

BOMBAS E MOTOBOMBAS



CONCEITOS - COMPONENTES - DIMENSIONAMENTO - APLICAÇÃO

1. Introdução.....	3
1.1 Noções gerais.....	3
1.2 Classificação das bombas.....	4
1.3 Tipos de bombas / segmentação (termos).....	6
2. Principais componentes.....	7
2.1 Carcaça ou voluta.....	7
2.1.1 Materiais da carcaça ou voluta.....	8
2.2 Componentes de vedação.....	9
2.2.1 Vedação estática.....	9
2.2.2 Vedação dinâmica.....	9
2.2.2.1 Vedação dinâmica radial.....	9
2.2.2.2 Vedação dinâmica axial.....	9
2.2.2.3 Materiais de construção do selo.....	11
2.3 Rotor/impulsor.....	12
2.3.1 Tipos e aplicações dos rotores/impulsores.....	12
2.3.2 Materiais e aplicações.....	13
2.3.3 Ajustes de rotor/impulsor.....	13
2.3.4 Balanceamento de rotor/impulsor.....	14
2.3.5 Causas do desbalanceamento.....	14
3. Cavitação.....	15
4. NPSH.....	16
4.1 Ensaio de npsH requerido (NPSH _r).....	16
4.2 Cálculo do npsH disponível (NPSH _d).....	16
4.3 Saldo de carga na sucção (SCS).....	16
5. Empuxo.....	17
6. Grau de proteção de motores.....	18
7. Projetos de bombas.....	19
7.1 Projetos de rotores.....	19
7.2 Projeto de carcaça ou voluta.....	20
7.3 Projetos utilizando softwares.....	20
8. Curvas características.....	22
8.1 Curvas características das bombas.....	22
8.1.1 Cobertura Hidráulica.....	22
8.2 Curva característica do sistema.....	23
9. Instalação das motobombas.....	24
9.1 Instalação de laboratório para ensaios.....	24
9.2 Instalações para aplicações das motobombas.....	25
9.3 Perda de carga em instalações.....	26
10. Dimensionamento de aplicações.....	27
10.1 Dimensionamento simplificado.....	27
10.2 Dimensionamento completo.....	27
11. Exemplos de dimensionamento.....	28
11.1 Bombas de superfície.....	28
11.2 Bombas injetoras.....	30
11.2.1 Dimensionamento de bombas injetoras.....	31
11.3 Bombas submersíveis.....	32
11.3.1 Proteções para bombas submersíveis.....	32
11.3.2 Dimensionamento de bombas submersíveis.....	33
12. Aplicações.....	35
13. Problemas de funcionamento.....	51
14. Simbologias utilizadas.....	57
15. Referências bibliográficas.....	57
Anexo I (tabelas auxiliares).....	58
Anexo II (exemplo de seleção de bombas e motobombas Famac).....	59

1. INTRODUÇÃO

Agradecemos pelo interesse em nosso material, que foi concebido com intuito de auxiliar acadêmicos e profissionais na área de motobombas com informações básicas de nossos produtos.

Conceitos, cálculos de motobombas, dimensionamento de produtos, aplicações e problemas frequentes são contemplados aqui.

Desfrutem das informações e sintam-se convidados a nos procurarem sempre que surgirem dúvidas.

1.1 NOÇÕES GERAIS

Podemos considerar duas categorias de máquinas:

Máquinas Motoras: Que convertem a energia recebida (energia elétrica, térmica, solar, eólica, etc.) em trabalho mecânico. Podemos citar vários exemplos, tais como: motores elétricos, motores a combustão interna, turbinas, rodas d'água, etc.

Máquinas Geradoras: Que recebem o trabalho mecânico das máquinas motoras e o convertem na energia desejada. Podemos citar vários exemplos, tais como: bombas, compressores, ventiladores, etc.

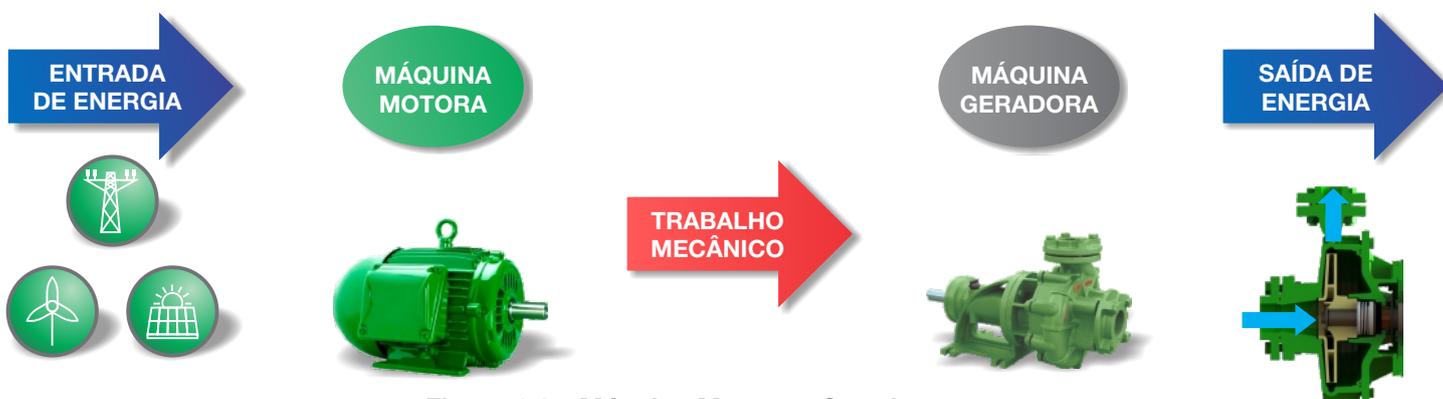


Figura 1.1 – Máquina Motora e Geradora

As motobombas centrífugas são consideradas máquinas geradoras porque transformam o trabalho mecânico proveniente do motor (máquina motora) em energia cinética e de pressão, que são transferidas ao líquido bombeado, promovendo o seu escoamento.



Acesse o site www.famac.ind.br e veja o vídeo institucional da empresa



FAMAC

M O T O B O M B A S



1.2 CLASSIFICAÇÃO DAS BOMBAS

Dentro das **bombas cinéticas** temos as **bombas centrífugas**, que são aquelas em que a energia é cedida ao líquido pela ação da força centrífuga desenvolvida pela rotação de um disco com pás (rotor/impulsor), onde a vazão depende da geometria do projeto, da rotação e da pressão de recalque, sendo que **qualquer manobra efetuada no sistema de tubulação** vai afetar a vazão e a pressão de recalque da bomba.

As **bombas alternativas** e **rotativas** são chamadas de **bombas volumétricas** porque sempre bombeiam o mesmo volume de líquido por curso ou rotação da bomba, independentemente da pressão de recalque. São também chamadas de **deslocamento positivo** porque o líquido no interior da bomba desloca-se sempre no mesmo sentido do impulsor sem recirculação, transferindo toda a energia ao líquido sob forma de pressão e a vazão não é afetada por manobras efetuadas na tubulação de recalque.

Os demais modelos, que não se enquadram nas classificações de bombas cinéticas ou volumétricas, são consideradas como **bombas especiais**, por exemplo: Carneiro hidráulico, hidropneumáticas, eletromagnéticas.

Também podem ser consideradas como bombas especiais as bombas injetoras, bombas autoaspirantes e autoescorvantes, bombas com injetor interno, entre outros modelos como as bombas regenerativas, que são modelos de bombas cinéticas centrífugas modificadas para atender aplicações específicas.

As **bombas regenerativas** ou **periféricas**, são aquelas em que o fluido é arrastado através de um rotor/impulsor com paletas na sua periferia, de tal forma que a energia cinética inicial é convertida em energia de pressão pela redução da velocidade na carcaça.

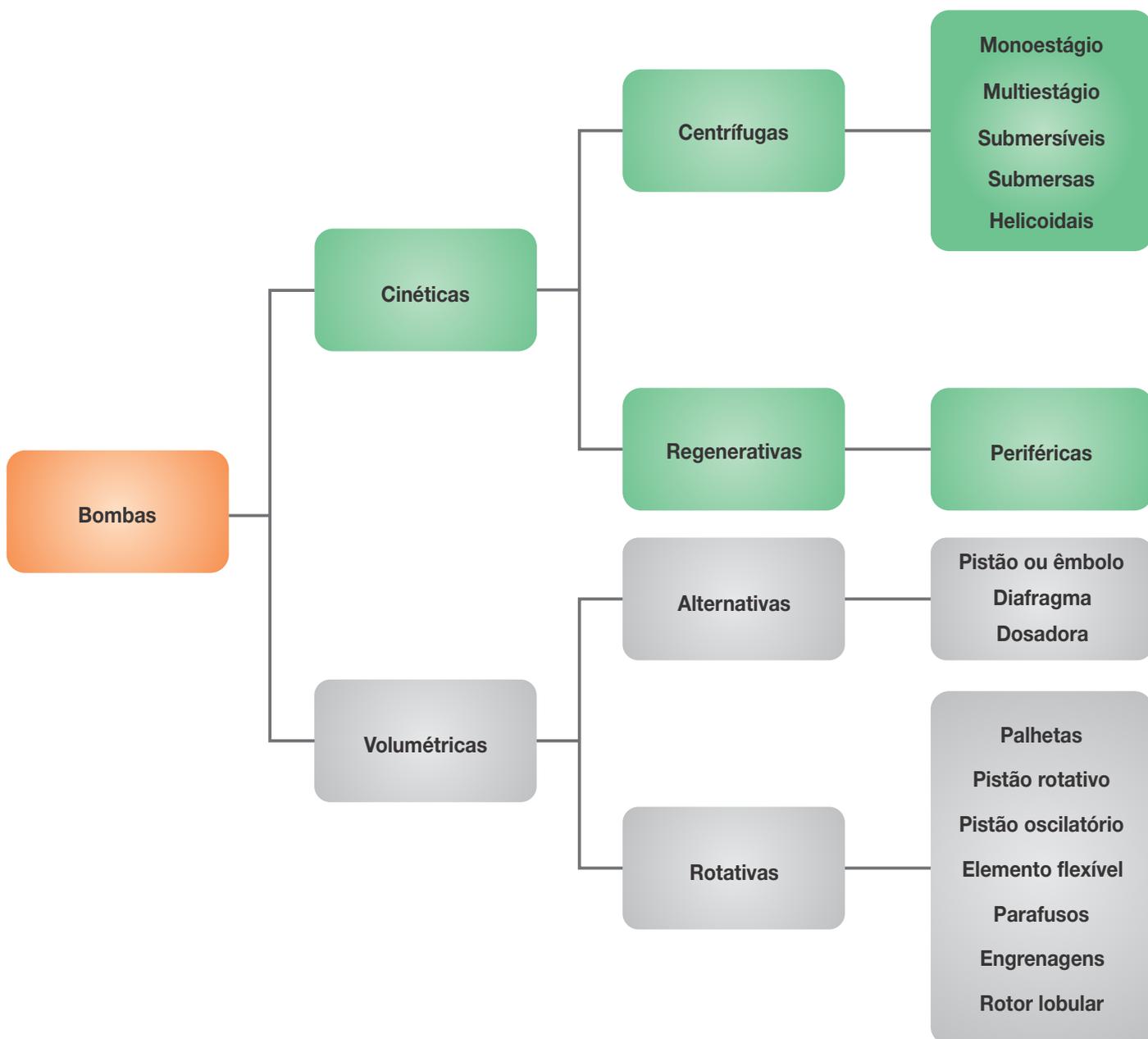


Figura 1.2 – Categorias de bombas

As bombas centrífugas também podem ser classificadas segundo a trajetória (fluxo) do líquido bombeado pelo rotor/impulsor:

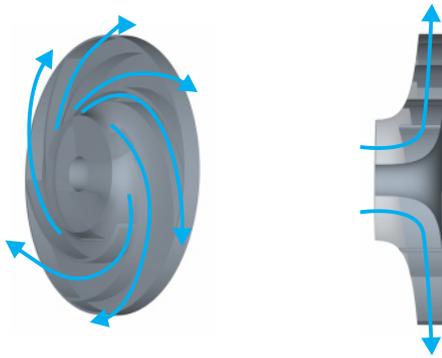


Figura 1.3 – Rotor radial

Bomba centrífuga radial (pura): O líquido entra no rotor/impulsor paralelamente ao eixo, sendo dirigido pelas pás para a periferia do rotor/impulsor e sai num plano perpendicular ao eixo. São indicadas para gerar mais pressão do que vazão.

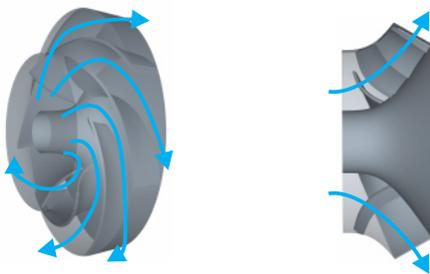


Figura 1.4 – Rotor misto

Bomba de fluxo misto (diagonal): O líquido entra no rotor/impulsor, atingindo a entrada das pás que são inclinadas em relação ao eixo, sendo dirigido pelas pás para a periferia do rotor/impulsor e sai num plano paralelo ou inclinado em relação ao eixo. São rotores onde a força centrífuga ainda é a principal responsável pela energia cedida ao líquido. São indicadas para vazões e pressões intermediárias.

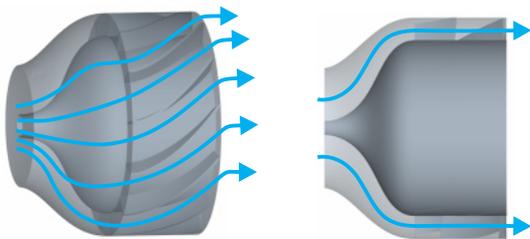


Figura 1.5 – Rotor axial

Bomba axial (propulsora): O líquido entra no rotor/impulsor, atingindo as pás e saindo na mesma direção do eixo. São indicadas para grandes vazões e pequenas alturas manométricas.

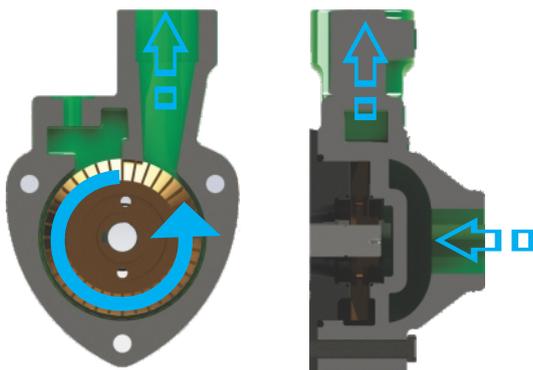


Figura 1.6 – Rotor periférico

Nas bombas regenerativas ou periféricas, o líquido bombeado entra no rotor/impulsor atingindo a periferia das pás e é arrastado para fora através da rotação. São utilizadas em aplicações que necessitam de uma carga de pressão maior com uma vazão menor.

1.3 TIPOS DE BOMBAS / SEGMENTAÇÃO (TERMOS)

Os tipos de bombas mais utilizados são: monoestágio, multiestágio, injetoras, com injetor interno e externo, autoaspirantes, autoescorvantes, reautoescorvantes, submersíveis, submersas, entre outros termos adotados pelos fabricantes para produtos especiais.



Figura 1.7 – Tipos de bombas mais utilizadas

Também podem ser encontradas aplicações ou segmentos especiais, como por exemplo os conjuntos de combate a incêndio, constituídos por: bomba principal elétrica, bomba principal diesel, bomba jockey e todos os equipamentos e acessórios necessários para a instalação e automação do conjunto.

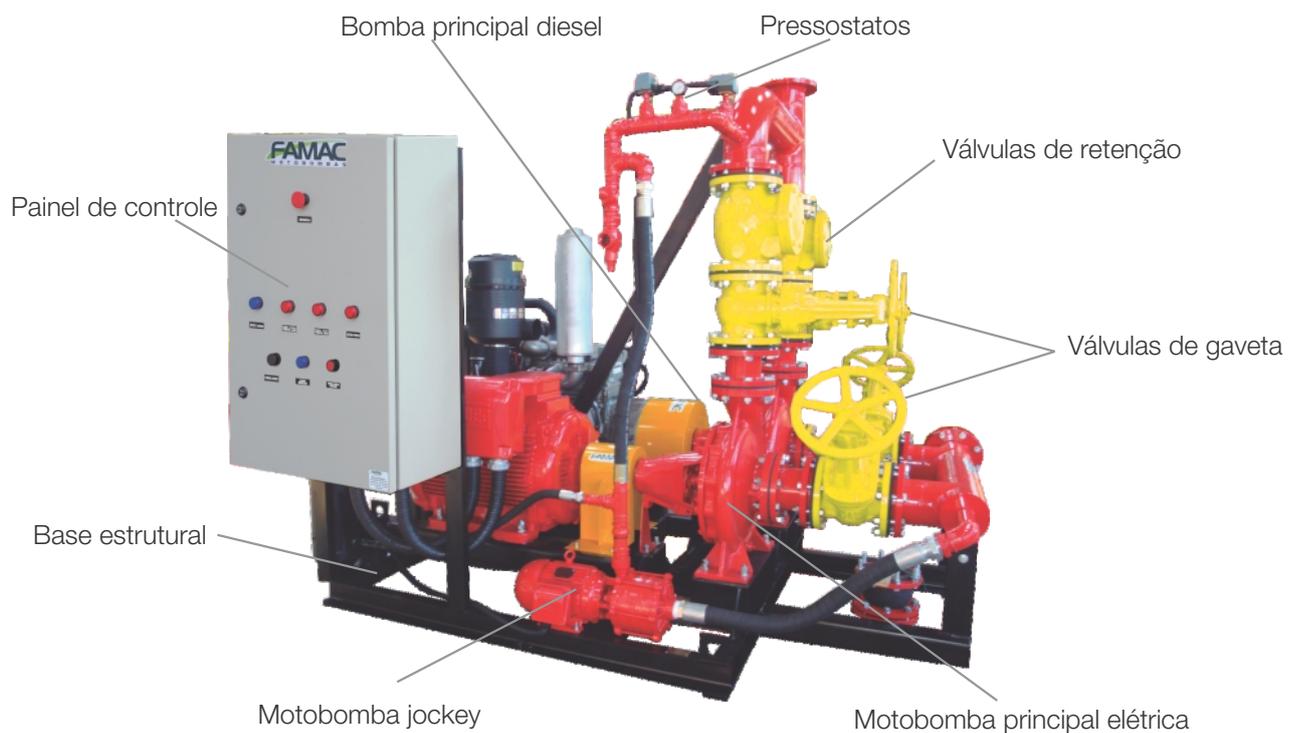


Figura 1.8 – Conjunto de combate a incêndio

2. PRINCIPAIS COMPONENTES

Abordaremos somente os componentes que consideramos mais importantes, tais como carcaça ou voluta, rotor/impulsor e os componentes de vedação.

2.1 CARCAÇA OU VOLUTA

A carcaça tem a função de coletar o líquido que sai do rotor/impulsor, guiá-lo adequadamente até o bocal de saída e durante esse trajeto, promover a transformação de parte da energia cinética em energia de pressão.

As carcaças não fornecem energia ao líquido. São apenas conversores de energia, isto é, reduzem a velocidade do líquido aumentando a sua pressão de recalque.

Normalmente para bombas centrífugas, as carcaças são dotadas de um bocal de sucção (ou aspiração), que direciona o líquido para a parte central do rotor/impulsor e um bocal de recalque, que encaminha o líquido para fora da bomba.

As carcaças podem ser classificadas segundo dois critérios:

Formato: Simples voluta, saída concêntrica, dupla voluta, difusora voluta e difusora dupla voluta

Partição: Partida radial e partida axial

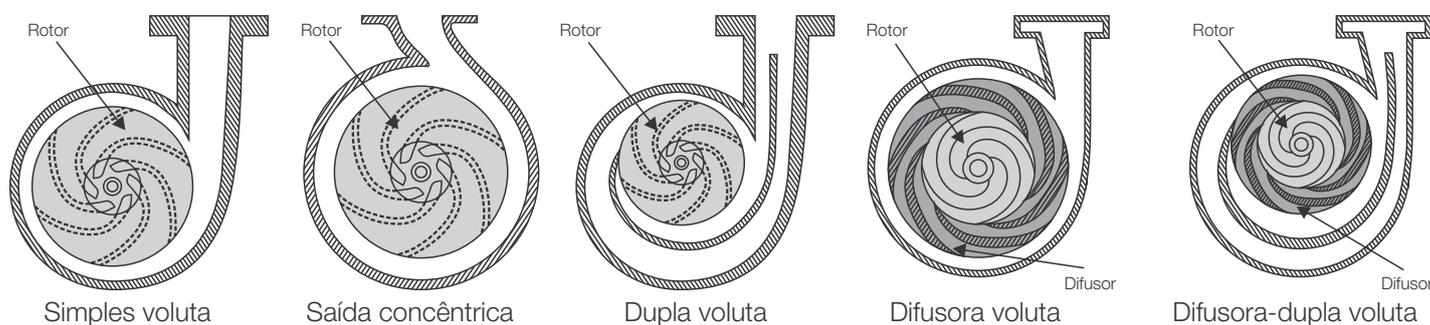


Figura 2.1 – Classificação das carcaças quanto ao formato

As carcaças de formato **“simples voluta”** efetuam a conversão de energia de velocidade em energia de pressão de forma mais eficiente. Ex. linhas FCA, FOX e FVA da Famac.

Nas carcaças de formato **“saída concêntrica”**, o empuxo radial sobre o rotor/impulsor é menor, em relação as de formato **“simples voluta”**, tendo uma instalação mais simplificada. Ex. linhas FSG, FN, PA e FPA da Famac.

Nas carcaças de formato **“difusora-voluta”**, as pás do difusor têm a finalidade de receber e guiar convenientemente o líquido que sai do rotor/impulsor. Normalmente são utilizadas em bombas multiestágios. Este tipo de formato elimina o empuxo radial sobre o rotor/impulsor. Ex. linhas Iris, Silen, FIQ, FES, FMG, FBX, SP, SPC, da Famac.

As carcaças **“dupla voluta”** e **“difusora-dupla voluta”** surgiram como uma solução econômica para reduzir o empuxo radial sobre o rotor/impulsor. São pouco utilizadas em aplicações de produção seriada.

As carcaças também podem ser classificadas conforme a disposição do eixo ou aplicação:



Figura 2.2 – Disposição do eixo e tipo de carcaça

2.1.1 MATERIAIS DA CARÇAÇA OU VOLUTA

Existem diversas opções de materiais que podem atender às aplicações de bombas. Os materiais não podem absorver água, devem ser compatíveis quimicamente aos líquidos especificados para a aplicação e serem resistentes ao desgaste e corrosão.

A tabela abaixo contém alguns dos materiais mais utilizados em carcaças e suas aplicações preferenciais, sem contudo, limitar as aplicações às quais estas ligas de materiais podem atender. É possível melhorar as características mecânicas e químicas das ligas, alterando a composição química ou com tratamentos térmicos (têmpera) e de superfície (níquel químico, nitretação a plasma).

Dependendo da aplicação, podem ser utilizadas carcaças com ligas de ferro cinzento de classes mais duras, como por exemplo GG-30 ou ligas de maior resistência mecânica e química, como por exemplo, as ligas de ferro nodular GGG-60, onde o tratamento térmico é utilizado para melhorar as propriedades do material.

Também pode ser realizado o revestimento dos componentes que poderão sofrer desgaste em contato com o fluido na aplicação, como por exemplo em minerações onde a abrasividade e o ataque químico geram grande desgaste na carcaça.

Os procedimentos de revestimentos normalmente são para materiais metálicos e podem ser de massa epóxi com carga de cerâmica ou carbetto de silício, resinas de borracha ou epóxi líquida, entre outros materiais. Em alguns projetos, as bombas já são fabricadas com geometrias visando o revestimento interno da bomba com borracha, por exemplo.

A tabela abaixo sugere alguns materiais para as principais aplicações utilizadas nos produtos da Famac Motobombas na forma standard ou opcional.

MATERIAIS DAS CARÇAÇAS						
	Ferro Fundido	Alumínio	Bronze	Aço Inoxidável	Polímero	
APLICAÇÕES	Água limpa	✓	✓	✓	✓	✓
	Água turva sem sólidos	✓	✓	✓	✓	✗
	Água turva com sólidos	✓	✗	✓	✓	✗
	Água quente	✓	✗	✓	✓	✗
	Água do mar	✗	✗	✓	✓	✗
	Hidromassagem	✗	✗	✗	✗	✓
	Piscinas	✗	✗	✗	✗	✓
	Incêndio	✓	✓	✓	✓	✗
	Indústria alimentícia	✗	✗	✗	✓	✗
	Indústria química*	✗	✗	✗	✓	✓

* Materiais geralmente usados, podem ser diferentes dependendo do produto químico, temperatura e concentração.



2.2 COMPONENTES DE VEDAÇÃO

Os componentes de vedação e/ou caixa de vedação tem a função de impedir a passagem de líquido, ar ou qualquer corpo estranho na região onde o eixo atravessa a carcaça, permitindo o isolamento entre os meios internos e externos da bomba.

Dentre as formas de vedação mais utilizados em bombas, citamos: a **vedação estática** e a **vedação dinâmica**.

2.2.1 VEDAÇÃO ESTÁTICA

A vedação estática acontece quando se tem duas peças sem movimento entre si, mas precisam ser vedadas. Normalmente, pode ser utilizada vedação do tipo o'ring ou juntas de vedação. As juntas de vedação têm a vantagem de se adaptarem facilmente a qualquer tipo de união, mesmo irregulares, velhas ou desgastadas, já os o'ring são mais utilizados devido a facilidade de montagem e manutenção, eventualmente permitindo até a sua reutilização.

2.2.2 VEDAÇÃO DINÂMICA

A **vedação dinâmica** pode ser dividida em **radial** (gaxetas) e **axial** (selos mecânicos). São elementos utilizados para vedação das peças móveis ou rotativas.

2.2.2.1 VEDAÇÃO DINÂMICA RADIAL

As gaxetas são elementos de vedação pré-formados, de estrutura flexível. São fabricadas em tiras e a maioria delas tem seção quadrada que podem ser cortadas e instaladas em volta do eixo. O ajuste é feito por compressão resultante do aperto de uma peça (aperta-gaxeta).

A rigor, a função de uma gaxeta em uma bomba centrífuga não é impedir totalmente a saída do líquido em operação. Na prática, permite-se um pequeno vazamento, da ordem de 30 a 60 gotas por minuto, que tem a finalidade de resfriar e lubrificar os anéis de gaxeta.

Se as gaxetas forem comprimidas demasiadamente, provocam maior atrito no eixo (ou na luva), implicando em grande geração de calor, podendo até "trancar" a bomba e gerar grande desgaste do eixo ou da luva. Para garantir um desempenho satisfatório, a manutenção e o ajuste dos anéis de gaxeta devem ser frequentes.

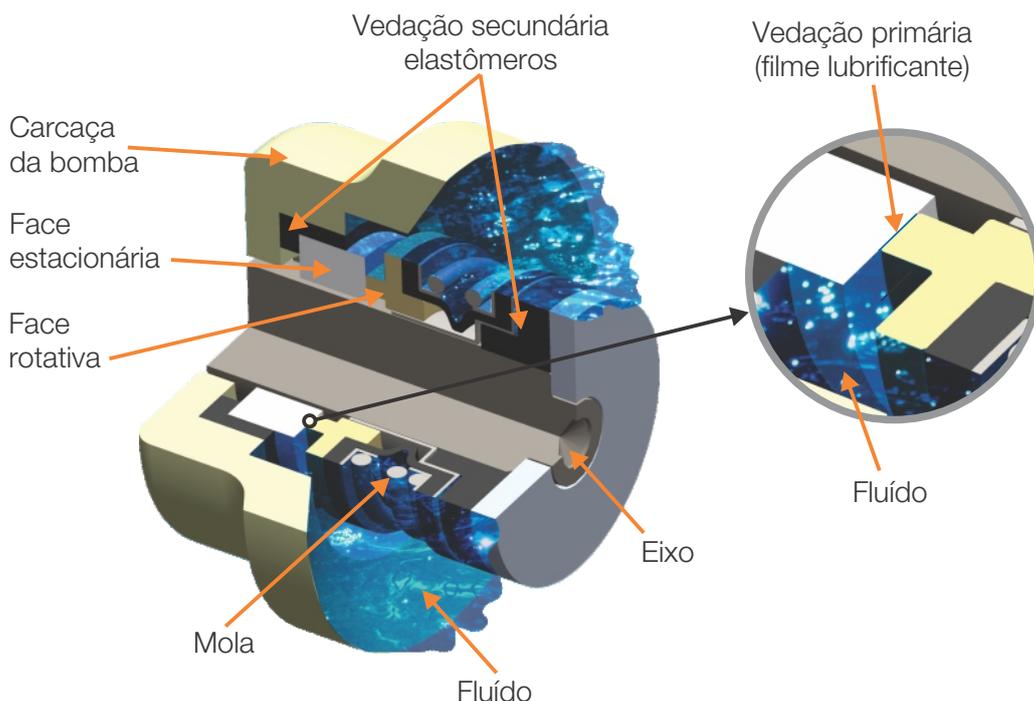
2.2.2.2 VEDAÇÃO DINÂMICA AXIAL

Os Selos Mecânicos têm a finalidade de impedir a passagem do líquido ao longo da interface de duas superfícies de movimento rotativo. Normalmente, uma superfície permanece estacionária enquanto a outra gira.

A grande diferença operacional, se compararmos com a vedação dinâmica radial, é que não necessitam apresentar vazamentos, como ocorre nas vedações por gaxetas. A lubrificação de suas pistas de deslizamento é feita pelo líquido bombeado.

A geometria dos selos mecânicos pode variar de acordo com os "modelos" ou "estilos" comercializados pelos diversos fabricantes, porém, as partes fundamentais normalmente serão semelhantes em geometria e função.

Segue representação esquemática dos vários componentes dos selos mecânicos:



- **Face estacionária:** Esta parte é fixada na carcaça.

- **Face rotativa:** Esta parte é fixada no eixo do acionador.

- **Mola:** Tem a função de manter o contato entre as faces estacionária e rotativa.

- **Vedação Primária:** É função das superfícies de contato das faces estacionária e rotativa.

- **Vedação Secundária:** É função dos elastômeros presentes nos componentes ou partes estacionária e rotativa.

Figura 2.3 – Ilustração das partes dos selos

Seguem alguns exemplos de geometrias de selos disponíveis comercialmente, de forma seriada ou especial:



Figura 2.4 – Modelos de selos disponíveis

Para que o selo mecânico mantenha as funções e o tempo de uso, os dimensionais e tolerâncias de montagem devem ser rigorosamente observados.

É fundamental observar as especificações do fabricante da bomba antes de realizar a substituição do selo mecânico, garantindo que o funcionamento e tempo de vida permaneçam de acordo com o projeto original.

Parâmetros para seleção: pressão da bomba, temperatura de trabalho, rotação e característica do líquido bombeado.

Podem ser fabricados com os mais diversos materiais, dependendo da aplicação. Citamos os mais comuns:

- Vedações secundárias (Elastômeros): Borracha nitrílica (BunaN - NBR), Fluor elastômero (Viton), Etileno propileno (EPDM), Silicone, Cloroprene (neoprene), Perfluorcarbono (kalrez 4079), Perfluorcarbono (chemraz 505), Isolast, Viton + duplo revestimento de PTFE, Etileno + duplo revestimento de PTFE, Viton com revestimento de PTFE (translúcido).
- Faces rotativas ou deslizantes: Grafite, Cerâmica, PTFE, Carbetto Silício, Carbetto Tungstênio, entre outros materiais metálicos como Cromo e Bronze.

O procedimento de montagem deve ser conforme a orientação do fabricante do selo, tais como: limpeza das superfícies de montagem, dimensionais e lubrificação adequada para a montagem.

PROPRIEDADES DOS PRINCIPAIS ELASTÔMEROS (ASTM D2000-12)

	Borracha nitrílica (Buna N)	Fluor elastômero (Viton)	EPDM (Etileno propileno)
Dureza (Shore A)	55 a 65	65 a 75	55 a 65
Temperatura de trabalho (°C)	-40 a 100	-20 a 200	-50 a 150
Indicação	Serviços gerais Soluções aquosas Óleo Mineral Derivados de petróleo	Ácidos diluídos e concentrados Óleos lubrificantes Graxa Óleo sintético de motores Fluido hidráulico Solventes (Tri e Per) Tricloro (Etileno, Etano) Tetracloro (Etileno, Etano) Percloroetileno	Vapor de água saturado (caldeira) Alguns produtos químicos (avaliar compatibilidade química)
Contraindicação	Hidrocarbonetos aromáticos (Benzol, Toluol, etc.) Hidrocarbonetos clorados (Tri, Per, Tetra)	Alguns solventes (acetona, Skidrol) Ácido fluorídrico Vapor de água saturado (caldeira)	Óleo mineral Solventes Derivados de petróleo Ácidos diluídos e concentrados

2.2.2.3 MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO DO SELO

As faces rotativa e estacionária, bem como a borracha de vedação são produzidas de diferentes materiais, ou seja, dependendo do líquido que for bombeado, deve-se escolher um selo mecânico cujos materiais de fabricação sejam compatíveis para a aplicação.

Abaixo, temos os materiais mais comuns de fabricação dos selos mecânicos e utilizados pela Famac:

Materiais	Abreviação	Face Rotativa	Face Estacionária	Borracha de Vedação
Grafite	G	Sim	Não	Não aplicável
Cerâmica	C	Não	Sim	Não aplicável
Silício	S	Sim	Sim	Não aplicável
Carbeto de Tungstênio	WC	Sim	Sim	Não aplicável
Borracha nitrílica	B	Não aplicável	Não aplicável	Sim
Viton	V	Não aplicável	Não aplicável	Sim
EPDM	E	Não aplicável	Não aplicável	Sim

Tomemos por exemplo na Famac, um selo mecânico cuja sigla é **GCB**. Concluímos que sua face rotativa é fabricada em grafite, sua face estacionária é fabricada em cerâmica e sua borracha de vedação é fabricada em borracha nitrílica (sempre a ordem de abreviação será: face rotativa, face estacionária e borracha de vedação).

Desta forma, é muito importante que sejam tomados os devidos cuidados para que os materiais de fabricação do selo mecânico sejam os ideais para a aplicação desejada. A tabela abaixo sugere as principais aplicações para cada selo.

	Água limpa < 60°C	Água limpa > 60°C	Água turva < 60°C	Água turva > 60°C	Esgoto Bruto	Esgoto Tratado	Água do mar < 60°C	Água do mar > 60°C	Produtos Químicos *
Grafite, Cerâmica, BunaN (GCB)	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗
Grafite, Cerâmica, Viton (GCV)	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗
Grafite, Cerâmica, EPDM (GCE)	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✓
Grafite, SiC, BunaN (GSB)	✓	✗	✓	✗	✗	✓	✗	✗	✗
Grafite, SiC, Viton (GSV)	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✗	✗	✗
SiC, SiC, BunaN (SSB)	✓	✗	✓	✗	✓	✓	✓	✗	✓
SiC, SiC, Viton (SSV)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
SiC, SiC, EPDM (SSE)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Carbeto de Tungstênio, SiC, Viton (WCSV)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Carbeto de Tungstênio, SiC, EPDM (WCSE)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Carbeto de Tungstênio, Grafite, Viton (WCGV)	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓
Carbeto de Tungstênio, Grafite, BunaN (WCGB)	✓	✗	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓

* Pode variar de acordo com o tipo de produto, concentração, viscosidade e temperatura

2.3 ROTOR/IMPULSOR

É o componente principal da bomba, responsável por fornecer energia ao líquido a ser bombeado.

O princípio de funcionamento de um rotor/impulsor centrífugo é, que ao girar, acionado por fonte motriz externa, cria uma depressão (vácuo) na região central do rotor/impulsor, provocando a aspiração do líquido, que entra em movimento de rotação e é direcionado para a periferia pela ação da força centrífuga, adquirindo pressão e velocidade.

2.3.1 TIPOS E APLICAÇÕES DOS ROTORES/IMPULSORES

Os rotores/impulsores são definidos para atender determinadas necessidades da aplicação, porém, não há regra para o seu uso. Por exemplo, em bombas submersíveis, normalmente são indicados rotores dos tipos semiaberto, monocanal ou helicoidal, mas, o uso de rotores fechados também pode ser utilizado, desde que o projeto da bomba ou da instalação limitem a passagem de objetos para que não ocorram entupimentos.

Principais características dos diversos tipos de rotores/impulsores:

Geometria	Tipo	Aplicação	Indicação	Fluxo
	Fechado	Monoestágio Multiestágio Injetora Autoescorvante Submersível	Para água limpa sem presença de sólidos ou objetos. São mais utilizados em bombas centrífugas para obter pressão e rendimento.	Radial Misto
	Semiaberto	Monoestágio Multiestágio Injetora Autoescorvante Submersível	Para uso em água limpa, turva ou com passagem de sólidos, conforme modelo. Utilizados em bombas com elevada vazão.	Radial Misto
	Periférico	Monoestágio Multiestágio Autoescorvante	Para uso somente com água limpa. São mais utilizados em bombas centrífugas para obter pressão.	Periférico
	Monocanal	Monoestágio Submersível	Para uso em esgoto ou água com passagem de sólidos. Utilizados para vazões a pressões moderadas.	Radial
	Vortex	Monoestágio Submersível	Para uso em água com passagem de sólidos. Indicados para passagem de materiais fibrosos derivados da indústria têxtil.	Radial
	Helicoidal	Monoestágio Submersível	Para uso em líquidos com presença de materiais fibrosos e têxteis, onde são necessárias grandes passagens de sólidos. Utilizadas para vazões e pressões moderadas.	Misto
	Dupla Sucção	Monoestágio	Para uso em água limpa ou turva sem presença de sólidos ou objetos. Utilizados para grandes vazões e pressões.	Radial Misto

2.3.2 MATERIAIS E APLICAÇÕES

Na Tabela da página anterior foi mostrada a aplicação de cada rotor, porém determinar o material de construção para o tipo de líquido da aplicação é fundamental para que a bomba funcione corretamente.

Na tabela abaixo exemplificamos os líquidos mais comuns e a compatibilidade com os materiais mais usados em rotores.

Para líquidos diferentes é aconselhado consultar o fabricante da motobomba.

MATERIAIS DO ROTOR / IMPULSOR						
APLICAÇÕES		Ferro Fundido	Alumínio	Bronze	Aço Inoxidável	Polímero
	Água limpa	✓	✓	✓	✓	✓
	Água turva sem sólidos	✓	✓	✓	✓	✗
	Água turva com sólidos	✓	✗	✓	✓	✗
	Água quente	✓	✗	✓	✓	✗
	Água do mar	✗	✗	✓	✓	✗
	Hidromassagem	✗	✗	✗	✗	✓
	Piscinas	✗	✗	✗	✗	✓
	Incêndio	✓	✓	✓	✓	✗
	Indústria alimentícia	✗	✗	✗	✓	✗
	Indústria química*	✗	✗	✗	✓	✓

* Materiais geralmente usados, podem ser diferentes dependendo do produto químico, temperatura e concentração.

2.3.3 AJUSTES DE ROTOR/IMPULSOR

Por fim, também é importante saber qual o valor do diâmetro do rotor selecionado, pois, caso seja necessário algum ajuste na curva do produto, pode-se fazer a usinagem e adequá-lo para a aplicação.

Veja na figura 2.5 o que ocorre na curva de pressão x vazão do produto se ajustarmos o diâmetro do rotor de 135mm (curva em vermelho) para 130mm (curva em preto).

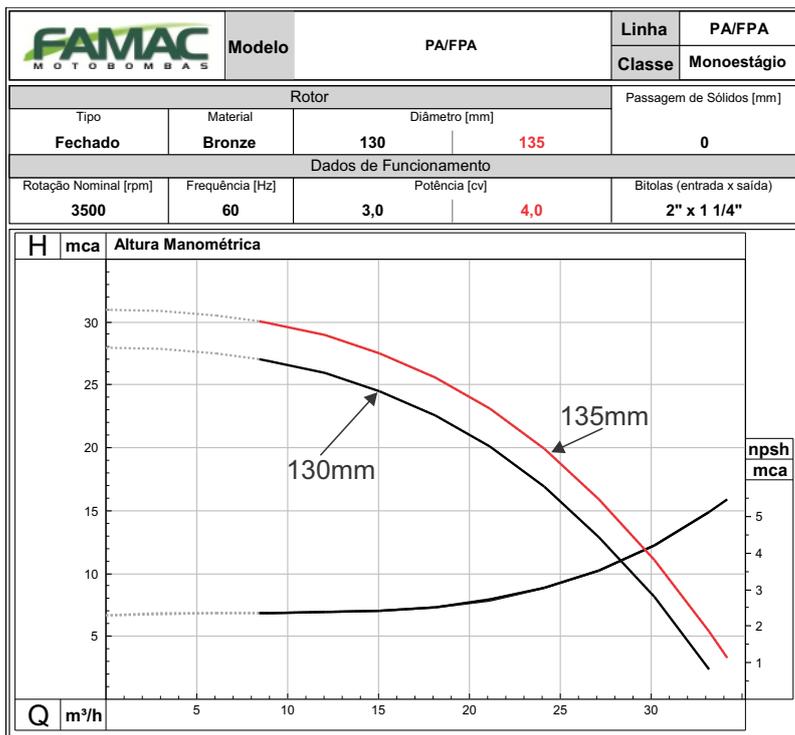


Figura 2.5 – Curva característica

A relação do ajuste é dada pelas fórmulas abaixo.

$$\frac{Q}{Q_1} = \frac{D}{D_1} \quad \frac{H}{H_1} = \left(\frac{D}{D_1}\right)^2 \quad \frac{N}{N_1} = \left(\frac{D}{D_1}\right)^3$$

- D - Diâmetro inicial
- D₁ - Diâmetro final
- Q - Vazão inicial
- Q₁ - Vazão final
- H - Pressão inicial
- H₁ - Pressão final
- N - Potência inicial
- N₁ - Potencia final

2.3.4 BALANCEAMENTO DE ROTOR / IMPULSOR

O balanceamento em peças rotativas como os rotores de bombas, refere-se ao processo de correção das peças, determinado pela Norma Brasileira ABNT NBR-8007/83, que visa garantir um nível de vibração residual admissível em função da velocidade de rotação. Este nível de vibração é gerado pelo desbalanceamento e se propaga para todos os outros componentes do conjunto (mancal, eixo, parafuso, motor). O balanceamento é realizado submetendo a peça em máquinas balanceadoras de procedimento estático ou dinâmico, que indica o ponto de correção necessária.

A correção pode ser realizada colocando ou retirando massas em pontos específicos da peça, garantindo-se a distribuição uniformemente da massa em torno do seu eixo de rotação, cancelamento ou equilibrando as vibrações residuais. Para os rotores de motobombas, o valor máximo admissível para desbalanceamento é de Grau 6,3.

O desbalanceamento é sempre expresso como o produto da massa vezes a distância, em gramas-milímetros (**g.mm**), é calculado pela seguinte fórmula: $m.r = M \times (e / 2)$

Onde:

m.r é o desbalanceamento máximo admissível (**g.mm**), **M** é a massa do rotor (gramas), **e** é a excentricidade (afastamento da distribuição de massa do centro do rotor).

A excentricidade (**e**) é calculada por: $e = G / w$

Onde:

G = 6,3 e **w** é a velocidade angular do rotor em rad/s.

Para um rotor de 200 gramas com rotação de 3600 rpm em 60 Hz, temos:

$$w = 2 \times \pi \frac{\text{rpm}}{\text{frequência (Hz)}} \quad w = 2 \times \pi \frac{3600}{60} = 377 \text{ rad/s} \quad e = \frac{6,3}{377} = 0,017 \text{ mm} \quad m.r = 200 \times \frac{0,017}{2} = 1,67 \text{ g.mm}$$

Assim, até 1,67 g de massa ao redor de um rotor de 200 g, irá gerar uma vibração residual admissível em 3600 rpm.

2.3.5 CAUSAS DO DESBALANCEAMENTO

As fontes mais comuns de desbalanceamento são: fundição e/ou geometrias assimétricas, inclusões ou vazios em peças laminadas, furação ou usinagem excêntricas, mancais ou acoplamentos não concêntricos, distorções permanentes, incrustações, corrosão, erosão de material.

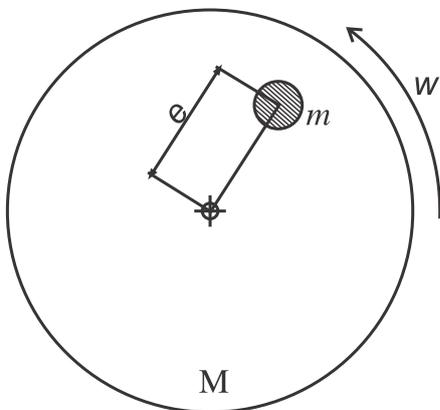


Figura 2.6 – Representação da massa geradora de desbalanceamento



Figura 2.7 – Balanceadora de procedimento dinâmico



Figura 2.8 – Eixo do motor quebrado por vibração



Figura 2.9 – Rolamento quebrado por vibração

3. CAVITAÇÃO

Cavitação é o nome que se dá ao fenômeno de vaporização de um líquido pela redução da pressão, durante seu movimento.

Tomamos por exemplo que a água ao nível do mar ferve a 100°C, se a altitude aumentar, a água vai ferver a uma temperatura mais baixa. Por exemplo, em Campos do Jordão – SP, que tem altitude de 1.628 metros, a água irá ferver em 95°C. Isto acontece devido a redução da pressão atmosférica de 10,33 mca para 8,5 mca.

Pressão atmosférica: É a pressão exercida pelo ar em um determinado ponto da superfície do líquido bombeado.

Nestas condições, em um sistema de bombeamento, o processo de vaporização será iniciado quando o líquido no trecho da sucção atingir a pressão de vapor para aquela temperatura, formando pequenas bolsas, bolhas ou cavidades no interior das quais o líquido se vaporiza. Em seguida, conduzidas pela corrente líquida provocada pelo movimento do rotor/impulsor, atingem regiões de elevada pressão dentro da bomba, onde se processa o colapso (implosão) destas bolhas, com a condensação do vapor e o retorno ao estado líquido.

Várias formas podem ser utilizadas para visualização deste processo, uma delas é restringir a passagem do líquido na sucção de uma bomba, até atingir a pressão de vapor, visualizando em um tubo transparente a formação das bolhas de vapor.

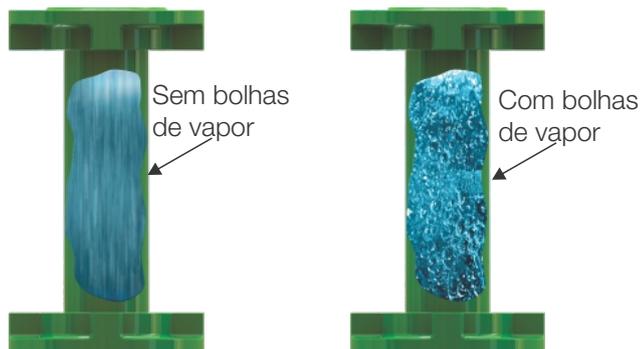
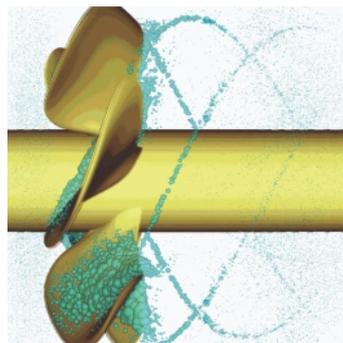


Figura 3.1 – Experimento cavitação de água



A figura, mostra um rotor/impulsor gerando a cavitação em um túnel de água experimental.

Figura 3.2 – Experimento de cavitação

Os efeitos da cavitação: Além de provocar erosão, aumentar o processo de corrosão, desgastar e remover partículas e pedaços dos rotores e dos tubos, a cavitação se apresenta, produzindo efeitos como: queda de rendimento; trepidação e ruído.



Figura 3.3 - Efeitos da cavitação

Os principais fatores que influenciam o surgimento da cavitação são: Temperatura do líquido (que interfere na pressão de vapor), concentração de gases dissolvidos no líquido, altitude (P_{atm}), altura geométrica e as perdas de carga na linha de sucção.

Precauções no projeto da bomba radial para reduzir a ocorrência da cavitação: Utilizar pequeno valor da relação de áreas e velocidades meridianas entre a entrada e a saída das pás; projetar o rotor/impulsor com um número suficiente de pás; utilizar pequeno ângulo das pás, entre outros cuidados a serem tomados no projeto.

Precauções com a cavitação nas instalações: Para minimizar ou eliminar a cavitação, deve-se atuar na instalação no sentido de aumentar o NPSH disponível, assim citamos:

- Aumentar a altura vertical de sucção no caso de bombas com sucção positiva ou, reduzir a altura vertical no caso de bombas com sucção negativa;
- Reduzir as perdas de carga na sucção, eliminando conexões ou aumentando o diâmetro da tubulação;
- Reduzir a vazão, diminuindo a rotação do acionador ou fechando o registro no recalque;
- Reduzir a pressão de vapor, reduzindo a temperatura do líquido;
- Aumentar a pressão na superfície do líquido no reservatório de sucção (quando possível em reservatórios fechados).

Caso não seja possível alterar a instalação, deve-se verificar a possibilidade de utilizar uma bomba que tenha um NPSH requerido menor. Não encontrando solução adequada para bombas de superfície, deve-se utilizar bombas para poços profundos, como por exemplo, as bombas injetoras ou submersíveis.

4. NPSH

A tabela de simbologia que será utilizada nos conceitos a seguir está disponível na página 57

O NPSH (Net Positive Suction Head) é um termo definido para avaliar as condições de vaporização do líquido bombeado.

Para evitar problemas nas bombas, gerados pelo processo de **cavitação**, deve-se garantir que o NPSHd (disponível na instalação) seja maior que o NPSHr (requerido pela bomba). O resultado é o Saldo de Carga na Sucção (SCS).

4.1 ENSAIOS DE NPSH REQUERIDO (NPSHr)

Este valor deve ser fornecido pelo fabricante da bomba como o valor mínimo de NPSH requerido pela bomba para atingir um desempenho sem ocorrer cavitação visível.

O fabricante da bomba pode realizar o ensaio do NPSHr utilizando os procedimentos da Norma ISO 9906 e representá-lo na forma de uma curva característica para a vazão da bomba.

O valor do NPSHr pode ser verificado com a leitura na curva característica correspondente ao modelo de bomba selecionado para a sua aplicação.

4.2 CÁLCULO DO NPSH DISPONÍVEL (NPSHd)

Para determinar o valor do NPSH disponível na aplicação (sistema) devem ser consideradas as condições da pressão atmosférica local, a pressão de vapor do líquido bombeado e a AMTs.

O **NPSHd** é determinado pela equação: **NPSHd = Patm - Pv ± AMTs**

AMTs deve ser calculada pela equação: **AMTs = ± Hs - Hfs ± Ps**

4.3 SALDO DE CARGA NA SUCÇÃO (SCS)

O conceito de **Saldo de Carga na Sucção** (NPSH disponível > NPSH requerido + 0,50 mca onde o valor 0,5 mca é a margem de segurança para evitar a cavitação), é utilizado para verificar as condições de sucção da bomba na aplicação, indicando possíveis limitações para o bom funcionamento da bomba. Este conceito se aplica a qualquer elemento bombeador, rotor/impulsor, engrenagem, lóbulo, parafuso, etc.

Exemplo de cálculo do SCS:

- Tipo do poço de sucção: Poço aberto
- Vazão necessária (Q): 2 m³/h
- Altura de sucção (Hs): 3 metros
- Tubulação de sucção (Ls): 5 metros de PVC de 1" (32 mm)
- Acessórios na sucção: uma válvula de pé, uma curva de 90° e um registro de gaveta aberto de PVC
- Altitude: 800 metros
- Temperatura da água: 20°C

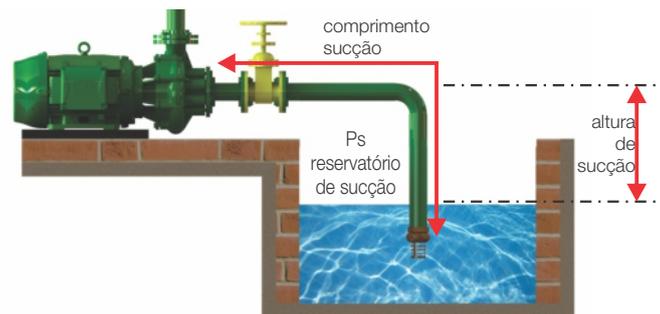


Figura 4.1 – Instalação de sucção da bomba

Para a solução devemos conhecer:

Patm para 800 m de altitude, conforme Tabela 01 do Anexo I é 9,38 mca

Pv da água à 20°C, conforme Tabela 02 do Anexo I é 0,23 mca

NPSHr do modelo de bomba selecionado (FSG-P 1/3 cv, rotor/impulsor de 114 mm) e tem NPSHr de 1,80 mca para vazão de 2 m³/h

AMTs pode ser calculada pela equação: **AMTs = ± Hs - Hfs ± Ps** onde,

Leqs conforme Tabela 05 do Anexo I, os comprimentos equivalentes para uma válvula de pé de 1" é 13,00 metros, para um registro de gaveta aberto é 0,30 metros e para uma curva de 90° é 0,60 metros, portanto **Leqs = 13,00 + 0,30 + 0,60 = 13,90 m**

Lts = Ls + Leqs = 5 + 13,90 = 18,90 m

PCs para tubulação de 1" (32 mm) e 2 m³/h de PVC, conforme Tabela 04 do Anexo I é 4,28%

Substituindo os valores na equação da AMTs,

$$AMTs = [\pm Hs - (Lts \times \%Pcs)] \pm Ps$$

$$AMTs = [-3 - (18,90 \times 4,28\%)] + 0$$

$$AMTs = [-3 - (0,80)] + 0$$

$$AMTs = -3,80 \text{ mca}$$

Substituindo os valores na equação da SCS,

$$SCS = Patm - Pv \pm AMTs > NPSHr + 0,50$$

$$SCS = 9,38 - 0,23 - 3,80 > 1,80 + 0,50$$

$$SCS = 5,35 > 2,30$$

Conclusão: O SCS (5,35 mca) é maior que o NPSHr (2,30 mca) o que significa que a bomba não irá cavitatar.

5. EMPUXO

Nas bombas centrífugas, existem forças radiais e axiais atuando sobre o rotor/impulsor e o conjunto girante. Estas forças devem ser devidamente reduzidas ou compensadas visando aumentar a vida útil do equipamento e dos mancais das bombas.

Os esforços radiais: Conforme já foi visto no item 2.1.1 - Conceito de Carcaça ou Voluta, estas forças são dependentes da geometria da carcaça, onde parte destas forças podem ser compensadas com o formato de carcaça.

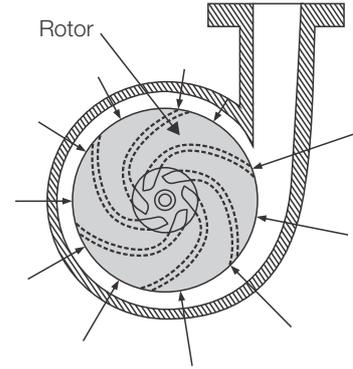


Figura 5.1 – Esforços radiais

Os esforços axiais: A resultante de todas as forças axiais que atuam no rotor/impulsor é chamada de **empuxo axial**. Estas forças são dependentes das forças originárias da ação dinâmica do fluxo de líquido que entra no rotor/impulsor axialmente e das pressões hidráulicas que irão atuar em ambos os lados do rotor/impulsor.

As forças dependentes do fluxo podem atuar no sentido da sucção se houver vácuo ou no sentido do recalque se houver pressão positiva na sucção do rotor/impulsor, como pode ocorrer em bombas de vários estágios.

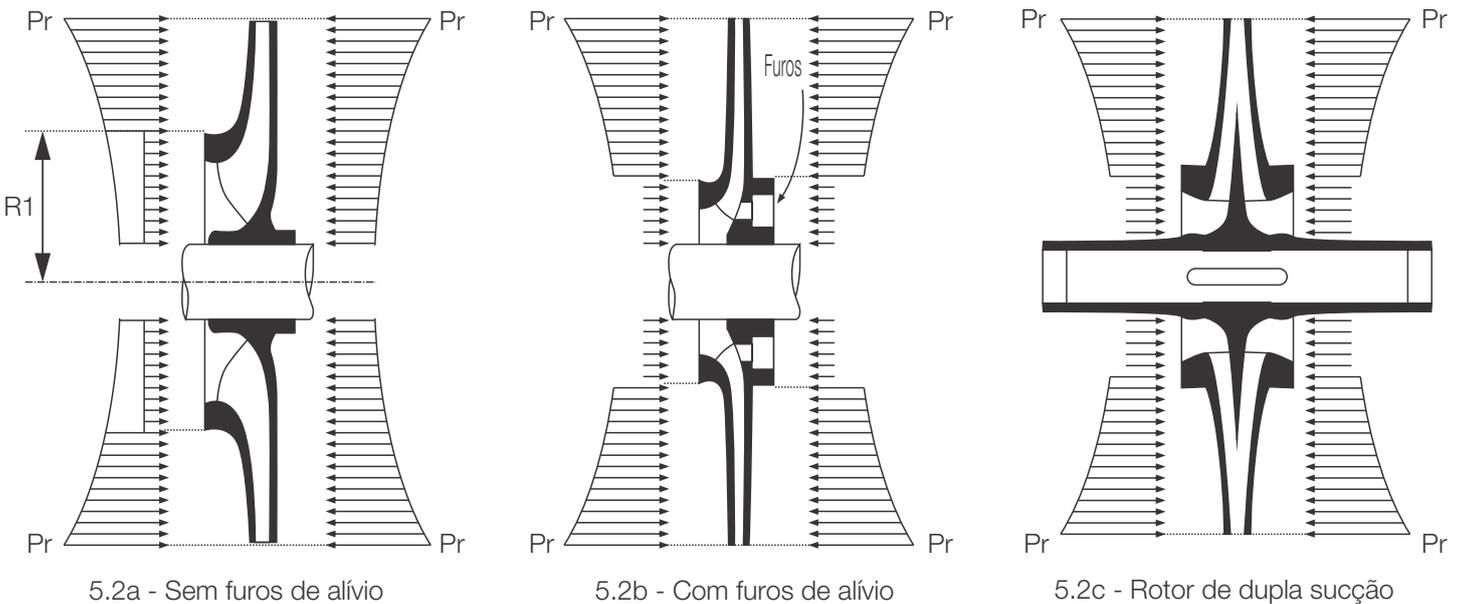
Já as forças dependentes da pressão hidráulica devem ser devidamente avaliadas e compensadas. Estas forças atuam em ambos os lados do rotor/impulsor e é máxima quando alcança o diâmetro máximo do rotor/impulsor.

Um método para compensar as forças de empuxo axial resultantes das pressões geradas pelo próprio rotor/impulsor é criar um anel de desgaste na parte traseira do rotor/impulsor, de diâmetro igual ou próximo ao anel de desgaste no lado de sucção. Este método possibilita utilizar um rotor/impulsor com furos de alívio de pressão em seu cubo, conforme Figura 5.2b abaixo. Através destes furos cria-se uma pressão igual ou próxima a pressão de sucção, equalizando as pressões em ambos os lados do rotor/impulsor e, conseqüentemente, anulando as forças de empuxo axial.

Como podemos observar nas figuras 5.2a (rotor/impulsor sem furos de alívio), a força na parte contrária a sucção é maior fazendo com que o rotor/impulsor tenha as forças de empuxo na direção da sucção. Já na Figura 5.2b, os furos na parte central do rotor/impulsor com cubo anulam essas forças. Já os rotores de dupla sucção, figura 5.2c, as forças de empuxo são iguais nos dois lados do rotor/impulsor, resultando em uma força de empuxo nula.

O empuxo axial em **bombas de multiestágios** é a soma dos empuxos nos diversos estágios, onde as pressões atuantes são bastante elevadas. Os métodos utilizados são semelhantes aos de bombas de simples estágio, porém, pode-se utilizar rotores de dupla sucção, rotores opostos ou até a combinação destes métodos.

Nas bombas verticais além das forças de empuxo, é necessário considerar o peso do conjunto rotativo.



Pr = Pressão gerada pelo rotor
 R1 = Raio do bocal de sucção do rotor

Figura 5.2 – Forças de empuxo axial

6. GRAU DE PROTEÇÃO DE MOTORES

A norma brasileira NBR 6146 classifica a proteção do motor contra a entrada de corpos estranhos (poeira, fibras, etc.), contato acidental e penetração de água.

Assim, por exemplo, uma motobomba a ser instalada num local sujeito a jatos d'água, deve possuir um motor capaz de resistir a tais jatos, sob determinados valores de pressão e ângulo de incidência, sem que haja penetração de água que possa ser prejudicial ao funcionamento dele.

Desta forma, a norma define o grau de proteção (IP) por dois números. O primeiro número indica proteção contra entrada de corpos estranhos e contato acidental, enquanto o segundo indica a proteção contra entrada de água.

1º Algarismo	
Algarismo	Indicação
0	Sem proteção
1	Proteção contra a entrada de corpos de dimensões acima de 50 mm
2	Proteção contra a entrada de corpos de dimensões acima de 12 mm
3	Proteção contra a entrada de corpos de dimensões acima de 2,5 mm
4	Proteção contra a entrada de corpos de dimensões acima de 1,0 mm
5	Proteção contra acúmulo de poeiras prejudiciais ao motor
6	Totalmente protegido contra poeira

2º Algarismo	
Algarismo	Indicação
0	Sem proteção
1	Proteção contra pingos de água na vertical
2	Proteção contra pingos de água até a inclinação de 15° com relação à vertical
3	Proteção contra pingos de água até a inclinação de 60° com relação à vertical
4	Proteção contra respingos vindos de todas as direções
5	Proteção contra jatos de água vindos de todas as direções
6	Proteção contra grande quantidade de água
7	Imersão temporária
8	Imersão permanente

Nas figuras abaixo estão ilustrados os graus de proteção para motores normalmente utilizados em motobombas. Também deve-se observar que, dependendo do local onde a motobomba for instalada, será necessário tomar a devida precaução a respeito de qual tipo de motor irá ser utilizado.

IP21

- 2 - Corpos estranhos com dimensões acima de 12 mm
- 1 - Pingos de água na vertical.

Deve ser utilizado em ambiente protegido



IP44

- 4 - Corpos estranhos com dimensões acima de 1 mm
- 4 - Respingos de água em todas as direções

Deve ser utilizado em ambiente protegido



IP55

- 5 - Proteção contra acúmulo de poeiras prejudiciais ao motor
- 5 - Jatos de água em todas as direções

Pode ser utilizado em ambiente protegido ou exposto ao tempo



IP68

- 6 - Totalmente protegido contra poeira
- 8 - Imersão permanente

Deve ser utilizado em ambiente submerso ao líquido



*Para maiores informações, sugerimos acessar os sites dos fabricantes de motores elétricos

7. PROJETOS DE BOMBAS

A maioria dos fabricantes desenvolve novos produtos utilizando como base a teoria encontrada na literatura e os projetos já existentes em seu portfólio de produtos. Após projeto e confecção dos protótipos, estes são testados em laboratório para validação. Caso o objetivo não seja alcançado, o procedimento pode ser repetido com as correções necessárias.

O projeto é definido para um ponto de melhor eficiência (BEP - Best Efficiency Point). Este ponto é definido pela "Q", "H" e "eficiência da bomba".

O desempenho hidráulico de uma bomba depende principalmente do **rotor/impulsor e voluta**.



Acesse o site www.famac.ind.br e veja mais detalhes do projeto de bombas da Famac

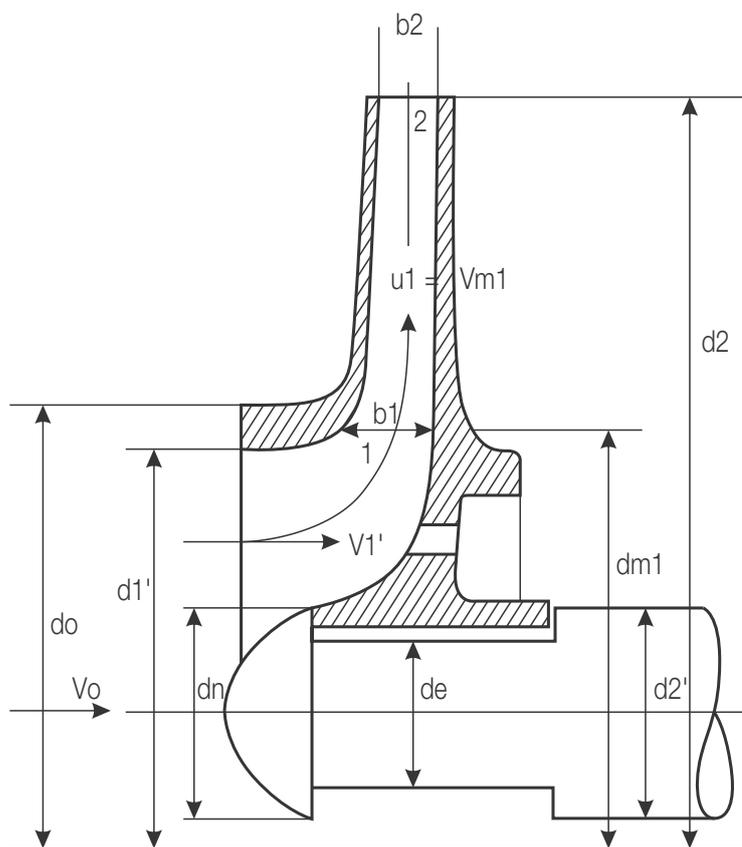


7.1 PROJETOS DE ROTORES

Os rotores são projetados para atender um desempenho hidráulico que irá fornecer uma vazão "Q", gerar uma altura manométrica "H", quando girar a "n" rotações por minuto.

O formato mais conveniente das palhetas deve ser uma superfície curva que evite o choque das partículas líquidas, fornecendo uma aceleração suave e uniforme ao líquido bombeado.

Exemplo das principais grandezas para projetar um rotor/impulsor centrífugo radial.



Destacamos as informações para o traçado preliminar do rotor/impulsor:

Dados de entrada:

- Vazão;
- Pressão;
- Rotação;
- Rendimento;

Cálculos das grandezas:

- Diâmetro do eixo (d_e);
- Diâmetro do núcleo (d_n);
- Velocidade na boca do rotor/impulsor (V_1');
- Diâmetro da boca de entrada do rotor/impulsor (d_1');
- Diâmetro médio da aresta de entrada (d_{m1});
- Velocidade meridiana de entrada (V_{m1});
- Velocidade periférica de entrada (u_1);
- Diâmetro externo do rotor/impulsor (d_2);
- Ângulo de entrada das pás (β_1);
- Ângulo de saída das pás (β_2);
- Número de pás (Z);
- Passo entre as pás (t_1);
- Obstrução devido a espessura (O_1);
- Largura das pás na saída (b_2);
- Largura das pás na entrada (b_1);

Figura 7.1 – Principais grandezas que caracterizam o rotor

O resultado do cálculo, comparado com o resultado obtido em laboratório, levará a resultado diferente, pois, devem ser consideradas as perdas devido ao número finito de pás, influência da espessura das pás, perdas por recirculação, choques, turbulência, pré-rotação, espaços mortos, entre outros fatores que ocorrerão em uma situação prática.

Uma das opções para obter resultados mais próximos aos resultados obtidos em laboratório é o emprego de coeficientes, como por exemplo, o fator de correção apresentado na literatura Macintyre, capítulo 5.

Quanto ao ângulo de saída das pás (β_2), quanto maior for o valor β_2 , maior será a energia fornecida ao líquido. No entanto as perdas de carga no rotor/impulsor e no difusor limitam a aplicações de rotores com β_2 elevados, pois o rendimento normalmente será muito reduzido.

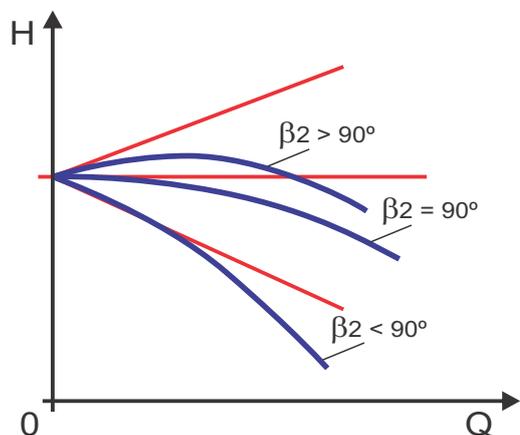


Figura 7.2 – Curvas Teóricas x Reais em função do ângulo de saída β_2

Considerações adicionais a respeito do ângulo β_2 :

- **Os rotores com palhetas curvadas para frente ($\beta_2 > 90^\circ$):** Proporcionam velocidades elevadas na saída do rotor/impulsor e conduzem a um baixo rendimento devido às perdas por atrito do líquido no rotor/impulsor. Também leva a grandes perdas por choque na carcaça. Esse projeto não é adotado na prática.
- **Os rotores com palhetas retas ($\beta_2 = 90^\circ$):** Apesar de não serem ideais sob o ponto de vista de rendimento, têm a vantagem da facilidade construtiva. São adotadas em bombas tipo Vortex (que trabalham com o rotor/impulsor afastado do fluxo hidráulico).
- **Os rotores com palhetas curvadas para trás ($\beta_2 < 90^\circ$):** Estes energizam o líquido mais sob a forma de pressão que de velocidade. Apresentam bom rendimento porque as perdas por atrito são pequenas. É a solução adotada na prática, com valores de β_2 variando entre 18 e 30°. Sendo aconselhado o valor de ângulo em torno de 22°.

Projetos de bombas utilizando rotores com muitas pás e β_2 grande, a tendência é obter maior eficiência da bomba e uma vazão maior, porém obtendo curvas características de bomba com faixa operacional pequena, exigindo maiores cuidados no dimensionamento de sistemas.

Os protótipos de rotores são construídos para ensaios hidráulicos em laboratório afim de analisar o seu comportamento. De posse dos resultados, são retirados parâmetros para corrigir o cálculo teórico e introduzir aperfeiçoamentos, visando obter bombas de elevado rendimento hidráulico.

7.2 PROJETO DE CARÇAÇA OU VOLUTA

Este componente desempenha um papel importante, principalmente em projetos onde a eficiência é fundamental. As carcaças somente irão desempenhar corretamente as funções se forem projetadas com superfícies e áreas ideais para não interferir no projeto do rotor/impulsor.

A figura abaixo ilustra o conceito básico do projeto da carcaça. Onde o aumento regular da área da carcaça deve ser compatível com as áreas do projeto do rotor/impulsor.

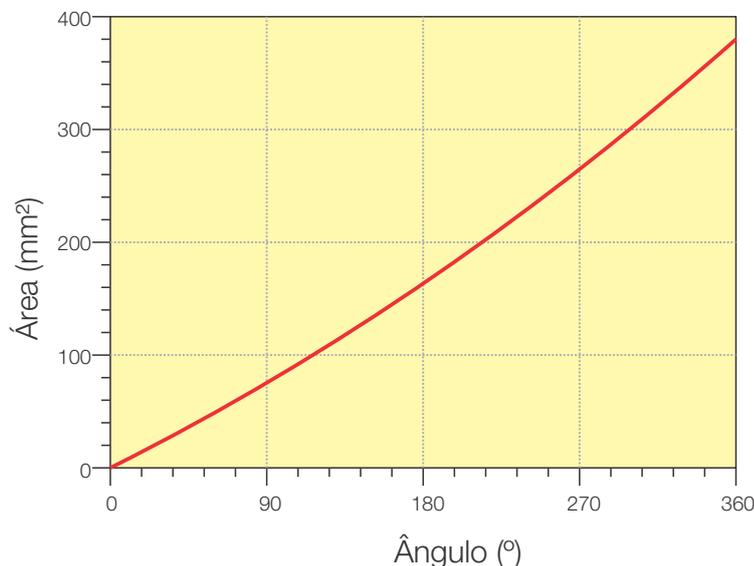
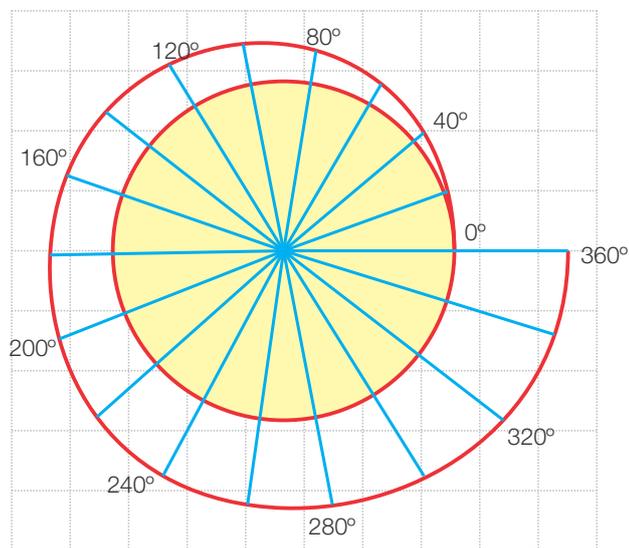


Figura 7.3 – Projeto da carcaça ou voluta

7.3 PROJETOS UTILIZANDO SOFTWARES

Atualmente muitos destes conceitos e práticas já foram mapeados e compilados na forma de Softwares, capazes de permitir desenvolver projetos e simular o desempenho hidráulicos com grande precisão, sendo necessário somente a confirmação dos resultados em laboratório.

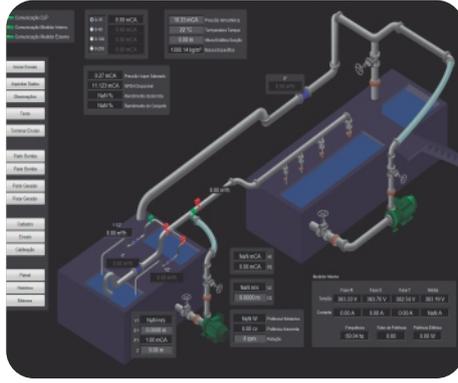
Pode-se utilizar softwares de projetos de bombas hidráulicas como os das empresas:

CFturbo - Software & Engineering GmbH - <http://es.cfturbo.com>

ANSYS - Computational Fluid Dynamics Software - <http://www.ansys.com>



Tecnologia



Confiança



Competência

FAMAC
genuinamente brasileira



8. CURVAS CARACTERÍSTICAS

8.1 CURVAS CARACTERÍSTICAS DAS BOMBAS

As curvas características das bombas normalmente são representadas na forma de um gráfico, onde no eixo horizontal temos os valores de vazão e no eixo vertical os valores de Altura Manométrica Total (AMT), potência consumida no eixo, rendimento da bomba e NPSHr.

Nas bombas centrífugas, dependendo do tipo de fluxo (radial, misto ou axial) e demais parâmetros do projeto do rotor/impulsor, a curva de potência consumida no eixo pode apresentar pequenas diferenças na inclinação em relação ao eixo vertical, mas, de forma geral, irão aumentar o consumo de potência com o aumento da vazão.

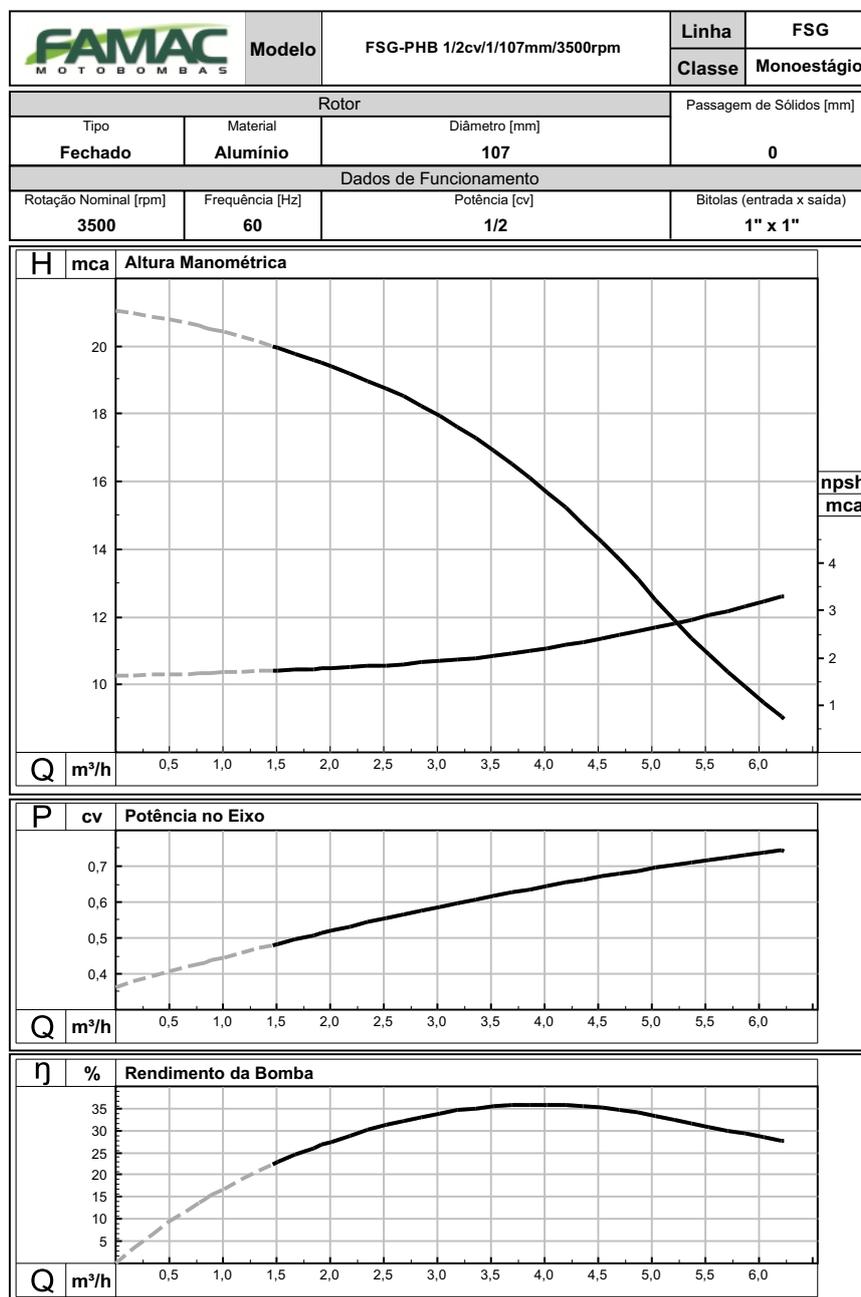


Figura 8.1 – Curva característica da motobomba

8.1.1 COBERTURA HIDRÁULICA

Conforme visto no projeto dos rotores, dependendo da largura, da quantidade de pás, do ângulo de inclinação destas pás, diâmetro do rotor e rpm do motor, as curvas características das bombas irão atender a uma determinada cobertura hidráulica (vazão e pressão).

Esta **cobertura hidráulica** normalmente é apresentada pelos fabricantes, reunindo diversos tamanhos de bombas (projetos similares) em um único gráfico com a finalidade de facilitar a pré-seleção da bomba, conforme figura 8.2.

Uma avaliação deste gráfico possibilita selecionar o tamanho ou família de bomba que melhor irá atender a uma determinada aplicação. Cada tamanho de bomba tem uma cobertura hidráulica (área da bomba). Selecionado um modelo de bomba dentro desta cobertura hidráulica, estamos escolhendo o modelo de melhor eficiência para a aplicação.

Após a seleção do tamanho de bomba, selecionar o modelo específico para atender a Altura Manométrica Total (AMT) calculada para o sistema. Este modelo normalmente já está dimensionado com o diâmetro de rotor/impulsor para uma potência nominal de motor (potência comercial) ou valores elevados de NPSH requerido pela bomba.

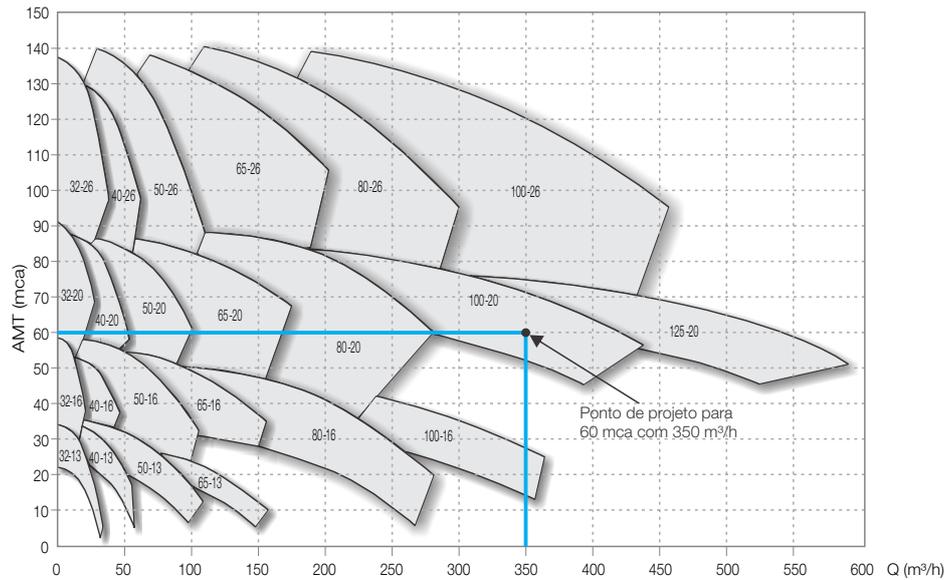


Figura 8.2 – Cobertura hidráulica - Linha de bombas PA / FPA (3500 rpm)

8.2 CURVA CARACTERÍSTICA DO SISTEMA

A curva característica do sistema é a variação na vazão relacionada à perda de carga do sistema. Ela pode ser calculada pelo projetista com base nas seguintes condições de serviço: bomba, tubulações, válvulas e acessórios, que são necessários para fazer a transferência do líquido de um ponto a outro. Pode ser apresentada na forma gráfica e, como as perdas de carga variam conforme a vazão, a curva do sistema tem a forma de uma parábola.

As perdas de carga em sistemas são compostas de perdas por atrito no tubo, válvulas, cotovelos, outros acessórios com base no aumento ou redução do diâmetro da tubulação.

A avaliação criteriosa da Curva Característica do Sistema, ou a Altura Manométrica Total correspondente a uma determinada faixa de operação do sistema é importante para otimizar a aplicação.

Como exemplo, consideremos uma instalação que necessite de uma vazão de 3,50 m³/h, com 10 metros de desnível geométrico e 100 metros de tubulação e acessórios em PVC. Perdas de carga em % obtidas da Tabela 04 do Anexo I.

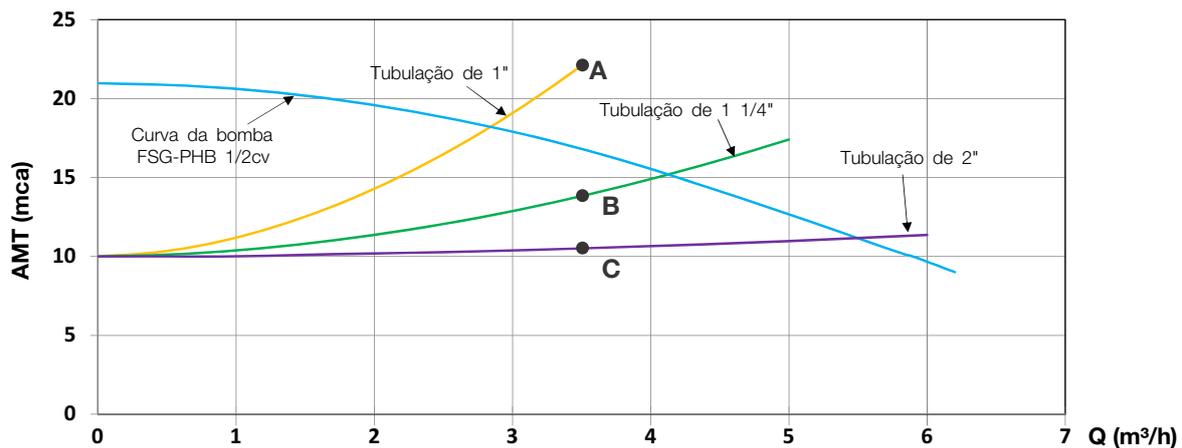


Figura 8.3 – Curva Característica do Sistema

Varição da AMT considerando-se uma vazão fixa de 3,50 m³/h:

Para tubulação de 1" a AMT será 22,07 mca, ponto **A** no gráfico

Para tubulação de 1 1/4" a AMT será 13,82 mca, ponto **B** no gráfico

Para tubulação de 2" a AMT será 10,50 mca, ponto **C** no gráfico

Após analisar essas curvas do sistema, podemos concluir que a melhor opção de motobomba será a FSG-PHB de 1/2 cv, utilizando uma tubulação de 1 1/4" de diâmetro, pois o ponto B do sistema está mais próximo do ponto de operação da motobomba selecionada.

9. INSTALAÇÕES DAS MOTOBOMBAS

Muitas são as formas e literaturas para o **levantamento das curvas características das bombas**, que são os valores referentes ao desempenho hidráulico destas. No Brasil adota-se a Norma ISO 9906 (*Rotodynamic pumps*) como base para os laboratórios de ensaio.

A **Portaria do Inmetro n.º 455**, de 01 de dezembro de 2010 estabelece os critérios para o programa de avaliação da conformidade para bombas e motobombas centrífugas, através do mecanismo da etiquetagem, para utilização da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia - ENCE, atendendo aos requisitos do Programa Brasileiro de Etiquetagem - PBE. Estes procedimentos são obrigatórios para todas as bombas e motobombas centrífugas, pertencentes ao escopo da **Portaria 455/2010**, que são comercializadas no Brasil por fabricantes e importadores. A Famac Motobombas participa deste programa desde seu início, assegurando confiabilidade em seus produtos.



Acesse o site www.famac.ind.br/empresa e “entre” no laboratório de testes da Famac



9.1 INSTALAÇÃO DE LABORATÓRIO PARA ENSAIOS

Para fins de exemplificar vamos considerar somente água à temperatura ambiente, com densidade (ρ) = 1,0 kg/dm³ ou 1.000 kg/m³ e viscosidade cinemática máxima = 20 mm²/s. Para condições diferentes, é necessário consultar literatura específica sobre as propriedades dos líquidos, em especial: Temperatura, densidade e viscosidade.

Uma instalação para ensaio, que segue esses procedimentos, garante ao fabricante de bombas precisão e repetitividade para obter a curva característica da bomba. Destacando-se:

- 1. A função do “Anel piezométrico”:** Medir a energia de pressão em 4 pontos equidistantes no tubo, comunicando esta pressão por um canal até a instalação do **manômetro de vácuo** na sucção e, o mesmo para o **manômetro de pressão** no recalque;
- 2. O posicionamento “2D”:** É a distância de duas vezes o diâmetro interno do “Anel piezométrico” e, tem a função de garantir que a medição de pressão ocorra longe de regiões de turbulências, como a saída do caracol ou de registros;
- 3. A energia cinética:** É calculada com base no ganho de velocidade do fluxo de entrada e saída da bomba. Esta medição é realizada com base na área referente ao diâmetro interno no ponto de medição de pressão de recalque e de sucção.

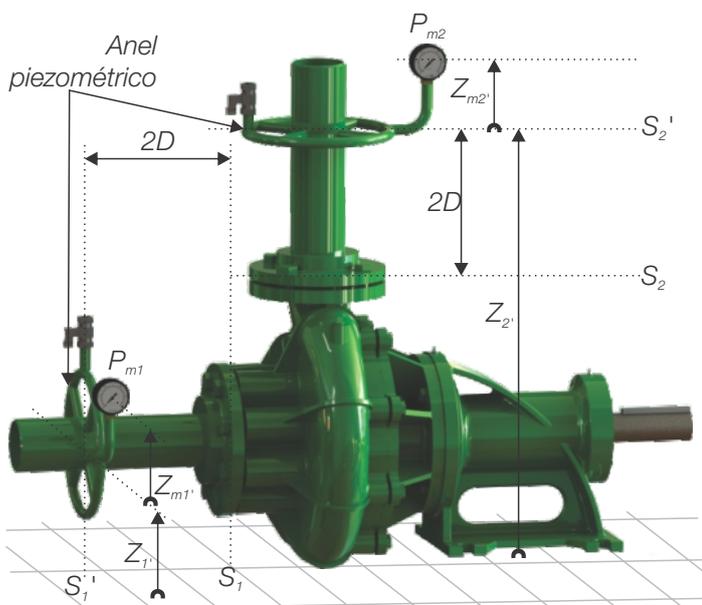


Figura 9.1 – Instalação normalizada no ensaio

Equação para determinação da Altura Manométrica Total (H ou AMT):

$$H = Z_2 - Z_1 + \left(\frac{P_2}{\rho \cdot g} - \frac{P_1}{\rho \cdot g} \right) + \frac{V_2^2 - V_1^2}{2 \cdot g}$$

Para a instalação da Figura 9.1, para a água na temperatura ambiente onde a sua compressibilidade pode ser considerada desprezível, substituir na equação,

$Z_1 = Z_1 + Z_{m1}$ - Posição geométrica do manômetro de sucção.

$Z_2 = Z_2 + Z_{m2}$ - Posição geométrica do manômetro de recalque.

$\frac{P_1}{\rho \cdot g} = P_{m1}$ - Pressão do manômetro de sucção em (mca).

$\frac{P_2}{\rho \cdot g} = P_{m2}$ - Pressão do manômetro de recalque em (mca).

$V_1 = \left(\frac{4 \times Q}{\pi \times D_1^2} \right)$ - V_1 é a velocidade média do fluxo na sucção, Q é a vazão (m³/s) e D_1 (m) é o diâmetro interno na posição S_1 e π é 3,1416.

$V_2 = \left(\frac{4 \times Q}{\pi \times D_2^2} \right)$ - V_2 é a velocidade média do fluxo no recalque, Q é a vazão (m³/s) e D_2 (m) é o diâmetro interno na posição S_2 e π é 3,1416.

9.2 INSTALAÇÕES PARA APLICAÇÕES DAS MOTOBOMBAS

Na Figura 9.2, é ilustrada uma instalação típica de bomba centrífuga com reservatórios de recalque e sucção (negativo e positivo), podendo ter pressões (P_s e P_r) diferentes da pressão atmosférica local.

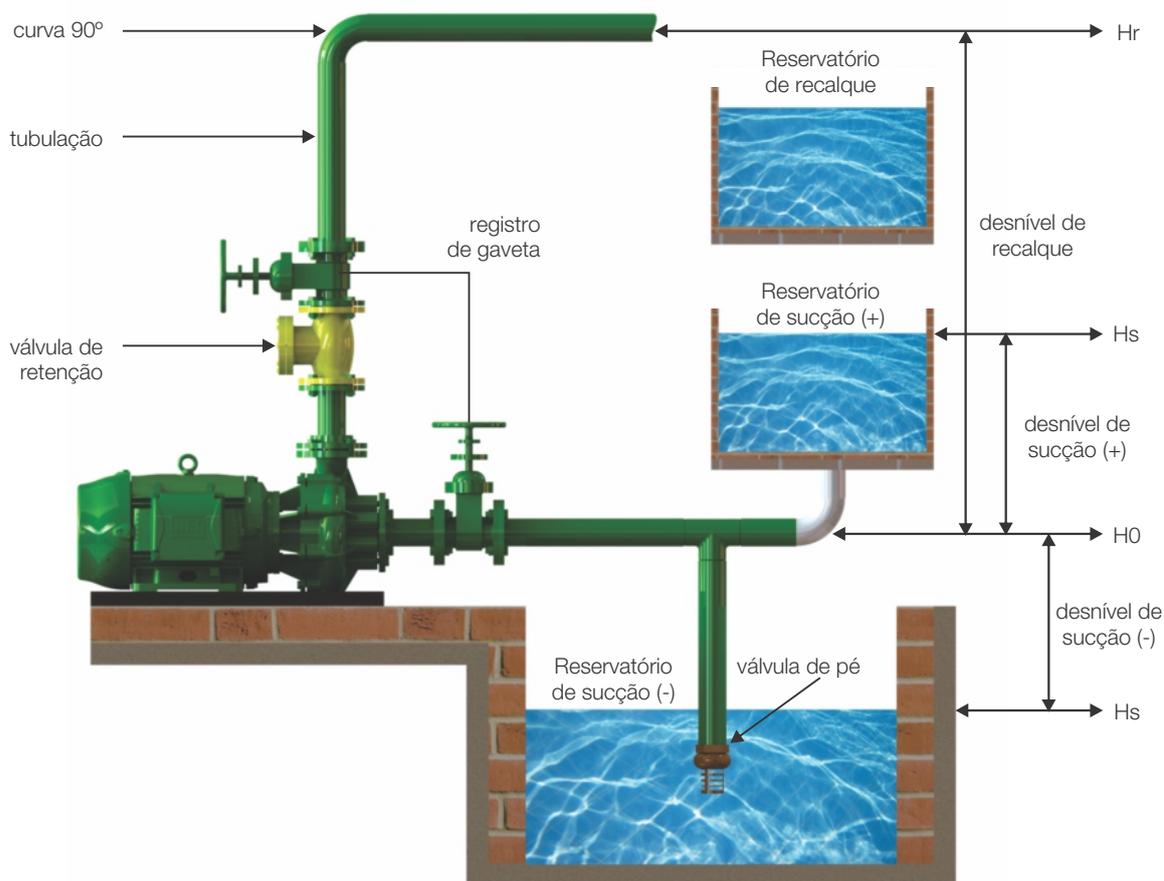


Figura 9.2 – Instalação na aplicação

Definições para as alturas ou posições (H_0 , H_s e H_r):

- **Altura H_0 :** Conforme a ISO 9906, esta é uma linha considerada como referência (cota 0 metros), é a cota no plano horizontal que passa pelo centro do rotor/impulsor.
- **Altura H_r :** Desnível geométrico de recalque desde a altura H_0 até a altura ou superfície do líquido de recalque. Normalmente o recalque fica acima da altura H_0 (cota positiva) mas, em algumas situações pode estar posicionada abaixo da altura H_0 (cota negativa) quando a bomba está instalada para aumentar a pressão de recalque.
- **Altura H_s :** Desnível geométrico de sucção desde a altura H_0 até a superfície do líquido na sucção. Podendo ser um posicionamento de cota 0 ($H_s = H_0$), de **cota positiva** (acima da cota de referência - bomba afogada) ou cota negativa (abaixo da cota de referência);

Posicionamento do reservatório de sucção: Com relação a linha de referência, as bombas podem ser instaladas de forma que a sucção esteja disposta em três posições:

- Na linha que passa pelo centro do rotor/impulsor (cota H_0).
- Abaixo da cota H_0 (sucção negativa).
- Acima da cota H_0 (afogadas ou com sucção positiva).

Os tipos de reservatórios podem ser:

- **Reservatórios abertos ($P_r = P_s = 0$ mca):** São reservatórios com pressão atmosférica.
- **Reservatórios fechados (P_r e P_s):** São reservatórios com pressão diferente da pressão atmosférica. Estas pressões normalmente são maiores que a pressão atmosférica, mas, poderão ser negativas nos casos onde existam equipamentos na sucção que geram perdas de carga. Também considerar neste tipo de instalações, os equipamentos que necessitam pressão disponível para funcionar, como em equipamentos industriais, equipamentos para irrigações, etc.

Concluimos que é necessário fornecer energia ao líquido para:

- a) Altura estática ($\pm H_r \pm H_s$):** Vencer a diferença do nível geométrico;
- b) Perdas de carga total (H_f):** Vencer perdas por atrito e turbulências existentes, desde o reservatório de sucção até o ponto final do recalque, considerando o percurso linear e todos os acessórios ou equipamentos;
- c) Pressão de recalque e sucção (P_r e P_s):** Vencer a diferença de pressão entre os reservatórios ou equipamentos no recalque e na sucção. Para reservatórios com pressão atmosférica, considerar $P_r = P_s = 0$ mca.

As energias a serem calculadas em uma aplicação são: AMT de um sistema, calculando o sistema de sucção (AMTs) e o sistema de recalque (AMTr) separadamente. Esta opção facilita os cálculos para verificar o Saldo de Carga na Sucção (NPSH disponível $>$ NPSH requerido + 0,5) pois a AMTs já está calculada, conforme visto no item NPSH.

Cálculo da AMT (Altura Manométrica Total):

- AMTr: Considerar o desnível geométrico (H_r), as perdas de carga (H_{fr}) e a pressão requerida na linha de recalque (P_r)
 - $AMTr = \pm H_r + H_{fr} + P_r$
 - $AMTr = \pm H_r + (L_{tr} \times \%P_{cr}) + P_r$
- AMTs: Considerar o desnível geométrico (H_s), as perdas de carga (H_{fs}) e a pressão requerida na linha de sucção (P_s)
 - $AMTs = \pm H_s - H_{fs} \pm P_s$
 - $AMTs = \pm H_s - (L_{ts} \times \%P_{cs}) \pm P_s$
- AMT: Somar AMTr e AMTs
 - $AMT = AMTr - (\pm AMTs)$

Na Figura 9.1 e Figura 9.2, nota-se que as instalações são muito similares onde, **no ensaio**, o objetivo é medir todas as energias transferidas ao líquido pela bomba e representá-las na forma de uma curva característica da bomba e, **na aplicação**, o objetivo é relacionar todas as energias que serão necessárias para a movimentação do líquido, possibilitando selecionar a bomba mais adequada para a aplicação.

9.3 PERDA DE CARGA EM INSTALAÇÕES

Num escoamento através de tubulações, costuma-se distinguir dois tipos de energia específica perdida, mais conhecidas como **perda de carga**:

- a) Normal:** Que ocorre em trechos reto dos tubos;
- b) Localizada ou acidental:** Que ocorre nas conexões e acessórios

Para calcular a perda de carga num trecho reto de tubulação (perda de carga normal) podem ser utilizadas fórmulas, mas, na prática, utiliza-se tabelas de perdas de carga, como por exemplo a Tabela 04 do Anexo I que relaciona o % de perda de carga a ser multiplicado pelo comprimento total da tubulação.

Para **perda de carga localizadas ou acidentais**, os valores são tabelados, Tabela 05 do Anexo I, como valores equivalentes aos comprimentos de tubos retos de mesmo diâmetro e materiais.

Exemplo de como relacionar o comprimento total da tubulação para o cálculo da perda de carga **normal** e **localizada** ou **acidental**:

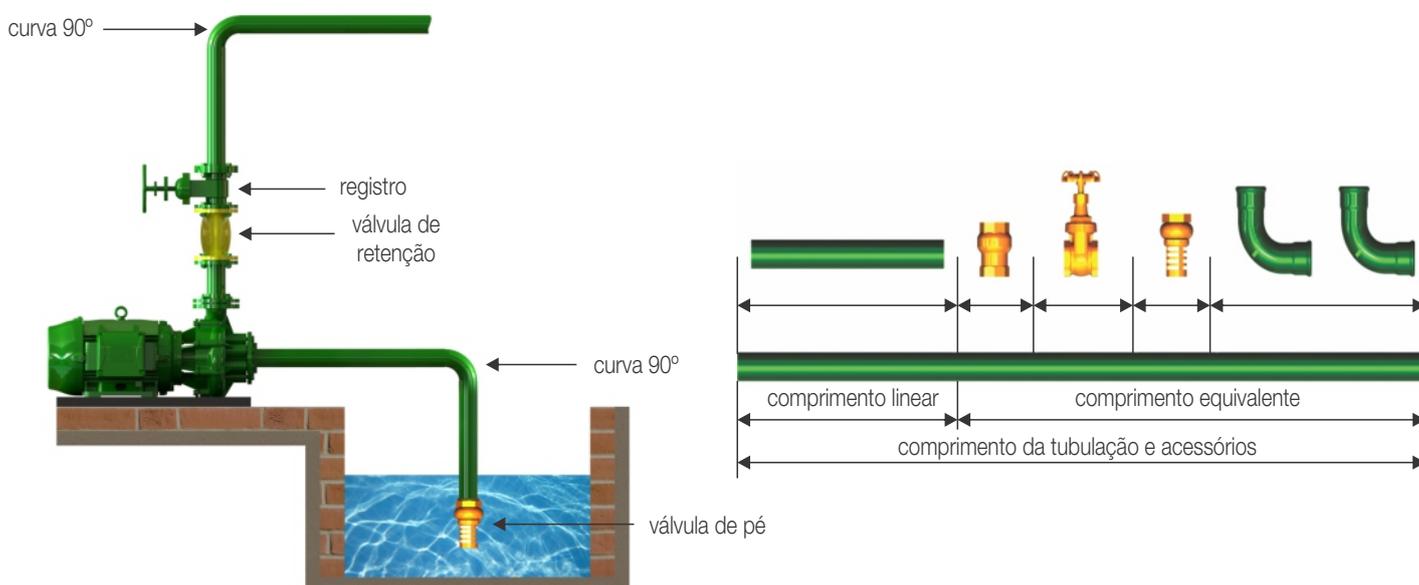


Figura 9.3 – Comprimento das tubulações e os comprimentos equivalentes dos acessórios

10. DIMENSIONAMENTO DE APLICAÇÕES

Em uma aplicação, é fundamental determinar o cálculo da Altura Manométrica Total (AMT). As demais grandezas como: potência de eixo (cv); eficiência de bomba (%); potência elétrica (kW) e eficiência da motobomba e/ou conjunto (%), são importantes, mas, podem ser consideradas como consequência do dimensionamento hidráulico e da seleção correta da motobomba.

Para facilitar o dimensionamento de uma aplicação, podemos dividir em duas formas de cálculo: **Dimensionamento simplificado e completo.**

10.1 DIMENSIONAMENTO SIMPLIFICADO

Em alguns dimensionamentos, onde a precisão do desempenho hidráulico não é fundamental, os cálculos podem ser simplificados, considerando somente o desnível geométrico total (altura de recalque e altura de sucção). As perdas de carga para a tubulação desde a válvula de pé até o reservatório no recalque são consideradas como uma margem de segurança de +10% na AMT encontrada, conforme a fórmula $AMT=[\pm Hr-(\pm Hs)]+10\%$.

É fundamental a experiência para perceber se a distância da instalação é significativa, ou saber se o modelo de bomba selecionado tem flexibilidade na faixa operacional, que é o intervalo de pressão e vazão da bomba onde o motor não terá problemas de sobrecarga ou a bomba entrar em processo de cavitação.

10.2 DIMENSIONAMENTO COMPLETO

Em dimensionamentos onde a precisão no desempenho hidráulico é importante, os cálculos devem considerar o desnível geométrico total (altura de recalque e de sucção), todas as perdas de carga (normal e localizada), desde a válvula de pé até o reservatório no recalque. Também deve ser verificado se existem equipamentos que demandem pressão adicional, como por exemplo equipamentos para irrigação.

Em casos onde as condições de sucção possam gerar o fenômeno de cavitação, deve-se avaliar as condições de sucção comparando o NPSH disponível com o NPSH requerido, conforme visto no item 4.3, Saldo de Carga na Sucção.

SEQUÊNCIA PARA O CÁLCULO DO SISTEMA:

1. **Q:** É a vazão necessária que caso não esteja definida, deve-se calcular de acordo com a aplicação (consumo diário, vazão do(s) equipamento(s), etc.)
2. Escolha do diâmetro da tubulação: Utilizar a Tabela 03 do Anexo I
3. **%Pc:** É o percentual de perda de carga para tubulação linear, obtido na Tabela 04 do Anexo I, correspondente a vazão e ao diâmetro da tubulação
4. **Leq:** É obtido na Tabela 05 do Anexo I
5. **Lt:** Somar o comprimento linear e o comprimento equivalente
 - $Ltr = Lr + Leqr$
 - $Lts = Ls + Leqs$
6. **Hf:** É o cálculo da perda de carga na tubulação e nos acessórios
 - $Hfr = Ltr \times \%Pcr$
 - $Hfs = Lts \times \%Pcs$
7. **AMTr:** Considerar o desnível geométrico, as perdas de carga e a pressão requerida na linha de recalque
 - $AMTr = \pm Hr + Hfr + Pr$
8. **AMTs:** Considerar o desnível geométrico, as perdas de carga e a pressão requerida na linha de sucção
 - $AMTs = \pm Hs - Hfs \pm Ps$
9. **AMT:** Somar AMTr e AMTs
 - $AMT = AMTr - (\pm AMTs)$

Obs.: O valor para Hr e Hs serão negativos (-) para reservatórios abaixo da entrada de sucção da bomba e positivo (+) para reservatórios acima da entrada de sucção da bomba.

10. **SCS:** É o saldo de carga na sucção, onde $NPSHd > NPSHr + 0,5$, considerando a altitude local, a pressão de vapor da água e o valor de NPSHr pela bomba.

- $NPSHd: Patm - Pv \pm AMTs$
 - Patm: Tabela 01 do Anexo I
 - Pv: Tabela 02 do Anexo I
 - $AMTs = \pm Hs - Hfs \pm Ps$, já calculado acima
- NPSHr: NPSH requerido pela bomba (fornecido na curva característica da bomba)
- 0,5 é um valor para segurança

11. EXEMPLOS DE DIMENSIONAMENTO

11.1 BOMBAS DE SUPERFÍCIE

Dados da Instalação:

- Reservatórios abertos, então, $P_r = P_s = 0$ mca
- Vazão necessária (Q): 2 m³/h
- Altura de sucção (H_s): 3 metros
- Altura de recalque (H_r): 6 metros
- Comprimento tubulação de recalque (L_r): 12 metros
- Comprimento tubulação de sucção (L_s): 5 metros
- Acessórios na sucção: uma válvula de pé, uma curva de 90° e um registro de gaveta aberto
- Acessórios no recalque: um registro de gaveta aberto e uma curva de 90°
- Altitude local: 800 metros
- Temperatura da água: 20°C

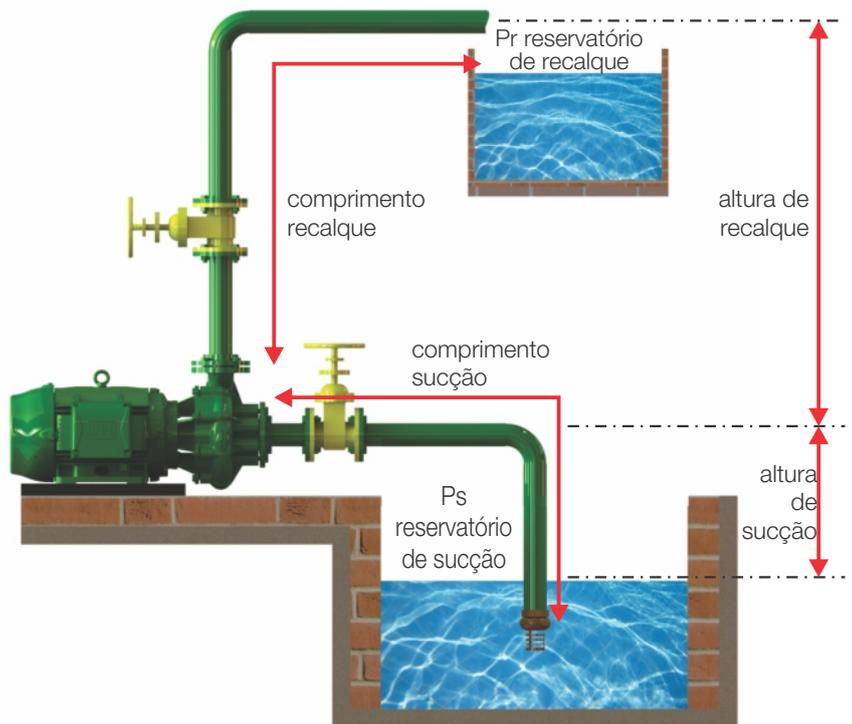


Figura 11.1 – Instalação de bombas de superfície

Obs. 01: Conforme Tabela 03 do Anexo I, para vazão de até 2,0 m³/h é sugerido a instalação de tubulação de 1" ou 1 ¼". Considerar neste caso que as distâncias não são elevadas (12 m + 5 m), podendo utilizar tubulação de 1" em PVC, que o percentual de perda de carga de 4,28% para 2,0 m³/h.

Obs. 02: Para este tipo de instalação, considerar como um reservatório aberto (com pressão atmosférica onde $P_r = P_s = 0$ mca) e com sucção negativa em que a cota H_s encontra-se abaixo do nível de referência H₀.

1º) CÁLCULO SIMPLIFICADO:

Considerar somente o desnível geométrico e somar 10% por segurança

$$AMT = [H_r - (\pm H_s)] + 10\% = [6 - (-3)] \times 1,10$$

$$AMT = (6 + 3) \times 1,1 = 9,9 \text{ mca}$$

$$AMT = 9,9 \text{ mca}$$

MOTOBOMBAS ESPECIAIS



Contate nossa engenharia de produtos

(47) 3374-6000 engenharia@famac.ind.br

2º) CÁLCULO COMPLETO DO SISTEMA

- Vazão necessária: 2,00 m³/h
- Escolha do diâmetro da tubulação (Tabela 03, Anexo I):
Diâmetro da tubulação de recalque 1" (32 mm) e diâmetro da tubulação de sucção 1" (32 mm)
- Determinar o percentual de perda de carga (Tabela 04, Anexo I):
Tubulação de recalque 4,28 (%) e tubulação de sucção 4,28 (%)
- Determinar o comprimento equivalente dos acessórios (Tabela 05, Anexo I):

Recalque:

Acessório	Material	Diâmetro	Quant.		Leq (m)		Total (m)	
Registro gaveta aberto	PVC	1" (32mm)	1	x	0,30	=	0,30	
Curva 90°	PVC	1" (32mm)	1	x	0,60	=	0,60	
Total do comprimento equivalente no recalque (Leqr)								0,90

Sucção:

Acessório	Material	Diâmetro	Quant.		Leq (m)		Total (m)	
Registro gaveta aberto	PVC	1" (32mm)	1	x	0,30	=	0,30	
Válvula de pé	PVC	1" (32mm)	1	x	13,00	=	13,00	
Curva 90°	PVC	1" (32mm)	1	x	0,60	=	0,60	
Total do comprimento equivalente na sucção (Leqs)								13,90

- Determinar o comprimento total da tubulação (Tabela 05, Anexo I):

Recalque: $Ltr = Lr + Leqr = 12 + 0,90 = 12,90$ (m)

Sucção: $Lts = Ls + Leqs = 5 + 13,90 = 18,90$ (m)

- Cálculo da perda de carga:

Recalque: $Hfr = Ltr \times \%Pcr = 12,90 \times 4,28\% = 0,55$ (mca)

Sucção: $Hfs = Lts \times \%Pcs = 18,90 \times 4,28\% = 0,80$ (mca)

- Cálculo da AMTr e da AMTs:

Recalque: $AMTr = \pm Hr + Hfr \pm Pr = 6 + 0,55 + 0 = 6,55$ (mca)

Sucção: $AMTs = \pm Hs - Hfs \pm Ps = -3 - 0,80 + 0 = -3,80$ (mca)

- Cálculo da Altura Manométrica Total (AMT):

$AMT = AMTr - (\pm AMTs) = 6,55 - (-3,80) = 10,35$ (mca)

- Selecionar a bomba Famac para a AMT:

Encontrar na tabela 06, Anexo II, a AMT igual ou superior a 10,35 mca com vazão igual ou maior que a desejada (2,0 m³/h), para a menor potência de motor.

Modelo de bomba Famac selecionado: Motobomba monoestágio centrífuga modelo FSG-P com motor de 1/3 cv monofásico IP21, com 114 mm de diâmetro de rotor/impulsor em alumínio, semiaberto e diâmetro de tubulação de 3/4" na sucção e recalque.

Este modelo tem a menor potência e atende a AMT de 12 mca com vazão de 2,50 m³/h.

No site <http://www.famac.ind.br/pt/produtos/monoestagio/fsg>, além de outras informações, está disponível a curva característica da bomba, onde podemos verificar que em 2 m³/h a AMT é 13 mca (pressão é maior que a calculada atendendo a aplicação com segurança), a potência consumida é 0,35 cv, o rendimento de bomba é 28% e o NPSHr é 1,8 mca.

- Saldo Carga na Sucção (SCS):

- Patm** para 800 m de altitude, conforme Tabela 01 do Anexo I é 9,38 mca

- Pv** da água à 20°C, conforme Tabela 02 do Anexo I é 0,23 mca

- NPSHr** do modelo de bomba selecionado (FSG-P 1/3 cv, rotor/impulsor de 114 mm) e tem NPSHr de 1,80 mca para vazão de 2 m³/h

Então,

$SCS: Patm - Pv \pm AMTs > NPSHr + 0,5$ mca

$SCS: 9,38 - 0,23 - 3,80 > 1,8 + 0,5$ (mca)

$SCS: 5,35 > 2,30$

Conclusão: O SCS (5,35 mca) é maior que o NPSHr (2,30 mca) o que significa que a bomba não irá cavitatar.

Obs. 01: a AMT no cálculo simplificado e no cálculo completo possuem pequena diferença (9,90 mca e 10,35 mca), portanto não irá interferir na seleção da bomba para esta aplicação.

Obs. 02: Caso necessário uma margem de segurança, pode-se somar mais um percentual de 10% na a AMT. Neste caso é necessário cuidado para não selecionar modelos onde a AMT esteja próximo ao limite operacional (limite do motor ou outros fatores como NPSHr pela bomba).

11.2 BOMBAS INJETORAS

São bombas centrífugas utilizadas em aplicações onde a altura de sucção é maior que 8 metros de profundidade, onde não é possível utilizar bombas centrífugas de superfície devido a limitação do NPSH.

Para instalações de bombas injetoras, é necessário verificar a profundidade do poço, a altura de recalque, o diâmetro de passagem do injetor no poço, o nível dinâmico da água e a submersão do injetor. Além disso, na sucção serão necessárias duas tubulações para instalação do conjunto injetor (tubos de entrada e de saída do injetor). O conjunto injetor é fornecido pelos fabricantes junto com a bomba injetora e deve ser instalado com tubulações de diâmetro indicado.

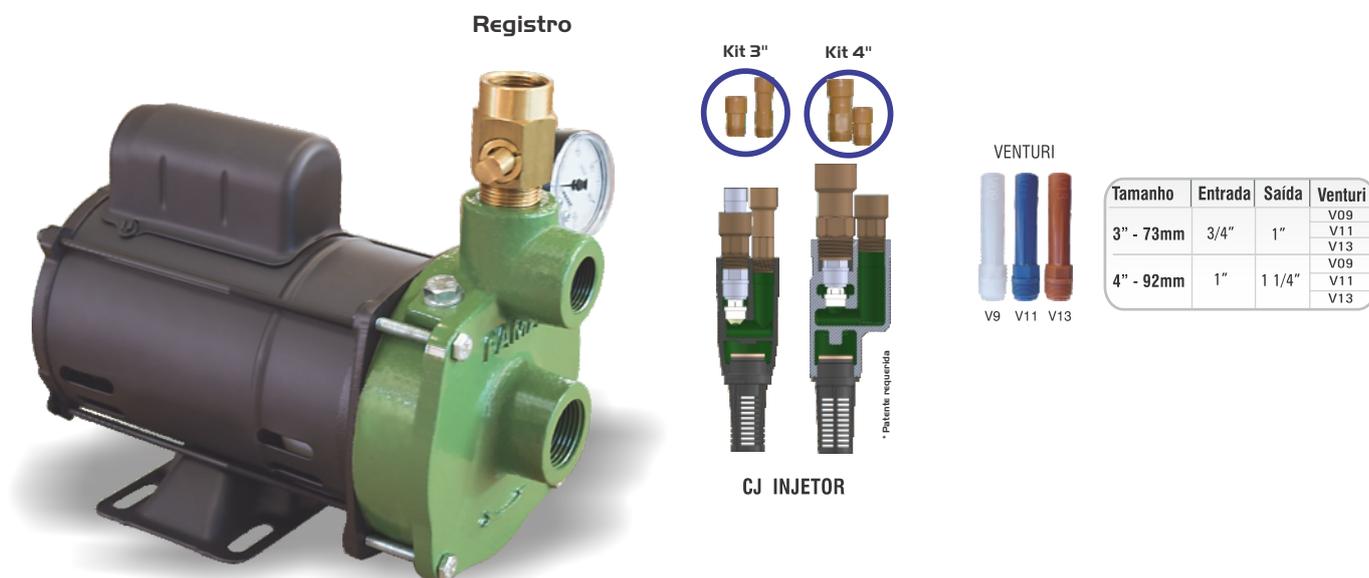
Nos modelos de bombas injetoras, devem ser instalados, um manômetro e um registro na saída do recalque da bomba para regulagem da pressão mínima de funcionamento da bomba injetora (verificar posição no desenho).

Regulagem da pressão mínima de recalque: Sempre verificar qual é a pressão mínima de recalque indicada no catálogo Famac. Esta pressão mínima é indicada como a pressão média para cada modelo, podendo variar dependendo da profundidade de instalação do injetor e do nível dinâmico da água na aplicação.

A regulagem da pressão mínima deve ser realizada após a instalação e escorva da motobomba e das tubulações de sucção e retorno do injetor. Este procedimento é necessário para obter o máximo desempenho da motobomba e para garantir que a motobomba opere com pressões mínimas necessárias para a partida e funcionamento ideal.

Deve-se fechar totalmente o registro de recalque, ligar a motobomba e observar que o ponteiro do manômetro deverá subir até pressão máxima de recalque sem vazão. Esta pressão depende do nível dinâmico da água do poço. Em seguida, abrir lentamente o registro de regulagem e observar que o ponteiro do manômetro irá deslocar-se na direção do zero de forma gradativa, até um determinado ponto quando pode cair bruscamente para o zero ou tornar-se uma pressão instável e aumentando o ruído de funcionamento. A pressão mínima ideal de trabalho é um pouco antes desta pressão cair a zero.

Caso a vazão do poço seja inferior a vazão da motobomba, feche um pouco mais o registro para evitar que o nível da água desça até o injetor ou perca a regulagem da pressão mínima. Teste a partida algumas vezes para certificar-se que a motobomba não irá perder a escorva. As vazões indicadas no catálogo da Famac Motobombas, para as motobombas injetoras, são válidas para **submersão do injetor de 15 metros.**



Registro e Exclusivo kit adaptador para canos soldáveis inclusos

**Acessório intercambiável com produto de outros fabricantes
Maior economia e facilidade na instalação e manutenção**

**Rotor em alumínio - Carcaça em ferro fundido: maior resistência a desgaste e abrasão
Capacitor permanente - Baixo consumo de energia - Ventilador: melhor refrigeração no bobinamento do motor
Motor IP 21 bivolt rebobinável - Rolamento traseiro e dianteiro**

11.2.1 DIMENSIONAMENTO DE BOMBAS INJETORAS

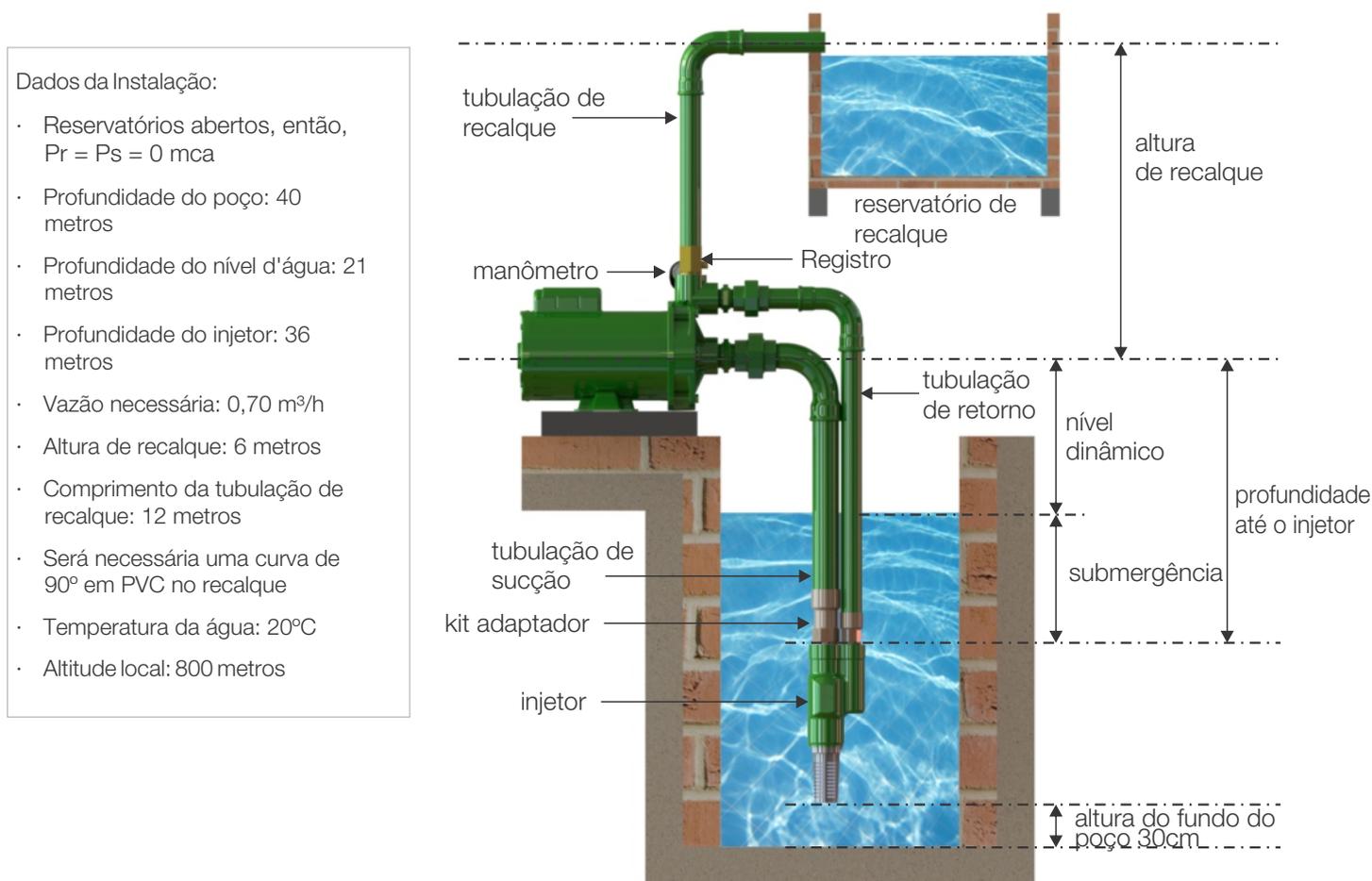


Figura 11.2 – Instalação de bombas injetoras

Avaliação da aplicação:

Neste caso temos um poço de 4" e podemos instalar injetores de até 4" (92 mm) de diâmetro externo com conexões de 1 1/4" de sucção, 1" de retorno e 1" de recalque da bomba.

Será necessário fazer o cálculo simplificado da instalação somente para o recalque, após o registro. Pode ser considerado somente o desnível geométrico e o cálculo de perda de carga linear. Por segurança, somar um percentual de 10% para a AMTr.

CÁLCULO DO SISTEMA:

1. Vazão necessária: $0,70 \text{ m}^3/\text{h}$
2. Escolha do diâmetro da tubulação (Tabela 03, Anexo I):

Conforme Tabela 03 do Anexo I, para vazão de até $0,70 \text{ m}^3/\text{h}$ é indicada a instalação de tubulações de 3/4" (25 mm) em PVC

Utilizar o cálculo simplificado, considerando um fator de segurança de 10% de acréscimo na AMTr.

$$\text{AMTr} = H_r + 10\%$$

$$\text{AMTr} = 6,00 + 10\%$$

$$\text{AMTr} = 6,60 \text{ mca}$$

Especificação: bomba injetora modelo FIG-S de 1 cv com rotor/impulsor de 128 mm, injetor 4" e venturi V9, que possui vazão de $1,36 \text{ m}^3/\text{h}$ para profundidade de injetor de 36 metros (nível da água no poço deve ser 21 metros).

Obs.: Conforme informação do catálogo Famac Motobombas, a pressão mínima de recalque é de 18 mca e a máxima é de 22 mca. Neste caso vai atender a AMTr (6,60 mca), calculada acima, mas, deverá ser realizado um ajuste no registro garantindo a pressão mínima de 18 mca. Caso a AMTr calculada for maior que a indicada em catálogo que é 22 mca, será necessário selecionar um modelo de motobomba com maior AMTr.

11.3 BOMBAS SUBMERSÍVEIS

As bombas submersíveis atendem uma série de aplicações residenciais, industriais e municipais. Essas bombas foram projetadas especialmente para o bombeamento de esgoto bruto, e sua eficiência tem sido comprovada onde houver necessidade de bombeamento rápido e confiável de grandes volumes de água ou esgoto. Para resíduos industriais com líquidos corrosivos, a bomba pode ser fornecida na versão com materiais resistentes à ácidos, incluindo o sistema de acoplamento de tubo-guia duplo.

Alguns modelos de bombas submersíveis estão disponíveis com um triturador de sólidos na entrada de sucção, o que permite que sejam bombeados materiais fibrosos e partículas sólidas, deixando o líquido bombeado homogêneo, minimizando os riscos de entupimentos.

Também estão disponíveis diversos tipos de rotores/impulsores, os mais comuns são os semiabertos que tem uma passagem de sólidos bastante eficiente, porém quando for necessário uma grande passagem de sólidos pode-se utilizar o rotor/impulsor helicoidal, que permite bombear líquidos especiais e até mesmo sem danificar o produto bombeado, por exemplo na indústria pesqueira.

As principais aplicações das bombas submersíveis são: efluentes contendo material sólido ou fibroso, efluentes municipais, industriais, lodo, água não tratada, água tratada, águas residuais, esgoto doméstico e industrial.

As principais vantagens de utilizar bombas submersíveis em relação as bombas horizontais são: grandes passagens de sólidos, menores custos de manutenção, altos níveis de eficiência elétrica e hidráulica.

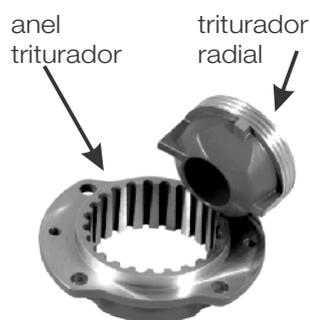


Figura 11.3 – Sistema triturador

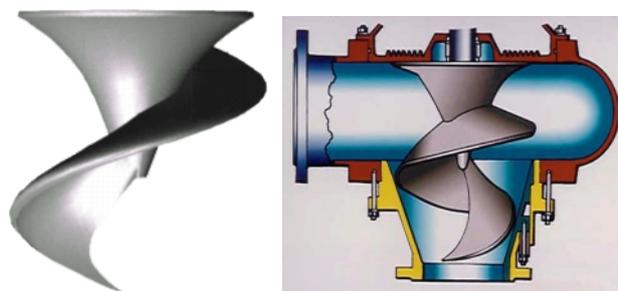


Figura 11.4 – Rotor helicoidal

11.3.1 PROTEÇÕES PARA BOMBAS SUBMERSÍVEIS

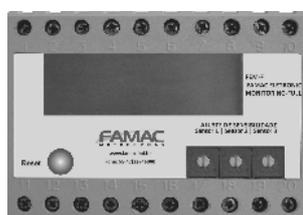
Protetor do motor (Auto-cut) - O protetor do motor é uma chave automática de proteção instalada dentro do motor que desliga-o em casos de "picos de corrente" ou sobreaquecimento. A chave religa automaticamente o motor quando a temperatura retorna para entre 60-70°C.

Protetor de sobre aquecimento - O protetor de sobre aquecimento é uma chave automática de proteção para motores monofásicos que monitora a temperatura interna do motor. A chave desliga automaticamente o motor se a temperatura exceder o máximo permitido, de acordo com a classe de isolamento do motor. A chave religa automaticamente o motor assim que a temperatura retorna para entre 60-70°C.

Mini sensor térmico - Sensor colocado na bobina de cada fase do motor que transmite sinal ao painel de controle. O ajuste pode ser feito para desligar o motor quando o sensor é ativado e religá-lo quando o sensor é desativado.

Sensor de umidade - O sensor de umidade é usado para detectar vazamento através do selo mecânico, que pode estar danificado ou ter sofrido desgaste natural por uso. No caso de infiltração de umidade, um sinal é enviado ao painel de controle que sinaliza o vazamento e desliga o motor. A manutenção do selo neste caso deve ser feita imediatamente.

Dispositivo de controle eletrônico - O FEM (Famac Electronic Monitoring) é projetado para aplicação em bombas submersíveis visando o controle e monitoramento das proteções internas, seja de temperatura ou de umidade. Os dispositivos de controle eletrônico somente podem ser aplicadas nas bombas que já possuem os sensores instalados.



FEM-F Famac Electronic Monitoring



Protetor do motor (auto-cut)



Protetor de sobre aquecimento



Mini sensor térmico

11.3.2 DIMENSIONAMENTO DE BOMBAS SUBMERSÍVEIS

Dados da Instalação:

- Caixa de coleta de 2.000 litros (2 m³)
- Vazão necessária: 20 m³/h
- Altura de recalque: 5,5 metros
- Comprimento da tubulação de recalque: mangueira flexível de 25 metros
- Passagem de sólidos de até 50mm
- Temperatura do líquido: inferior a 40°C

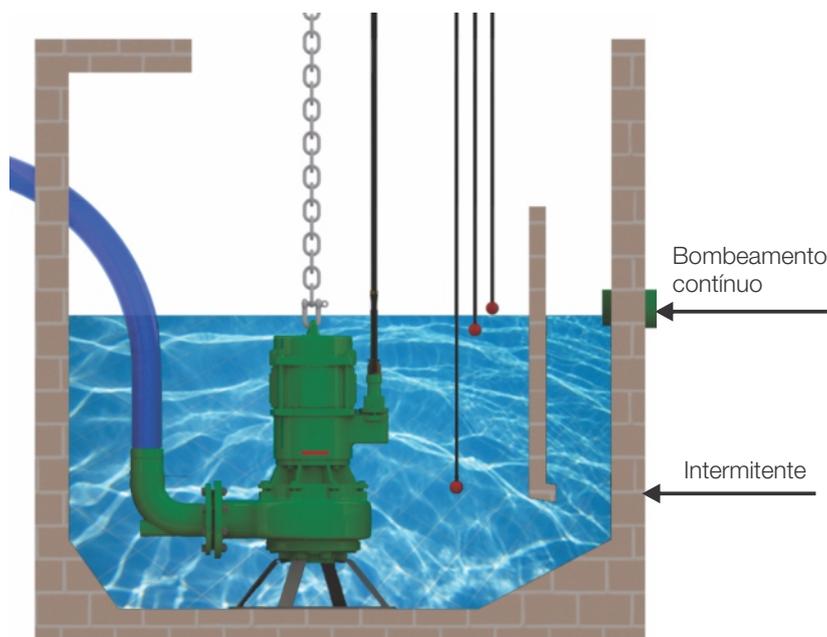


Figura 11.5 – Instalação de bombas submersíveis

Avaliação do sistema:

Nas instalações de bombas submersíveis, o nível dinâmico da água deve garantir a submersão do motor, conforme figura acima. O cálculo do sistema neste tipo de bomba será necessário somente para a instalação de recalque (AMTr).

Em aplicações de bombas submersíveis, o cálculo simplificado não é recomendado para não correr o risco de a bomba não atender a aplicação.

CÁLCULO DO SISTEMA:

1. Vazão necessária: 20 m³/h

2. Escolha do diâmetro da tubulação (Tabela 03, Anexo I):

Para sólidos de até 50 mm (2"), devemos utilizar uma tubulação de 3", caso escolhermos a tubulação de 2" existe a possibilidade de entupimento.

3. Determinar o percentual de perda de carga (Tabela 04, Anexo I):

Tubulação de recalque de 3" em PVC, o percentual para 20 m³/h é 2,33%

4. Determinar o comprimento equivalente dos acessórios (Tabela 05, Anexo I):

Neste caso, não temos acessórios na linha de recalque, somente mangueira flexível onde o $Leqr = 0$ metros

5. Determinar o comprimento total da tubulação (Tabela 05, Anexo I):

Recalque Ltr: $Lr + Leqr = 25 + 0,00 = 25$ (m)

6. Cálculo da perda de carga

$Hfr = Ltr \times \%Pcr$

$Hfr = 25 \times 2,33\% = 0,58$ (mca)

7. Cálculo da Altura Manométrica Total de recalque (AMTr):

$AMTr: \pm Hr + Hfr + Pr$

$AMTr: 5,5 + 0,58 + 0$

$AMTr: 6,08$ mca

No catálogo da Famac Motobombas, os valores de vazão são tabelados para a AMT. Encontrar modelos de bombas submersíveis com AMT igual ou maior que 6,08 mca e que tenha vazão igual ou maior que 20 m³/h e passagem de sólidos de 50mm.

Seleção da bomba: Bomba submersível modelo FBS-350 de 1 cv trifásica, IP68, com 129 mm de diâmetro de rotor/impulsor em ferro fundido GG20 semiaberto e diâmetro de tubulação de saída de 3". Neste modelo para 6,08 mca a vazão é 21,30 m³/h e a AMT é de 8 mca no Shut-off*.

*Shut-off é o valor máximo da pressão fornecida pela bomba, para a qual a vazão é nula ($Q = 0$), ou seja, não há recalque apesar da motobomba continuar operando.

Caso as informações utilizadas para obtenção da AMT não tenham precisão (incerteza no desnível e nas perdas de carga), por segurança, deve-se selecionar um modelo que tenha um ponto de operação (Shut-off) maior, garantindo que a bomba consiga atender a vazão necessária.

Observações:

1. Neste exemplo, para esvaziar a caixa de coleta de esgoto de 2.000 litros (2 m³), a bomba levará um tempo de 6 min.
2. Neste tipo de instalação de bombas submersíveis, a indicação é sempre ter uma bomba reserva que poderá ser utilizada como bomba auxiliar para os casos onde a vazão não é atendida pela primeira bomba e em casos de falha ou de necessidade de ser retirada uma das bombas para manutenção;
3. Em instalações automáticas é necessário o uso de boia ou três sensores de nível. O primeiro sensor para acusar o nível mínimo para desligar a bomba e evitar que trabalhe à seco, o segundo é para acusar o nível máximo e ligar a bomba e o terceiro é o sensor de referência;
4. Em aplicações onde não podem existir falhas nas bombas, existem modelos de bombas submersíveis com sensores que possibilitam identificar aquecimento anormal do motor e também para identificar falha do selo mecânico, possibilitando fazer a manutenção corretiva da bomba. Maiores detalhes podem ser verificados no item 11.3.1.
5. Em aplicações onde o líquido possui objetos com densidade maior que a da água, podendo decantar e obstruir a bomba, sugere-se uma saída em "T" conectando um retorno ao reservatório com a finalidade de homogeneizar o líquido;
6. Na instalação de bombas submersíveis em Estações de Tratamento de Esgoto (ETE) deve-se considerar que estas operam com diversas fases de gradeamento, começando com um nível para "filtrar" resíduos maiores, até um nível para filtrar resíduos menores. Nesta fase é quando se define qual a passagem de sólidos é necessária. Geralmente em cada etapa, há uma motobomba de modo a bombear o líquido já tratado para a próxima fase, até chegar na fase final, onde a sujeira mínima estabelecida em projeto decanta e o líquido que sobra é tratado para descarte sem contaminação ao meio ambiente.
7. Para uma instalação de esgoto sem gradeamento considerar somente modelos de bombas submersíveis com passagem de sólidos maiores que 50 mm. Também podem ser utilizadas bombas trituradoras em instalações onde existirem objetos em suspensão que podem ser triturados.

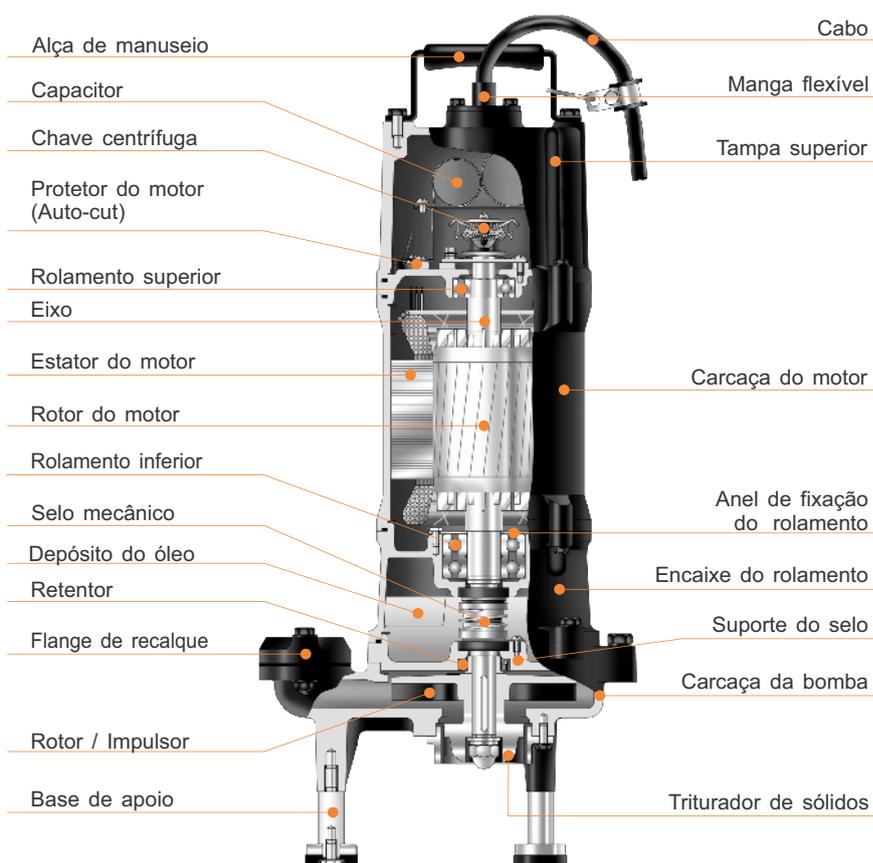
Linha de bombas submersíveis

FAMAC
MOTOBOMBAS

hidrostat
SOLUÇÕES COM TECNOLOGIA

HOMA
PUMP TECHNOLOGY

HCP
HCP PUMP



12. APLICAÇÕES

Abaixo listamos exemplos de aplicações e instalações onde podem ser utilizadas as motobombas.

RESIDENCIAL

Aplicações de uso residencial são as mais comuns: sucção de poços artesianos ou semi-artesianos, abastecimento de caixa d'água, cisternas, reaproveitamento da água da chuva, drenagem e esgotamento, combate à inundação, piscinas, hidromassagem.

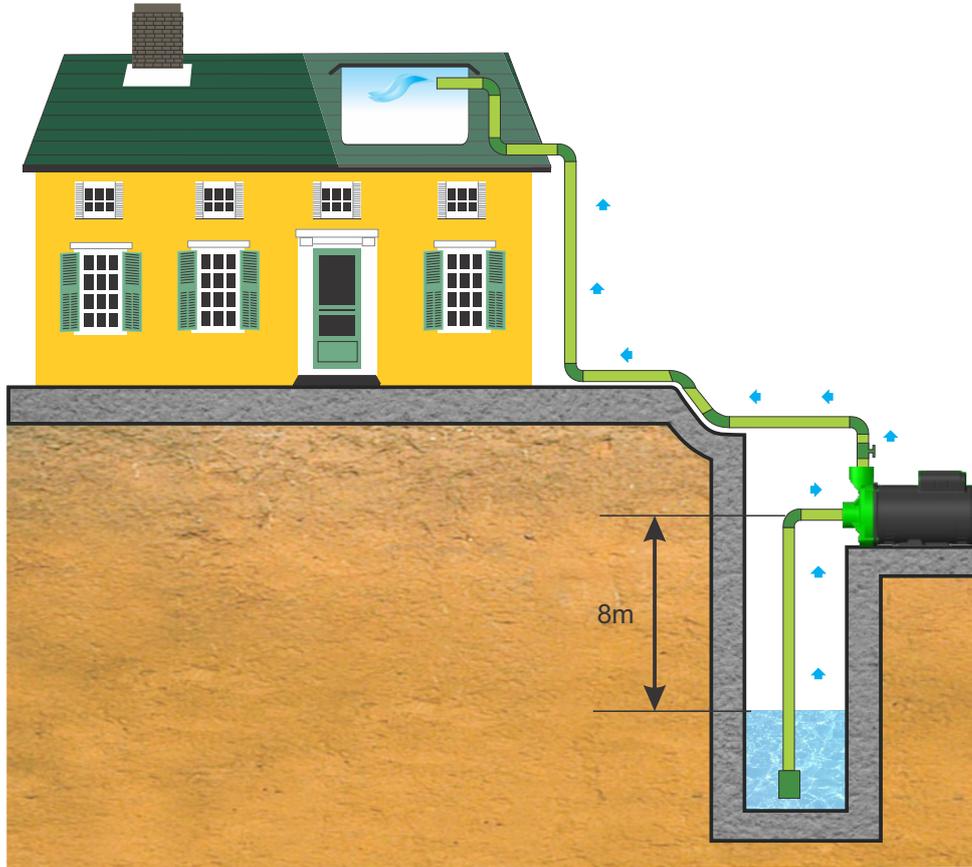


Figura 12.1 – Sucção de um poço com nível dinâmico do líquido até 8 metros negativo

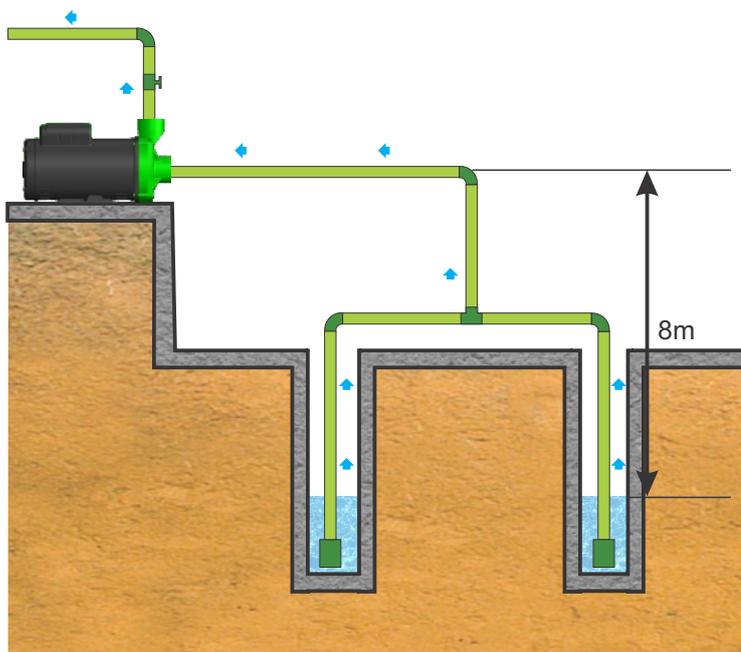


Figura 12.2 - Sucção de dois poços em paralelo

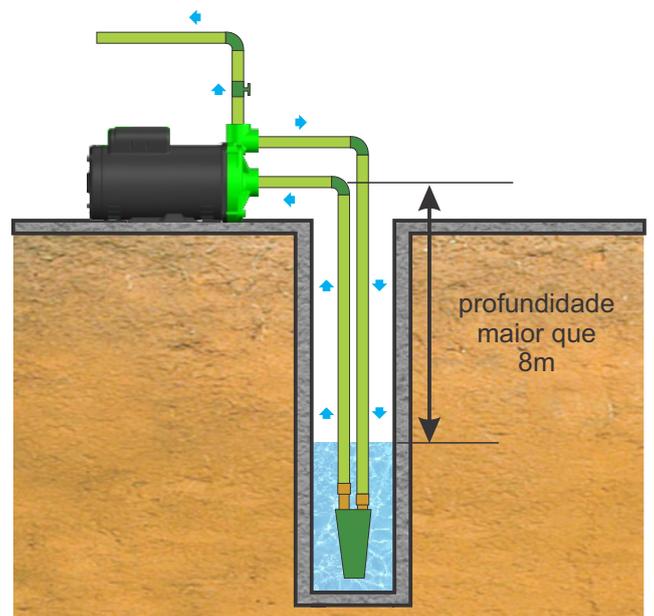


Figura 12.3 – Sucção de poços profundos com motobombas centrífugas injetoras

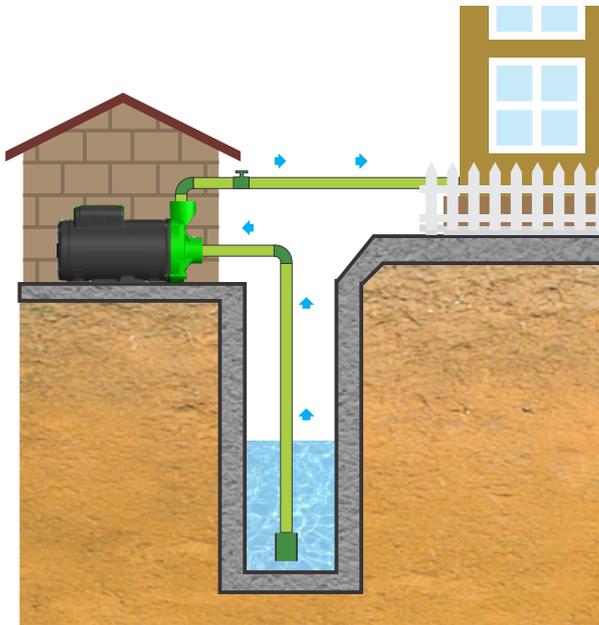


Figura 12.4 – Instalação com motobomba protegida das intempéries

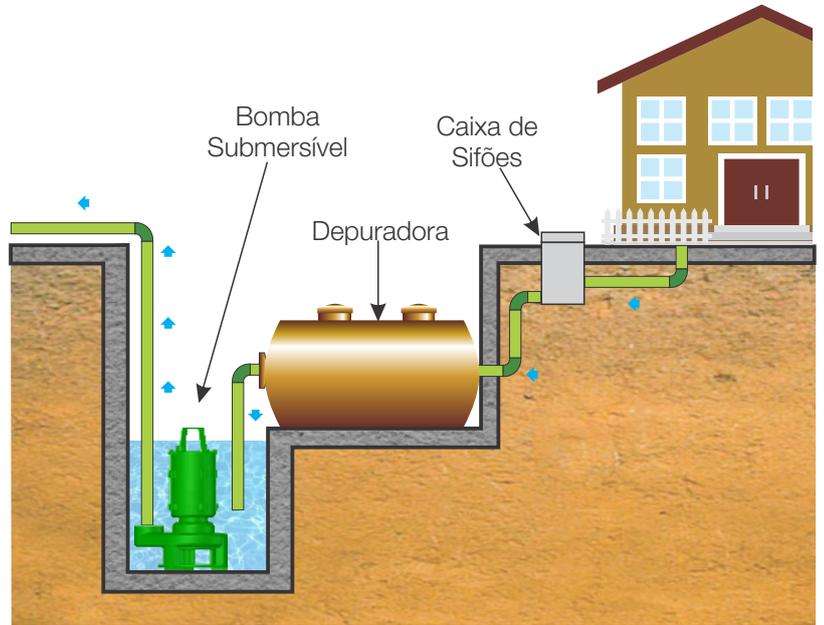


Figura 12.5 – Estação de recalque domiciliar para rede de tratamento de esgoto

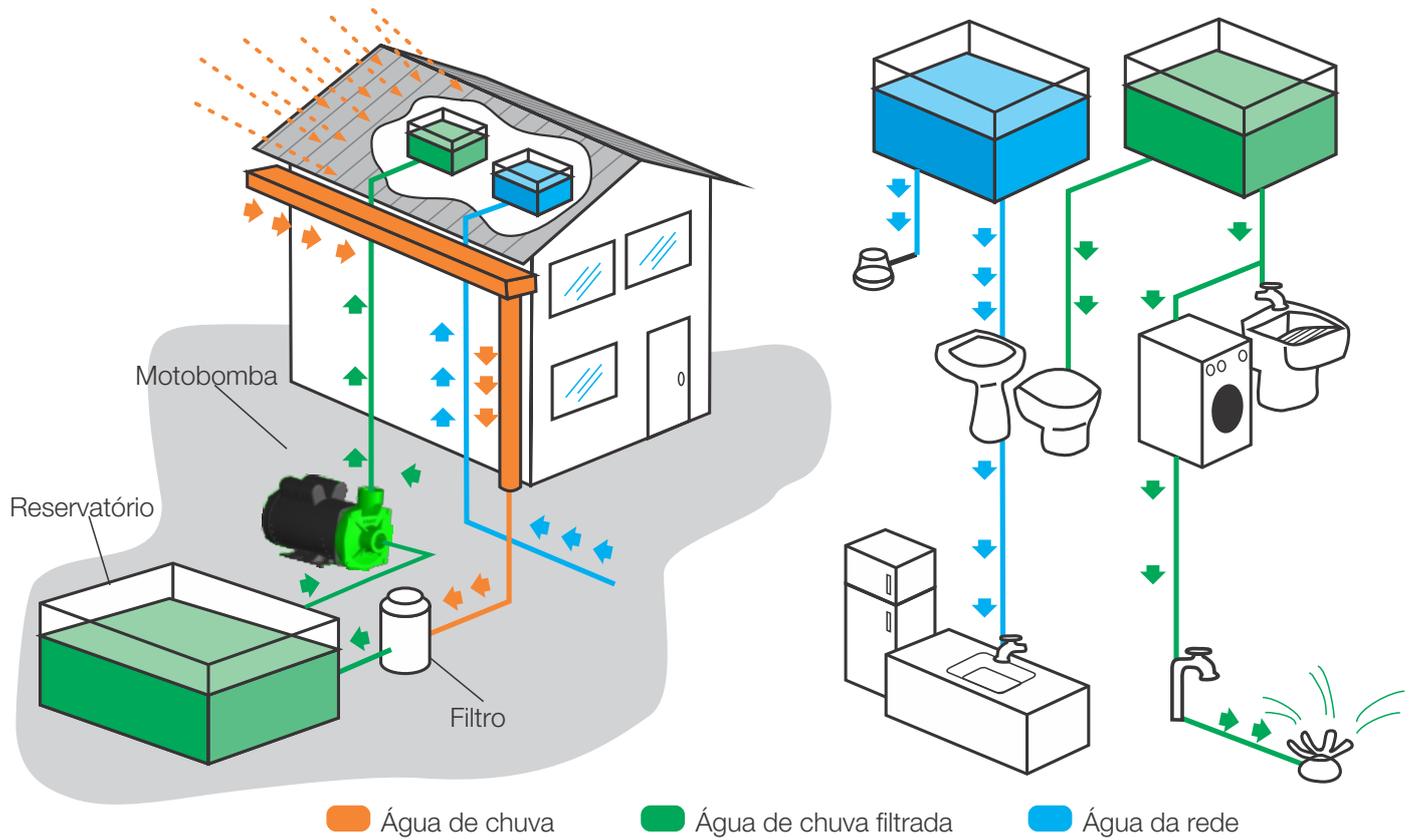


Figura 12.6 – Sistema de reuso de água da chuva

Modelos mais usados



PREDIAL

O uso predial pode ser resumido nas seguintes aplicações: abastecimento de cisternas, pressurização de andares superiores, pressurização constante, drenagem de fosso de elevador, garagem subterrânea, rebaixamento do lençol freático, tratamento de esgoto, piscinas (será apresentado em um item específico).

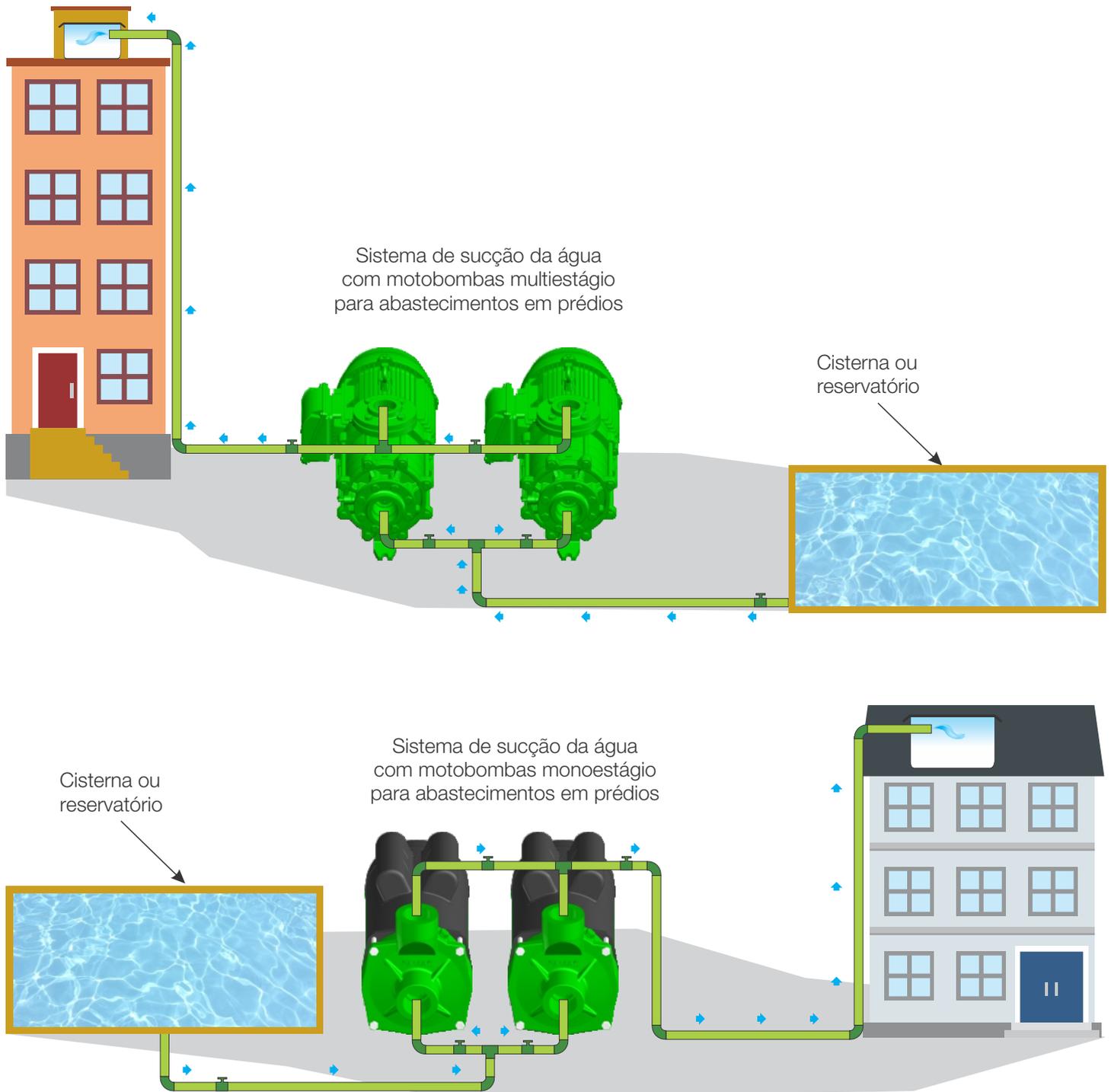


Figura 12.7 – Exemplos de sucção de cisterna com motobombas em paralelo (bomba reserva)

Modelos mais usados



COMBATE A INCÊNDIO

As bombas para combate a incêndio são responsáveis pelo abastecimento de água para a rede de hidrantes e/ou sprinklers (chuveiros automáticos) e portanto, não devem ser utilizadas para outras situações que possam causar falhas ou riscos de não funcionamento do equipamento em caso de incêndio.

No Brasil, a norma diretiva para instalações de combate a incêndio é a NBR13714. Nela está especificado que um sistema de combate a incêndio deve ter no mínimo duas bombas com motor elétrico, quando a energia elétrica delas for proveniente de um gerador a combustão em paralelo. Caso não haja um gerador a combustão em paralelo na alimentação da rede de energia deve se utilizar uma bomba com motor elétrico e outra bomba com motor a combustão.

Quando qualquer uma das motobombas principais (elétrica ou diesel) entrar em funcionamento, só é possível desligá-las através de uma botoeira de emergência, frontal ao quadro de comando.

Além disso, a norma permite que sejam utilizadas motobombas adicionais para eventuais compensações de pressão devido à pequenos vazamentos. Estas motobombas são denominadas de jockey.

Motobomba diesel - É acionada por um motor diesel com partida automática por queda de pressão através do quadro de comando integrado. Utilizada quando ocorre falta de energia elétrica ou quando ocorre alguma falha na motobomba elétrica principal.

Motobomba Elétrica - É acionada por um motor elétrico, com partida automática estrela-triângulo (até 100 cv) ou Soft-Starter (acima de 100 cv) por queda de pressão na rede, através do quadro de comando.

Motobomba Jockey - É acionada por um motor elétrico, sendo esta responsável pela pressurização do sistema, possui partida automática por queda suave de pressão. Seu funcionamento é automático (liga/desliga), através do sinal do pressostato. A motobomba Jockey evita a queda de pressão gradual da linha de incêndio caso ocorra algum vazamento.

Normas aplicáveis - NBR 13714 (Hidrantes e Mangotinhos); Instrução Técnica do Corpo de Bombeiros NT22; NBR 10897 (Chuveiros Automáticos); NBR 17505 (Armazenamento de líquidos combustíveis); Teste de bombas conforme MB-1032; Segurança conforme NR10 e NR12; Flanges conforme ANSI B16.5; Estanqueidade conforme NBR 7882; Resistência ao isolamento conforme NBR 5383; Vedação conforme normas NBR 10397, 10398 e 10399; Pintura conforme normas NBR 10443 e 11003; Desbalanceamento conforme ISO 1940 e NBR 8008; NPSH conforme norma ISO 9906.



Acesse o site www.famac.ind.br e veja um vídeo explicativo sobre os conjuntos de combate a incêndio



Figura 12.8 – Sistema de bombeamento de grande porte

Os conjuntos de combate a incêndio possuem as seguintes características:

- Conjunto motobomba principal diesel e/ou elétrico montado sobre base única, bomba de pressurização (jockey) com tanque de expansão.
- Pressostato de comando das motobombas principais, pressostato de comando da motobomba jockey, tubulação dimensionada conforme vazão solicitada do projeto;
- Registros de gaveta com haste ascendente na sucção e no recalque de cada bomba principal, válvulas de retenção no recalque de cada bomba principal e na jockey, válvula de alívio na linha de recalque;
- Junta de expansão na linha de sucção e recalque, mangote flexível na linha de sucção e recalque, painel elétrico para partida automática do conjunto;
- Tanque de combustível, baterias, silencioso e acessórios para conjunto com motor diesel.

Quadro de comando - Integrado e projetado exclusivamente para atender às normas brasileiras de incêndio e segurança. O quadro de comando monitora o sinal dos pressostatos da rede de hidrantes e/ou sprinklers. Caso ocorra a queda gradual da pressão da rede (ex.: vazamento), é enviado um sinal ao quadro de comando para acionar a motobomba Jockey e retomar a pressão inicial da rede, enquanto o motivo pelo qual ela foi acionada não for resolvido.

Na situação de um sinistro, o sistema monitora a rede de energia elétrica. Caso tenha energia, o quadro partirá automaticamente a motobomba elétrica principal: caso não tenha energia o quadro de comando irá partir automaticamente a motobomba diesel, seguindo a norma brasileira NBR 13714 (hidrantes e mangotinhos).

O quadro de comando possui: Fusíveis de proteção, contatores de partida e relé de sobrecarga, relé de falta de fase, temporizadores para partida da motobomba diesel, botoeira de emergência, carregador de bateria inteligente, saída através dos bornes para a central de comando remota, capacitores de filtro para o alternador do motor diesel, relés automotivos para partida do motor de arranque do motor diesel;

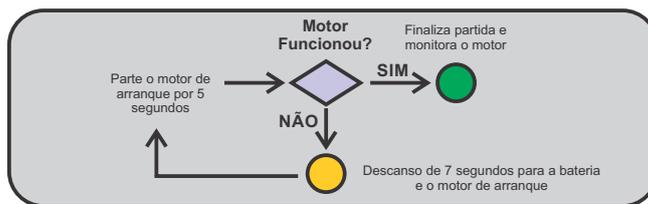


Figura 12.9 – Esquema de funcionamento do quadro de comando



Figura 12.10 – Quadro de comando



Figura 12.11 – Sistema de bombeamento com motor a combustão

Modelos mais usados



INDÚSTRIA ALIMENTÍCIA

Nas aplicações em indústria alimentícia, as motobombas geralmente bombeiam líquidos que não podem sofrer contaminações de microorganismos ou agentes patogénicos. Desta forma possuem características construtivas especiais, tais como: motor com pintura antimicrobiana, antibacteriana e material em aço inoxidável.

Dentre as aplicações da indústria alimentícia, podemos citar: bombeamento de água potável, leite, soro de leite, sucos e xarope.



Figura 12.12 – Bombeamento de água potável



Figura 12.13 – Bombeamento de produtos alimentícios

Modelos mais usados



SZSS



HSIS



FOX



FOX-CI



FOX-WASH



VMSS

INDÚSTRIA QUÍMICA

Nas aplicações em indústria química, as motobombas geralmente bombeiam líquidos que são especiais e podem reagir de diferentes formas com o material utilizado. Desta forma é preciso conhecer minuciosamente o produto que está querendo bombear, sabendo detalhes do produto, concentração, temperatura, viscosidade e densidade, para então escolhermos o material de produção da motobomba que será mais indicado para a aplicação. Dentre elas, podemos citar: bombeamento de ácido, bases e produtos químicos.



Figura 12.14 – Bombeamento de produtos químicos



Figura 12.15 – Indústria Química

Modelos mais usados



SZSS



HSIS



FOX



FOX-CI



FOX-WASH



FHN



VMSS

OSMOSE REVERSA

A osmose reversa é um processo usado no tratamento de água por meio de separação por alta pressão através de multimembranas. A água é forçada a passar por membranas com pequenos poros com pressões entre 100 e 150 PSI (70 a 105 mca).



Figura 12.16 - Osmose reversa

Modelos mais usados



SZSS



HSIS



FOX



VMSS

CALDEIRA

As caldeiras possuem a finalidade principal de gerar vapor. Para isto é necessário confinar água na caldeira e aquecê-la sob pressão até um certo ponto em que seja possível canalizar o vapor para os tubos de saída.

A água aquecida é bombeada na caldeira através de motobombas específicas para tal aplicação. São preparadas para água quente com materiais que suportam a temperatura e pressão da aplicação.



Figura 12.17 – Caldeiras

Modelos mais usados



FES



FMG



VMSS

IRRIGAÇÃO

As motobombas que são utilizadas para irrigação possuem a função de acionar os equipamentos de irrigação nas plantações. Dentre as diversas aplicações nos campos, podemos citar: irrigação por aspersores, canhão, microaspersão, gotejamento, modo “pente”, modo “espinha de peixe”, pivô central.



Figura 12.18 – Irrigação por aspersores



Figura 12.19 – Irrigação por canhão



Figura 12.20 – Irrigação por aspersores giratórios



Figura 12.21 – Irrigação por pivô central



Figura 12.22 – Irrigação por microaspersão



Figura 12.23 – Irrigação por gotejamento

Modelos mais usados



FSG



FCA



FPM



FES



FMG



VMSS

AGRÍCOLA

Apesar do segmento agrícola estar muito próximo à aplicação de irrigação, optou-se por esta divisão basicamente por causa do tipo de bombeamento que é realizado em cada aplicação. Enquanto na irrigação é utilizada água limpa, na agrícola é utilizada água turva ou bruta e geralmente grandes deslocamentos de volume. Dentre as aplicações, podemos citar: fertirrigação, biodigestor, alagamento de grandes áreas.



Figura 12.24 – Bombeamento de chorume



Figura 12.25 – Transferência de grandes volumes



Figura 12.26 – Biodigestor



Figura 12.27 – Alagamento de grandes áreas

Modelos mais usados



SP



FBX



FBA



FN

HIDROPONIA

A hidroponia é a técnica de cultivar plantas sem solo, onde as raízes recebem uma solução nutritiva balanceada que contém água e todos os nutrientes essenciais ao desenvolvimento da planta. A água com os nutrientes fica em um circuito fechado e uma motobomba tem a função de ficar circulando esse composto.



Figura 12.28 – Plantação hidropônica

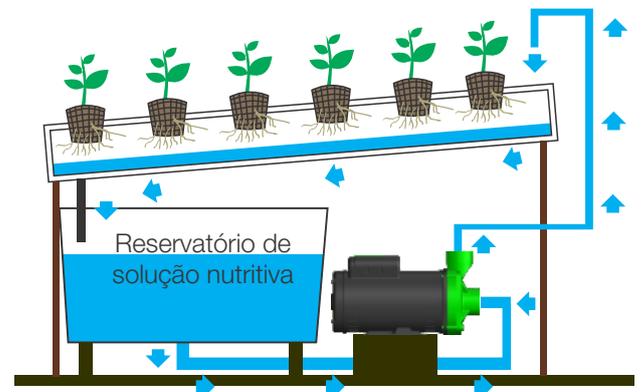


Figura 12.29 – Esquema básico de hidroponia



FSP



FSG



FCA



FHN



ESPA

LAVAÇÃO

Aplicações: lavação de carros, caminhões, tratores, granjas de frangos (aviários), chiqueiros, pátios.



Figura 12.30 – Lavagem de veículos



Figura 12.31 – Lavagem de granjas

Modelos mais usados



FES-CAR



FBG



FPM-CAR

NEBULIZAÇÃO

A nebulização é um processo de aspersão de líquidos (principalmente água) para climatização de ambientes. Para fazer a aspersão do líquido, são utilizados bicos aspersores (processo semelhante a irrigação).

Neste caso, podemos citar: nebulização de aviários, nebulização de chiqueiros, arco de nebulização, nebulização em áreas com grande circulação de pessoas, nebulização de outras áreas.

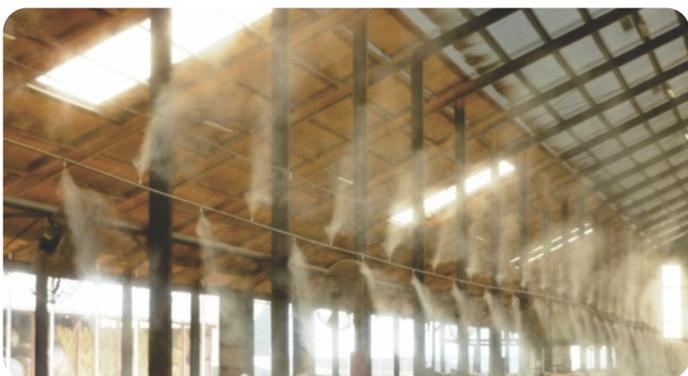


Figura 12.32 – Nebulização de aviários



Figura 12.33 – Nebulização de chiqueiros

Modelos mais usados



FIQ



FPM



FES



FMG



VMSS

TRATAMENTO DE ESGOTO

As estações de tratamento de esgoto operam com diversas fases de gradeamento (o gradeamento é uma etapa para coleta de sujeira), começando com um gradeamento maior, para “filtrar” sujeiras de grande porte, até o gradeamento menor, que filtra sujeiras de pequeno porte.

Desta forma, o tratamento é feito por etapas e dependendo do gradeamento que existir em cada etapa, define-se a passagem de sólidos da motobomba a ser utilizada. Na fase final, onde a sujeira mínima estabelecida em projeto decanta, o líquido que sobra (chorume) é tratado e devolvido novamente ao meio ambiente. Assim, podemos considerar o uso das motobombas nas estações de tratamento de esgoto nas seguintes condições: tratamento pós-gradeamento, tratamento pré-gradeamento.

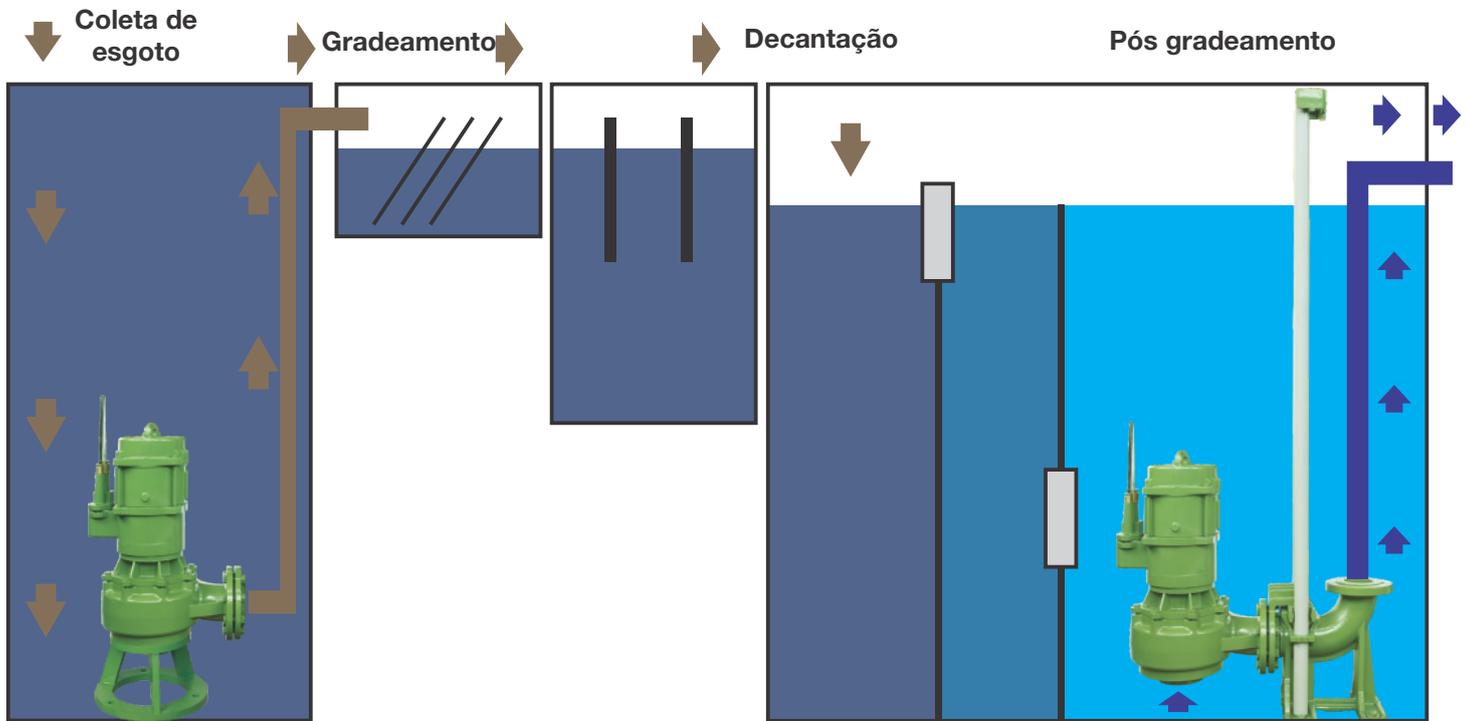


Figura 12.34 – Tratamento pré gradeamento e pós gradeamento



Figura 12.35 – Grandes estações de tratamento



Figura 12.36 – Bombeamento de esgoto com motobombas de superfície

Modelos mais usados



DRENAGEM

As motobombas usadas na drenagem têm a finalidade de esgotar (drenar) o líquido de um local para outro para facilitar o acesso ao local drenado. Assim, podemos resumir as aplicações de drenagem em: rebaixamento do lençol freático, bombeamento de águas turvas, esgotamento de águas, bombeamento de água de açude, água com pequenos sólidos em suspensão, água servida.



Figura 12.37 – Rebaixamento de lençol freático



Figura 12.38 – Esgotamento de água residual



Figura 12.39 – Esgotamento de sapatas de construção



Figura 12.40 – Bombeamento de água servida



Figura 12.41 – Bombeamento de água de açude



Figura 12.42 – Bombeamento de água com pequenos sólidos em suspensão

Modelos mais usados



FBS



HOMA



HCP



GD



SS



FBX



SP

FONTES

As fontes de água geralmente possuem bicos que fazem o direcionamento da água de acordo com sua característica construtiva que variam em pressão, vazão e também podem ter algum defletor no bico para fazer com que a água tenha um formato decorativo desejado. Pode-se também associar vários bicos em série e/ou paralelo para se conseguir o efeito desejado. Se a aplicação exigir maior quantidade de bicos, maior então será a capacidade da motobomba para conseguir atender a necessidade total.



Figura 12.43 – Fontes tipo “jato”



Figura 12.44 – Fontes tipo “cascata”

Modelos mais usados



HIDROMASSAGEM

As banheiras de hidromassagem e “SPA” possuem os bicos direcionadores para formar os jatos de água associados à uma motomba.



Figura 12.45 – Banheira de hidromassagem



Figura 12.46 – Banheira tipo “SPA”

Modelo usado



FHG



Figura 12.47 - Bicos para hidromassagem

PISCINAS

As motobombas utilizadas em piscinas são instaladas em conjunto com os equipamentos filtrantes, e têm a finalidade de: filtrar, recircular, drenar, enxaguar a água da piscina e ainda de retrolavar a areia do filtro.



Figura 12.48 – Piscinas residenciais



Figura 12.49 – Piscinas de clubes



Figura 12.50 – Tanque de filtragem



Figura 12.51 – Chave seletora e inversor de frequência

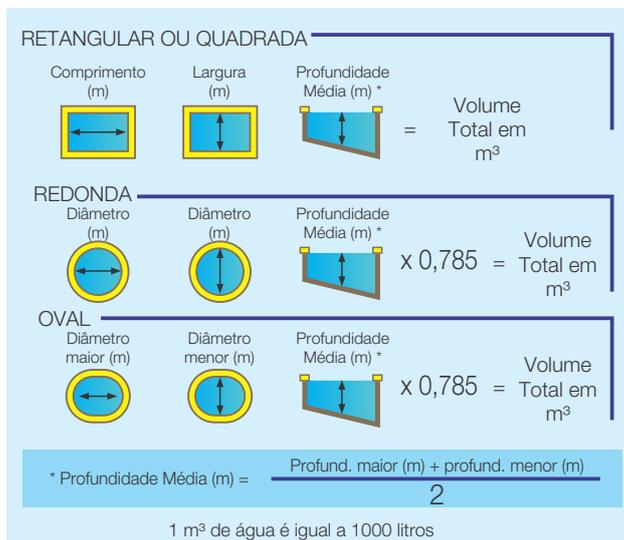


Figura 12.52 – Cálculo do volume da piscina

Bomba	cv	Vazão Nominal (m ³ /h)	Tempo de circulação			
			6h	8h	10h	12h
Iris-400M	1/4	2,7	16,2	21,6	27,0	32,4
Iris-500M	1/3	4,2	25,2	33,6	42,0	50,4
Iris-750M	1/2	7,0	42,0	56,0	70,0	84,0
Iris-1000M	1,0	10,0	60,0	80,0	100,0	120,0
Silen-100M	1,0	13,9	83,4	111,2	139,0	166,8
Silen-150M	1,5	17,9	107,4	143,2	179,0	214,8

Figura 12.53 – Tabela de dimensionamento

Modelos mais usados



IRIS



SILEN



SILENPLUS

PRESSURIZAÇÃO

Os sistemas de pressurização compostos por motobombas podem ser definidos como: On-Off e pressurização constante.

No caso de sistemas On-Off, a pressão na rede é regulada através de um componente eletromecânico denominado pressostato. O pressostato é regulado para ligar a bomba quando a pressão estiver abaixo da pressão mínima desejada e desligar a bomba quando a pressão estiver acima da pressão máxima desejada. Estes sistemas adaptam-se facilmente na grande maioria das aplicações, desde que a regulação do sistema seja realizada corretamente.

Também estão disponíveis sistemas de pressurização com controladores eletrônicos onde, o pressostato ligará a bomba quando a pressão estiver abaixo da pressão mínima desejada e o desligamento da bomba ocorre somente após o consumo de água ser interrompido por um determinado tempo, evitando com isto, ciclos muito curtos e melhorando o conforto para os usuários com pressões mais estáveis.

Para a pressurização da rede hidráulica de residências, onde a instalação ocorre de cima para baixo, a bomba pode ser instalada abaixo do nível do reservatório de água. As bombas podem ser automatizadas com o uso de um fluxostato que irá detectar o consumo de água (fluxo de vazão) e ligar a bomba aumentando a pressão da rede e, assim que o consumo de vazão for interrompido, a bomba será automaticamente desligada. Neste sistema, a rede hidráulica permanece sempre despressurizada.

Já no caso de sistemas de pressurização constante, o controle da pressão é feito através de um componente eletrônico denominado transdutor de pressão. O transdutor de pressão envia um sinal de tensão ou de corrente (geralmente 0V a 10V ou 4mA a 20mA) para um inversor de frequência que irá controlar a rotação do motor da motobomba, diminuindo ou aumentando, de acordo com o sinal recebido do transdutor.

Assim, os sistemas de pressurização podem ser usados nas mais diversas áreas de aplicação como em residências, edifícios, indústrias ou qualquer outro local onde a pressão da rede de abastecimento é insuficiente ou inexistente.



Figura 12.54 – Sistema de pressurização de pequeno porte



Figura 12.55 – Sistema de pressurização de médio porte



Figura 12.56 – Sistema de pressurização de grande porte

Modelos mais usados



SOLAR

A tecnologia para bombeamento de água utilizando energia solar está se desenvolvendo rapidamente, devido ao fato de ser uma energia renovável, limpa e sem restrições de uso. As aplicações podem ser consideradas como residencial, predial, drenagem, pequenas irrigações e agrícola.



Assista ao vídeo orientativo dessa nova tecnologia acessando o site www.famac.ind.br



Figura 12.57 – Bombas a energia solar



Figura 12.58 – Conjunto de bombeamento solar

Modelos mais usados



FSP



FASP



FSG



FIG



INVERSOR SOLAR

PLACAS DE AQUECIMENTO SOLAR

Um sistema de aquecimento de água pelo calor do sol é composto de coletores solares (placas) e reservatório térmico (Boiler). As placas coletoras são responsáveis pela absorção da radiação solar. O calor do sol, captado pelas placas do aquecedor solar, é transferido para a água que circula no interior de suas tubulações de cobre. A circulação da água também pode ser feita através de motobombas em um processo chamado de circulação forçada.

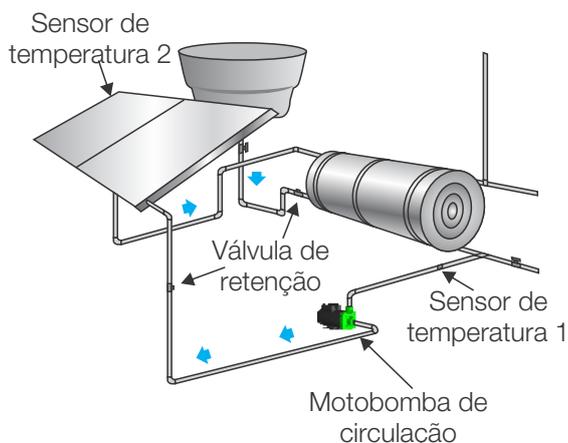


Figura 12.59 – Sistema de aquecimento solar

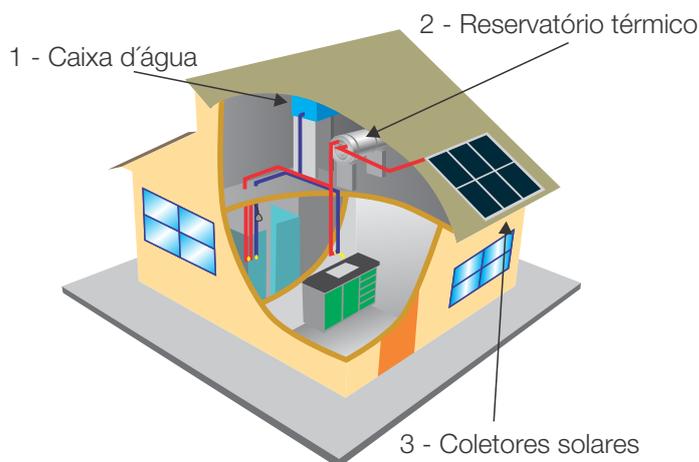


Figura 12.60 – Sistema de aquecimento solar

Modelos mais usados



FSG



FSP



FCA

13. PROBLEMAS DE FUNCIONAMENTO



A Famac atende a milhares de clientes que contam com nosso suporte através de uma das maiores redes de Assistência Técnica do Brasil. Disponibilizamos ainda, o Sistema de Ensino a Distância Famac (EAD), que através do auxílio de vídeos explicativos, orienta os Assistentes Técnicos para solucionar eventuais problemas que possam ocorrer com os equipamentos.



Acesse o canal de vídeos no site www.famac.ind.br e veja uma apresentação sobre o Famac EAD

A grande maioria dos problemas verificados em bomba são decorrentes de um erro na seleção da bomba ou dos cuidados necessários na instalação e manutenção da bomba e do sistema de bombeamento. Dependendo da aplicação, a especificação inadequada da bomba e de seus materiais, acarretam em riscos de danificar o equipamento. A instalação errada da bomba também pode gerar outros problemas como, por exemplo, em válvulas, registros e reduções desnecessárias ou vazamentos e entupimentos nas tubulações. A ligação elétrica do motor também deve ser realizada por técnico especializado, observando a tensão de alimentação correta e o sentido de giro da bomba.

Abaixo seguem alguns dos principais problemas em bombas:

FUNCIONAMENTO A SECO

Quando a motobomba funciona sem água, a seco, o atrito devido ao contato das faces do selo mecânico, torna-se muito elevado, fazendo com que as propriedades do material da face estacionária e rotativa não suportem a temperatura alcançada (em alguns casos passa de 1000°C), danificando-o.

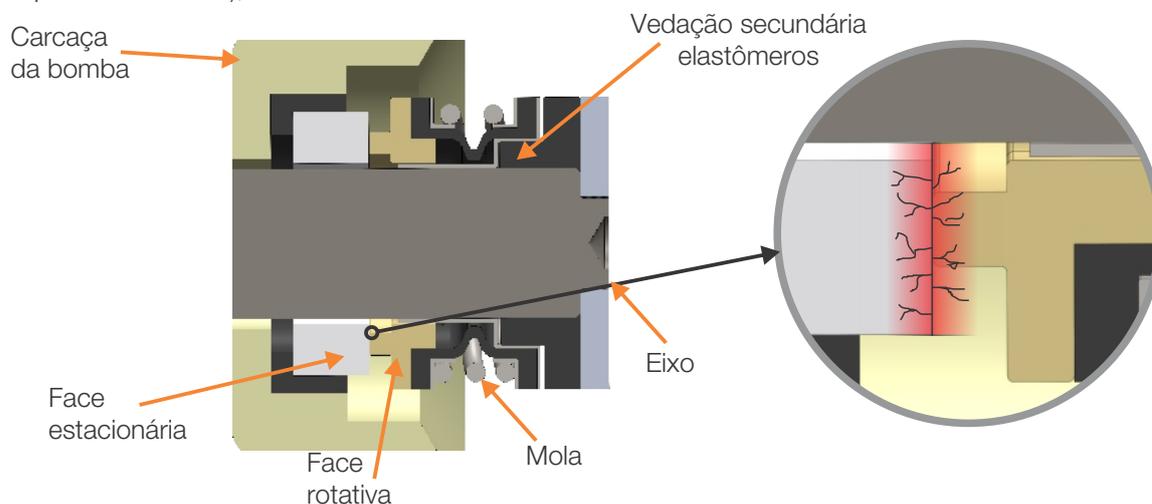


Figura 13.1 – Funcionamento a seco

Os danos devido à falta de lubrificação tem as seguintes características: trinca (rachadura), marca de contato entre as faces e fusão entre a borracha de vedação e a face estacionária.



Figura 13.2 – Face trincada



Figura 13.3 – Marca de contato entre as faces



Figura 13.4 – Marca de contato entre as faces



Figura 13.5 – Fusão entre a borracha de vedação e a face estacionária

Se um selo mecânico fabricado para operar em água limpa é usado com água suja, as faces rotativas e/ou estacionárias do selo podem ser danificadas, fazendo com que a vedação fique prejudicada, ocorrendo infiltração de água dentro do motor ou outras partes do conjunto e, também, vazando água para fora da motobomba.



Figura 13.6 – Face danificada devido a sólidos



Figura 13.7 – Face danificada por produto químico



Figura 13.8 – Líquido bombeado inadequado para o selo mecânico

ELEVADAS PARTIDAS POR HORA

Alguns modelos de selos mecânicos possuem um fole de borracha para maior proteção do eixo do motor e que pode sofrer avarias, caso a motobomba seja submetida a um regime de partidas por hora superior ao recomendado pelos fabricantes.



Figura 13.9 – Estresse da borracha devido ao elevado número de partidas

VAZAMENTO DO SELO MECÂNICO

Quando o selo mecânico está danificado, não faz a vedação correta entre a bomba e o motor. Assim, o líquido poderá passar para dentro do motor elétrico, podendo afetar o isolamento interno dos fios ou até mesmo queimá-lo por curto-circuito.

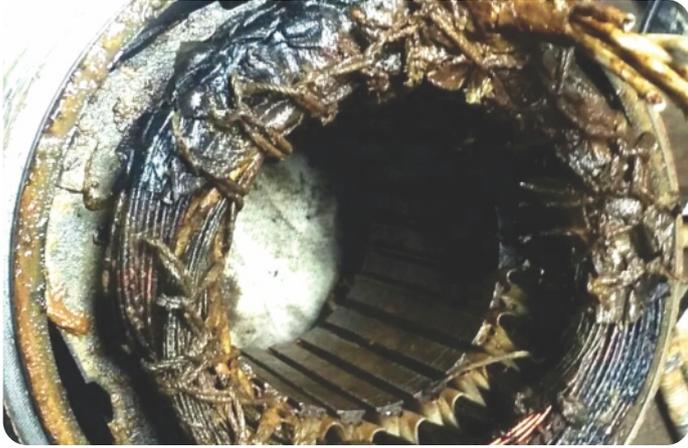


Figura 13.10 – Presença de água no estator do motor



Figura 13.11 – Presença de água no rotor do motor



Figura 13.12 – Motor completo com presença de umidade



Figura 13.13 – Presença de água na caixa de ligação do motor

SOBREAQUECIMENTO NO MOTOR

Os motores elétricos possuem bobinas, que por sua vez são compostas de fios isolados com verniz. De um modo prático, a quantidade e o tipo de verniz utilizado para impregnar as bobinas do motor elétrico definem a classe de isolamento do mesmo. É importante saber qual a classe de isolamento para que possamos saber qual temperatura (externa + interna) o motor poderá operar sem danificar o isolamento feito pela impregnação do verniz.

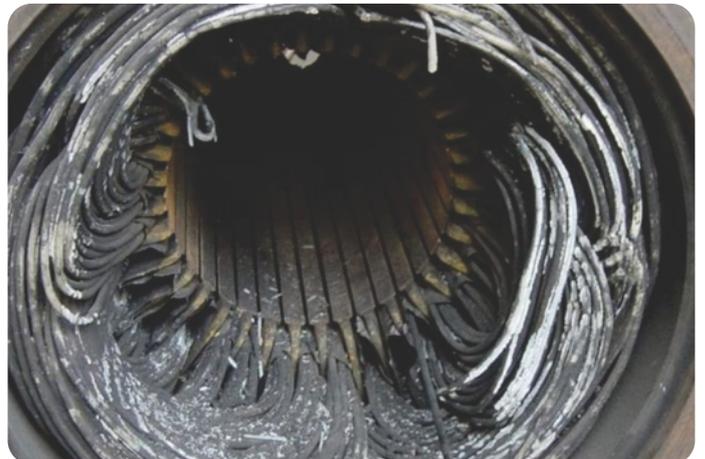


Figura 13.14 – Motor queimado por superaquecimento

Vale lembrar também que, ao dimensionar uma motobomba para uma aplicação, deve-se tomar cuidado para que o produto não opere ou não fique muito próximo aos pontos demarcados com “*” no catálogo, pois são pontos onde a motobomba consome mais potência do que o motor é capaz de fornecer, podendo gerar então queima por sobreaquecimento das bobinas.

Modelo	cv	Bitolas (pol)	Trifásico	Altura Manométrica Total (mca)																												Pressão Máx. (mca)		
				Total Head (m) / Altura manométrica total																														
Model	hp	Ø	Trifásico	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57	60	63	66	69	72	75	78	81	Pressão Máx. (mca)				
Modelo	hp	(mm)	Size (in) Conexiones (pulg)	(v)	Q - Tabela de Vazões (m³/h)																													
				Q- Flow Rate (m³/h) / Q- tabla de caudales (m³/h)																														
FNA	20,0	165	3" x 2 1/2"	220/380/440 380/660	137,7	133,6	129,4	124,6	119,8	114,3	108,4	101,6	93,8	84,5	72,6	55,9	31,2													45,0				
FNA	20,0	175			*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	93,0	81,6	68,3	52,2	31,6										51,0			
FNA	20,0	174			137,4	134,7	132,1	129,3	126,1	122,9	119,6	115,5	111,4	106,3	100,9	94,1	86,1	76,3	63,8	45,7											54,0			
FNA	20,0	183			*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	88,9	82,0	72,3	58,2	36,3									59,0		
FNA	25,0	175			150,1	146,3	142,5	138,5	134,1	129,6	124,4	119,0	113,0	106,2	98,1	88,4	76,0	59,0	37,3												52,0			
FNA	25,0	179			*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	109,0	98,4	87,2	74,2	59,9	41,8											55,0		
FNA	25,0	185			139,1	137,6	136,1	134,6	132,8	131,0	129,1	126,9	124,7	121,9	118,7	115,0	110,3	104,3	97,7	90,0	80,0	65,0	43,8								64,0			
FNA	25,0	195			*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	91,7	80,5	66,7	46,6					72,0		
FNA	30,0	180			138,8	137,7	136,5	135,4	134,1	132,6	131,1	129,3	127,1	124,7	121,2	116,9	111,9	106,3	100,3	92,9	84,9	75,3	62,7	43,6							60,0			
FNA	30,0	195			*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	111,9	105,2	97,5	88,3	74,3	41,6			67,0		
FNA	30,0	190			*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	88,5	76,7	62,1	39,3			67,0		
FNA	40,0	197			178,3	175,4	172,4	169,5	166,4	163,0	159,6	156,3	152,4	148,5	144,5	140,0	135,4	130,5	124,8	119,0	112,4	105,1	96,7	86,1	72,9	51,8					72,0			
FNA	40,0	200			*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	131,7	125,7	119,5	112,6	105,1	96,9	86,8	73,5	53,2	76,0	
FNA	40,0	211			144,1	143,6	143,1	142,7	142,0	141,2	140,3	138,9	137,2	135,4	133,1	130,7	127,4	123,7	119,7	114,9	110,2	104,4	98,4	91,6	83,6	74,1	62,5	47,1	23,6		80,0			
FNA	40,0	215			*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	121,2	115,3	109,6	104,0	97,7	90,5	82,3	72,7	59,5	41,4	85,0

Figura 13.15 – Indicação dos pontos onde a motobomba não pode operar

QUEDA DE PRESSÃO

Quando a tubulação apresenta vazamentos, a motobomba não consegue manter a pressão que inicialmente foi calculada, podendo ocasionar os seguintes problemas:

- Motobomba operando em um ponto que a potência consumida é maior que a potência do motor (pontos com asteriscos, vide figura 13.15);
- Caso seja utilizada em um sistema de pressurização, a motobomba poderá trabalhar em regime contínuo, consumindo muita água (gerando gastos excessivos na conta de água) e diminuindo a vida útil do equipamento.



Figura 13.16 – Pontos de vazamento na tubulação

QUEDA DE VAZÃO

A queda de vazão ocorre principalmente devido ao entupimento da tubulação, que impede o fluxo de líquido e com isso limita o escoamento, podendo ocasionar os seguintes problemas:

- Aumento de pressão ao longo da tubulação, podendo ocasionar o rompimento da mesma.
- Fluxo de líquido recirculante, causando aquecimento do líquido dentro da tubulação.



Figura 13.17 – Exemplos de tubulações entupidas

FUNCIONAMENTO COM O REGISTRO FECHADO (SEM CIRCULAÇÃO DE ÁGUA)

Similarmente ao funcionamento com a tubulação entupida, uma motobomba operando com o registro fechado é um fator agravante e deve ser evitado, pois quando há o impedimento da passagem do líquido, a recirculação interna ocorre de forma intensa, podendo então esquentar (e até ferver) o líquido rapidamente.

É recomendável operar com registro fechado apenas para testes, não passando de 1 minuto.

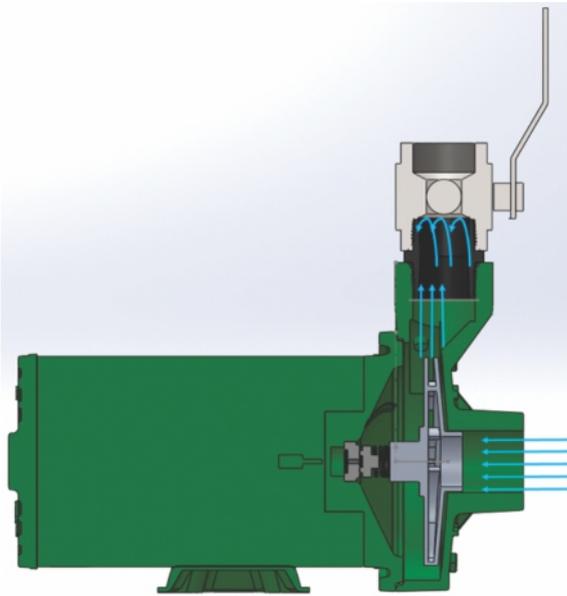


Figura 13.18 – Desenho representando o fluxo de água com o registro fechado



Figura 13.19 – Registro tipo “esfera”



Figura 13.20 – Registro tipo “gaveta”

REDUÇÃO DE TUBULAÇÃO AO LONGO DO TRECHO

Na prática é comum os instaladores aproveitarem pequenos trechos de tubos de bitolas menores já existentes na obra para não desperdiçar material.

Este procedimento deve ser evitado, pois há uma colisão do líquido com a parede da tubulação reduzida, forçando uma parte do volume retornar na tubulação, causando turbulências e perdas de carga por atrito, gerando então aumento de pressão interna nas tubulações e queda no rendimento da bomba.

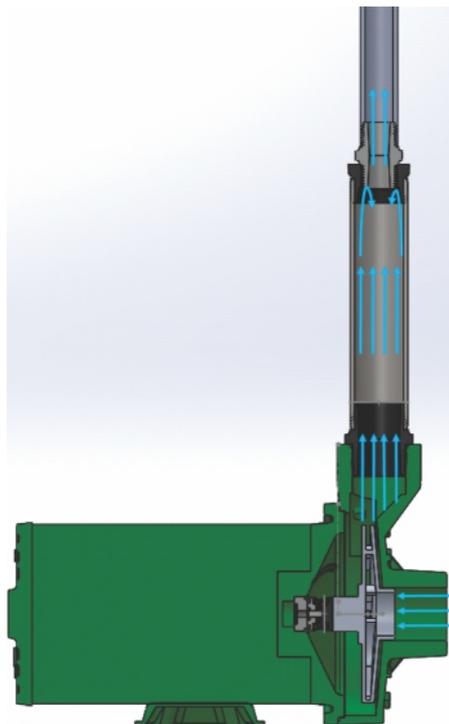


Figura 13.21 – Desenho representando o fluxo da água com a redução da tubulação



Figura 13.22 – Redução da bitola da tubulação

SENTIDO DE ROTAÇÃO INVERTIDO

O rotor é projetado de tal forma que suas palhetas direcionem o fluxo do líquido para a saída da motobomba, de um modo que se aproveite o máximo da relação entrada/saída para obter o melhor rendimento. Para isto, o rotor deve girar em um sentido previsto pelo fabricante (geralmente com uma seta indicada na tampa da motobomba).

Quando a motobomba opera com o sentido de rotação invertido, o rotor gira para o lado contrário daquele que o fabricante recomenda, a consequência será:

- Em relação à vazão: O rotor continuará com a capacidade de empurrar o líquido que está projetado, porém como o escoamento é mais difícil devido as pás não estarem no mesmo sentido do líquido, a grande parte da vazão ficará confinada dentro da bomba e uma pequena parte conseguirá escoar.
- Em relação à pressão: Da mesma forma que ocorre com a vazão, a pressão ficará confinada apenas onde ocorrer a recirculação, ou seja, na carcaça, e uma pequena parte será transmitida para a tubulação de saída.
- Em relação à potência: Dependendo da vazão do rotor o aumento da potência é bem significativo. Veja no caso abaixo que 30% da vazão teve um acréscimo de 70% da potência.

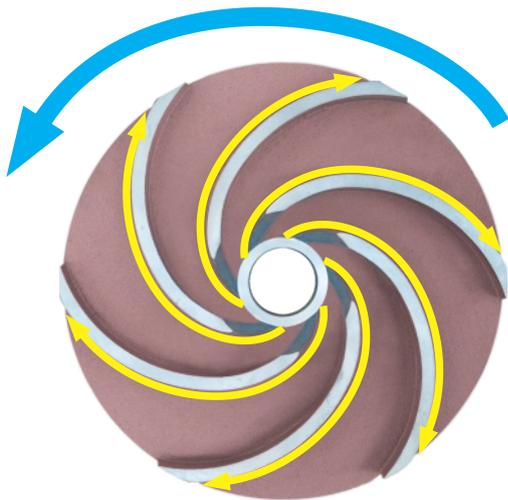


Figura 13.23 – Sentido de rotação correto

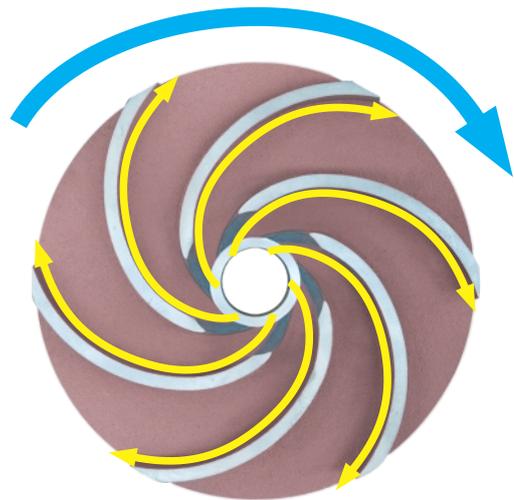


Figura 13.24 – Sentido de rotação incorreto

Para exemplificar isto, é mostrado abaixo dois ensaios de altura x vazão e potência x vazão, para o mesmo modelo, apenas invertendo a rotação.

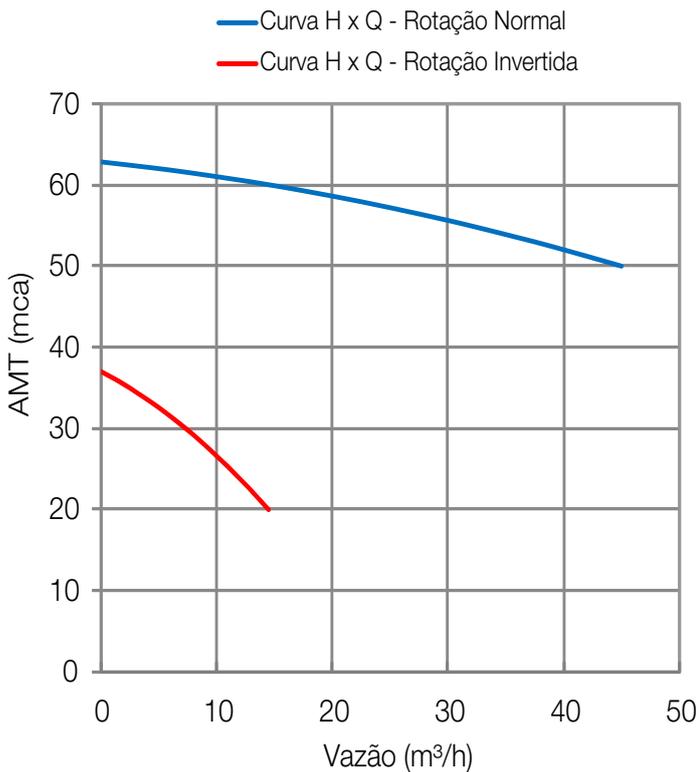


Figura 13.25 – Comparativo de pressão e vazão

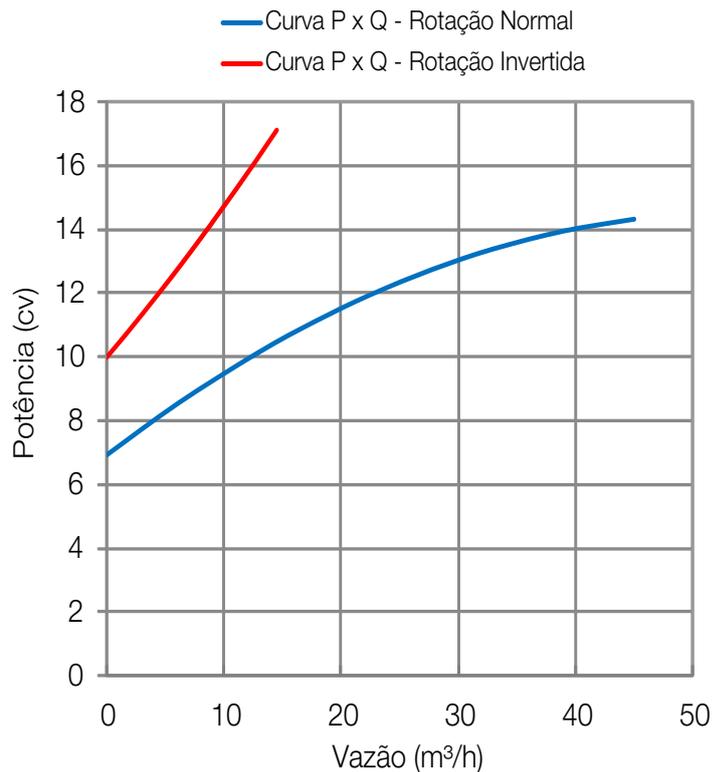


Figura 13.26 – Comparativo de potência do motor

14. SIMBOLOGIAS UTILIZADAS

AMT	Altura Manométrica Total em (mca)
AMTr	Altura Manométrica Total de recalque em (mca)
AMTs	Altura Manométrica Total de sucção em (mca)
mca	Metro de coluna de água
Patm	Pressão atmosférica local, conforme Tabela 01 do Anexo I
Pv	Pressão de vapor da água, conforme Tabela 02 do Anexo I
V₁ e V₂	Velocidade média do fluxo
Q	Vazão
π	Valor 3,1416
g	Valor 9,81
ρ	Densidade da água à temperatura ambiente = 1,0 kg/dm ³
Hr	Altura de recalque
Hs	Altura de sucção
Hf	Cálculo da perda de carga total, dada por $H_f = H_{fr} + H_{fs}$
Hfr	Cálculo da perda de carga total no recalque, dada por $H_{fr} = L_{tr} \times \%P_{cr}$
Hfs	Cálculo da perda de carga total na sucção, dada por $H_{fs} = L_{ts} \times \%P_{cs}$
Pr	Pressões adicionais da linha de recalque
Ps	Pressões adicionais da linha de sucção
Ltr	Comprimento total da tubulação de recalque
Lts	Comprimento total da tubulação de sucção
%Pc	Percentual de perda de carga conforme - Tabela 04 do Anexo I
%Pcr	Percentual de perda de carga no recalque
%Pcs	Percentual de perda de carga na sucção
Lr	Comprimento linear de recalque
Ls	Comprimento linear de sucção
Leqr	Comprimento equivalente nos acessórios no recalque - Tabela 05 do Anexo I
Leqs	Comprimento equivalente nos acessórios na sucção - Tabela 05 do Anexo I
Patm	Pressão atmosférica
Pv	Pressão de vapor do líquido bombeado
NPSH	Net Positive Suction Head
NPSHd	NPSH disponível
NPSHr	NPSH requerido pela bomba

15. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Lima, Epaminondas Pio Coreia. Mecânicas das Bombas, 2a Ed., Editora Interciência, Rio de Janeiro, 2003.
- Macintyre, Archibald Joseph. Bombas e Instalações de Bombeamento, 2a Ed., Editora LTC, Rio de Janeiro, 1997.
- Santos, Sérgio Lopes dos. Bombas & Instalações Hidráulicas, 1a Ed., Editora LTC, São Paulo, 2007.
- ISO 9906:2012(E) - Rotodynamic pumps - Hydraulic performance acceptance tests - Grades 1, 2 and 3
- FAMAC – Famac Motobombas. www.famac.ind.br acesso em março de 2017.
- Hidrostal – Hidrostal Pump Applications. www.hidrostal.com acesso em março de 2017.
- HOMA – HOMA Pump. www.homapump.com acesso em março de 2017.
- HCP – HCP Pump Manufacturer Co., Ltd. www.hcppump.com.tw acesso em março de 2017.
- ESPA – bombas, sistemas y equipos, <http://global.espa.com> acesso em março de 2017.
- DAB – Pumps Spa, www.dabpumps.com acesso em março de 2017.
- EagleBurgmann – selos mecânicos. www.eagleburgmann.com acesso em março de 2017.
- Meccanotecnica – selos mecânicos. www.meccanotecnica.br.com acesso em março de 2017.
- INPACOM – selos mecânicos. www.inpacom.com.br acesso em março de 2017.
- John Crane – selos mecânicos. www.johncrane.com acesso em março de 2017.
- CFturbo – CFturbo® Software & Engineering GmbH. <http://es.cfturbo.com/inicio.html> acesso em março de 2017.
- ANSYS – Computational Fluid Dynamics Software. www.ansys.com acesso em março de 2017.
- Imagens com direitos autorais de Wikimedia Commons - <https://commons.wikimedia.org>

ANEXO I – TABELAS AUXILIARES

Tabela 01 — Pressão Atmosférica local (segundo ALLEN et al. (1998), para T = 20°C e g = 9,81 m/s

Altitude em relação ao nível do mar (m)	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1250	1500	1750	2000
Pressão atmosférica (mca)	10,33	10,20	10,08	9,96	9,85	9,73	9,61	9,50	9,38	9,27	9,16	8,88	8,62	8,35	8,10

Tabela 02 — Pressão de Vapor da Água (mca) em função da temperatura

Temperatura da água (°C)	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
Pressão de vapor da água (mca)	0,06	0,09	0,12	0,17	0,23	0,33	0,44	0,57	0,78	0,98	1,27	1,60	2,04	2,55	3,27	3,93	4,84	5,89	7,14	8,61	10,33

Tabela 04 — Percentuais de perda de carga em tubulações

Vazão Flow Rate Caudales (m³/h)	Percentual de perda de carga para tubos em PVC - PC (%) Loss Friction in percentage for PVC Pipes / Perda de carga percentual en tuberia PVC												
	1/2"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"	4"	5"	6"	8"	
0,5	3,60	1,12	0,33	0,10									
1,0	13,01	4,05	1,19	0,38	0,13								
1,5	27,56	8,59	2,51	0,80	0,27	0,10							
2,0	46,96	14,63	4,28	1,36	0,46	0,18							
2,5	70,99	22,12	6,47	2,05	0,69	0,27							
3,0	99,51	31,00	9,07	2,87	0,97	0,38	0,13						
3,5		41,24	12,07	3,82	1,29	0,50	0,17						
4,0		52,81	15,45	4,90	1,65	0,64	0,22	0,12					
4,5		65,69	19,22	6,09	2,05	0,80	0,27	0,15					
5,0		79,84	23,36	7,40	2,50	0,97	0,33	0,18					
5,5		95,25	27,87	8,83	2,98	1,16	0,40	0,21					
6,0			32,75	10,37	3,50	1,36	0,46	0,25					
6,5			37,98	12,03	4,06	1,58	0,54	0,29					
7,0			43,56	13,80	4,66	1,81	0,62	0,33					
7,5			49,50	15,68	5,29	2,06	0,70	0,38	0,11				
8,0			55,79	17,68	5,96	2,32	0,79	0,43	0,12				
8,5			62,42	19,78	6,67	2,60	0,89	0,48	0,14				
9,0			69,39	21,98	7,42	2,89	0,99	0,53	0,15				
9,5			76,69	24,30	8,20	3,19	1,09	0,59	0,17				
10			84,34	26,72	9,01	3,51	1,20	0,65	0,18				
11				31,88	10,75	4,19	1,43	0,77	0,22				
12				37,45	12,63	4,92	1,68	0,91	0,26				
13				43,44	14,65	5,71	1,95	1,05	0,30				
14				49,83	16,81	6,55	2,23	1,20	0,34				
15				56,62	19,10	7,44	2,54	1,37	0,39	0,11			
16				63,81	21,52	8,38	2,86	1,54	0,44	0,12			
17				71,39	24,08	9,38	3,20	1,73	0,49	0,14			
18				79,36	26,77	10,43	3,56	1,92	0,55	0,15			
19				87,72	29,59	11,52	3,93	2,12	0,61	0,17			
20					32,54	12,67	4,32	2,33	0,67	0,19	0,11		
22					38,82	15,12	5,16	2,78	0,79	0,22	0,13		
24					45,61	17,76	6,06	3,27	0,93	0,26	0,15		
26					52,90	20,60	7,03	3,79	1,08	0,30	0,17		
28					60,68	23,63	8,06	4,35	1,24	0,35	0,20		
30					68,95	26,85	9,16	4,94	1,41	0,40	0,23		
32					77,70	30,26	10,32	5,57	1,59	0,45	0,26		
34					86,94	33,86	11,55	6,23	1,78	0,50	0,29		
36						37,64	12,84	6,92	1,98	0,55	0,32	0,11	
38						41,61	14,19	7,65	2,18	0,61	0,35	0,12	
40						45,75	15,60	8,42	2,40	0,67	0,39	0,13	
42						50,08	17,08	9,21	2,63	0,74	0,42	0,14	
44						54,58	18,62	10,04	2,87	0,80	0,46	0,16	
46						59,27	20,21	10,90	3,11	0,87	0,50	0,17	
48						64,13	21,87	11,80	3,37	0,94	0,54	0,18	
50						69,16	23,59	12,72	3,63	1,02	0,59	0,20	
52						74,37	25,36	13,68	3,90	1,09	0,63	0,21	
54						79,76	27,20	14,67	4,19	1,17	0,68	0,23	
56							29,10	15,69	4,48	1,25	0,72	0,24	
58							31,05	16,75	4,78	1,34	0,77	0,26	
60							33,06	17,83	5,09	1,43	0,82	0,28	
65							38,35	20,68	5,90	1,65	0,95	0,32	
70							43,99	23,73	6,77	1,90	1,09	0,37	
75							49,98	26,96	7,69	2,16	1,24	0,42	
80							56,33	30,38	8,67	2,43	1,40	0,47	
85							63,02	33,99	9,70	2,72	1,57	0,53	
90							70,06	37,79	10,78	3,02	1,74	0,59	
95							77,44	41,77	11,92	3,34	1,93	0,65	
100							85,15	45,93	13,11	3,67	2,12	0,71	
120								64,38	18,37	5,15	2,97	1,00	
150									27,78	7,78	4,49	1,51	
200									47,32	13,26	7,65	2,58	
250									71,54	20,04	11,56	3,89	
300										28,09	16,20	5,46	
350										37,38	21,55	7,26	
400										47,86	27,60	9,30	
450										59,53	34,33	11,56	
500										72,36	41,72	14,06	

Tabela 05 – Perda de carga localizada (comprimento equivalente em metros de tubulação)

Conexão	Material	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"	4"	5"	6"	
Joelho 90°	PVC	1,2	1,5	2,0	3,0	3,4	3,7	3,9	4,3	4,9	5,4	
	Metal	0,7	0,9	1,2	1,4	1,9	2,4	2,8	3,8	4,7	5,6	
Joelho 45°	PVC	0,5	0,7	1,0	1,0	1,3	1,7	1,8	1,9	2,4	2,6	
	Metal	0,3	0,4	0,5	0,7	0,9	1,1	1,3	1,7	2,2	2,6	
Curva 90°	PVC	0,5	0,6	0,7	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,9	2,1	
	Metal	0,4	0,6	0,7	0,8	1,0	1,4	1,6	2,2	2,7	3,1	
Curva 45°	PVC	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	
	Metal	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2	1,6	2,0	2,3	
Tê de passagem direta	PVC	0,8	0,9	1,5	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	3,3	3,8	
	Metal	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5	0,7	0,8	1,0	
Tê de saída lateral	PVC	2,4	3,1	4,6	7,3	7,6	7,8	8,0	8,3	10,0	11,0	
	Metal	1,3	1,7	2,1	2,5	3,3	4,2	5,0	6,7	8,3	10,0	
União	PVC	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	
	Metal	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	
Luva de redução (*)	PVC	0,3	0,2	0,2	0,4	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,3	
	Metal	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5	0,7	0,7	0,8	0,8	
Registro de gaveta aberto	PVC	0,2	0,3	0,4	0,7	0,8	0,9	0,9	1,0	1,1	1,2	
	Metal	0,1	0,2	0,2	0,3	0,4	0,4	0,5	0,7	0,9	1,1	
Registro de globo aberto	PVC	11,0	15,0	22,0	36,0	38,0	38,0	40,0	42,0	51,0	57,0	
	Metal	6,7	8,2	11,3	13,4	17,4	21,0	26,0	34,0	43,0	51,0	
Válvula de pé com crivo	PVC	9,5	13,0	16,0	18,0	24,0	25,0	27,0	29,0	37,0	43,0	
	Metal	5,6	7,3	10,0	11,6	14,0	17,0	20,0	23,0	30,0	39,0	
Válvula de Retenção	Horizontal	PVC	2,7	3,8	4,9	6,8	7,1	8,2	9,3	10,0	13,0	14,0
		Metal	1,6	2,1	2,7	3,2	4,2	5,2	6,3	8,4	10,4	12,5
	Vertical	PVC	4,1	5,8	7,4	9,1	11,0	13,0	14,0	16,0	19,0	21,0
		Metal	2,4	3,2	4,0	4,8	6,4	8,1	9,7	12,9	16,1	19,3

(*) Os diâmetros referem-se à bitola menor da luva de reduções concêntricas, bitola maior é uma medida acima.

ANEXO II – EXEMPLO DE SELEÇÃO DAS BOMBAS E MOTOBOMBAS FAMAC

Selecionar o modelo de Bomba ou Motobomba que tenha vazão igual ou maior que a desejada para a AMT calculada para a aplicação. Na tabela de Vazão & Pressão (Catálogo Famac 2016, página 06) mostramos como exemplo a AMT de 12 mca com uma Q de 2,5 m³/h.

Standard		Opcional
	GG15 - Rosca	-
	AI - Semiaberto ● - Fechado	-
	GG20 - Semiaberto (FSG-V)	-
	GCB - 1/2" - FSG-P/PHB 5/8" - FSG-S/SHB/V	GCV
	Graxa (menos FSG-P)	-
	2P, 60Hz, IP21	-

FSG



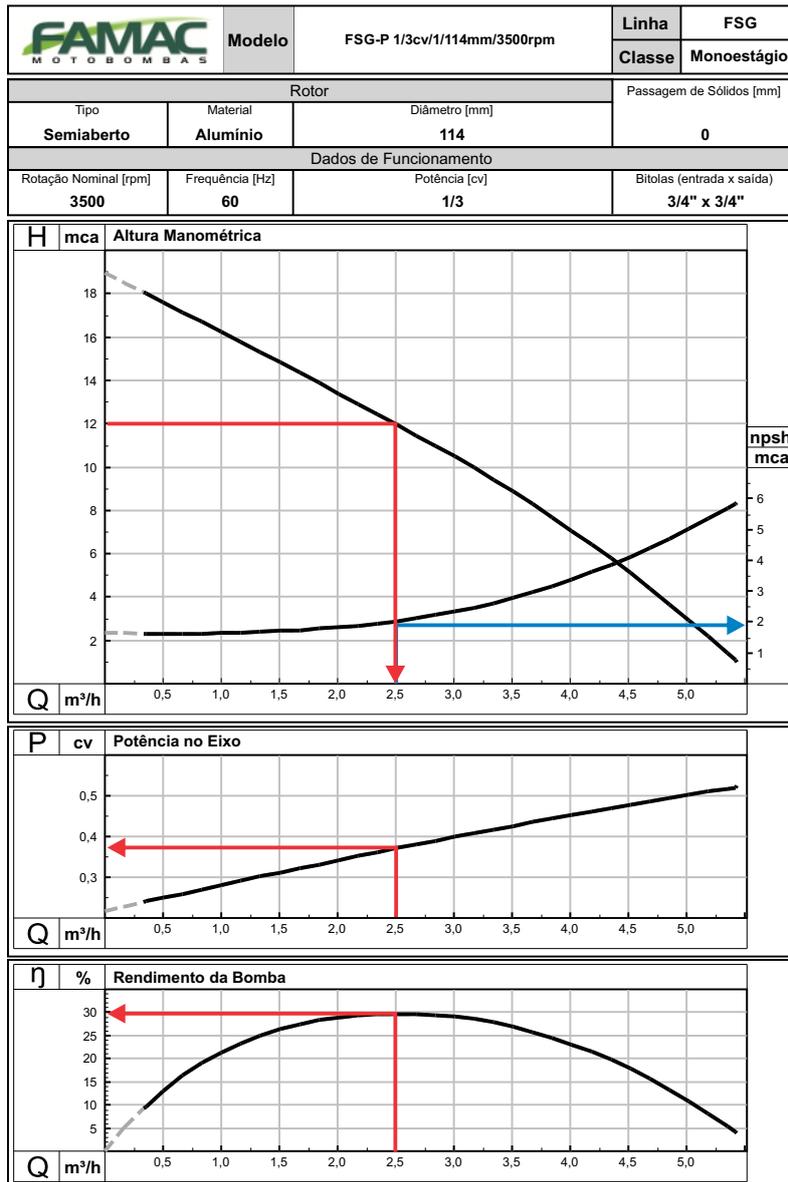
PROGRAMA
BRASILEIRO DE
ETIQUETAGEM



Modelo	cv hp	Ø (mm)	Bitolas (pol) Size (in) Conexiones (pulg)	Monofásico Single Phase Monofásico (v)	Trifásico Three Phase Trifásico (v)	Altura Manométrica Total (mca) Total Head (m) / Altura manométrica total																			Pressão Máx. (mca) Max Head (m) / Pression max. (m)		
						1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28		30	32
FSG-P	1/3	114	3/4" x 3/4"	110/220	-	5,4	5,2	5,0	4,8	4,5	4,3	4,0	3,7	3,5	3,2	2,5	1,8	1,1	0,4	19,0							

Tabela 06 – Exemplo de seleção de bombas no catálogo Famac

Verificar na Curva Característica do modelo selecionado, quais são os valores para AMT, NPSHr, Potência de Eixo e Eficiência de Bomba em função da vazão desejada, por exemplo para 2,5 m³/h.





FAMAC INDÚSTRIA DE MÁQUINAS LTDA
Rua: Ponte Pênsil, 608 Centro
CEP 89275-000 Schroeder, Santa Catarina, Brasil
Fone: 55 (47) 3374-6000 Fax: 55 (47) 3374-6001
famac@famac.ind.br www.famac.ind.br