

Máquinas de Fluxo I

TIPOS DE ASSOCIAÇÃO

R. Sobral

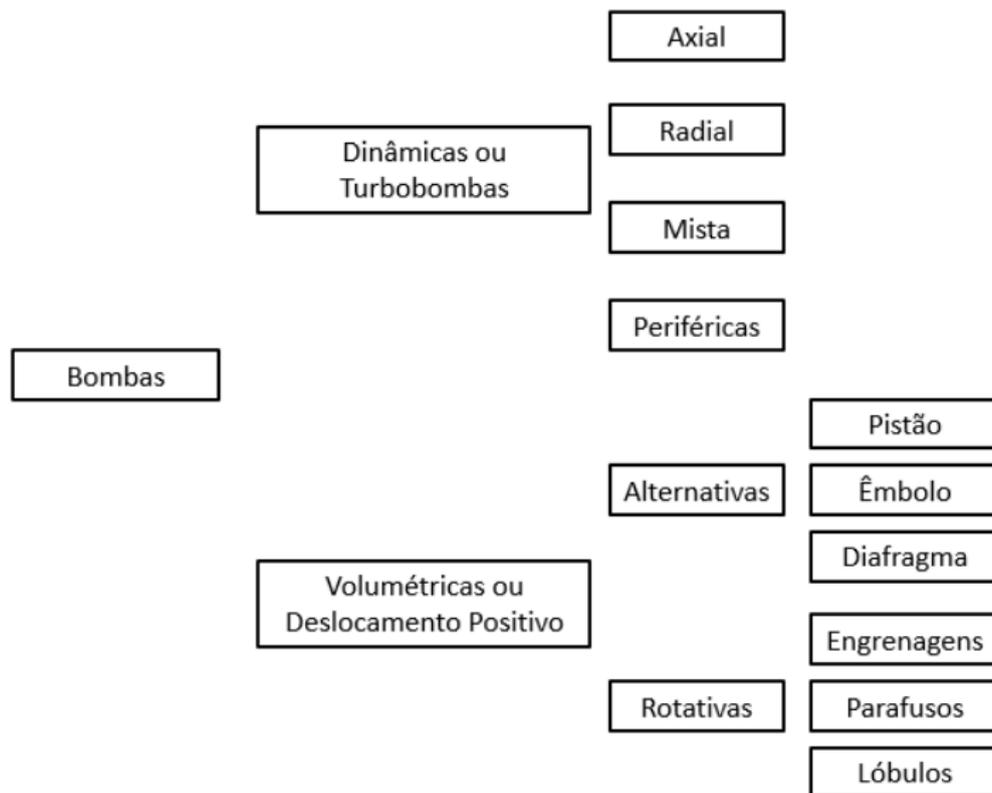
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

rodolfo.sobral@cefet-rj.br

Programa do Curso - Avaliação 02

- **Tipos de associação**
- Perda de carga
- Cavitação e NPSH
- Compressores
- Análise numérica

Tipos de Bombas



VÍDEO 01

VÍDEO 02

Toyota 4 Runner

The Worldwide Leader in Fuel System Technology



BOSCH
Invented for life

Precision, spin balanced structure allows operation in excess of 7,000 rpm while reducing noise and vibration for quiet operation, and polymer encasing reduces turbulence in the pump and protects the windings from contamination that can shorten service life.

Impeller ring unique design features 47 evenly-spaced blades to eliminate fuel pulsation and the variable fuel pressure and combustion problems it can cause.

Superior Turbine Pump Design

Pump Section

Motor Section

End Cap



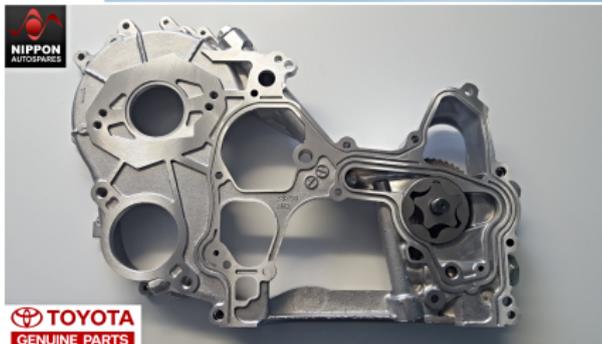
Premium carbon brushes have an even surface for more direct contact and utilize advanced materials for longer, reliable service life.

Non-return valve maintains fuel system pressure between starts, reducing vapor lock and hot-start problems.

Noise suppression coil virtually eliminates radio frequency interference.



NIPPON
Auto Parts



TOYOTA
GENUINE PARTS



Comparação de Tipos de Bombas

Type	Maximum pressure (bar)	Maximum flow (l min^{-1})	Variable displacement	Positive displacement
Centrifugal	20	3000	No	No
Gear	200	375	No	Yes
Vane	200	400	Yes	Yes
Axial piston (swash plate)	350	750	Yes	Yes
Axial piston (valved)	500	1500	Yes	Yes
In-line piston	1000	100	Yes	Yes

Bombas Dinâmicas ou Turbobombas

Movimentação do líquido dar-se pela ação de forças que se desenvolvem através da rotação do impelidor.

Impelidor → Órgão rotativo dotado de pás acopladas ao eixo, cuja finalidade é transmitir energia cinética de rotação à massa líquida.



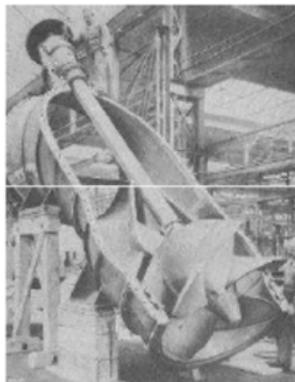
Turbobombas

Classificadas de acordo com forças envolvidas na transmissão de energia, podendo ser:

- Axiais
- Centrífugas
- Mistas
- Periféricas

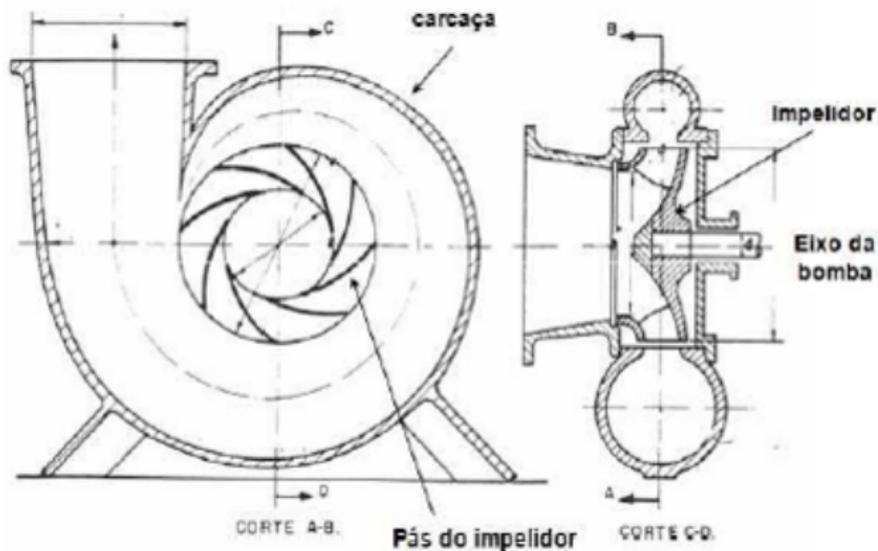
Bombas Axiais

Energia cinética transmitida por meio de forças puramente axiais resultado da interação das pás do impelidor com o líquido. Empregadas para elevadas vazões e moderadas alturas de carga.



Bombas Centrífugas

Energia cinética de rotação do impelidor é transmitida ao líquido por meio de forças radiais.



Bombas Centrífugas

Bocal de sucção → uma zona de baixa pressão é responsável pelo escoamento do reservatório de captação até entrada do impelidor, onde forças radiais aceleram o líquido arrastando-o para periferia.

Carcaça → grande parte da energia cinética é convertida em energia de pressão, um aumento progressivo da área de seção transversal da carcaça no sentido do bocal de descarga faz com que a velocidade do escoamento diminua e, por conseguinte, a pressão do líquido aumente, recalcando a massa líquida a vencer desníveis topográficos e perda de carga.

Bombas Mistas

Energia cinética transmitida ao líquido pelo impelidor por meio de forças centrífugas e axiais resultam em um fluxo misto.

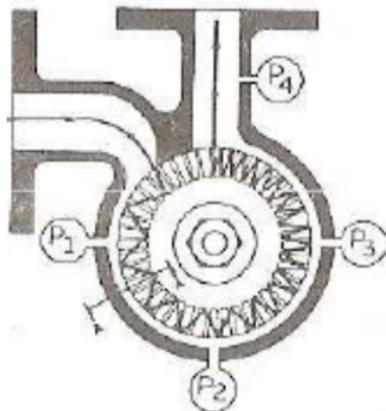
Bombas Periféricas

Líquido é impulsionado através de um impelidor com palhetas em sua periferia, de forma que a energia cinética inicial é convertida em energia de pressão através da redução de velocidade na carcaça.

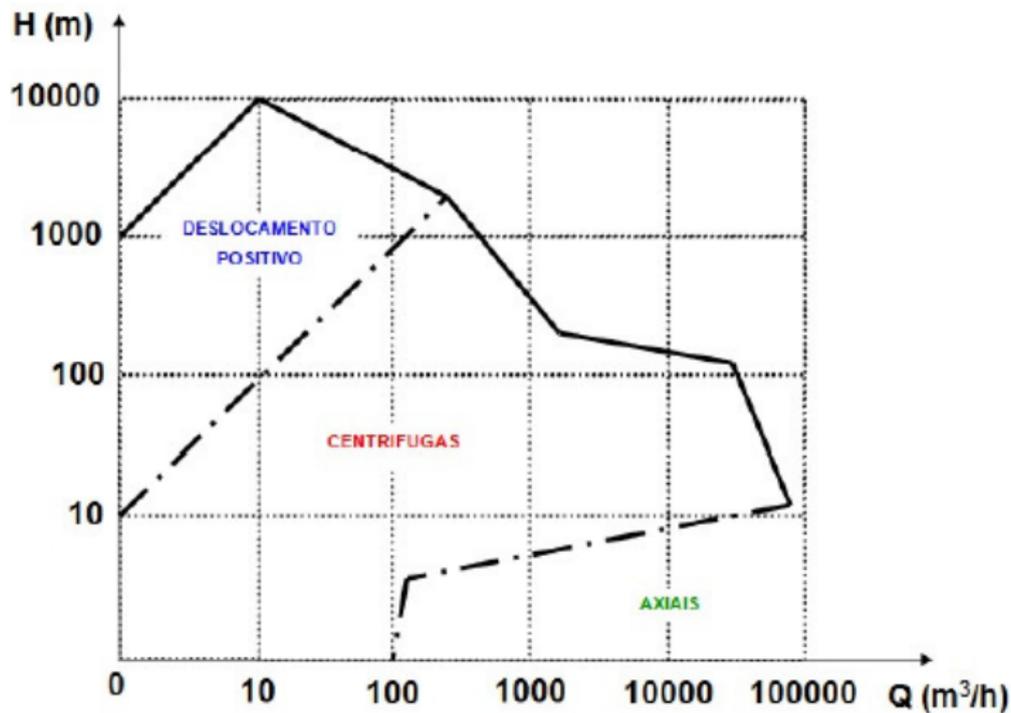
Bombas Periféricas

Bombas periféricas ou regenerativas apresentam desempenho semelhante ao de uma bomba de deslocamento positivo, são empregadas em sistemas de alimentação de pequena capacidade em que se desejam consideráveis alturas de elevação e modestas vazões.

$$P_4 > P_3 > P_2 > P_1$$



Campo de Aplicabilidade

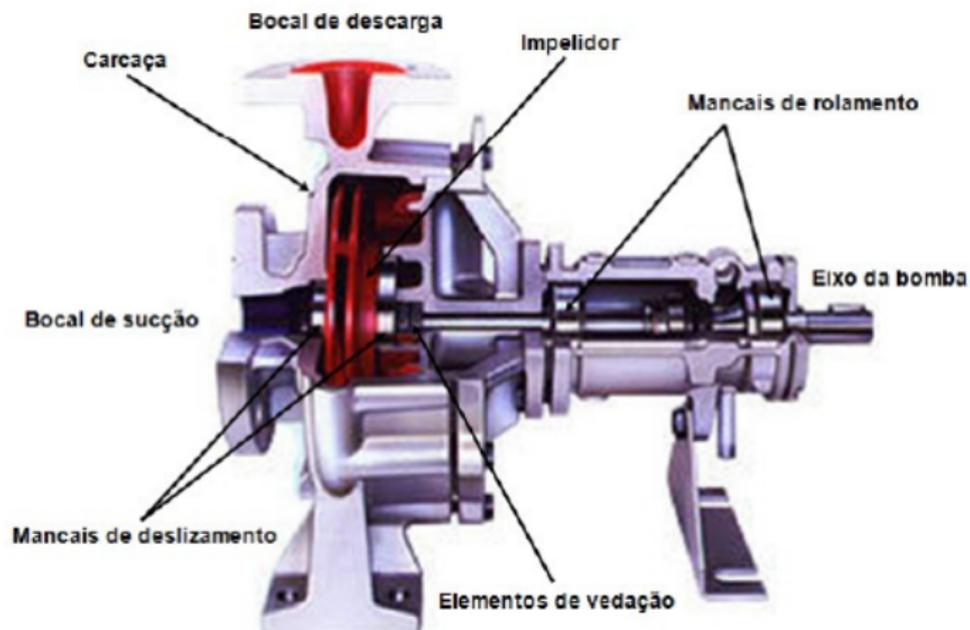


Componentes Internos

Turbobombas são constituídas internamente por partes móveis e não-móveis:

- Carcaça
- Rotor
- Anéis de desgaste
- Elementos de vedação – gaxetas ou selos mecânicos
- Mancais
- Acoplamentos

Componentes Internos

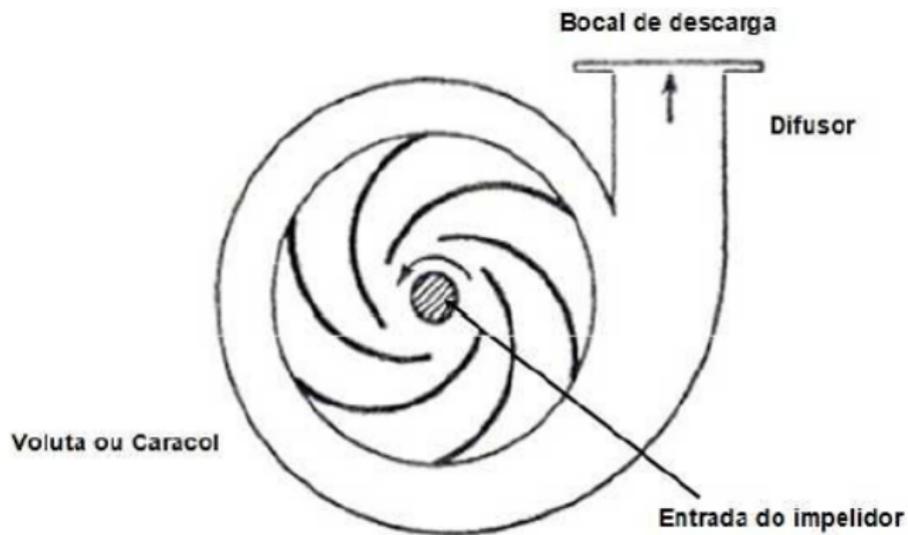


Carcaça

Parte estacionária que envolve o rotor da bomba, possui aberturas para entrada e saída de líquido, é responsável por conter o líquido bombeado e converter a energia cinética em pressão.

- Carcaça em voluta ou caracol
- Carcaça com pás difusoras
- Carcaça concêntrica
- Carcaça em dupla voluta
- Carcaça mista

Carçaça em Voluta ou Caracol



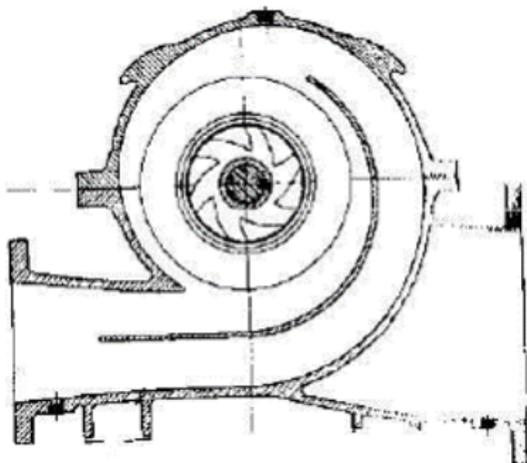
Carcaça em Voluta ou Caracol

Tipo mais comum de carcaça, utilizada em bombas de único estágio, apresenta boa eficiência e baixo custo.

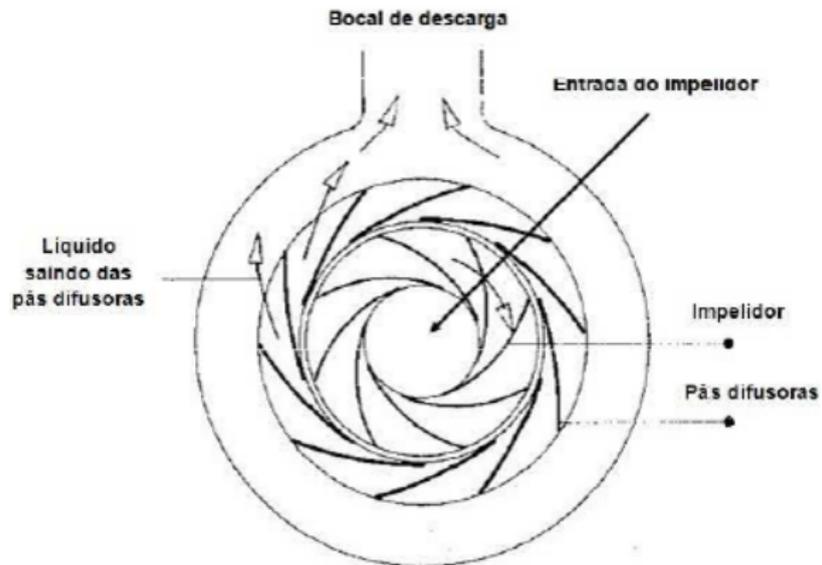
Mecanicamente simples, dividida em voluta e difusor, o primeiro coleta o líquido que sai do impelidor e orienta até o bocal de descarga, já o outro converte energia cinética em pressão.

Carcaça em Dupla Voluta

Consiste em duas volutas defasadas 180° e separadas por uma parede interna, compartilhando descarga comum.



Carcaça com Pás Difusoras



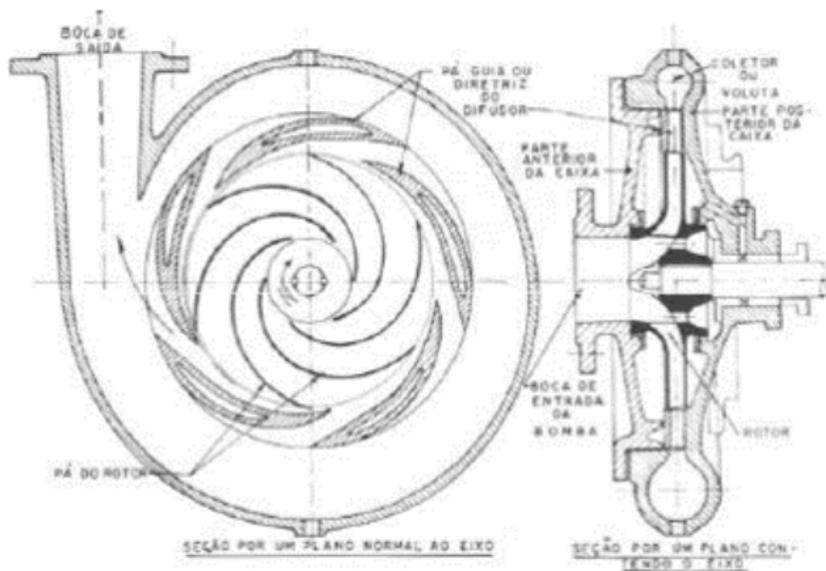
Carcaça com Pás Difusoras

Usuais em bombas de múltiplos estágios, pás difusoras tem por objetivo a condução controlada do líquido (velocidade, direção e sentido) para que a conversão de energia cinética em pressão se dê com o mínimo de dissipação de energia por atrito e turbulência.

Empuxo radial é considerado desprezível devido a sua construção simétrica.

Carcaça Mista

Possuem voluta e pás difusoras.

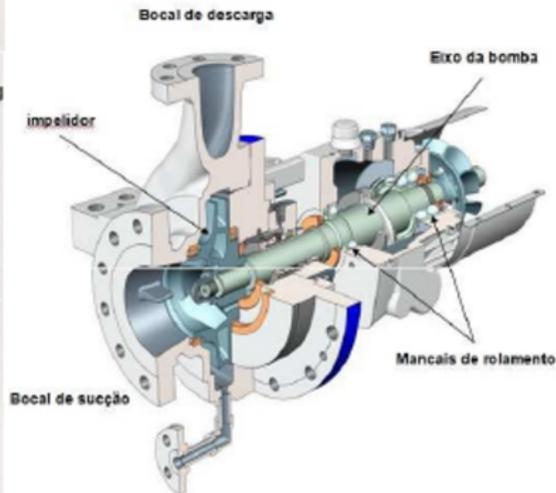
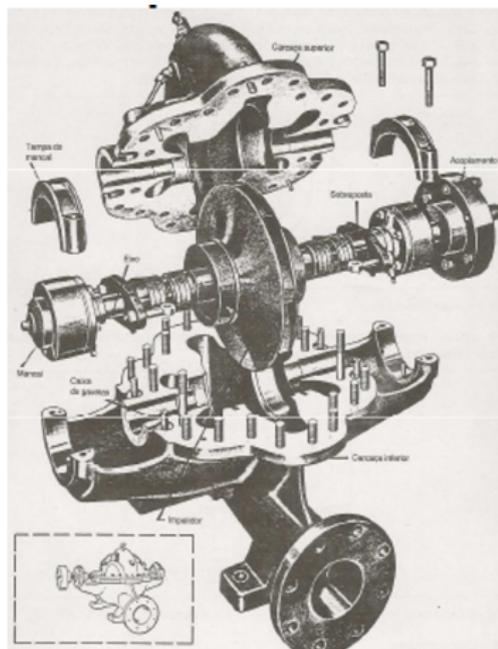


Carcaça Bipartida Axialmente e Radialmente

Carcaças de bombas podem ser bipartidas axialmente ou radialmente dependendo da posição dos bocais de sucção, recalque e eixo da bomba.



Carcaça Bipartida Axialmente e Radialmente

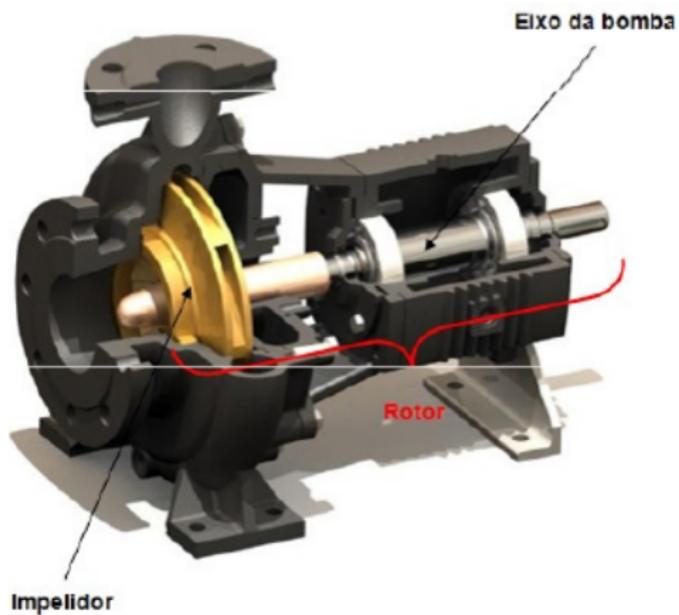


Carcaça Bipartida Axialmente e Radialmente

Axialmente → bocais de sucção/recalque localizados na linha de centro da bomba, em sua parte inferior, possibilitando manutenção sem necessidade de desconectar bomba e tubulações da linha.

Radialmente → bocais de sucção/recalque localizados perpendicularmente a linha de centro da bomba. Neste tipo de carcaça, o eixo da bomba é suportado por dois mancais com o impelidor em balanço.

Carçaça Mista



Rotor

Conjunto móvel, rotativo, constituído por eixo da bomba e impelidor.

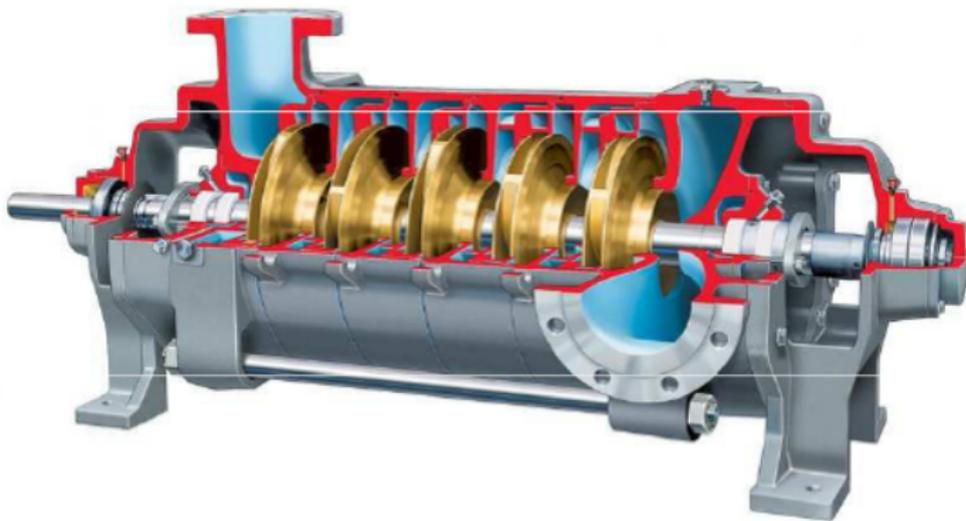
Impelidores Fechados, Semi Abertos e Abertos



Conjunto formado por impelidor e difusor, é a unidade de fornecimento de energia ao líquido. Entre cada estágio há pás fixas difusoras denominadas de distribuidor da bomba.

Bombas de múltiplos estágios opção técnica para grandes alturas de elevação

Bomba Centrífuga de 5 Estágios



Impelidores de aspiração simples e dupla

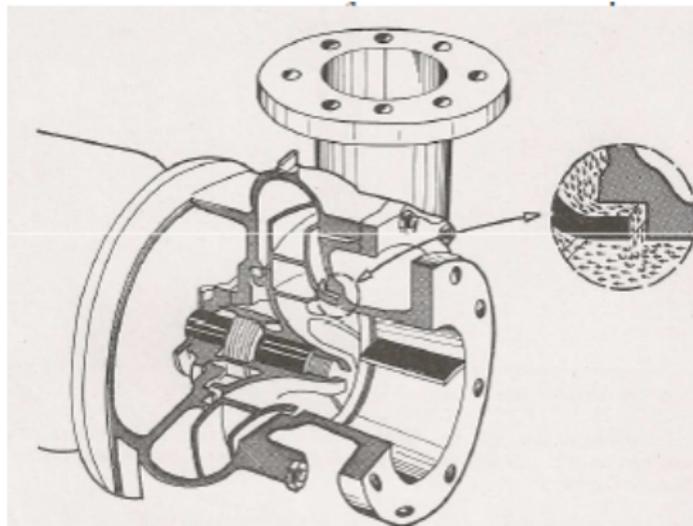
Simple → entrada unilateral e através da coroa circular.

Dupla → entrada bilateral, forma simétrica em relação ao plano normal, equivalem a 2 impelidores unilaterais em paralelo.



Anéis de Desgaste

Fixados na carcaça e impelidor, regulam a folga controlando a recirculação natural de líquido em direção à sucção, a fim de que seja mantida a eficiência hidráulica de projeto.



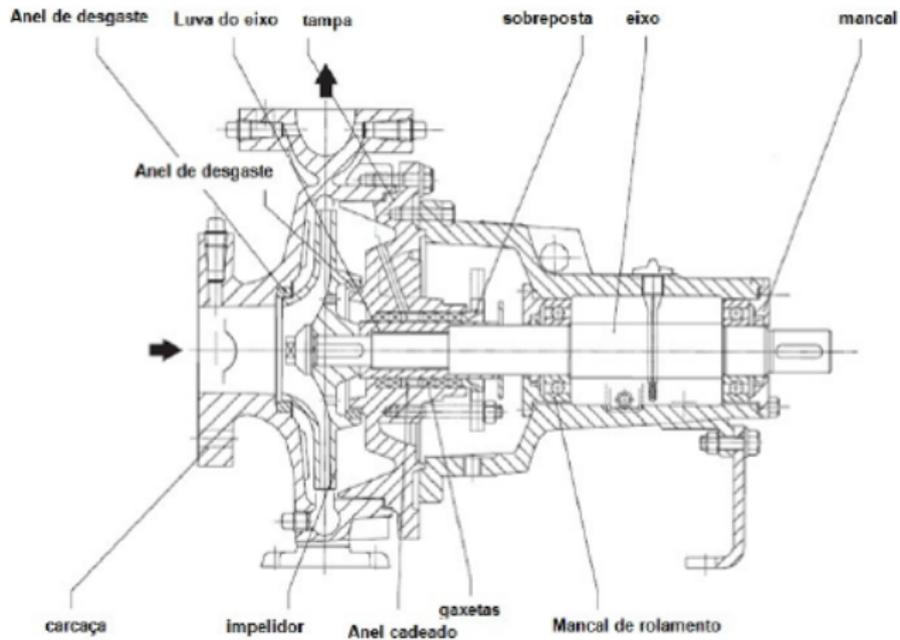
Gaxetas e Selos Mecânicos

Protegem a bomba contra vazamentos, são elementos de vedação.

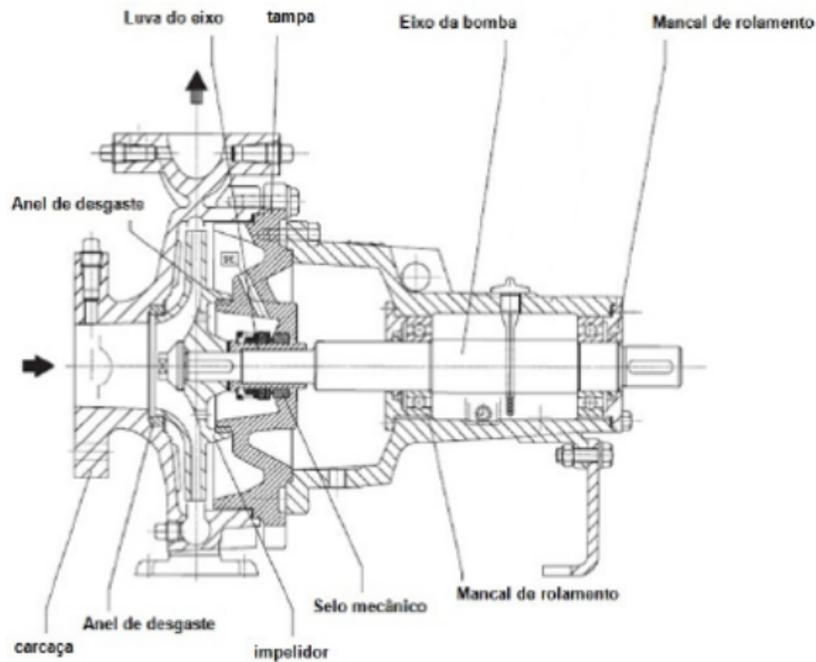
Gaxetas → anéis acomodados de forma cilíndrica, a sobreposta é responsável por mantê-la comprimida e ajustada para evitar vazamento. O ajuste das gaxetas pela sobreposta deve ser tal que possibilite a sua lubrificação e auxilie o arrefecimento, a ineficácia do ajuste da sobreposta é indício de iminente troca da gaxeta.

Selos → auxiliam no bombeamento de líquidos a pressões mais elevadas, nas quais gaxetas não proporcionam estanqueidade satisfatória. Proporcionam vedação hermética e são capazes de operar com uma variedade de fluidos, pressões, temperaturas e velocidades.

Gaxetas



Selos Mecânicos



Mancais de Rolamento e Deslizamento

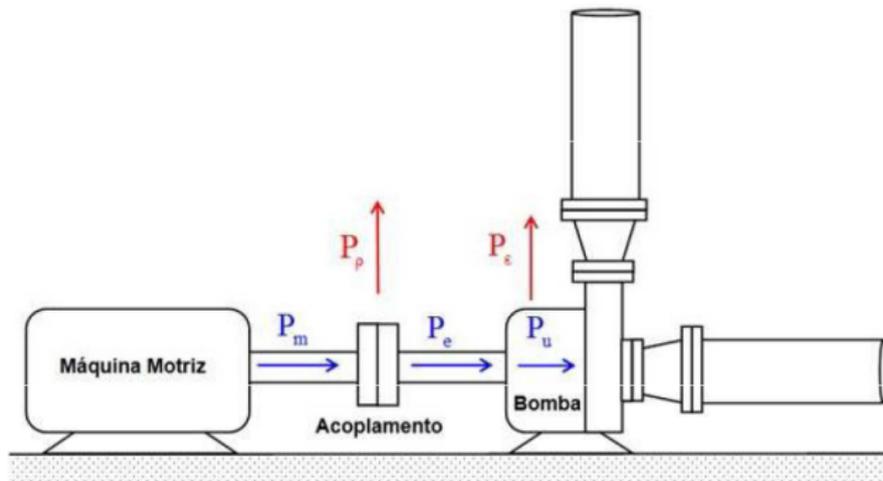
Elementos mecânicos que suportam cargas radiais e axiais e mantêm o alinhamento do rotor e carcaça.



- Sistema de transmissão de potência
- Acoplamentos hidrodinâmicos, flexíveis, rígidos, etc.

Potências e Eficiências

- Cadeia de Conversão Energética num Conjunto Motobomba



Potência Motriz

Potência fornecida pela máquina acionadora da bomba (*BHP* – Brake Horse Power). Corresponde ao consumo de energia por unidade de tempo da bomba.

$$P_m = \gamma Q H_m$$

Potência de Elevação ou Hidráulica

Potência efetivamente transmitida do eixo ao impelidor, ou seja, parcela da potência motriz obtida subtraindo-se perdas mecânicas nos mancais, gaxetas e sistema de transmissão de potência (acoplamento, redutores de velocidade).

$$P_m = P_e + P_\rho$$

$$P_e = \gamma Q H_e$$

Potência Útil

Potência efetivamente transmitida ao líquido pelo impelidor, é a potência de elevação subtraída das perdas hidráulicas e volumétricas (recirculações, fugas, pequenos vazamentos)

$$P_e = P_u + P_\epsilon$$

$$P_u = \gamma Q H_u$$

Eficiência Mecânica ou Rendimento Mecânico da Bomba

Relação entre a potência de elevação (P_e) e a potência motriz (P_m).

$$\eta_{mec} = \frac{P_e}{P_m} = \frac{H_e}{H_m}$$

Eficiência mecânica de bombas depende do tempo de operação do equipamento e da tecnologia empregada na usinagem interna. Bombas modernas, η_{mec} pode variar entre 0,92 a 0,95.

Eficiência Hidráulica ou Rendimento Hidráulico da Bomba

Relação entre a potência útil (P_u) e a potência de elevação (P_e).

$$\eta_h = \frac{P_u}{P_e} = \frac{H_u}{H_e}$$

Eficiência ou Rendimento Total da Bomba

Produto das eficiências mecânica e hidráulica da bomba, corresponde a relação entre a potência útil e a potência motriz. Função do ponto de operação do sistema de bombeamento, ou seja, da vazão (Q) e da altura útil de elevação (H_e).

$$\eta_b = \frac{P_u}{P_m} = \frac{H_u}{H_m} = \eta_{mec}\eta_h$$

Eficiência ou Rendimento do Conjunto Motobomba

Quando se considera o conjunto motobomba, a eficiência é o produto das eficiências da bomba (η_b), do sistema de transmissão de potência (η_{stp}) e da máquina motriz acionadora (η_m).

$$\eta_{mb} = \eta_b \eta_{stp} \eta_m$$

Eficiência ou Rendimento Total da Bomba

Se a potência de alimentação da máquina motriz é P_a , a eficiência do conjunto pode ser definida como sendo a relação entre a potência útil, P_u , e a potência de alimentação do acionador

$$\eta_{mb} = \frac{P_u}{P_a}$$

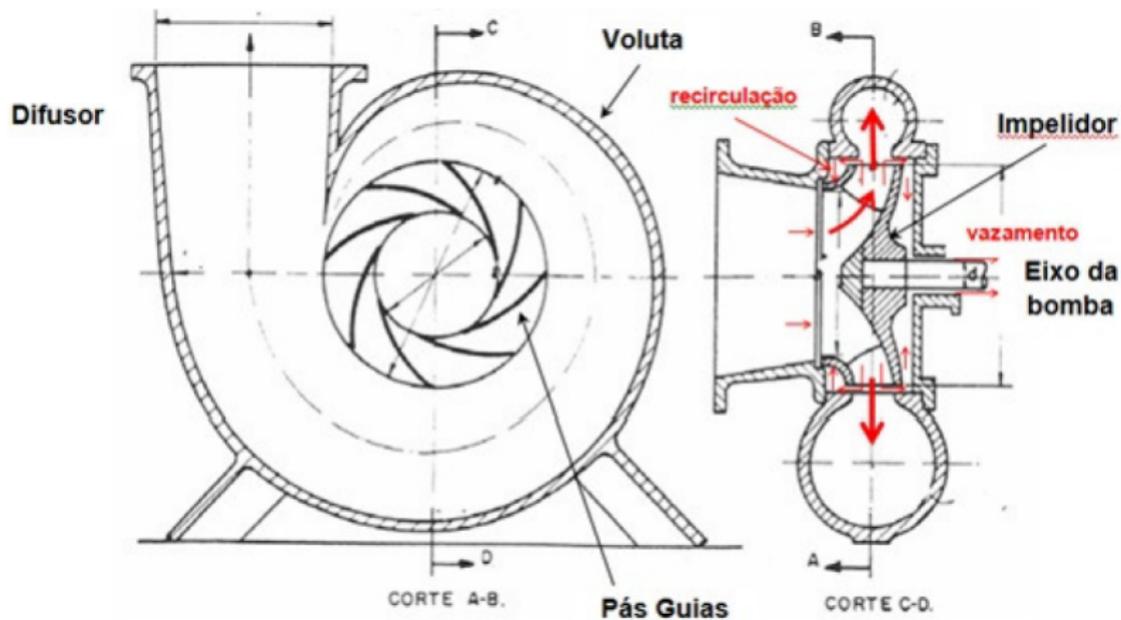
Perdas Mecânicas e Hidráulicas

Durante a passagem do líquido pela bomba, parte do trabalho mecânico fornecido ao eixo da bomba sob a forma de torque é convertido em energia cinética e pressão. Parte desta energia é transmitida ao líquido de forma útil, enquanto outra é dissipada, tal dissipação pode ser de natureza mecânica ou hidráulica.

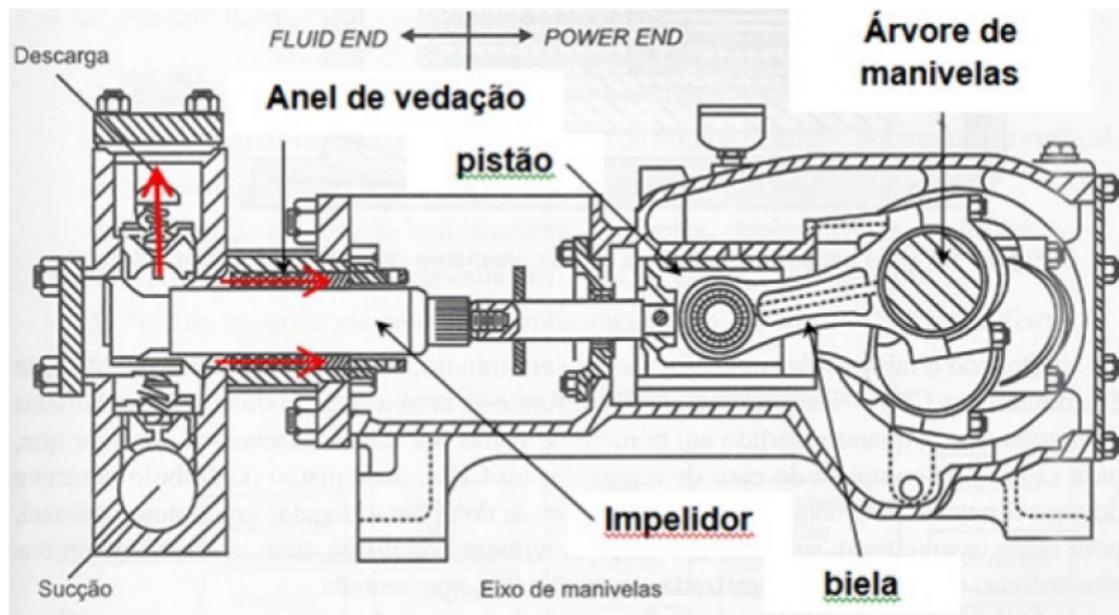
Perdas hidráulicas → energia dissipada por ação da perda de carga e perdas volumétricas internas a bomba.

Perdas volumétricas → resultam das fugas através da folga entre eixo e carcaça da bomba, além de recirculações de líquido que sai do impelidor por meio de fugas e pequenos vazamentos. Fugas, recirculações e pequenos vazamentos devem-se ao desgaste dos elementos mecânicos de vedação do interior da bomba, tais como anéis de vedação, gaxetas e selos mecânicos.

Perdas Mecânicas e Hidráulicas



Perdas Mecânicas e Hidráulicas



Associação de Bombas

O campo de variações de altura manométrica ou vazão pode ser tão amplo que uma única bomba pode não atender a contento às condições operacionais do sistema de bombeamento. Nesse caso, uma opção técnica e economicamente viável é a associação de bombas.

Elevatórias de água e esgoto, adutoras de água a longas distâncias e recalque de óleos e produtos derivados em oleodutos

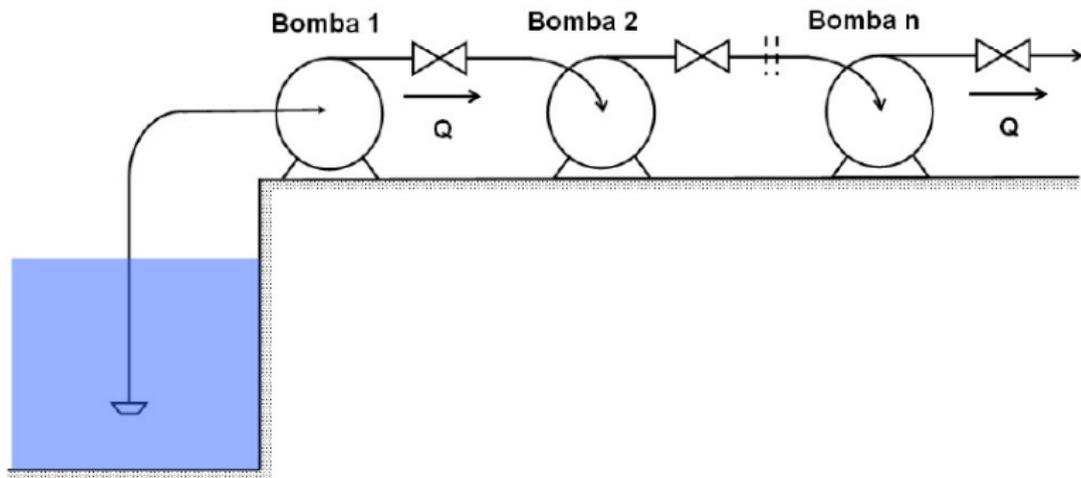
Associação de Bombas

Série → uma bomba recalca para sucção da outra posterior, na qual o líquido recebe nova transferência de energia. Numa associação de bombas em série, a vazão que atravessa os equipamentos é a mesma, enquanto as alturas totais de elevação somam-se.

$$Q_1 = Q_2 = \dots = Q_n$$

$$H = \sum_{i=1}^n H_i$$

Bombas em Série



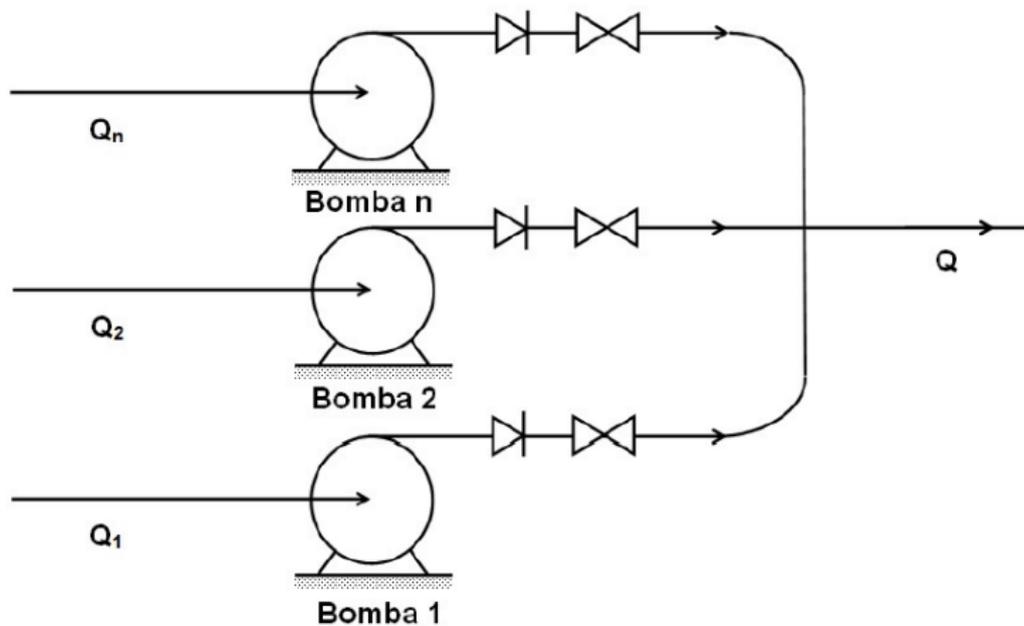
Bombas em Paralelo

Paralelo → recalcam em uma mesma tubulação de modo que cada uma contribui com parcela de vazão total. Neste caso, para a mesma altura manométrica, as vazões somam-se

$$Q = \sum_{i=1}^n Q_i$$

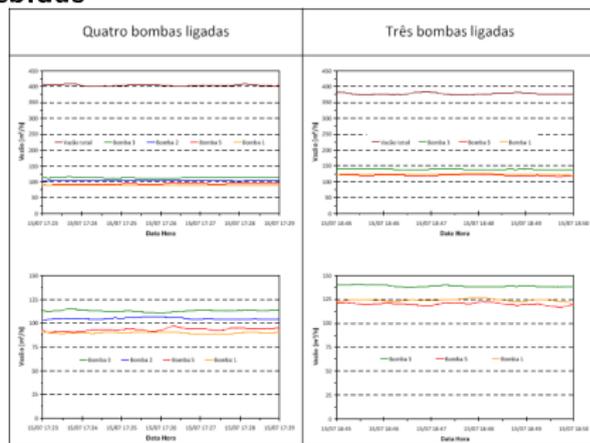
Vantagens operacionais, pois na falha não há paralisação do sistema, apenas diminuição de vazão. Para vazão variável, uma ou mais bombas podem deixar de operar de acordo com a vazão exigida.

Bombas em Paralelo



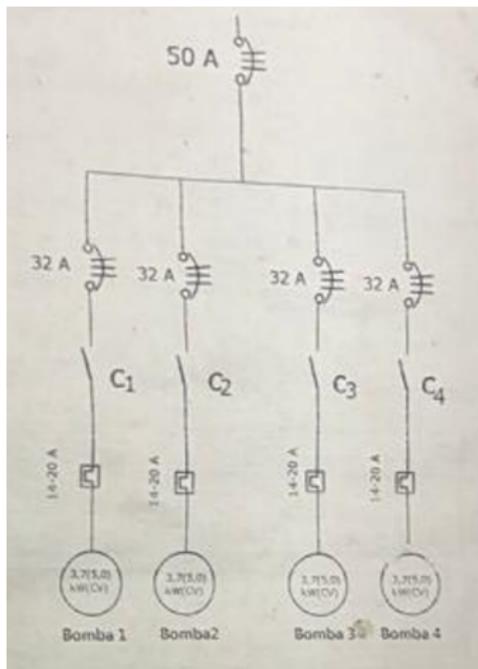
Verificar Aplicação Industrial

● TCC-Alimentos e Bebidas



<u>Quatro bombas ligadas</u>					
Bomba	Q [m³/h]	P_{el} [kW]	ΔP [bar]	η_e [%]	η_b [%]
1	89,68	16,4	2,68	86,9	46,8
2	104,49	17,2	2,70	87,1	52,3
3	112,78	17,8	2,72	87,3	54,8
4	93,34	18,7	2,70	90,1	41,5
<u>Três bombas ligadas</u>					
1	124,37	18,0	2,58	87,3	56,7
3	138,36	19,4	2,61	87,5	59,1
5	119,64	20,4	2,59	90,4	46,7

Campus CEFET - ABC



Campus CEFET



5CV=3.7kW, 3500rpm, 38.5m, 40mm (4 em paralelo)

Ensaio em Bancada

Loading

"Há uma força motriz mais poderosa que o vapor, eletricidade e energia atômica: a vontade"

Albert Einstein