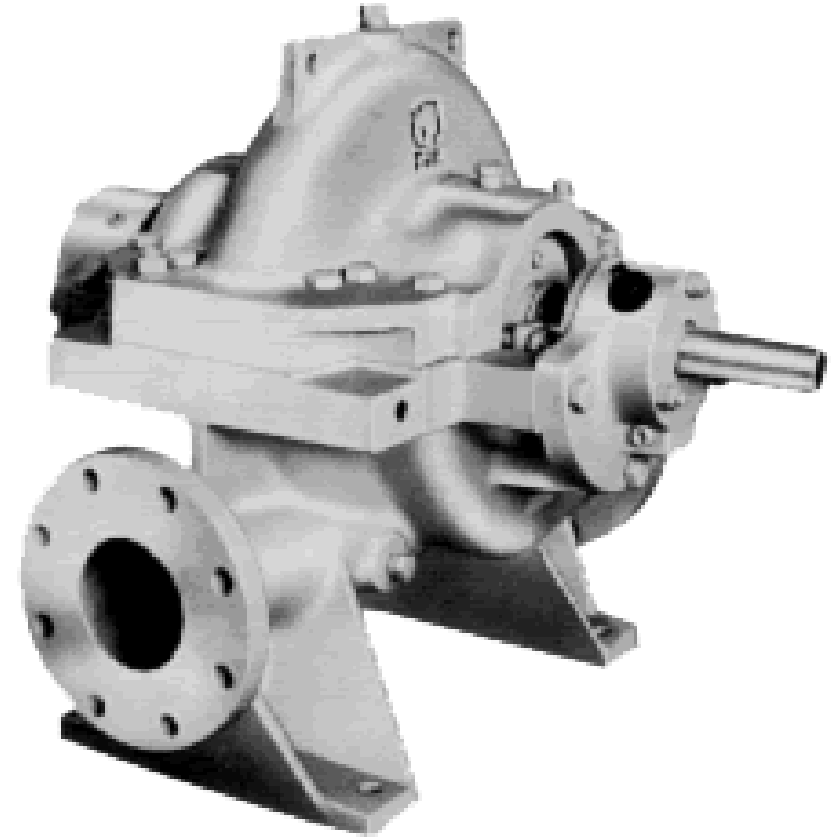


Bombas Hidráulicas

Bombas cinéticas- Centrífuga:

Tipos de entrada:

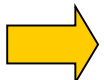
Dupla: Quando há entradas simétricas em ambos os lados do impulsor. Nesse caso há melhor distribuição dos esforços mecânicos, além de proporcionar uma área de sucção maior, o que permite trabalhar com uma menor altura na sucção.



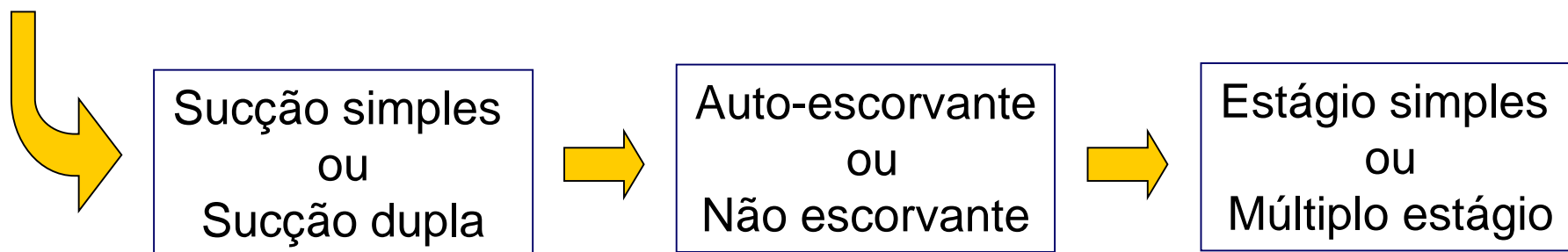
Bombas Hidráulicas

Bombas cinéticas- Centrífuga:

As bombas centrífugas baseado na direção principal do fluxo podem ser:

- Fluxo axial:  simples ou múltiplo estágio  impulsor aberto/fechado

- Fluxo misto e Fluxo radial:



Nos dois últimos casos, o impulsor pode ser aberto, semi-aberto ou fechado.

Bombas Hidráulicas

Bombas cinéticas- Centrífuga:

VANTAGENS:

- a) Construção simples e baixo custo;
- b) Fluido é descarregado a uma pressão uniforme, sem pulsações;
- c) A linha de descarga pode ser estrangulada (parcialmente fechada) ou completamente fechada sem danificar a bomba;
- d) Permite bombear líquidos com sólidos;
- e) Pode ser acoplada diretamente a motores;
- f) Não há válvulas envolvidas na operação de bombeamento;
- g) Menores custos de manutenção que outros tipos de bombas;
- h) Operação silenciosa (depende da rotação).

Bombas Hidráulicas

Bombas cinéticas- Centrífuga:

DESVANTAGENS:

- a) Não servem para altas pressões;
- b) Sujeitas à incorporação de ar precisam ser escorvadas;
- c) A máxima eficiência da bomba ocorre dentro de um curto intervalo de condições;
- d) Não consegue bombear líquidos muito viscosos.

Bombas Hidráulicas

Bombas Especiais:

Carneiro Hidráulico:

O carneiro hidráulico, também chamado de aríete hidráulico, é uma bomba hidráulica de deslocamento positivo, que funciona pelo movimento da água através de válvulas, de modo que a única fonte de energia é a própria descarga e a altura da água disponível na captação. Para seu funcionamento, necessita apenas de uma queda de água que elevará somente uma fração de vazão que lhe for fornecida.

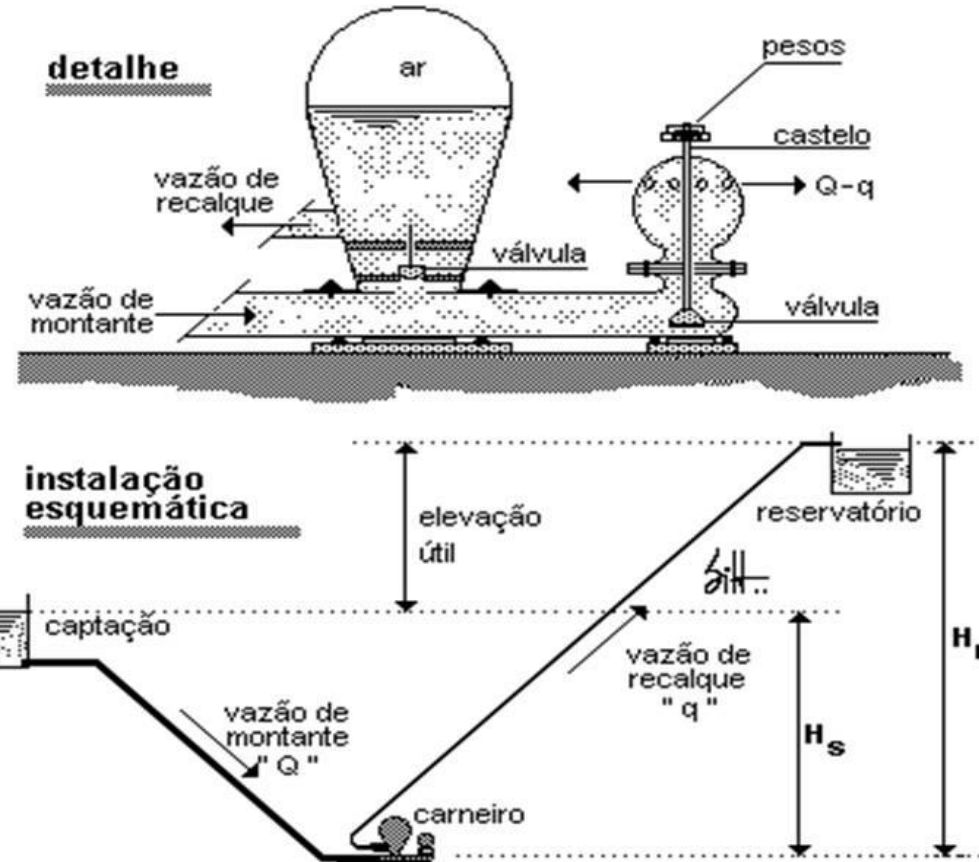


Bombas Hidráulicas

Carneiro Hidráulico:

Funciona em decorrência exclusiva da energia proveniente do golpe de aríete, gerado internamente intermitentemente durante seu funcionamento, permitindo elevar uma parcela da água que nele penetra a uma cota superior à de captação. A energia cinética contida no líquido em movimento na tubulação, quando bruscamente interrompido, se transforma em energia potencial, no caso em energia de pressão

Bombas Especiais:



Bombas Hidráulicas

CAVITAÇÃO:

Como qualquer outro líquido, a água também tem a propriedade de vaporizar-se em determinadas condições de temperatura e pressão.

A água entra em ebulição sob a pressão atmosférica local a uma determinada temperatura, por exemplo, a nível do mar (pressão atmosférica normal) a ebulição acontece a 100°C. A medida que a pressão diminui a temperatura de ebulição também se reduz.

PRESSÃO DE VAPOR DA ÁGUA PARA DETERMINADAS TEMPERATURAS										
Temperatura da água (°C)	0	4	10	20	30	40	50	60	80	100
Pressão de Vapor da água (m c.a.)	0,062	0,083	0,125	0,239	0,433	0,753	1,258	2,033	4,831	10,33

Bombas Hidráulicas

CAVITAÇÃO:

No interior das bombas, no deslocamento das pás, ocorrem inevitavelmente rarefações no líquido, isto é, pressões reduzidas devidas à própria natureza do escoamento ou ao movimento de impulsão recebido pelo líquido, tornando possível a ocorrência do fenômeno.



Bombas Hidráulicas

CAVITAÇÃO:

A formação de bolhas ocasiona as seguintes conseqüências mais diretas:

- se as bolhas formadas no processo de vaporização têm a pressão interna superior à externa, estas se expandem até ocupar toda a seção, interrompendo o fluxo do líquido.
- se algumas bolhas são elevadas pelo fluxo para o interior da bomba, onde a pressão reinante é superior à pressão interna da bolha, estas tendem a se implodir e a água circulante é impelida para o centro da bolha, havendo um choque das partículas (golpe de aríete). Surge uma onda de sobrepressão em direção contrária ao centro da bolha, podendo atingir a parede interna da bomba e danificando

Bombas Hidráulicas

CAVITAÇÃO:

Estas pressões podem ultrapassar a resistência à tração do metal e arrancar progressivamente partículas superficiais do rotor.



Sinais característicos:
ruídos, vibrações e perda
de eficiência do
equipamento

Bombas Hidráulicas

CAVITAÇÃO:

Medidas práticas para evitar a cavitação:

- sempre bombear líquidos frios, uma vez que quanto menor a sua temperatura menor será a sua pressão de vapor;
- diminuir o comprimento da tubulação de sucção ao máximo, evitando-se, sempre que possível, a instalação de peças singulares;
- limitar a velocidade média de escoamento na tubulação de sucção ao máximo de 2 m/s;
- evitar a entrada de ar pela válvula de pé, sempre garantindo a sua submersão.

Bombas Hidráulicas

NPSH disponível:

O NPSH (Net Positive Suction Head) disponível refere-se à "carga energética líquida e disponível na instalação" para permitir a sucção do fluido, ou seja, diz respeito às grandezas físicas associadas à instalação e ao fluido.

Esse NPSH deve ser estudado pelo projetista da instalação, através da seguinte expressão:

$$NPSH_{disponível} = H_{atm} \left(\pm H_s - H_v - \Delta Hf_s \right)$$

Onde:

$NPSH_{disponível}$ = energia disponível na instalação para sucção, em m

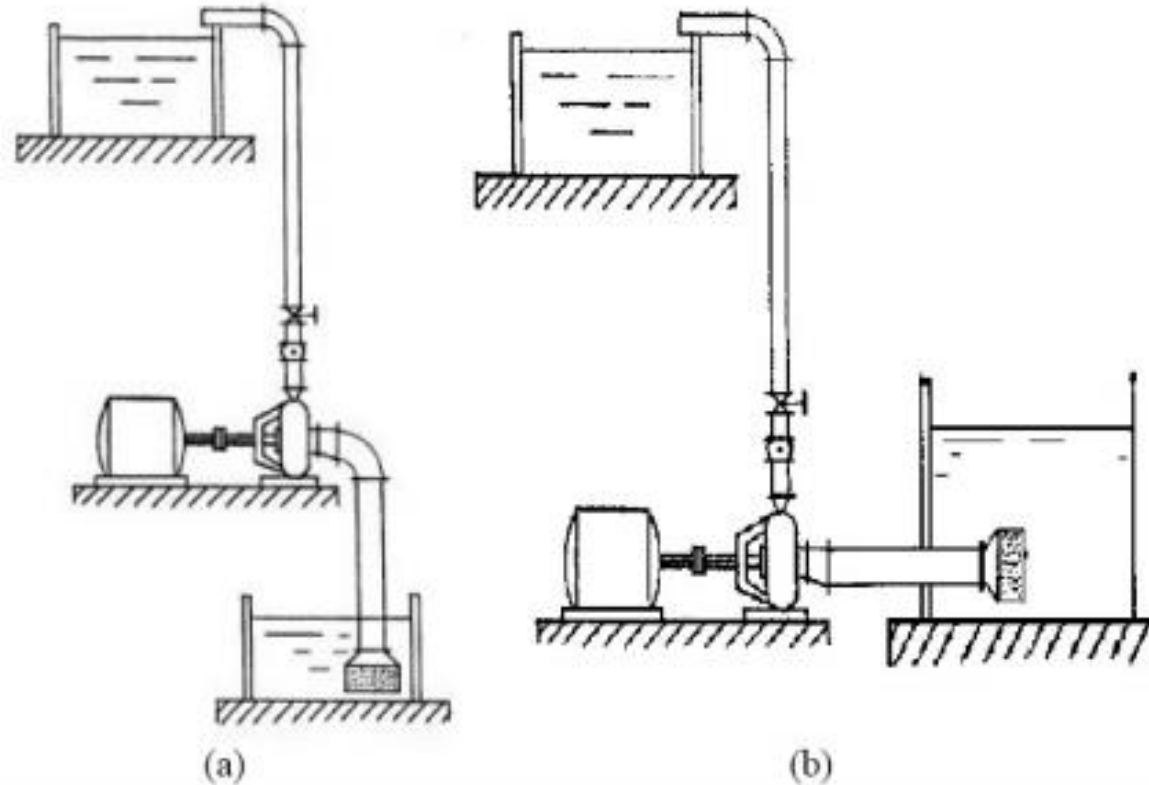
H_{atm} = pressão atmosférica local;

H_s = altura de sucção; é positiva quando a bomba está afogada, e negativa quando estiver acima do nível d'água (m);

H_v = pressão de vapor do fluido em função da sua temperatura;

ΔHf_s = perda de carga total na linha de sucção (m).

Bombas Hidráulicas



a) Bomba acima do nível de água

b) Bomba afogada

Bombas Hidráulicas

TABELA 3 - Pressão atmosférica em função da altitude.

Altitude (m)	Pressão atmosférica (m)
0	10,33
300	9,96
600	9,59
900	9,22
1200	8,88
1500	8,54
1800	8,20
2100	7,89
2400	7,58
2700	7,31
3000	7,03

Bombas Hidráulicas

TABELA 4 -Pressão de vapor da água, em m, para diferentes temperaturas.

Temperatura °C	Peso específico γ (kN/m ³)	Pressão de Vapor (m)
15	9,798	0,17
20	9,789	0,25
25	9,777	0,33
30	9,764	0,44
40	9,730	0,76
50	9,689	1,26
60	9,642	2,03
70	9,589	3,20
80	9,530	4,96
90	9,466	7,18
100	9,399	10,33

Bombas Hidráulicas

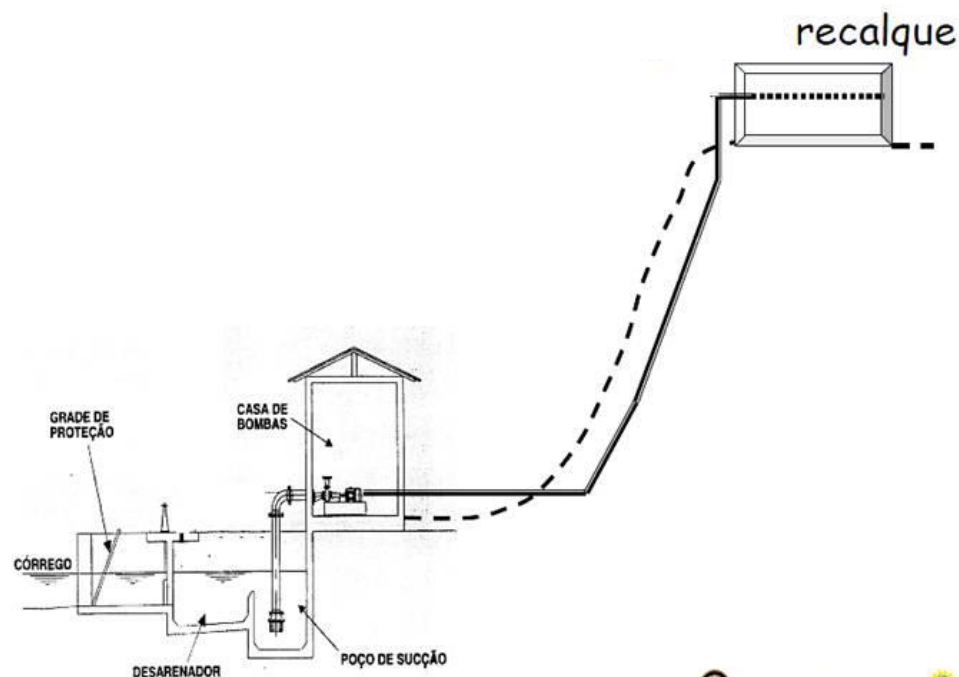
NPSH requerido:

O $NPSH_{\text{requerido}}$ é a "*carga energética líquida requerida pela bomba*" para promover a sucção. Esse NPSH é objeto de estudo do fabricante, sendo fornecido graficamente através de catálogos.

Observa-se, portanto, que a energia disponível na instalação para sucção deve ser maior que a energia requerida pela bomba, logo $NPSH_{\text{disponível}} \geq NPSH_{\text{requerido}}$. Caso contrário, haverá cavitação em decorrência de uma sucção deficiente.

Altura Manométrica

Altura manométrica de uma bomba é a carga total de elevação que a bomba trabalha, ou seja, é a energia por unidade de peso que o sistema solicita para transportar o fluido do ponto de captação (reservatório de sucção) até o ponto de utilização ou reservatório de descarga, com uma determinada vazão.



Altura Manométrica

A altura manométrica total não é conhecida de imediato, ela é calculada efetuando-se a soma dos principais termos definidos:

1. Desnível geométrico de sucção;
2. Desnível geométrico de recalque;
3. Perda de energia CONTÍNUAS nas tubulações de sucção e de recalque;
4. Perda de energia LOCALIZADAS na sucção e no recalque
5. Necessidade de pressão no final da tubulação

Altura Manométrica

1- Desnível geométrico de sucção –

É a distância do nível mais baixo do líquido no reservatório até a linha de centro da bomba.

Ela pode ser:

- ✓ *Positiva (+)* quando a bomba trabalha afogada e,
- ✓ *Negativa (-)* quando o líquido a ser aspirado encontra-se abaixo da linha de centro da bomba.

Altura Manométrica

1- Desnível geométrico de sucção

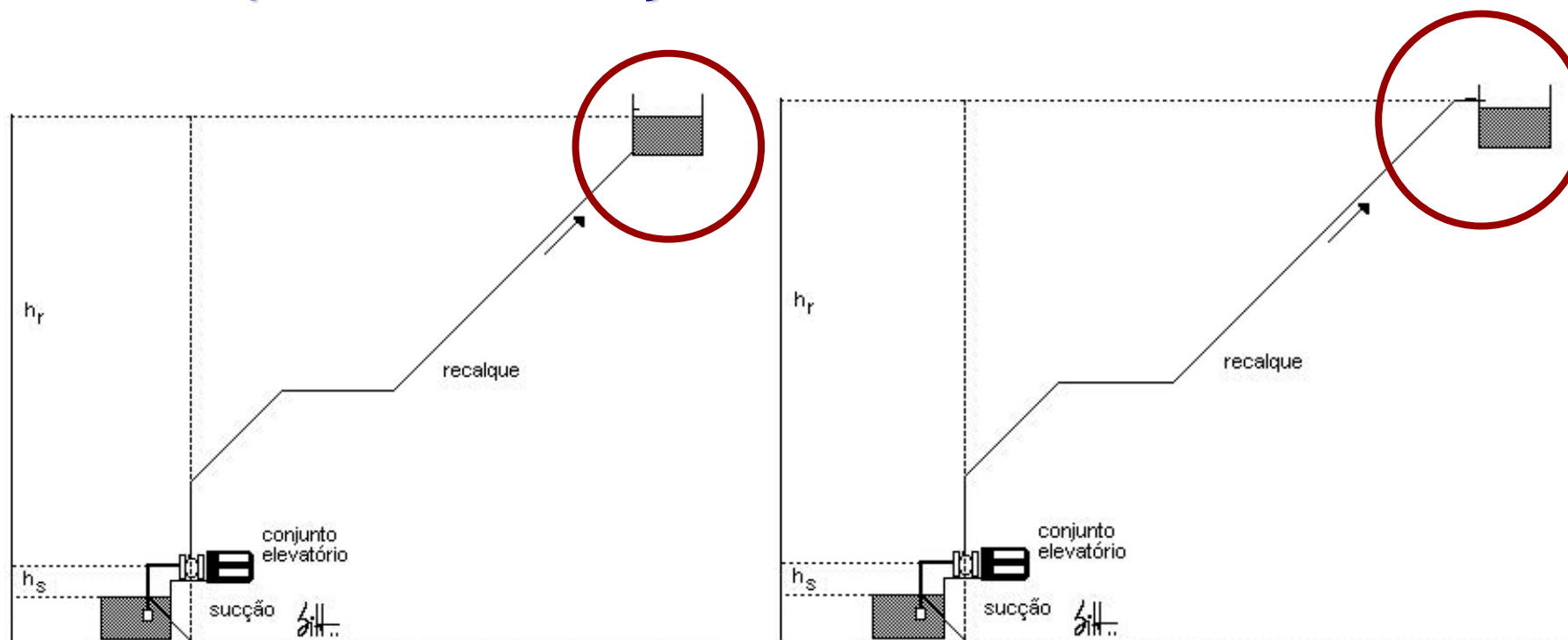


DESNÍVEL
GEOMÉTRICO
DE SUCÇÃO

Altura Manométrica

2- Desnível geométrico de recalque –

É a distância entre a linha de centro da bomba e o nível mais alto no reservatório de recalque. Entretanto, quando a tubulação conduz a descarga por cima do nível máximo do reservatório, é preciso considerar a altura até o joelho ou curva superior da tubulação.



Altura Manométrica

2- Desnivel geométrico de recalque



Altura Manométrica

3- Perdas de energia CONTÍNUAS nas tubulações de sucção e de recalque :

As perdas contínuas na canalização serão calculadas usando as equações de Hazen-Williams, Flamant ou Universal já vistas em aulas anteriores.

É necessário conhecer o comprimento das canalizações de recalque e de sucção.

Altura Manométrica

4- Perdas de energia LOCALIZADAS nas tubulações de sucção e de recalque :

As perdas localizadas, serão calculadas a partir de tabelas de comprimentos fictícios de peças (métodos dos comprimentos equivalentes).

TABELA 7 - PERDA DE CARGA EM ACESSÓRIOS											
Tabela de perdas de cargas localizadas em conexões, considerando-se os comprimentos equivalentes em metros de canalização											
CONEXÃO		Diâmetro nominal X Equivalência em metros de canalização									
		MATERIAL	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"	4"	5"
Curva 90°		PVC	0,5	0,6	0,7	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,9
		Metal	0,4	0,5	0,6	0,7	0,9	1,0	1,3	1,6	2,1
Curva 45°		PVC	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1
		Metal	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,9
Joelho 90°		PVC	1,2	1,5	2,0	3,2	3,4	3,7	3,9	4,3	4,9
		Metal	0,7	0,8	1,1	1,3	1,7	2,0	2,5	3,4	4,2
Joelho 45°		PVC	0,5	0,7	1,0	1,3	1,5	1,7	1,8	1,9	2,5
		Metal	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	0,9	1,2	1,5	1,9
Tê de passagem direta		PVC	0,8	0,9	1,5	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	3,3
		Metal	0,4	0,5	0,7	0,9	1,1	1,3	1,6	2,1	2,7
Tê de saída lateral		PVC	2,4	3,1	4,6	7,3	7,6	7,8	8,0	8,3	10,0
		Metal	1,4	1,7	2,3	2,8	3,5	4,3	5,2	6,7	8,4
Tê de saída bilateral		PVC	2,4	3,1	4,6	7,3	7,6	7,8	8,0	8,3	10,0
		Metal	1,4	1,7	2,3	2,8	3,5	4,3	5,2	6,7	8,4
União		PVC	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,15	0,2	0,25
		Metal	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,03	0,04

Altura Manométrica

5- Necessidade de pressão no final da tubulação:

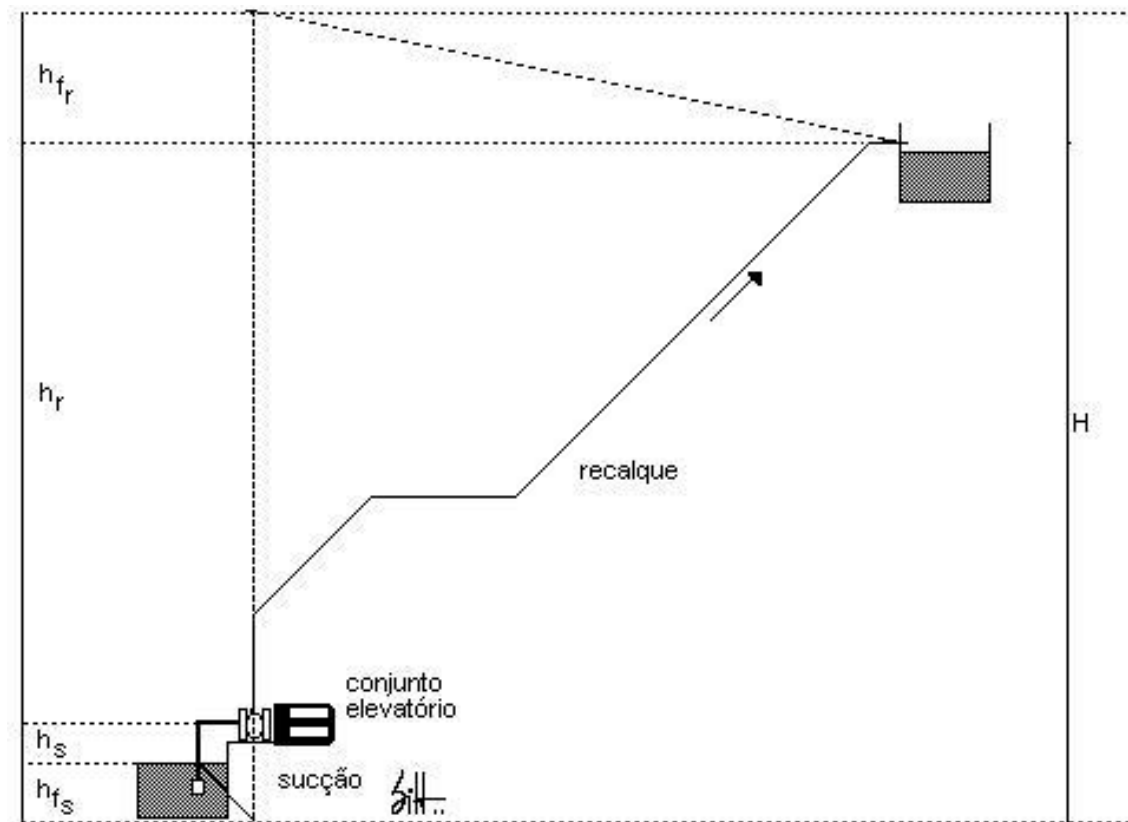
Se houver necessidade de uma pressão adicional para o funcionamento de algum sistema de irrigação, lavadora a jato, ou outro equipamento, deveremos adicionar esse valor na expressão como pressão de serviço (P_s).



Altura Manométrica

Logo, a altura manométrica pode ser calculada utilizando a expressão:

$$H_m = h_{gs} + h_{fs} + h_{gr} + h_{fr} + p_s$$



Potência Requerida pela Bomba

S.I.

$$P_B = \frac{\gamma \times Q \times H_{man}}{\eta}$$

P_B - potência requerida pela bomba (w);
 γ - peso específico do fluido (N/m³);
 Q - vazão volumétrica (m³/s);
 H_{man} - altura manométrica (m.c.a)
 n - rendimento do equipamento (decimal)

No Brasil usa-se P_B em cavalo vapor (CV)

$$P_B = \frac{\gamma \times Q \times H_{man}}{75\eta}$$

P_B - potência requerida pela bomba (CV);
 γ - peso específico do fluido (kgf/m³);
 Q - vazão volumétrica (m³/s);
 H_{man} - altura manométrica (m.c.a)
 n - rendimento do equipamento (decimal)

Potência Instalada em um Sistema de Bombeamento

O acionamento das bombas hidráulicas é feito, na maioria das vezes, através de motores elétricos.

Na maioria dos casos, as bombas hidráulicas são acopladas diretamente ao eixo do motor elétrico, girando, em consequência, com a mesma velocidade rotacional deste.

Os motores elétricos normalmente operam a 1.150, 1.750 e 3.500 rpm. No geral, as bombas hidráulicas pequenas operam a 3.500 rpm, enquanto que as maiores o fazem a rotações mais baixas.

Potência Instalada em um Sistema de Bombeamento

Na escolha do motor elétrico admite-se certa folga de potência em relação àquela requerida pela bomba hidráulica, dentro dos limites apresentados na Tabela:

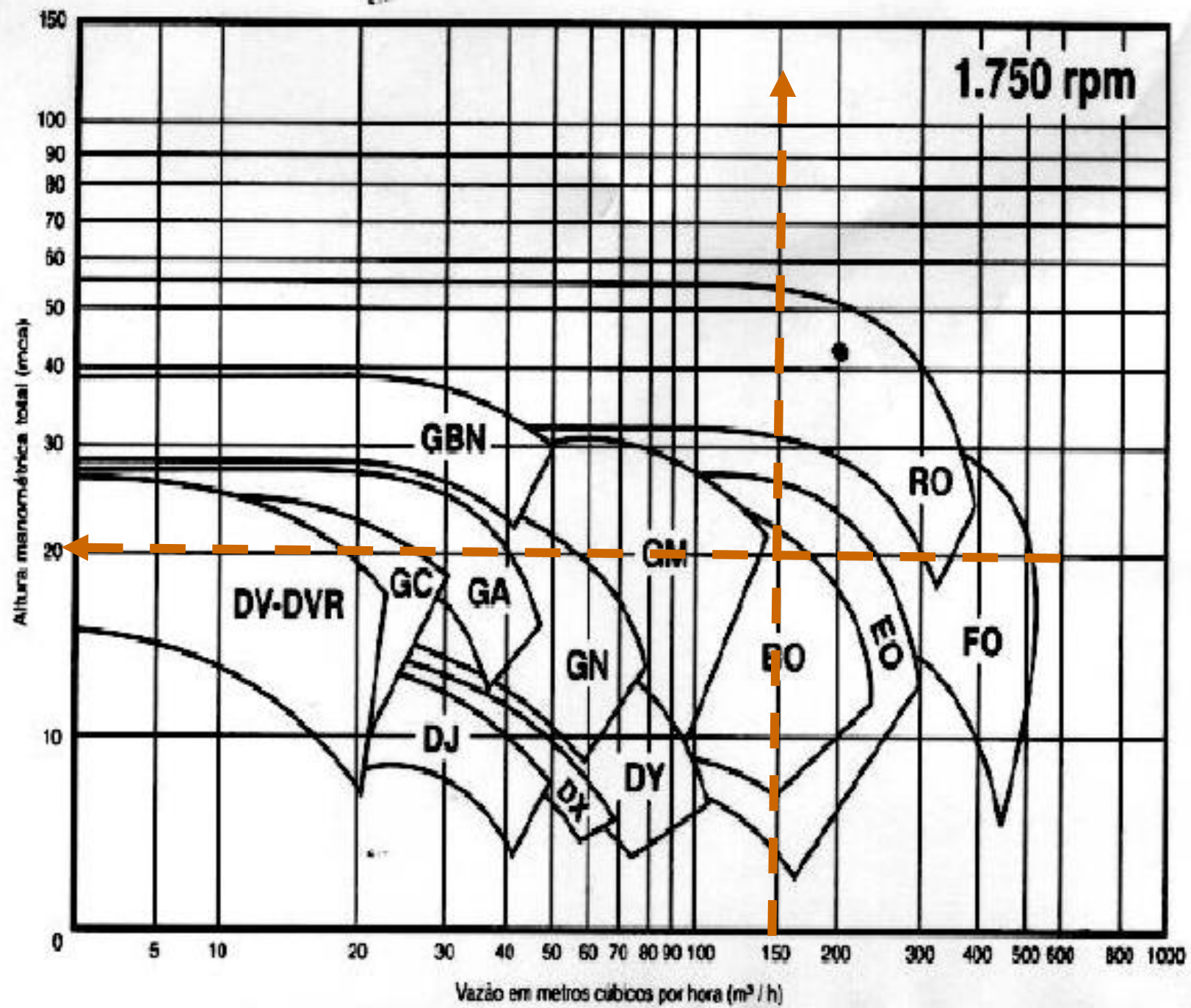
Potência da bomba hidráulica (P_B)	Potência do motor elétrico
$P_B \leq 2CV$	+50%
$2CV < P_B \leq 5CV$	+30%
$5CV < P_B \leq 10CV$	+20%
$10CV < P_B \leq 20CV$	+15%
$P_B > 20CV$	+10%

Escolha da Bomba Hidráulica

Uma vez conhecida a vazão e a altura manométrica total de bombeamento, a escolha inicial, ou a pré-seleção, da bomba hidráulica pode ser feita a partir de gráficos desenvolvidos pelos seus fabricantes.

Os gráficos, também conhecidos como diagramas de cobertura hidráulica, consistem de diagramas cartesianos ($Q \times H_{man}$).

Estes gráficos são normalmente construídos para duas frequências de corrente elétrica, 50 e 60 Hz, e duas velocidades de rotação do rotor, uma alta e outra baixa.

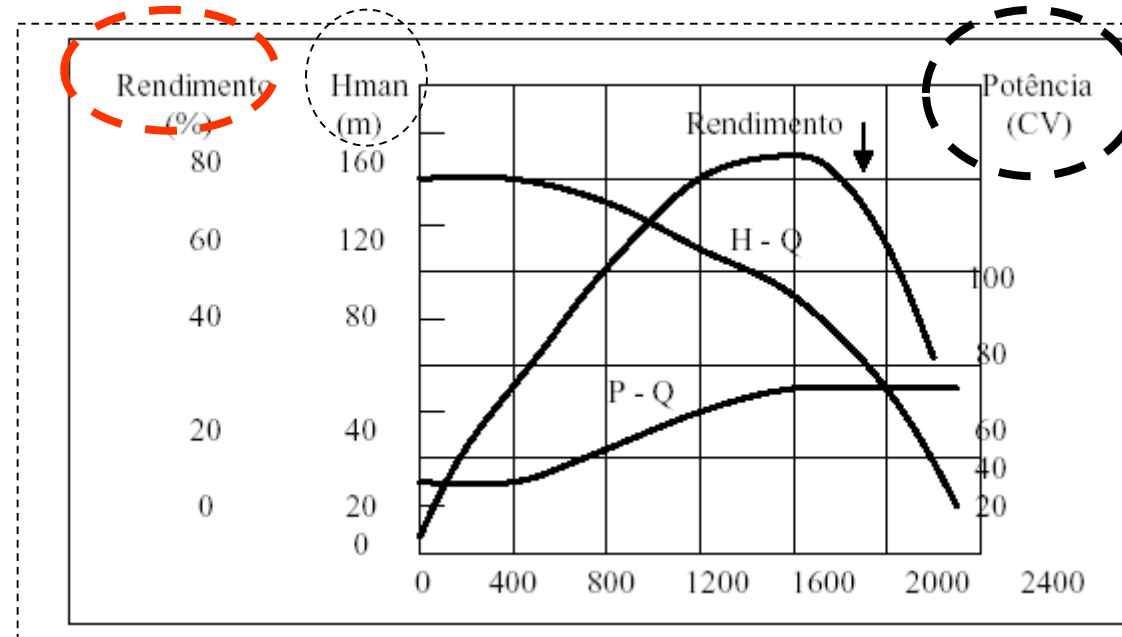
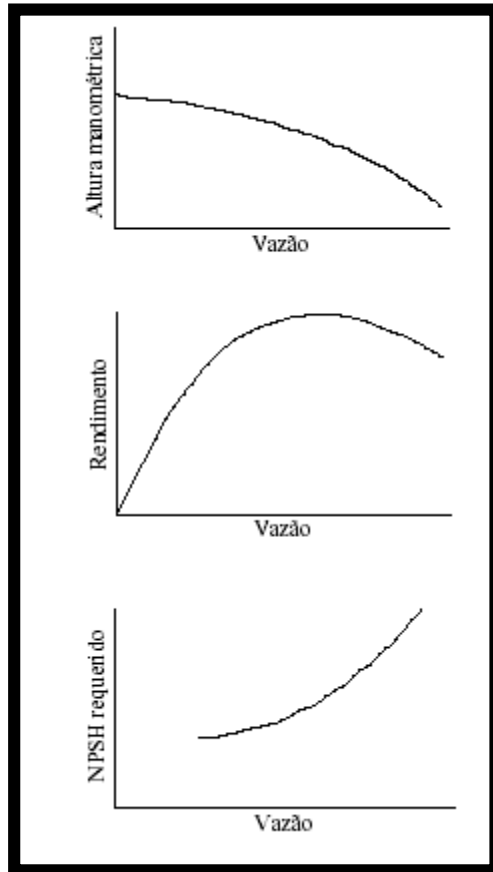


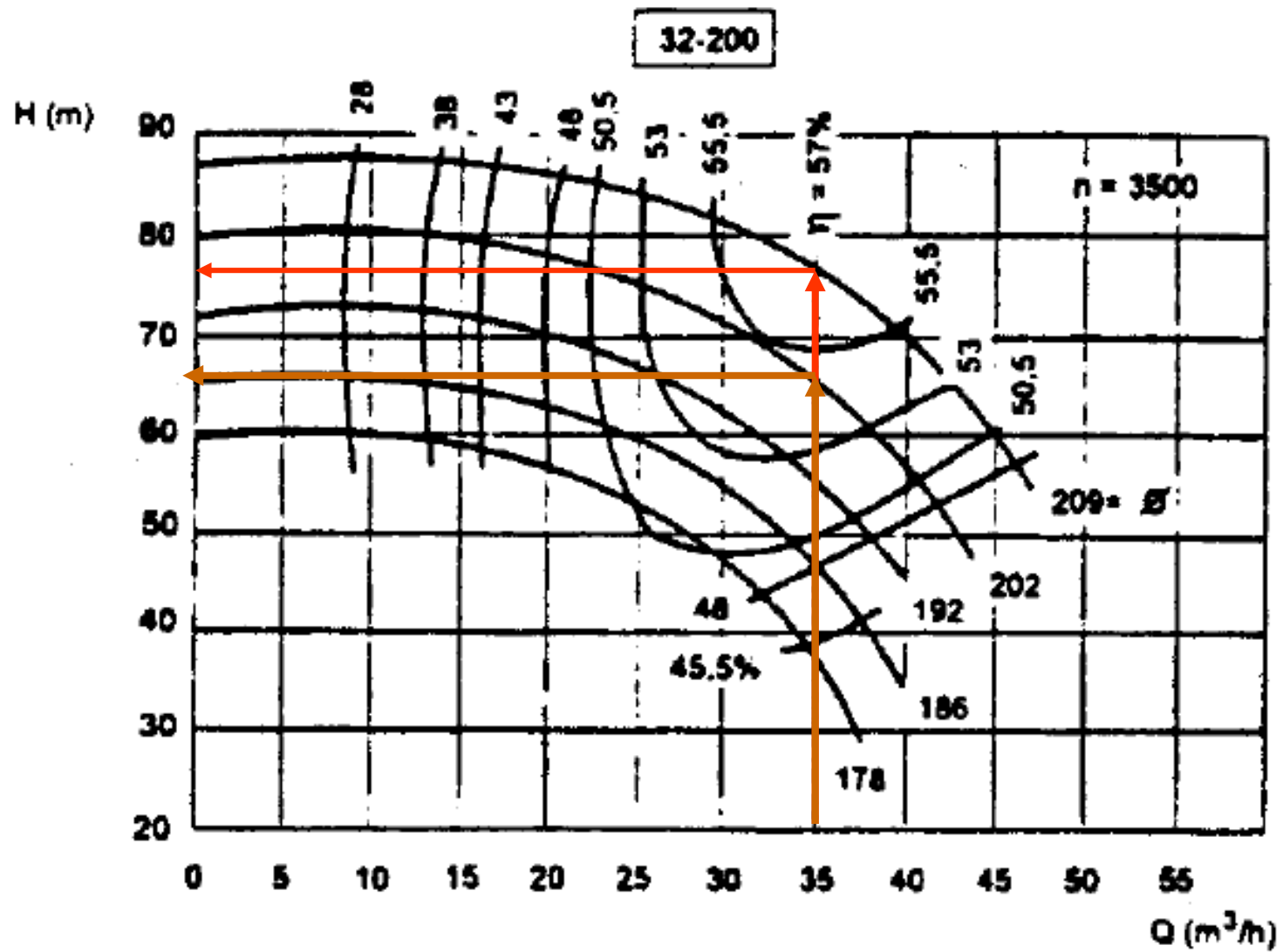
Escolha da Bomba Hidráulica

Curvas Características das bombas hidráulicas:

Os gráficos de pré-seleção indicam o tipo de modelo de bomba hidráulica mais adequado ao caso em estudo. No entanto, cada tipo de bomba possui um conjunto de gráficos, denominados de curvas características, que mostra as inter-relações entre a **vazão**, a **altura manométrica**, a **potência necessária** e a **eficiência mecânica do equipamento**.

Curvas Características das bombas hidráulicas:





curvas características para diversos diâmetros de rotor.

Exercício

Para $Q=50 \text{ m}^3/\text{h}$ e $H_{\text{man}}=40 \text{ m.c.a}$ com as curvas características da marca KSB determinar:

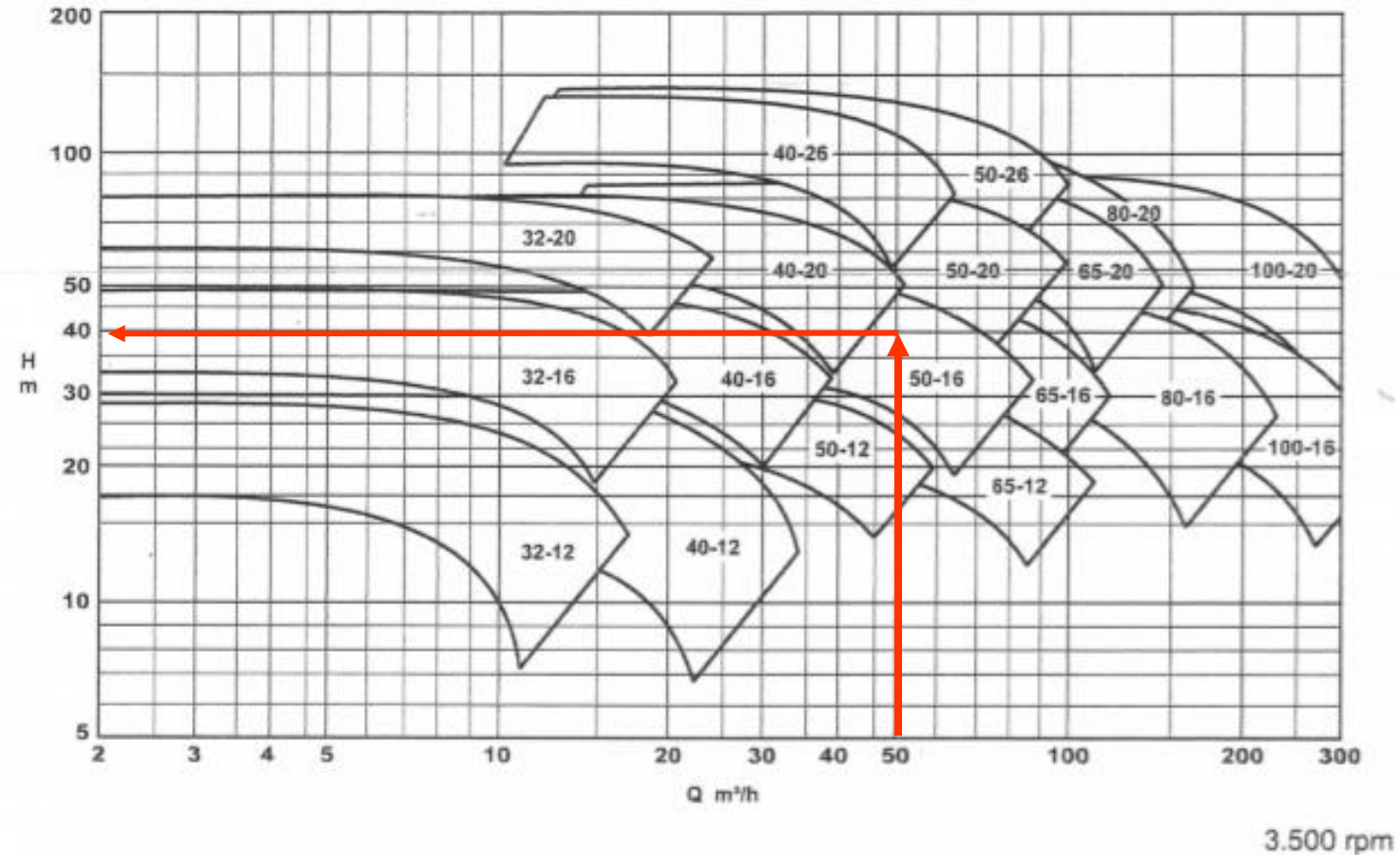
1. Modelo da bomba para 3.500 rpm e 60 Hz;
2. Diâmetro do rotor;
3. Rendimento;
4. Potência da bomba;
5. Potência do motor.

Exercício

1. Modelo da bomba para 3.500 rpm e 60 Hz;

$Q=50 \text{ m}^3/\text{h}$ e $H_{\text{man}}=40 \text{ m.c.a}$

Modelo: 50-16



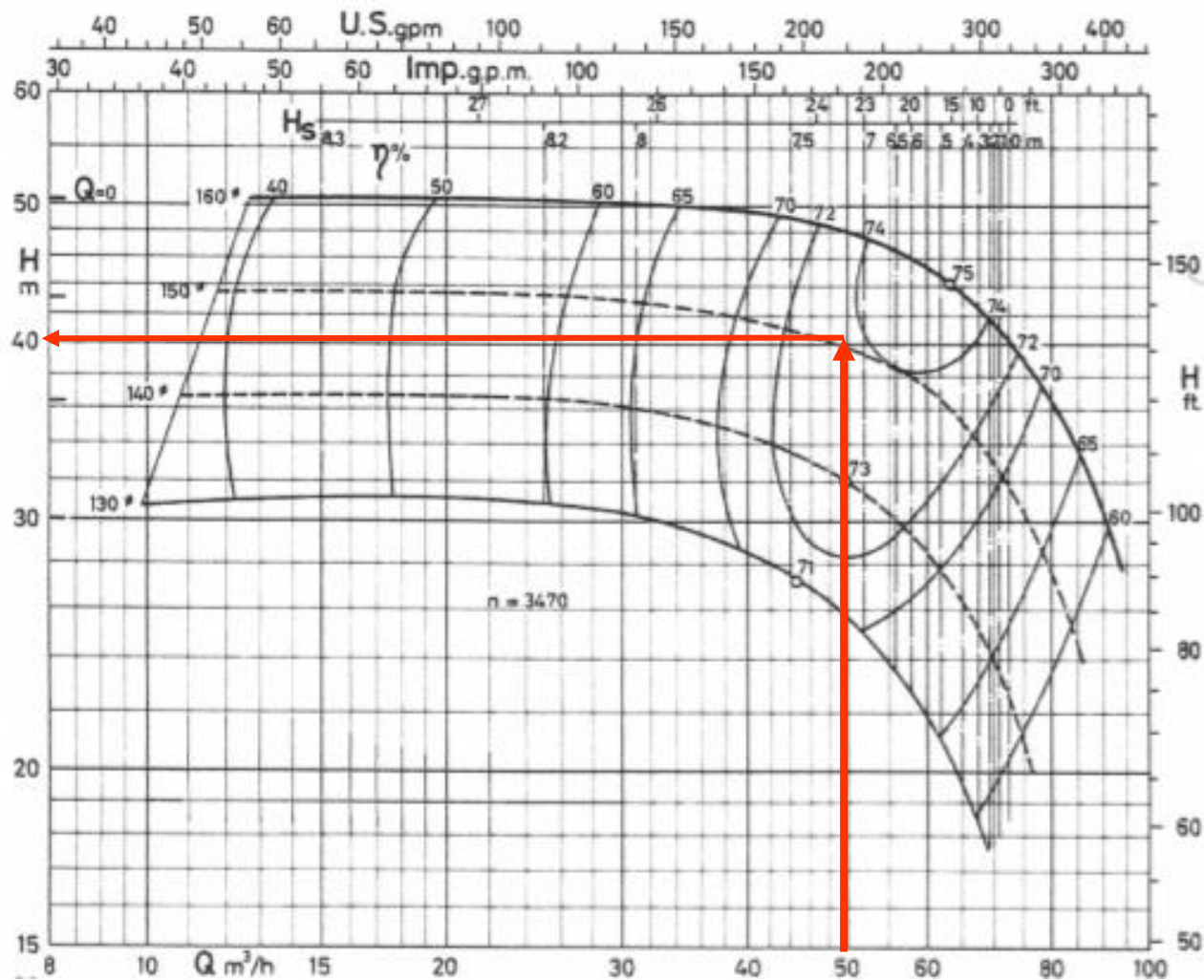
Exercício

2. Diâmetro do rotor;

$Q=50 \text{ m}^3/\text{h}$ e $H_{\text{man}}=40 \text{ m.c.a}$

Altura Manométrica
Head
Altura Manométrica

Diâmetro: 150 mm



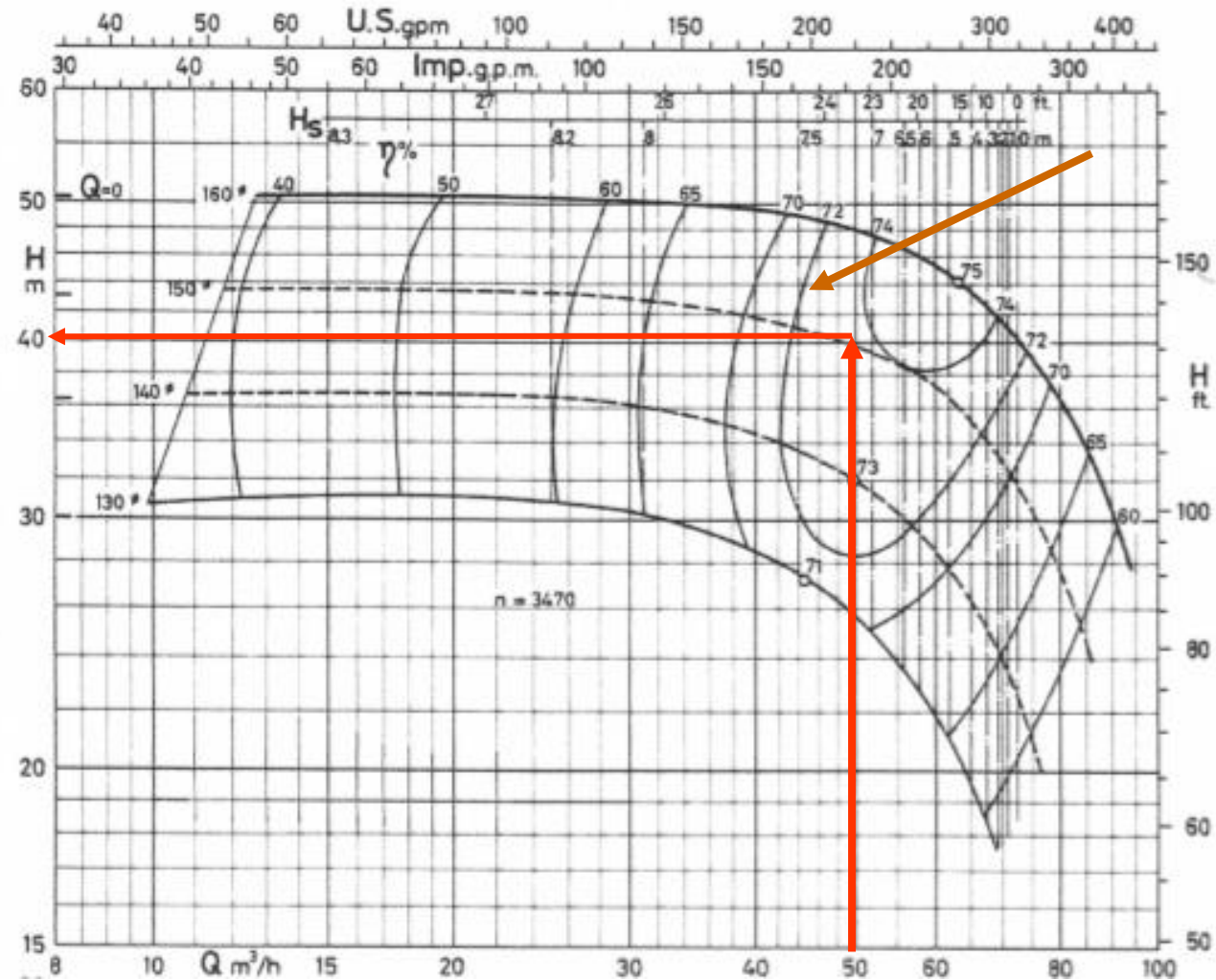
Exercício

3. Rendimento;

$Q=50 \text{ m}^3/\text{h}$ e $H_{\text{man}}=40 \text{ m.c.a}$

Altura Manométrica
Head
Altura Manométrica

Rendimento: 72%

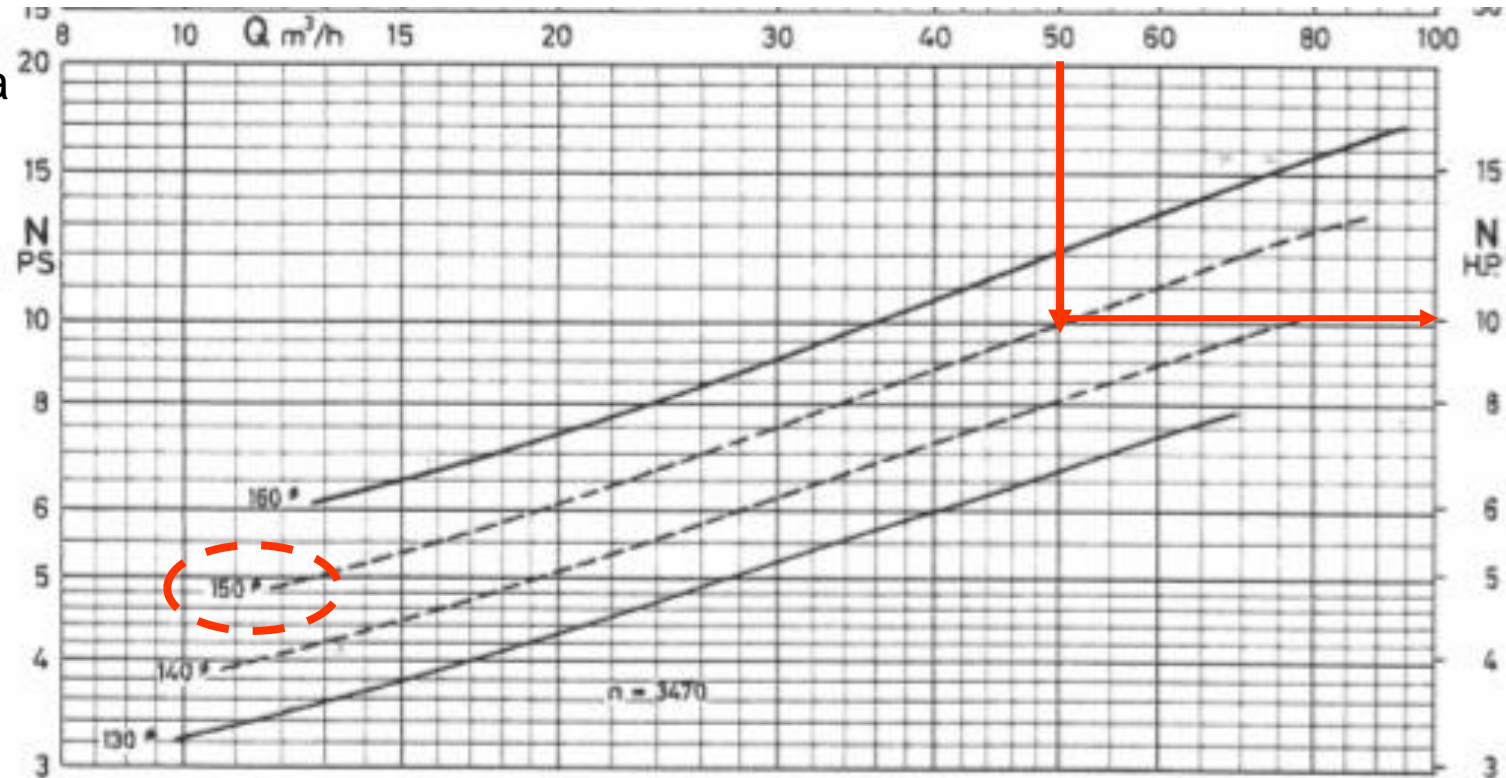


Exercício

4. Potência da bomba;

$Q=50 \text{ m}^3/\text{h}$ e $H_{\text{man}}=40 \text{ m.c.a}$

Potência Necessária
Shaft Power
Potencia Necesaria



Potência da Bomba: 10 cv

Exercício

5. Potência do motor;

$Q=50 \text{ m}^3/\text{h}$ e $H_{\text{man}}=40 \text{ m.c.a}$

Potência da Bomba: 10 cv

Potência do Motor: 12 cv

Potência da bomba hidráulica (P_B)	Potência do motor elétrico
$P_B \leq 2\text{CV}$	+50%
$2\text{CV} < P_B \leq 5\text{CV}$	+30%
$5\text{CV} < P_B \leq 10\text{CV}$	+20%
$10\text{CV} < P_B \leq 20\text{CV}$	+15%
$P_B > 20\text{CV}$	+10%

Associação de Bombas Centrifugas

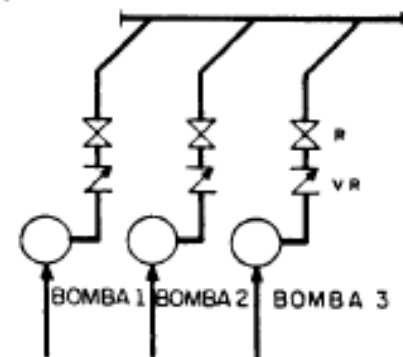
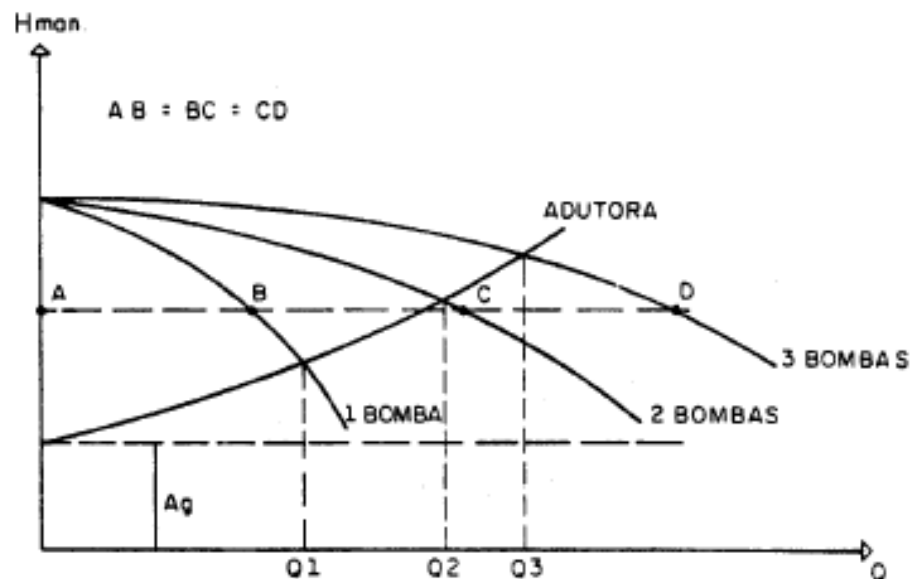
Várias são as razões que levam à necessidade de fazer associação de bombas.

- a) Quando a vazão é muito grande e no mercado não existem bombas capazes de atender à demanda pretendida;**
- b) Aumento da vazão no tempo;**
- c) Inexistência de bombas capazes de vencer uma grande altura manométrica.**

Associação de Bombas Centrifugas

Bombas em Paralelo:

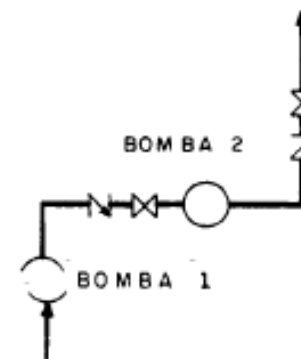
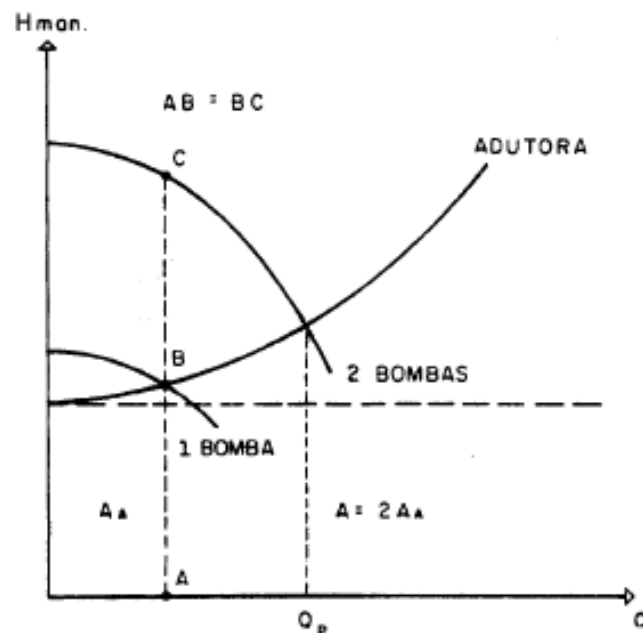
A associação em paralelo é muito utilizada nos casos em que uma bomba somente não atende a vazão ou quando se deseja aumentar a capacidade do sistema por partes. A curva característica do sistema resultante da associação em paralelo é obtida adicionando as abcissas (Q) das curvas de cada bomba, para uma mesma altura manométrica.



Associação de Bombas Centrifugas

Bombas em Série:

É utilizada para vencer uma altura manométrica muito elevada. A curva resultante deste tipo de associação é obtida somando as ordenadas (Hm) das curvas de cada bomba, para uma mesma vazão. Existe no mercado bombas com mais de um rotor dispostos em série. São as bombas de **múltiplo estágio**.



Aula Prática

DATA 02/05/2023 - Turma 1: André Campos Moreira a Leonardo Manoel Abrahão

DATA 09/05/2023 - Turma 2: Leonardo Puertas Fabriga a Yngrid Mayuri Shiga Berreta

HORÁRIO 8h00

Local: Laboratório de Biossistemas – Departamento de Eng. De Biossistemas

NÃO ESQUEÇAM O JALECO!

Relatório - Aula Prática

DATA DE ENTREGA PARA AS DUAS TURMAS: 22/05/2023

INDIVIDUAL OU EM DUPLA DA MESMA TURMA.

CONTEÚDO

- Introdução
- Material e Métodos
- Resultados e Discussão
- Conclusão
- Referências bibliográficas