

BOMBAS INDUSTRIAIS

Definição

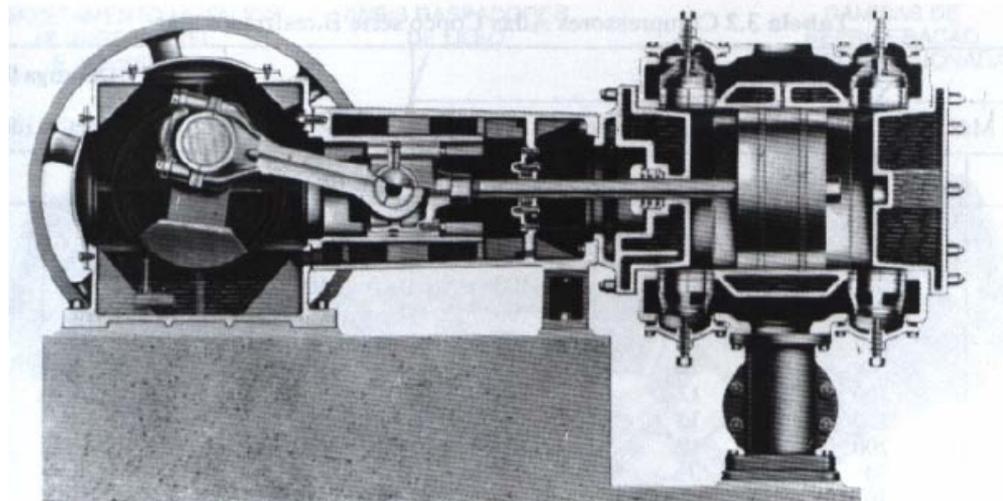
- São equipamentos mecânicos destinados á transferência de líquidos de um ponto para outro com auxílio de tubulações, fornecendo-lhe um acréscimo de energia.

- Essa transferência ocorre em função da bomba fornecer ao liquido aumento de energia de pressão e velocidade

- Aplicações:
 - Usos Domiciliares
 - Industria Química, Petroquímica e Petrolífera
 - Serviço de abastecimento d' água e Esgoto
 - Sistema de drenagem

Equipamento para bombeamento de fluidos

- A escolha de uma bomba para uma determinada operação é influenciada pelos seguintes fatores:
- A quantidade de líquido a transportar.
 - A carga contra a qual há que bombear o líquido.
 - A natureza do líquido a bombear.
 - A natureza da fonte de energia.
 - Se a bomba é utilizada apenas intermitente.



Tipos de Bombas

- **Bombas de Deslocamento Positivo** –São usadas para bombeamento contra altas pressões e quando requerem vazões de saída quase constantes. As bombas de deslocamento positivo se dividem em dois tipos:
 - Alternativas
 - Rotativa
- **Bombas Centrífugas** - Caracterizam-se por operarem com altas vazões, pressões moderadas e fluxo contínuo.
 - Radias
 - Francis
- **Bomba Diafragma** –São usadas para suspensões abrasivas e líquidos muito viscosos.
- **Bomba A Jato** – Usam o movimento de uma corrente de fluido a alta velocidade para imprimir movimento a outra corrente, misturando as duas.
- **Bomba Eletromagnética** – Princípio igual ao motor de indução usada com líquidos de alta condutividade elétrica não tem partes mecânicas móveis.

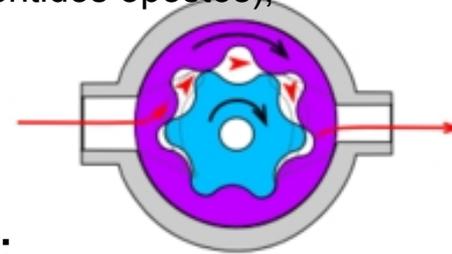
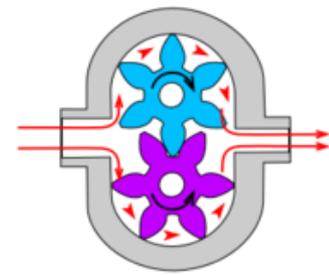
Tipos de Bombas de deslocamento positivo:

OPERAÇÕES

Engrenagens (para óleos);

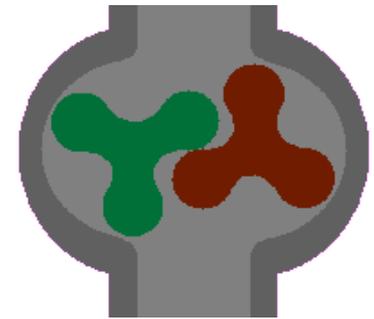
atuada externamente (as 2 engrenagens giram em sentidos opostos);

atuada internamente (só um rotor motriz);



Rotores lobulares: bastante usada em alimentos;

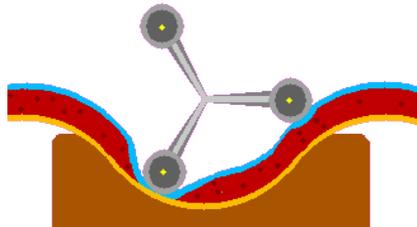
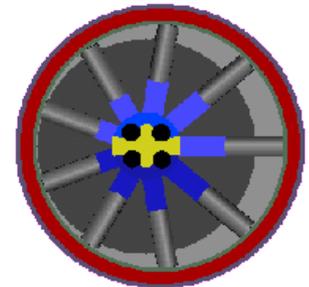
Parafusos helicoidais (maiores pressões);



Palhetas: fluidos pouco viscosos e lubrificantes;



Peristáltica: pequenas vazões, permite transporte asséptico.



USOS:

- Nas indústrias farmacêuticas, de alimentos e de petróleo.

Tipos de Bombas



Centrífugas



Rotativas



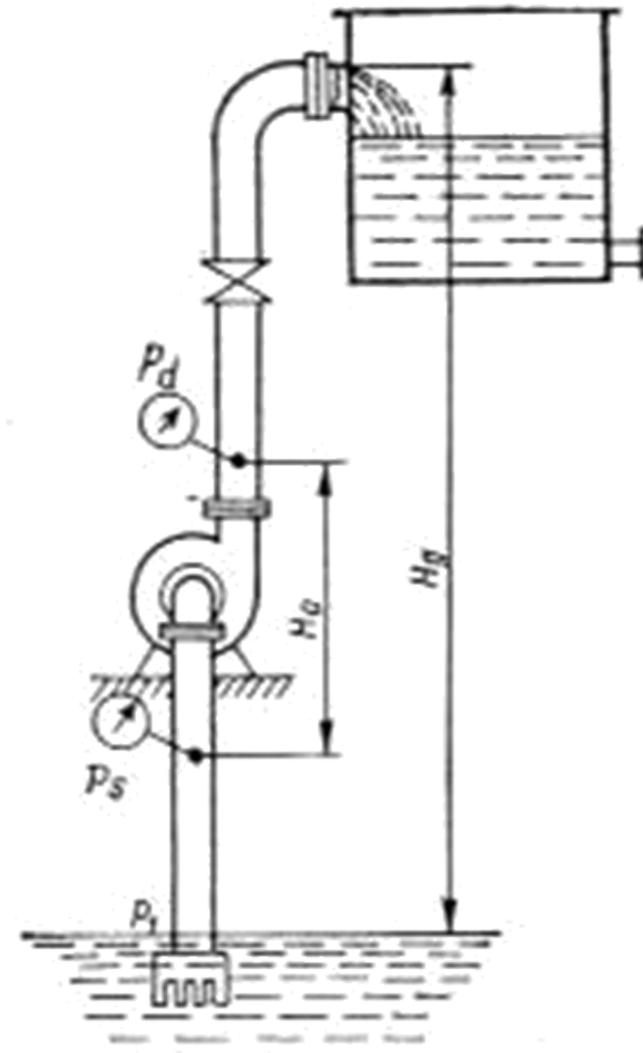
Alternativas

Comparativo

	CENTRIFUGAS	ALTERNATIVAS	ROTATIVAS
VANTAGENS	Ausência de ponto morto	Melhor rendimento que as bombas centrífugas	Ausência de ponto morto
	Menor preço de aquisição	São indicadas para trabalharem com baixa vazão e alta pressão	Ocupam espaço reduzido
	Baixo custo de manutenção	Não há necessidades de escovamento	Vazão uniforme
	Ocupa menor espaço físico		Baixa vibração
	Não possuem válvulas		Necessitam de fundações simples
	Menor vibração		Mais eficiente que as bombas centrífugas
	Necessitam de fundações mais simples		
	Bombeiam líquido com impurezas como lodo, lama e etc		
DESVANTAGENS	Menor rendimento	Vazão pulsátil e função do seu movimento retilíneo alternado	Não são aconselháveis para líquidos abrasivos
	Aspiração mais difícil	Ocupam grande espaço	Contra indicadas para grandes vazões
	Escorvamento	Requer fundações mais rígidas	Requer manutenção mais freqüente que as bombas centrífugas
	Não é aconselhável para trabalhar com pequenas vazões e altas pressões.	Possuem válvulas internamente	
		Vibram muito, mesmo que em marcha lenta	
	Mais alto custo de aquisição e manutenção		

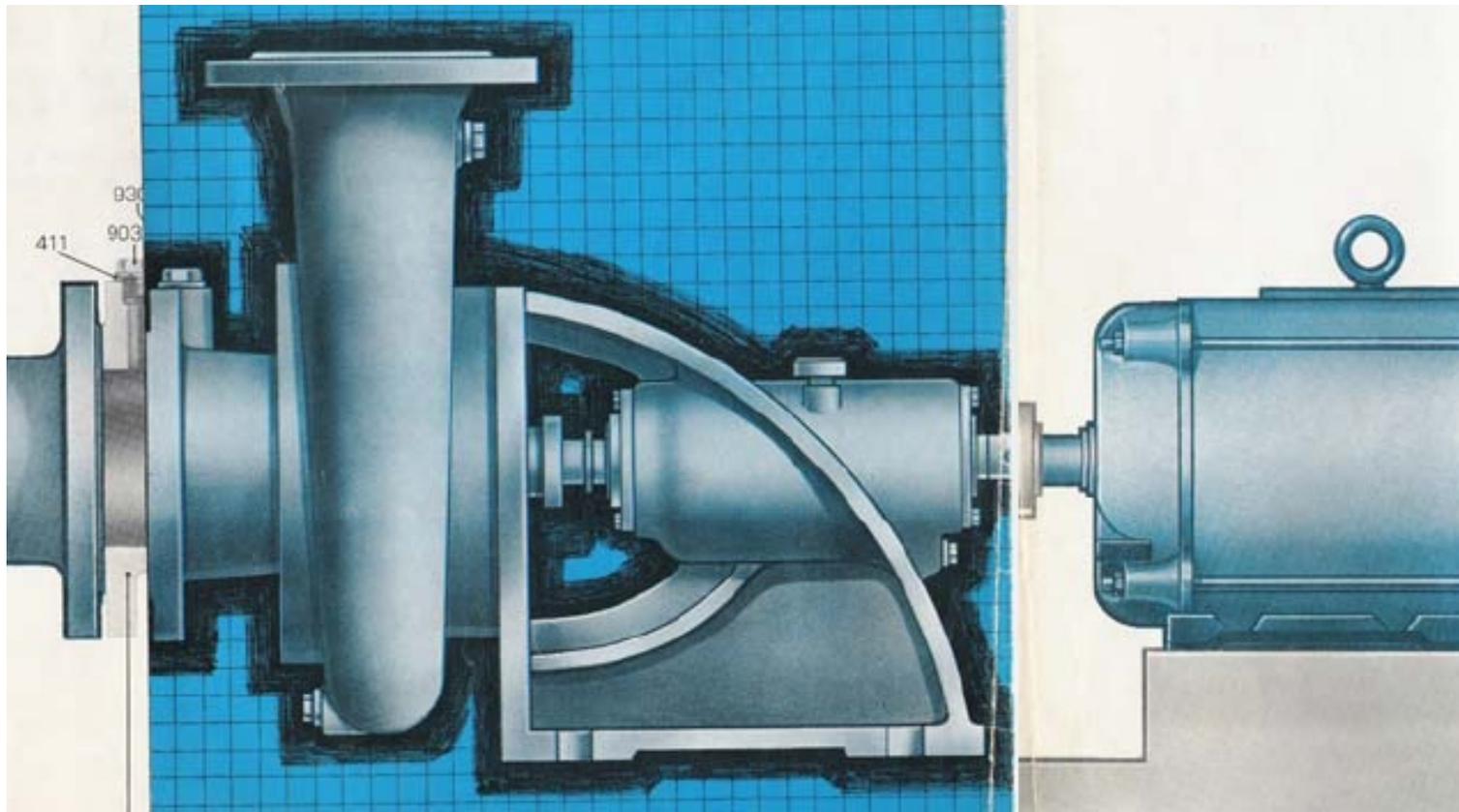
Bombas Centrífugas

→ Bombas são equipamentos que conferem energia de pressão aos líquidos com a finalidade de transportá-los de um ponto para outro.



Bombas Centrífugas

- Nas bombas centrífugas, a movimentação do líquido é produzida por forças desenvolvidas na massa líquida pela rotação de um rotor



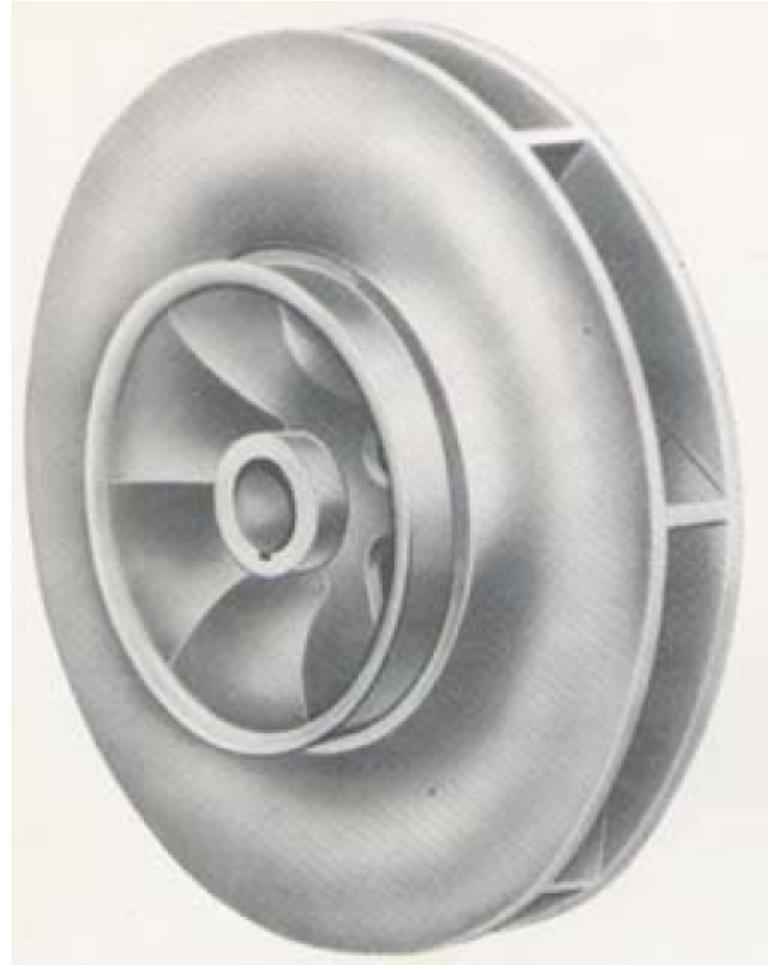
Introdução

- Os principais requisitos para que uma bomba centrífuga tenha um desempenho satisfatório:
 - Instalação correta,
 - Operação com os devidos cuidados e,
 - Manutenção adequada
- Condições de perda de fluxo, :
 - Problemas de vedação
 - Problemas relacionados a partes da bomba ou do motor:
 - Perda de lubrificação
 - Refrigeração
 - Contaminação por óleo
 - Vazamentos na carcaça da bomba
 - Níveis de ruído e vibração muito altos
 - Problemas relacionados ao mecanismo motriz (turbina ou motor)

Qualquer operador que deseje proteger suas bombas de falhas freqüentes, além de um bom entendimento do processo, também deverá ter um bom conhecimento da mecânica das bombas

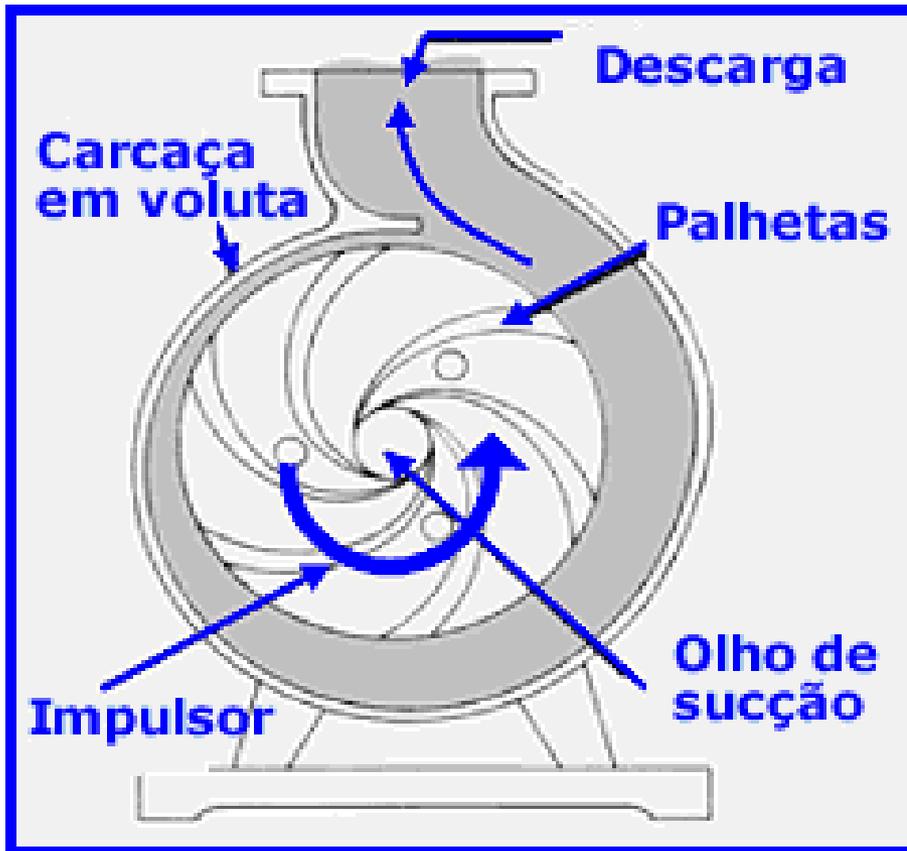
Princípios de Funcionamento

- O líquido entra no bocal de sucção e no centro de um dispositivo rotativo conhecido como impulsor.
- Quando o impulsor gira, ele imprime uma rotação ao líquido situado nas cavidades entre as palhetas externas, proporcionando-lhe uma aceleração centrífuga.
- Cria-se uma área de baixa-pressão no olho do impulsor causando mais fluxo de líquido através da entrada.
- Como as lâminas do impulsor são curvas, o fluido é impulsionado nas direções radial e tangencial pela força centrífuga.



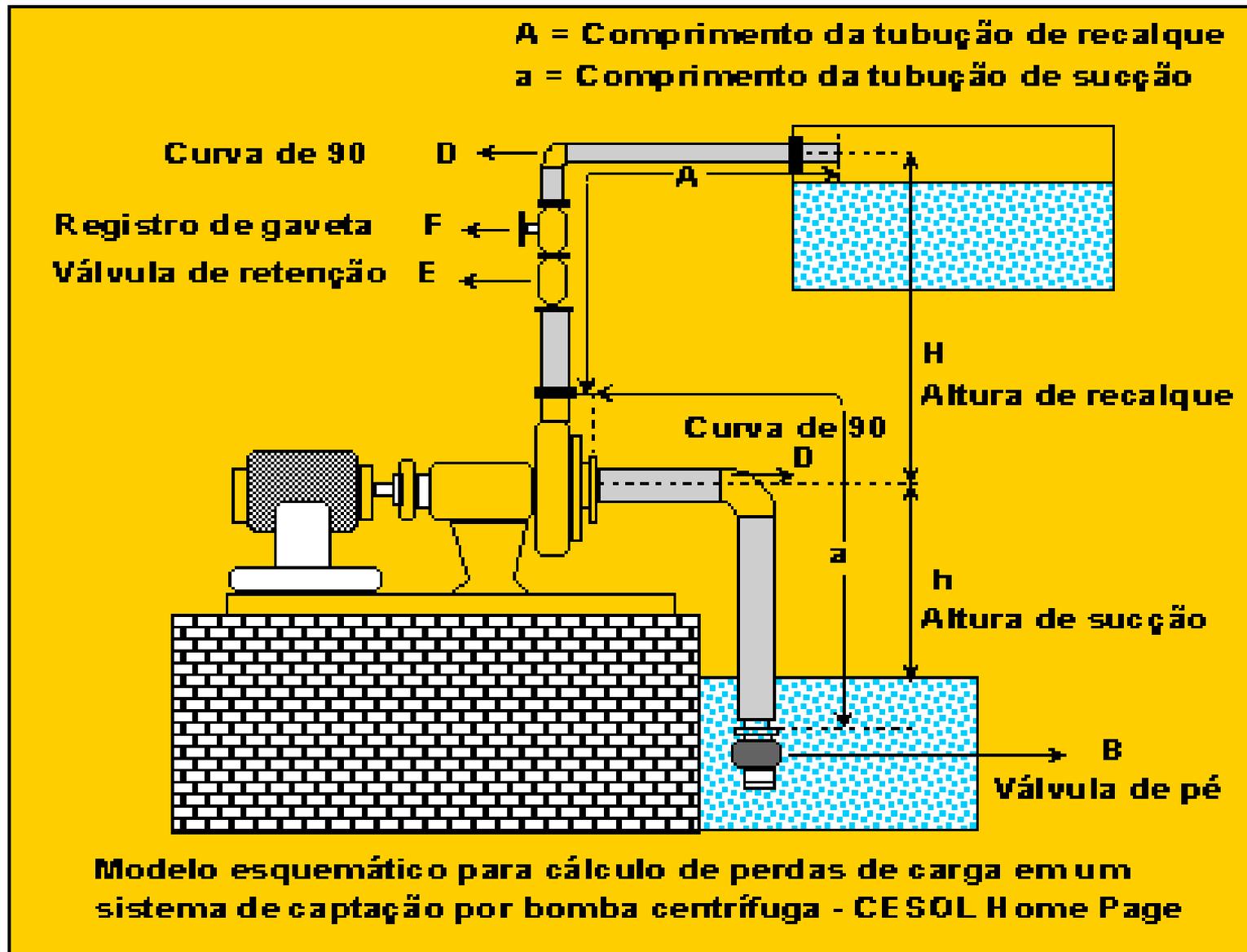
Princípios de Funcionamento

Todo o funcionamento da bomba se baseia na criação de um diferencial de pressão no seu interior

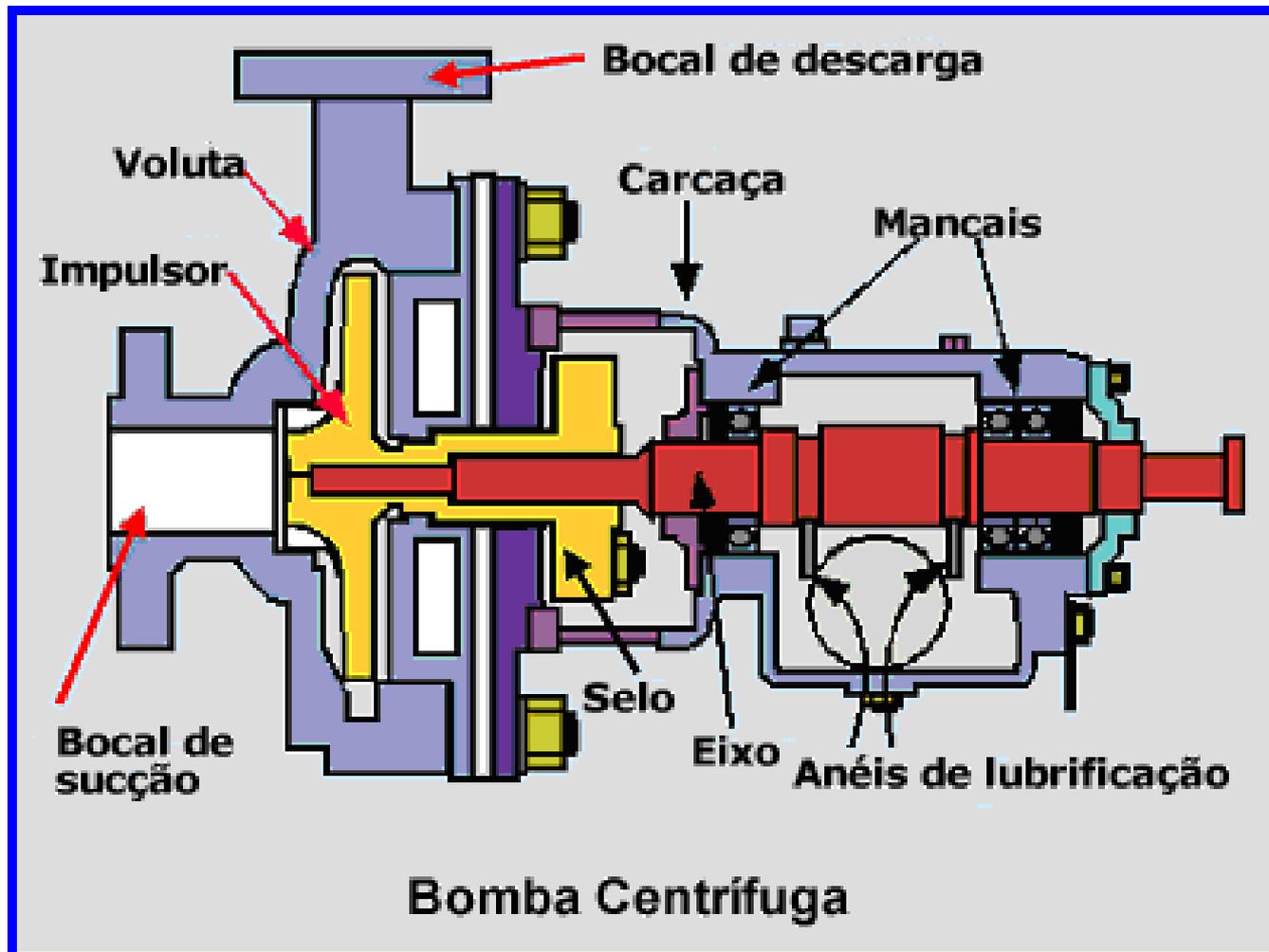


1. Escorvamento
2. Rotação (centrípeta)
3. Vácuo Centro
4. Crescimento da área de liquido na periferia
5. Diminuição da velocidade
6. Aumento Pressão

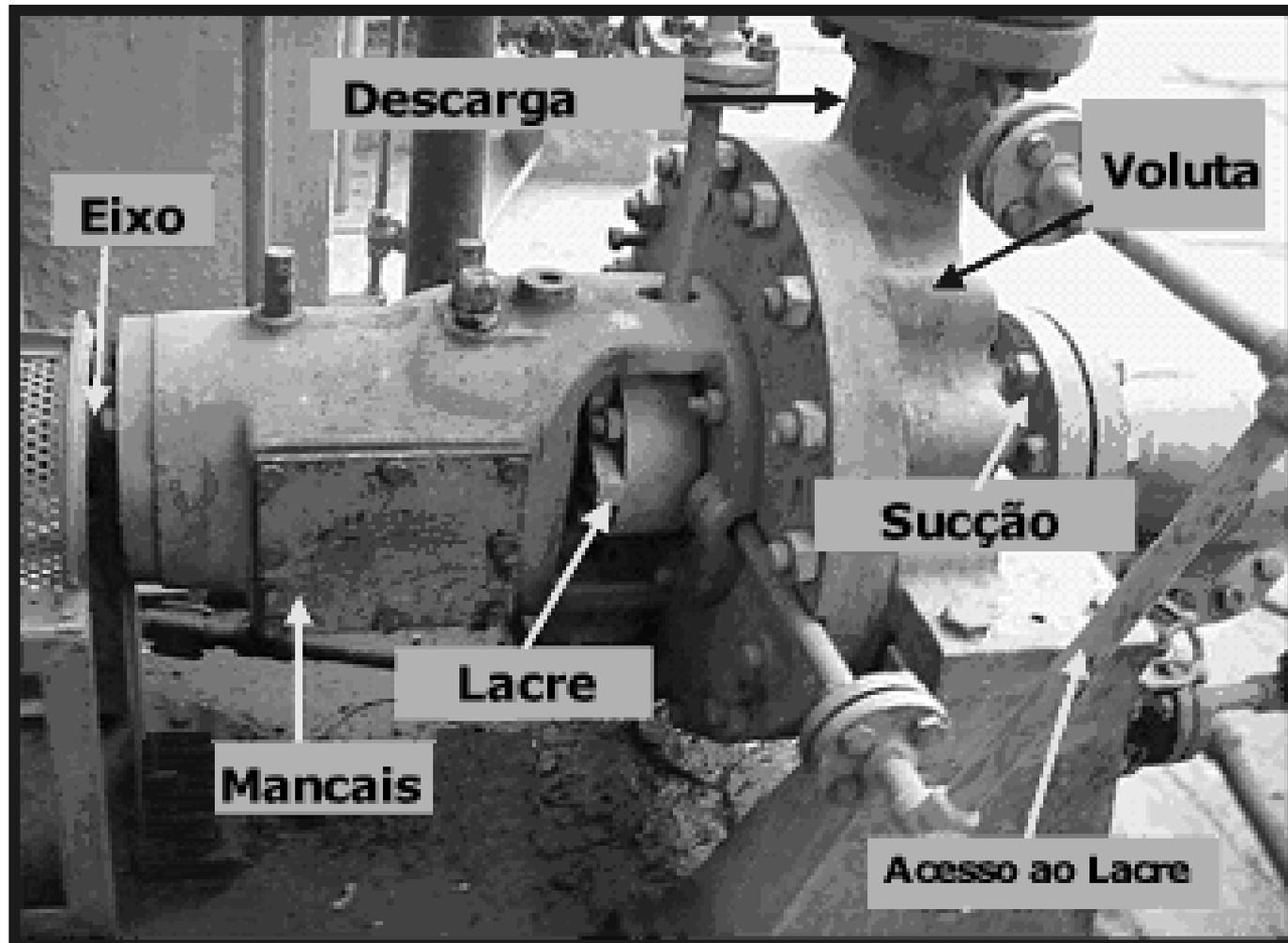
OPERAÇÕES UNITÁRIAS



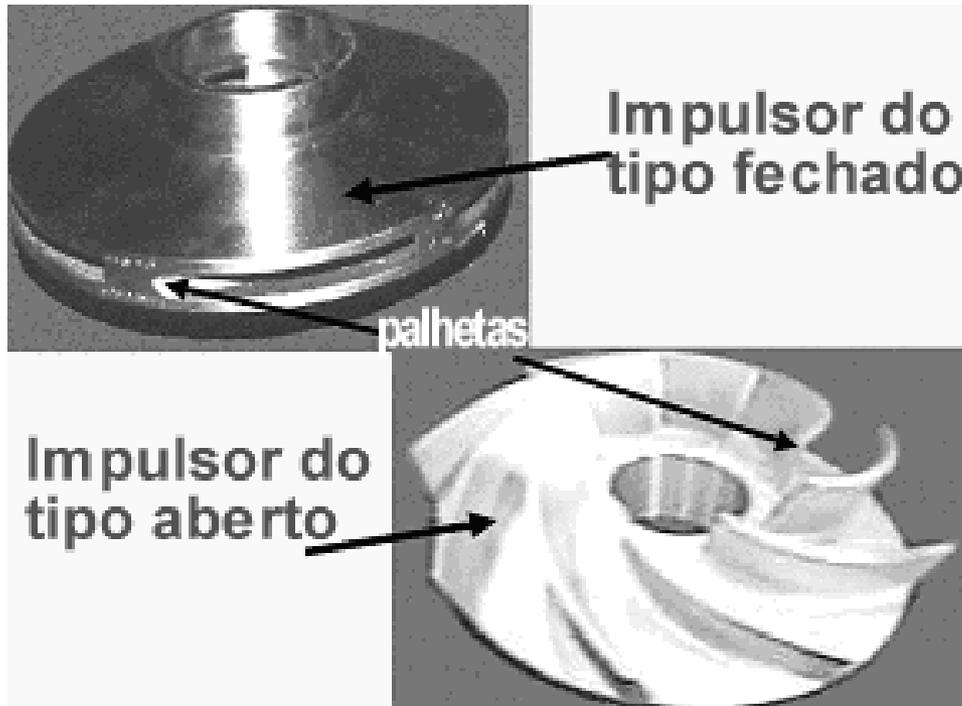
Partes de uma Bomba Centrífuga



Partes de uma Bomba Centrífuga



Partes de uma Bomba Centrífuga



Luva do Eixo

Definição de Termos Importantes

- Os parâmetros chaves de desempenho de bombas centrífugas são:
 - Capacidade
 - Carga
 - NPSH
 - BHP (potência de freio)
 - BEP (ponto de melhor eficiência)
 - Velocidade específica
 - Leis de Afinidade
- As curvas de bomba provêm a janela operacional dentro da qual estes parâmetros podem ser variados para operação satisfatória da bomba satisfatória.

Capacidade

- Capacidade significa a taxa de fluxo (vazão volumétrica) com que o líquido é movido ou é empurrado pela bomba ao ponto desejado no processo.
- A capacidade depende de vários fatores como:
 - Características do líquido de processo, isto é, densidade, viscosidade, etc.
 - Tamanho da bomba e de suas seções de entrada e de saída
 - Tamanho do impulsor
 - Velocidade de rotação do impulsor RPM
 - Tamanho e forma das cavidades entre as palhetas
 - Condições de temperatura e pressão da sucção e descarga

Carga

- A pressão em um ponto qualquer de um líquido pode ser imaginada como sendo causada pelo peso de uma coluna vertical do líquido. A altura desta coluna é chamada de carga estática e é expressa em termos de pés de líquido.
- Carga estática de sucção, h_s
 - Carga estática de descarga, h_d
 - Carga de Fricção, h_f
 - Carga de pressão de vapor, h_{vp}
 - Carga de Pressão, h_p
 - Carga de Velocidade, h_v
 - Carga Total de Sucção H_s
 - Carga Total de Descarga H_d
 - Carga Diferencial Total H_T
 - Carga de Sucção Positiva Líquida Requerida **NPSH_r**
 - Carga de Sucção Positiva Líquida Disponível **NPSH_d**

Carga

- Carga de Sucção Total (HS): É a carga de pressão no reservatório de sucção (hpS) mais a carga estática de sucção (hS) mais a carga de velocidade na flange de sucção da bomba (hVS) menos a carga de fricção na linha de sucção (hfS).

$$HS = hpS + hS + hvS - hfS$$

- Carga Total de Descarga (Hd): É a carga de pressão de descarga no reservatório (hpd), mais a carga estática de descarga (hd) mais a carga de velocidade no flange de descarga da bomba (hvd) mais a carga de fricção total na linha de descarga (hfd). A carga de descarga total é a leitura de um manômetro no flange de descarga, convertida a pés de líquido

$$Hd = hpd + hd + hvd + hfd$$

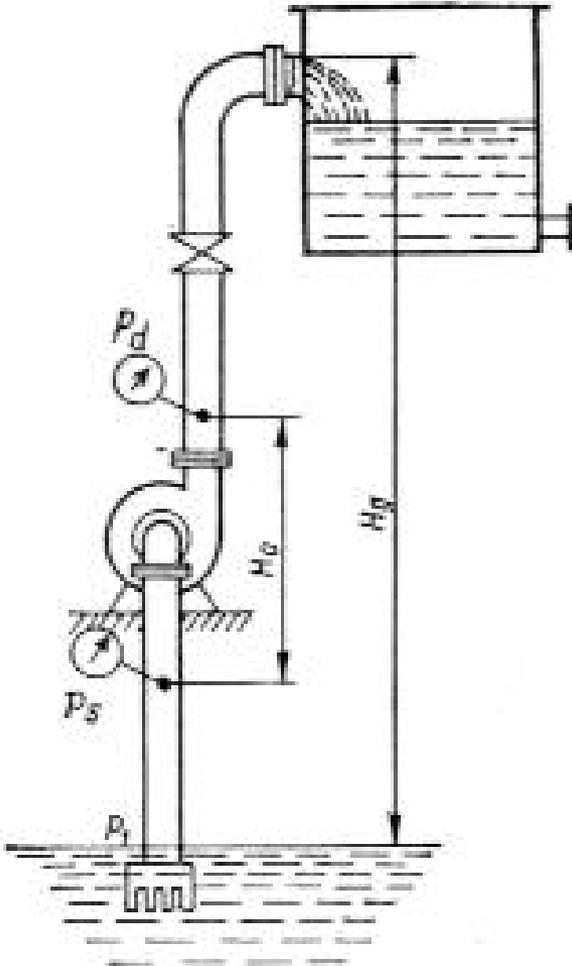
Carga Total

- A **carga total, H**, desenvolvida por uma bomba é determinada por

$$H = \frac{p_2 - p_1}{\rho g} + H_g + h$$

- Onde

- H = carga total desenvolvida pela bomba em metros de coluna do líquido bombeado
- p_d, p_1 = pressões na zona de descarga e na zona de sucção, respectivamente, Pascal
- H_g = altura geométrica a qual o líquido é elevado, m
- h = carga requerida para criar uma velocidade e para superar a resistência do atrito nos tubos e obstáculos locais nas linhas de sucção e descarga, m
- $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ = aceleração da gravidade



NPSH

- As operações de bombeamento, a pressão em qualquer ponto da linha de sucção nunca deve ser menor que a pressão de vapor P_v do líquido bombeado na temperatura de trabalho, caso contrário haveria vaporização do líquido, com conseqüente redução da eficiência de bombeio.
- Para evitar estes efeitos negativos, a energia disponível para levar o fluido do reservatório até o bocal de sucção da bomba deverá ser a altura estática de sucção h_s menos a pressão de vapor do líquido na temperatura de bombeio.
- Esta energia disponível é chamada Saldo de Carga de Sucção (em inglês, Net Positive Suction Head - NPSH).

NPSH

- NPSH disponível (NPSH_d): é característica do sistema no qual a bomba opera
- NPSH requerido (NPSH_r): enquanto que o NPSH requerido é função da bomba em si, representando a energia mínima que deve existir entre a carga de sucção e a pressão de vapor do líquido para que a bomba possa operar satisfatoriamente.

NPSH

→ A fórmula para calcular a NPSHd é dada abaixo:

$$\mathbf{NPSH}_{aS} = \mathbf{h}_{pS} + \mathbf{h}_S - \mathbf{h}_{vps} - \mathbf{h}_{fs}$$

→ onde:

- h_{pS} = carga de pressão,
- h_S = carga estática de sucção
- h_{vps} = carga de pressão de vapor
- h_{fs} = carga de fricção,

→ Pelo que foi dito acerca do NPSH disponível e requerido, ficou claro que a bomba opera satisfatoriamente se:

$$\mathbf{NPSHd} > \mathbf{NPSHr}$$

Potência e Eficiência

- Potência de Freio (BHP = break horse power): É o trabalho executado por uma bomba; é função da carga total e do peso do líquido bombeado, em um determinado período de tempo.
- Potência de Entrada da Bomba ou potência de freio (BHP) é a potência real entregue ao eixo da bomba.
- Produção da Bomba, ou Potência Hidráulica, ou Potência de água (WHP) é a potência do líquido entregue pela bomba.

Potência e Eficiência

- O B.E.P. (ponto de melhor eficiência) é a área na curva onde a conversão de energia de velocidade em energia de pressão a uma determinada vazão, é ótima; em essência, é o ponto onde a bomba é mais eficiente.
- No dimensionamento e seleção de bombas centrífugas para uma determinada aplicação, a eficiência da bomba é levada em conta no projeto.
- A eficiência de bombas centrífugas é tomada como uma porcentagem e representa uma unidade de medida que descreve a conversão da força centrífuga em energia de pressão.

Velocidade Específica

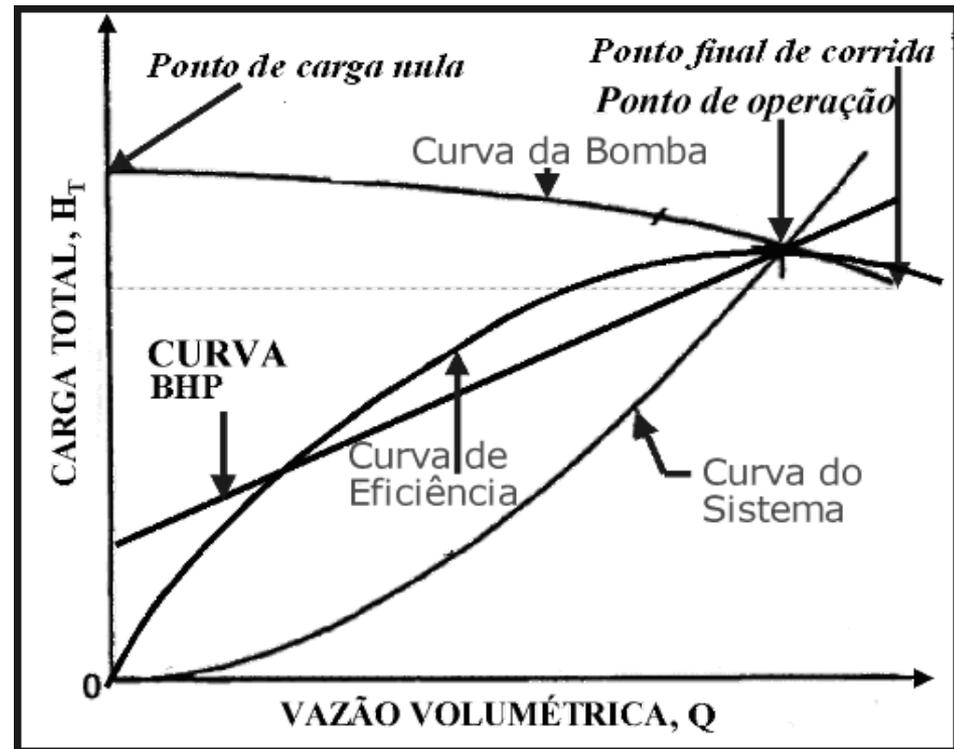
- A velocidade específica (N_s) é um índice adimensional de projeto, que identifica a semelhança geométrica de bombas.
- É usada para classificar os impulsores de acordo com seus tipos e proporções.
- Bombas de mesmo N_s , mas de tamanhos diferentes, são consideradas geometricamente semelhantes, sendo uma bomba um tamanho múltiplo da outra.

Leis de Afinidade

- As Leis de Afinidade são expressões matemáticas que definem mudanças na capacidade da bomba, carga, e BHP quando ocorrem mudanças na velocidade da bomba, no diâmetro do impulsor, ou ambos.
- Rotação do impelidor (n) $\frac{Q}{Q_1} = \frac{n}{n_1} \quad \therefore \quad \frac{H}{H_1} = \left(\frac{n}{n_1}\right)^2 \quad \therefore \quad \frac{P}{P_1} = \left(\frac{n}{n_1}\right)^3$
- Diâmetro do impelidor (D) $\frac{Q_1}{Q_2} = \left(\frac{D_1}{D_2}\right)^3 \quad \therefore \quad \frac{H_1}{H_2} = \left(\frac{D_1}{D_2}\right)^2 \quad \therefore \quad \frac{P_1}{P_2} = \left(\frac{D_1}{D_2}\right)^5$
- Natureza do fluido
- Tamanho e idade da bomba

Curvas Características

- A capacidade e a pressão necessária de qualquer sistema, podem ser definidas com a ajuda de um gráfico chamado Curva do Sistema.
- Semelhantemente o gráfico de variação da capacidade com a pressão para uma bomba particular, define a curva característica de desempenho da bomba.



Curva do Sistema

- A curva de resistência do sistema ou curva de carga do sistema, é a variação no fluxo relacionada a carga do sistema.
- Ela deve ser desenvolvida pelo usuário com base nas condições de serviço.
- Estas condições incluem o lay-out físico, as condições de processo, e as características do fluido.
- Representa a relação entre a vazão e as perdas hidráulicas em um sistema, na forma gráfica e, como as perdas por fricção variam com o quadrado da taxa de fluxo.

Curva de Desempenho

- O desempenho de uma bomba é mostrado pela sua curva característica de desempenho, onde sua capacidade, e a vazão volumétrica, é plotada contra a carga desenvolvida.
- A curva de desempenho da bomba também mostra sua eficiência (PME), a potência de entrada requerida (em HP), NPSHr, a velocidade (em rpm), e outras informações como o tamanho da bomba e o tipo, tamanho do impulsor, etc.
- Esta curva é construída para uma velocidade constante (rpm) e um determinado diâmetro de impulsor (ou série de diâmetros).

Faixa Operacional Normal:

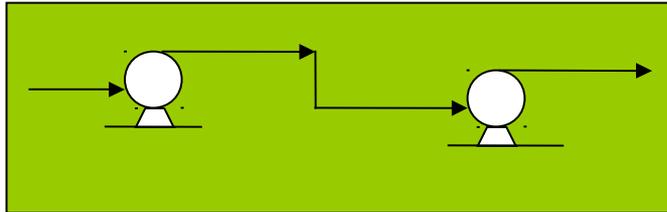
- Uma curva de desempenho típica é um gráfico da Carga Total versus Vazão volumétrica, para um diâmetro específico de impulsor. O gráfico começa com fluxo zero.
- A carga corresponde neste momento ao ponto de carga da bomba desligada.
- A curva então decresce até um ponto onde o fluxo é máximo e a carga mínima. Este ponto às vezes é chamado de ponto de esgotamento.
- A curva da bomba é relativamente plana e a carga diminui gradualmente conforme o fluxo aumenta.
- A faixa de operação da bomba é do ponto de carga desligado ao ponto de esgotamento. A tentativa de operar uma bomba além do limite direito da curva resultará em cavitação e eventual destruição da bomba.

Associação de Bombas

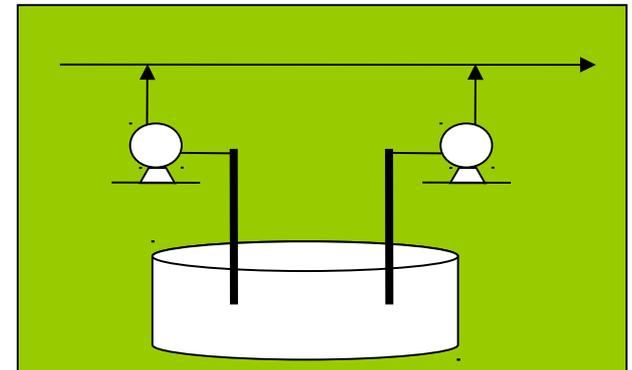
- Razões técnicas : quando um desnível elevado acarretar um rotor de grande diâmetro e alta rotação, e com isso altas acelerações centrífugas e dificuldades na especificação de materiais.
- Razões econômicas : quando o custo de duas bombas menores é inferior ao de uma bomba de maiores dimensões para fazer o mesmo serviço.

Associação de Bombas

- As bombas são associadas em série e paralelo.
- A associação de bombas em série é uma opção quando, para dada vazão desejada, a altura manométrica do sistema é muito elevada, acima dos limites alcançados por uma única bomba.

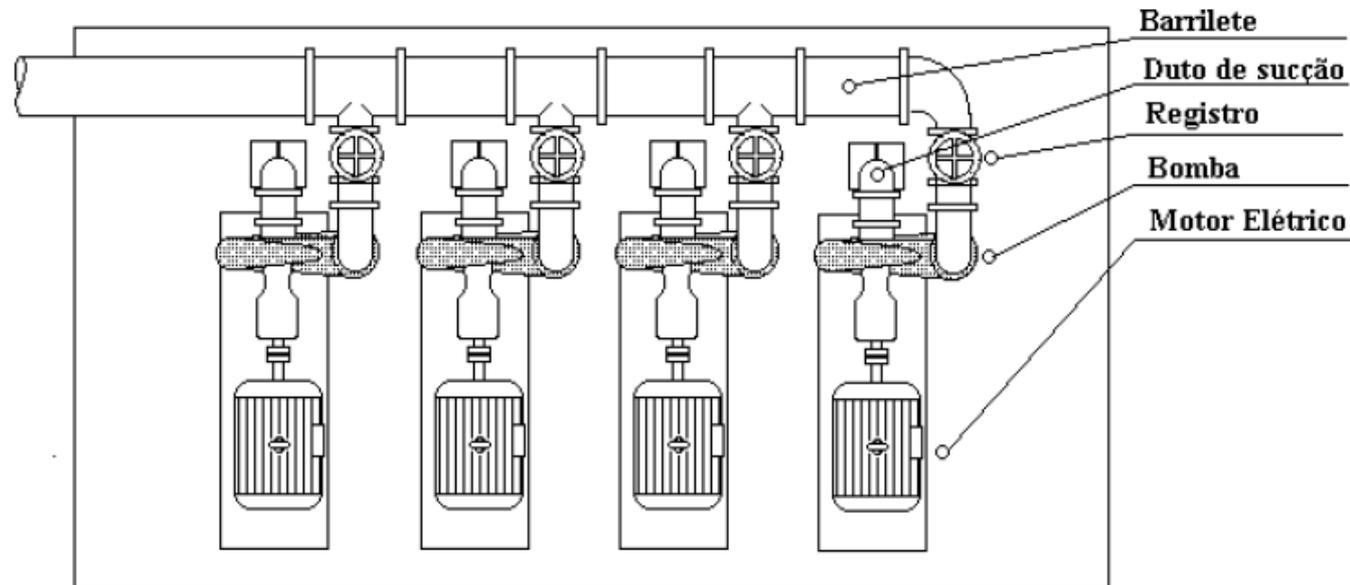


- Já a associação em paralelo é fundamentalmente utilizada quando a vazão desejada excede os limites de capacidade das bombas adaptáveis a um determinado sistema.



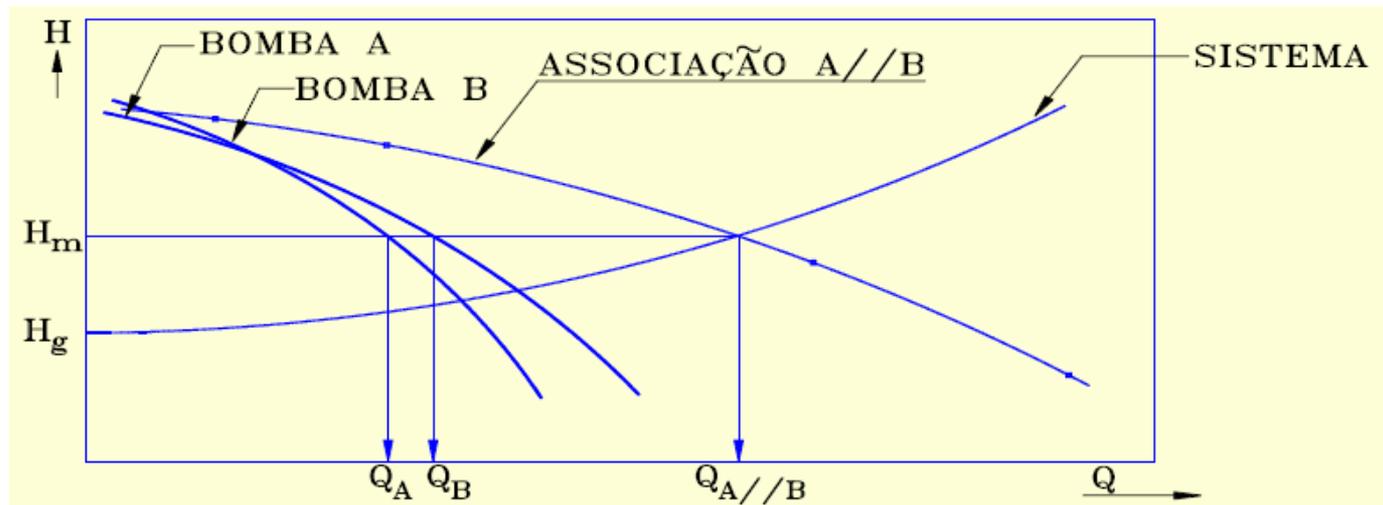
Associação de Bombas em Paralelo

- Todas as bombas hidráulicas succionam líquido do mesmo reservatório e o entregam no mesmo ponto, o barrilete.
- Portanto todas as máquinas funciona sob a mesma diferença de pressões. Por outro lado, a vazão que sai do barrilete é a soma das vazões que passa por cada bomba.



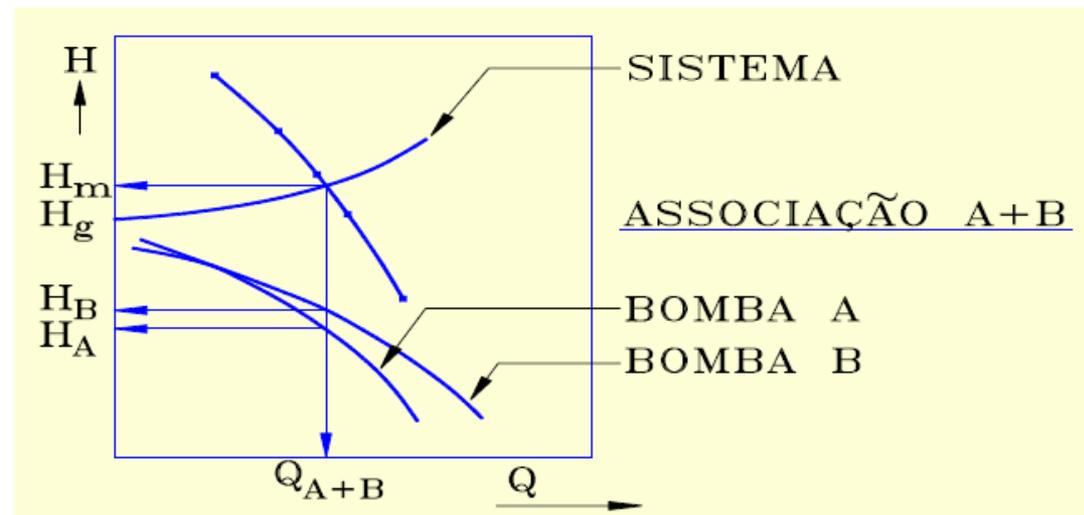
Associação de Bombas em Paralelo

- É considerada quando é necessário um aumento de vazão.
- O acréscimo na vazão não é linear com o aumento do número de bombas.
- A curva característica de uma associação em paralelo é obtida das curvas originais de cada bomba pela soma das vazões unitárias para uma mesma pressão.



Associação de Bombas em Série

- É considerada em sistemas de grande desnível geométrico, quando mantém-se a vazão e as pressões são somadas.
- Como neste caso o fluido atravessa as bombas em série, isto é, a saída de uma bomba está ligada à entrada da outra, elas transportam a mesma vazão, então a curva da associação é obtida da soma das pressões, para uma mesma vazão.
- A curva característica de uma associação em série é obtida das curvas originais de cada bomba pela soma das pressões unitárias para uma mesma vazão.



Operação de Bombas

- As bombas centrífugas são equipamentos mecânicos e, portanto, estão sujeitas a problemas operacionais que vão desde uma simples redução de vazão até o não funcionamento generalizado ou colapso completo.
- Mesmo que o equipamento tenha sido bem projetado, instalado e operado, mesmo assim estará sujeito a desgastes físicos e mecânicos com o tempo.
- Os problemas operacionais podem surgir das mais diversas origens:
 - Imperfeições no alinhamento motor-bomba,
 - Falta de lubrificação ou lubrificação insuficiente
 - Qualidade inadequada do lubrificante
 - Colocação e aperto das gaxetas
 - Localização do equipamento
 - Dimensionamento das instalações de sucção e recalque
 - Fundações e apoios na casa de bombas
 - Entrada de ar
 - Qualidade da energia fornecida

Operação de Bombas

→ Os principais defeitos:

- Descarga insuficiente ou nula,
- Pressão deficiente,
- Consumo excessivo de energia,
- Rápidos desgastes dos rolamentos e gaxetas,
- Aquecimentos,
- Vibrações e ruídos.

→ Principais causas são:

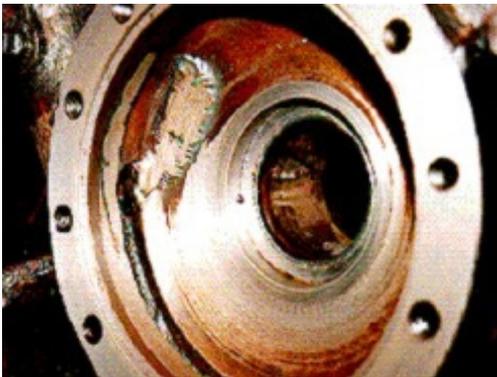
- presença de ar ou vapor d'água dentro do sistema,
- válvulas pequenas ou inadequadamente abertas,
- submergência insuficiente,
- corpos estranhos no rotor,
- problemas mecânicos,
- refrigeração inadequada,
- lubrificação má executada,
- desgaste dos componentes,
- desvios de projeto
- erros de montagem.

Problemas Mais Comuns

→ Corrosão



- Ataques Químicos (interna)
- Meio Ambiente (externa)
- Falta de Limpeza (interna)
- Cavitação



Cavitação



- Ocorre quando a pressão de sucção está abaixo da requerida pela bomba, formando bolhas de vapor nas cavidades do rotor e são transportados para a região de alta pressão ocorre vibração do equipamento e destruição.