

APOSTILA OPERADOR DE ESTAÇÃO DE BOMBEAMENTO

Agradecimento Especial aos colegas **Edson Charles Rippel, Julio Cesar Sartor Bueno, Leandro Patrício, Lunalva Cechinato e Maria Elisa Gallina dos Santos**, que autorizaram a livre utilização de textos e materiais por eles elaborados.

SUMÁRIO

1 SANEAMENTO AMBIENTAL.....	03
1.1 Conceito, Importância, Objetivo e Campos de Ação	03
2 A ÁGUA NA NATUREZA E O CICLO HIDROLÓGICO	04
2.1 A Água na Natureza	04
2.2 O Ciclo Hidrológico.....	05
2.3 Ciclo do Uso da Água.....	05
3 SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA	06
3.1 Captação e Adução de Água Bruta.....	06
3.2 Tratamento de Água.....	06
3.2.1 Conceitos Básicos	06
3.2.2 Água para Consumo Humano – Parâmetros	06
3.2.3 Tratamento Convencional da Água.....	07
3.3 Distribuição de Água	08
3.4 Medição de Água.....	08
3.5 Instalação Predial de Água	09
4 SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO	10
5 CONCEITOS ELEMENTARES DE HIDRÁULICA NO SANEAMENTO	11
6 INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS PARA SANEAMENTO	12
6.1 Adução, Reservação e Distribuição	12
6.1.1 Conceitos.....	12
7 ESTAÇÕES ELEVATÓRIAS	14
8 ELETRICIDADE INDUSTRIAL APLICADA AO SANEAMENTO	20
8.1 Conceitos e Definições de Termos Técnicos Usuais.....	20
8.2 Motores Elétricos.....	23
8.2.1 Tipos de Motores Elétricos	23
8.2.2 Conceitos Básicos	23
8.2.3 Motor de Indução Trifásico	25
8.2.3.1 Vida Útil do Motor	26
8.2.3.1.1 Classes de Isolamento	27
8.2.4 Motores de Alto Rendimento	27
8.2.5 Placa de Identificação dos Motores Elétricos	27
8.3 Chave de Partida.....	28
8.3.1 Componentes Principais	29
9 CONCEITOS ELEMENTARES DE MECÂNICA INDUSTRIAL APLICADA AO SANEAMENTO	30
9.1 Bombas	30
9.1.1 Classificação das Bombas	30
9.2 Válvulas	33
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	38

1 SANEAMENTO AMBIENTAL

1.1 Conceito, Importância, Objetivos e Campos de Ação

Conjunto de ações socioeconômicas que têm por objetivo alcançar níveis crescentes de **saúde pública**, por meio do abastecimento de água potável, coleta e disposição sanitária dos resíduos líquidos, sólidos e gasosos, promoção de disciplina sanitária do uso e ocupação do solo, drenagem urbana, controle de vetores e reservatórios de doenças transmissíveis e demais serviços e obras especializados, tudo com a finalidade de proteger e melhorar as condições de vida, tanto nos centros urbanos, quanto nas comunidades rurais e propriedades rurais mais carentes. É, portanto, o conjunto de atividades institucionais formadas por: **abastecimento de água, esgotamento sanitário, drenagem urbana, resíduos sólidos e controle de vetores**. Até algum tempo atrás, era chamado de Saneamento Básico e compunha-se apenas das duas primeiras atividades.

Dessas atividades, é incumbência do SAMA E, por Lei, o desempenho dos serviços de **abastecimento de água e esgotamento sanitário**, assim decompostos:

- **Abastecimento de água** – os serviços de abastecimento de água potável abrangem as atividades, com respectivas infra-estruturas e instalações operacionais, de: **captação, adução de água bruta, tratamento de água, adução, reservação e distribuição de água tratada**.
- **Esgotamento sanitário** – os serviços de esgotamento sanitário abrangem as atividades, com respectivas infra-estruturas e instalações operacionais, de: **coleta, afastamento, transporte, tratamento e disposição final de esgotos sanitários**.

2 A ÁGUA NA NATUREZA E O CICLO HIDROLÓGICO

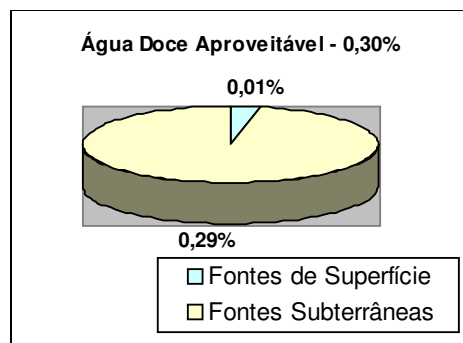
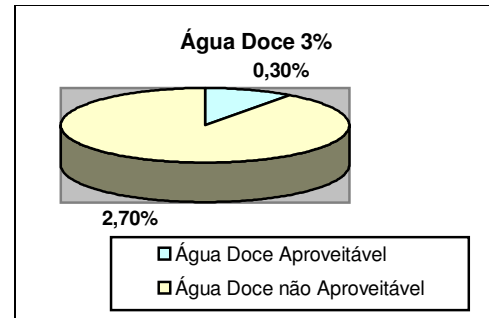
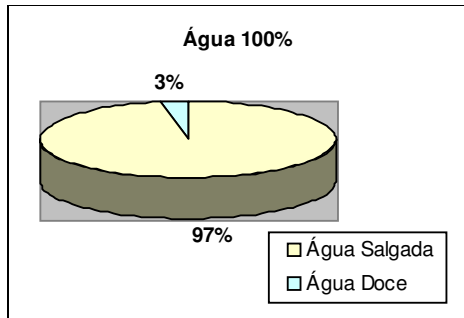
2.1 A Água na Natureza

A água é o constituinte inorgânico mais abundante na matéria viva: no homem, mais de 60% do seu peso é constituído por água, e, em certos animais aquáticos, essa percentagem sobe para 98%. A água é fundamental para a manutenção da vida, razão pela qual é importante saber como ela se distribui no planeta e como ela circula de um meio para outro.

A água abrange quase $\frac{4}{5}$ da superfície terrestre; desse total, 97% referem-se aos mares e os 3% restantes às águas doces. Dentre as águas doces, 2,7% são formadas por geleiras, vapor de água e lençóis existentes em grandes profundidades (mais de 800m), não sendo economicamente viável seu aproveitamento para o consumo humano.

Em consequência, constata-se que somente 0,3% do volume total de água do planeta pode ser aproveitado para nosso consumo, sendo 0,01% encontrada em fontes de superfície (rios e lagos) e o restante, ou seja, 0,29%, em fontes subterrâneas (poços ou nascentes).

A água subterrânea vem sendo acumulada no subsolo há séculos e somente uma fração desprezível é acrescentada anualmente através de chuvas ou retirada pelo homem. Em compensação, a água dos rios é renovada cerca de 31 vezes, anualmente.

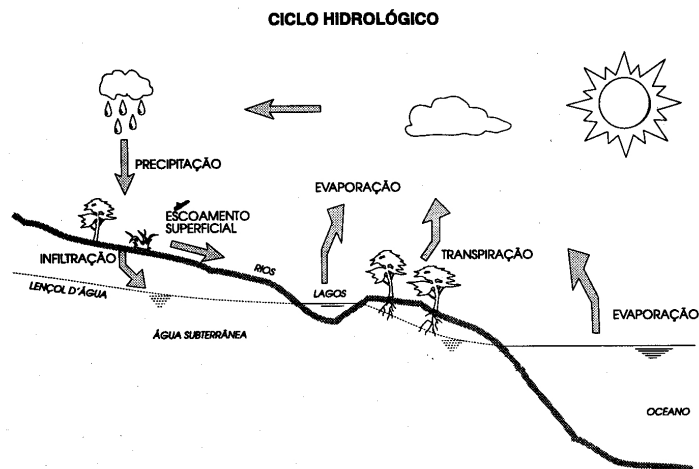


2.2 O Ciclo Hidrológico

Também conhecido como “O Ciclo da Água”, é o contínuo movimento da água em nosso planeta. É a representação do comportamento da água no globo terrestre, incluindo: ocorrência, transformação, movimentação e relações com a vida humana. É um verdadeiro retrato dos vários caminhos da água em interação com os demais recursos naturais.

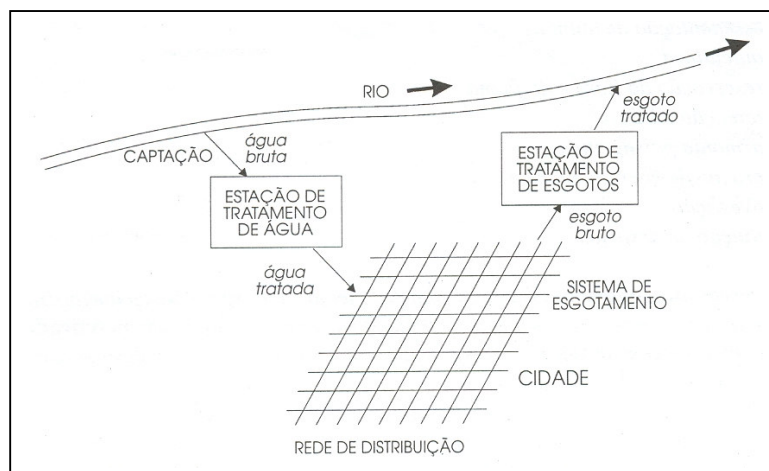
Na figura seguinte, apresentamos o ciclo hidrológico de forma simplificada. Nele, distinguem-se os seguintes mecanismos de transferência da água:

- **precipitação:** compreende toda a água que cai da atmosfera na superfície da Terra, nas formas de chuva, neve, granizo e orvalho;
- **escoamento superficial:** quando a precipitação atinge a superfície ela tem dois caminhos por onde seguir: escoar pela superfície ou infiltrar no solo. O escoamento superficial é responsável pelo deslocamento da água sobre o solo, formando córregos, lagos e rios e, eventualmente, chegando ao mar;
- **infiltração:** corresponde à porção de água que, ao chegar à superfície, infiltra-se no solo, formando os lençóis d'água;
- **evaporação:** transferência da água superficial do estado líquido para o gasoso; a evaporação depende da temperatura e da umidade relativa do ar;
- **transpiração:** as plantas retiram a água do solo pelas raízes; a água é transferida para as folhas e, então, evapora.



2.3 Ciclo do Uso da Água

Além do ciclo da água no globo terrestre (ciclo hidrológico), existem ciclos internos, em que a água permanece em sua forma líquida, mas tem suas características alteradas em virtude de sua utilização. Na figura abaixo, mostra-se um exemplo de um ciclo típico do uso da água. Nesse ciclo, a qualidade da água é alterada em cada etapa do seu percurso.



3 SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

Constitui-se no conjunto de obras, instalações e serviços, destinado a produzir e a distribuir água a uma comunidade, em quantidade e qualidade compatíveis com as necessidades de população, para fins de consumo doméstico, serviços, consumo industrial, entre outros usos. Tecnicamente, podemos descrever um Sistema como sendo formado pelas seguintes etapas: captação, adução de água bruta, tratamento, reservação, distribuição da água tratada, medição/fornecimento ao usuário.

3.1 Captação e Adução de Água Bruta

- **Captação** – entende-se por captação, obras de captação, o conjunto de estruturas e dispositivos construídos ou montados junto a um manancial com a finalidade de criar condições para que dali seja retirada água em quantidade capaz de atender ao consumo. Existem duas principais formas: captação de águas subterrâneas e captação de águas superficiais. A primeira se dá através de poços rasos, profundos, tubulares ou escavados. Já as captações superficiais recolhem água de mananciais de superfície como rios, lagos, barragens, sendo que a captação pode ser: direta, por barragem de nível, por canal de regularização, por canal de derivação, por torre de tomada, por poço de derivação e por reservatório de regularização. Em nossa cidade, a maioria da água captada provém de reservatórios de regularização (Barragens do Faxinal e Maestra).
- **Adução de Água Bruta** – antes de definir “adução de água bruta”, cabe definir “adutoras”, isto é, canalizações dos sistemas de abastecimento de água destinadas a conduzir água entre as diversas unidades do sistema. Então, “adução de água bruta” é o conjunto de canalizações e equipamentos destinados a conduzir água desde o ponto de captação até a unidade de tratamento.

3.2 Tratamento de Água

Conjunto de processos físicos e químicos destinados a transformar água bruta, *in natura*, em água potável, adequando-a ao consumo humano e atendendo aos padrões legais de potabilidade. Em nossa cidade, o SAMA E utiliza, em suas Estações de Tratamento de Água (ETA's), o tratamento do Tipo Convencional, que é comumente aplicado ao tratamento de águas de captações superficiais, geralmente turvas e/ou coloridas. Este tipo de tratamento é subdividido nas seguintes etapas: coagulação, floculação, decantação, filtração e desinfecção.

3.2.1 Conceitos Básicos

- **Água Bruta** - é a água *in natura* retirada de rio, lago, lençol subterrâneo ou outro manancial, possuindo, cada uma, determinada qualidade.
- **Água Tratada** - é a água que, após a captação, sofre transformações através dos processos de tratamento, vindo a se adequar aos usos a que está prevista.
- **Água Potável** - é a água adequada ao consumo humano, e que, portanto, pode ser ingerida com segurança pela população. Para isto, deve apresentar características físicas, químicas, biológicas e organolépticas em conformidade com a legislação específica (Padrões de Potabilidade).

Não se deve confundir água potável com água pura ou mesmo com água limpa. Água pura, isto é, sem nenhuma substância dissolvida, só pode ser “fabricada” em laboratório através de processos de destilação. Já na água potável são permitidos, sendo até necessária, a presença de algumas substâncias químicas dissolvidas (sais minerais, por exemplo), só que em concentrações limitadas, obedecendo sempre à legislação. Por sua vez, a água que chamamos de limpa, por sua aparência cristalina, não pode, por si só, ser considerada potável, uma vez que dentro dela podem existir muitos microorganismos, invisíveis a olho nu, que podem causar doenças.

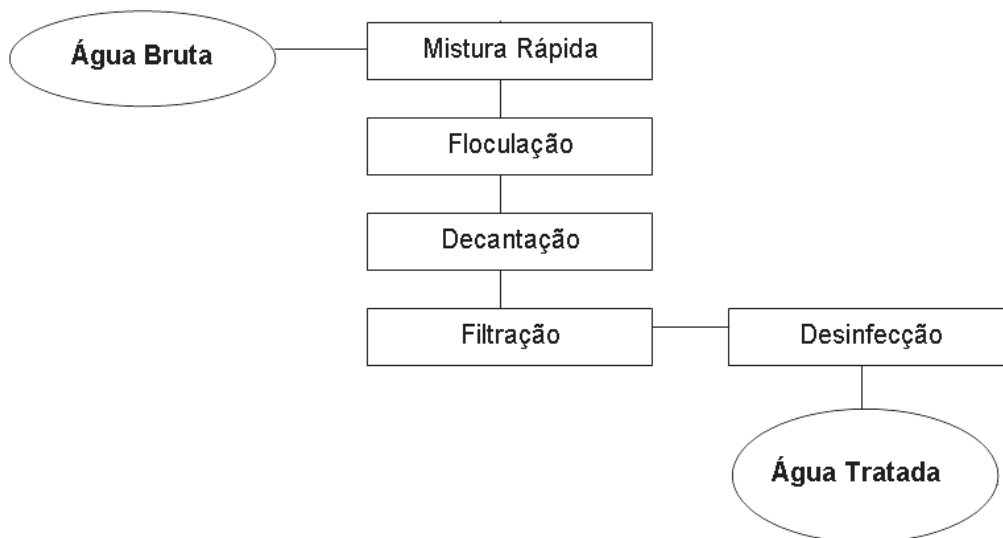
3.2.2 Água para Consumo Humano – Parâmetros

A água pode ser representada através de diversos parâmetros, que traduzem suas principais características físicas, químicas e biológicas. Esses parâmetros são utilizados na definição de distintos Padrões, que fixam diferentes valores para, por exemplo, águas de abastecimento, águas para balneabilidade, águas residuárias, entre outras. No caso de água para o consumo humano, os parâmetros físicos, químicos e biológicos devem seguir um padrão predeterminado chamado de **Padrão de Potabilidade**, definido pela Portaria 518/2004 do Ministério da Saúde.

3.2.3 Tratamento Convencional da Água

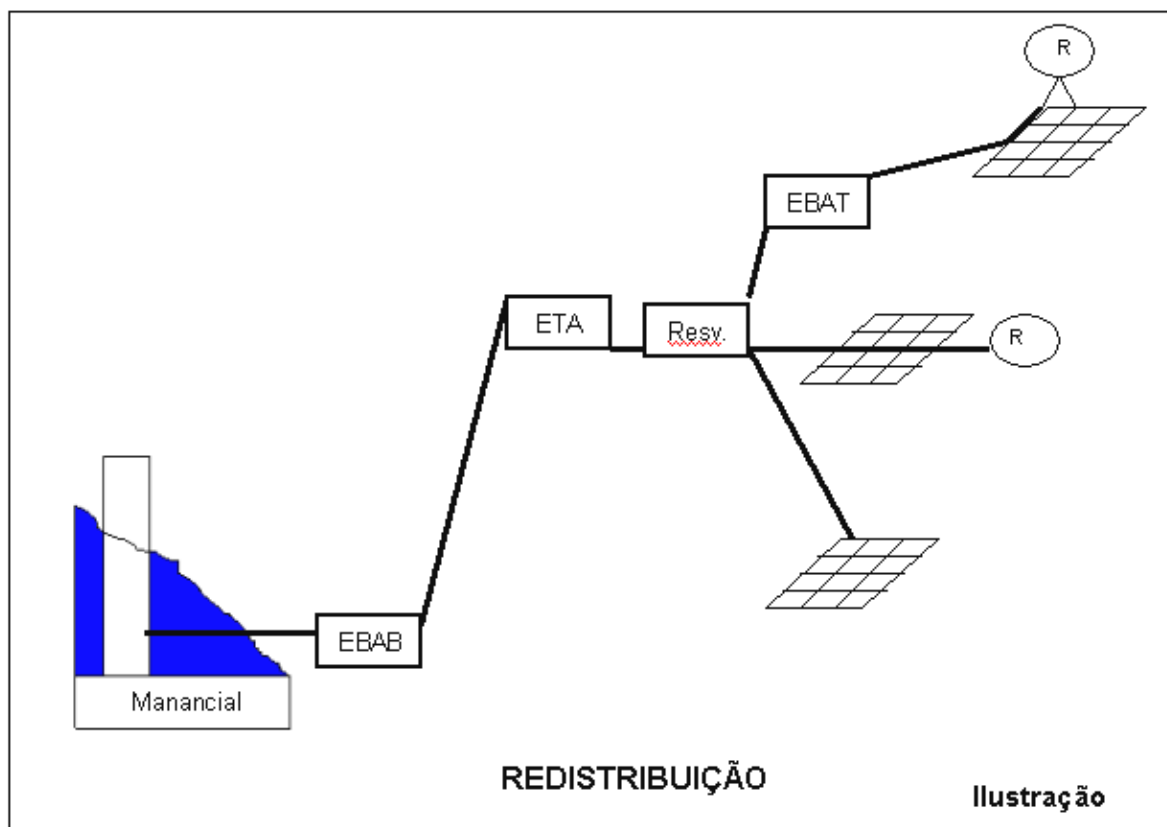
O tratamento de Água denominado de Convencional é normalmente aplicado às águas que possuem partículas finamente divididas em suspensão e partículas coloidais e que necessitam de tratamento químico capaz de propiciar sua deposição, com um baixo período de detenção. O tratamento convencional é subdividido nas seguintes etapas, que se sucedem hidraulicamente:

- **Coagulação:** processo onde a adição de sulfato de alumínio ou sulfato ferroso, entre outros, através de mistura rápida, provoca a coagulação, formando compostos químicos. Esses compostos, formados através de choques com as partículas de impurezas, são por elas absorvidos e provocam desequilíbrio das cargas elétricas superficiais, o que irá propiciar a posterior união destas partículas na etapa seguinte.
- **Floculação:** os compostos químicos, já misturados anteriormente, vão reagir com a alcalinidade da água formando compostos que tenham a propriedade da adsorção, que é a capacidade de atrair partículas com cargas elétricas contrárias. Essas partículas são chamadas de flocos e têm cargas elétricas superficialmente positivas, enquanto que as impurezas presentes na água, como as matérias suspensas, as coloidais, alguns sais dissolvidos e bactérias, têm carga elétrica negativa, sendo assim retidas pelos flocos. É aqui, no compartimento da floculação, que se inicia a formação dos flocos, que irão crescendo (em tamanho) à medida que se dirigem para o decantador.
- **Decantação:** também denominado de sedimentação, é o fenômeno pelo qual os flocos do coagulante, que já agregaram a si as impurezas, começam o processo de sedimentação e conseqüente clarificação da água. Esse fenômeno ocorre porque os flocos, que são mais pesados do que a água e devido à baixa velocidade da mesma na grande área do decantador, afundam pela ação gravitacional, ficando depositados no fundo do tanque, deixando a água superficial mais clara, ao longo do fluxo, e apta a seguir escoando para a próxima etapa.
- **Filtração:** a maioria das partículas ficou retida no decantador, porém uma parte persiste em suspensão; e é para remover essa parte que se procede à filtração. Hidraulicamente, faz-se a água traspasar uma camada filtrante, constituída por um leito arenoso, com granulometria predimensionada, sustentada por uma camada de cascalho, de modo que as impurezas, as partículas, a maioria das bactérias, entre outros, fiquem retidos e a água filtrada seja límpida.
- **Desinfecção:** a filtração bem executada elimina as partículas e quase todas as bactérias; entretanto, as bactérias têm que ser totalmente eliminadas. Para isso, recorre-se à desinfecção, que é feita pela adição de produtos químicos, dos quais o mais usado é o cloro. A cloração, como é chamada, é feita através de dosadores que aplicam cloro à água, desinfectando-a.



3.3 Distribuição de Água

Destina-se a conduzir a água tratada, através de tubulações, aos diversos pontos de consumo da comunidade. É formada, basicamente, por malhas hidráulicas compostas por tubulações de adução, subadução, redes distribuidoras e ramais prediais, que juntos disponibilizam a água tratada na entrada do imóvel do consumidor. Em muitos casos, essas malhas possuem também grandes reservatórios de distribuição, estações de bombeamento para regiões mais elevadas, além de outros equipamentos de controle que garantam a continuidade da distribuição.



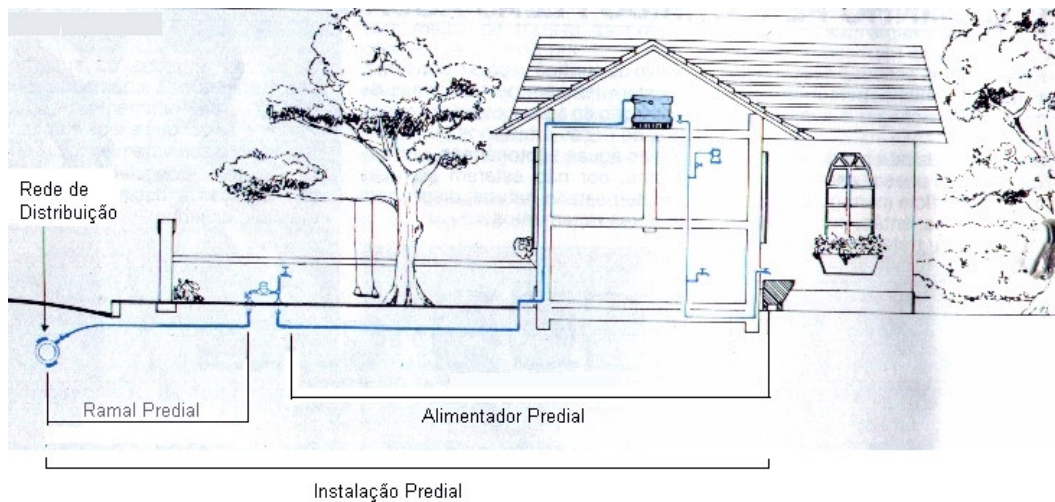
3.4 Medição de Água

A medição da água, quando essa chega ao ponto de consumo, passando por um medidor e ficando, a partir dali, disponível para utilização, leva o nome de **micromedição**.

A **micromedição** é a forma de medir e permitir a justa cobrança do consumo de cada ramal, atendendo, assim, à legislação que regulamenta a matéria, bem como consagrando a idéia de que o consumidor deva pagar somente o que realmente consumir. A **micromedição** é também uma grande aliada para o combate ao desperdício, pois antes dela, ou mesmo onde ela ainda não exista, os consumos individuais médios ficam superiores aos de áreas micromedidas. Seu uso racionaliza a distribuição e evita problemas de falta de água nos pontos de mais difícil abastecimento. A unidade de medida comumente utilizada para a medição da água potável que chega ao consumidor é o **volume**, normalmente expresso em m^3 (metros cúbicos) e o instrumento responsável pela **micromedição** mais comum é o **hidrômetro**.

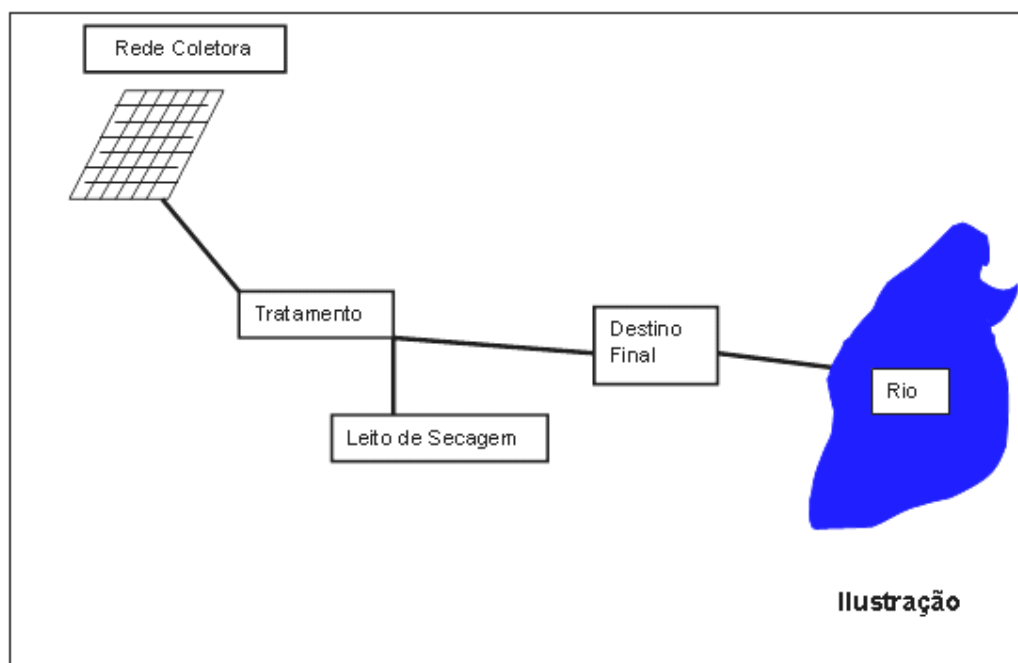
3.5 Instalação Predial de Água

Conjunto de canalizações, aparelhos, equipamentos e dispositivos hidráulicos empregados na distribuição de água em um determinado prédio. A instalação aqui definida se inicia no ramal predial e estende-se até os pontos internos de consumo.



4 SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO

Constitui-se no conjunto de obras, instalações e serviços, destinados a coletar, tratar e afastar os esgotos (águas usadas) produzidos por uma comunidade, tendo como principal objetivo a disseminação da saúde pública e a conservação do meio ambiente natural. Tecnicamente, podemos descrever um Sistema como sendo formado pelas seguintes etapas: coleta, afastamento, transporte, tratamento e disposição final de esgotos sanitários.



5 CONCEITOS ELEMENTARES DE HIDRÁULICA NO SANEAMENTO

- **Hidráulica:** seu significado etimológico é “condução de água” (do Grego, *hidor* – água e *aulos* – tubo, condução). Entretanto, atualmente, emprega-se, num sentido mais amplo, a Hidráulica como sendo o “estudo do comportamento da água e de outros líquidos, quer em repouso quer em movimento”.
- **Volume:** o volume é geralmente fornecido em metros cúbicos (m^3) ou em litros (l), sendo que 1 m^3 corresponde a 1000 litros. É representado pela letra **V** maiúscula.
- **Tempo:** é geralmente fornecido em segundos (s) e, para alguns casos, em horas (h), sendo que 1h corresponde a 3600s. É representado pela letra **t** minúscula.
- **Área de Escoamento:** é a área de secção transversal por onde o líquido se movimenta. É fornecida em m^2 (metros quadrados) e representada pela letra **A** maiúscula.
- **Vazão:** também chamada de descarga, é o volume de um líquido que, num determinado tempo, atravessa uma determinada secção transversal de um conduto ou curso de água. É normalmente fornecida em:
 - ✓ metro cúbico por segundo: m^3/s ;
 - ✓ litro por segundo: l/s;
 - ✓ metro cúbico por hora: m^3/h .É representada pela letra **Q** maiúscula.
- **Velocidade de Escoamento:** em um líquido em movimento, é a relação entre a distância percorrida pela unidade de tempo. É, normalmente, fornecida em m/s (metros por segundo) e representada pela letra **v** minúscula.
- **Pressão:** a pressão de um líquido sobre uma superfície pode ser descrita como “a força que este líquido exerce sobre a unidade de área desta superfície”.

6 INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS PARA SANEAMENTO

Podem ser assim definidas todas as instalações, de natureza hidráulica, que se destinam a produzir, armazenar, conduzir, distribuir e registrar as águas dos Sistemas de Abastecimento levadas até os consumidores, bem como de coletar, afastar e tratar as águas que já serviram aos consumidores e que voltam ao Ciclo de Uso em forma de esgotos.

Na prática, as instalações hidráulicas para saneamento são as unidades de tratamento de água, as canalizações de água, os reservatórios, as estações elevatórias (bombas de recalque), os ramais prediais de água, até o cavalete com o hidrômetro. São também as canalizações coletoras de esgoto sanitário, as canalizações de drenagem pluvial e as unidades que compõem os processos de tratamento do esgoto.

6.1 Adução, Reservação e Distribuição

6.1.1 Conceitos

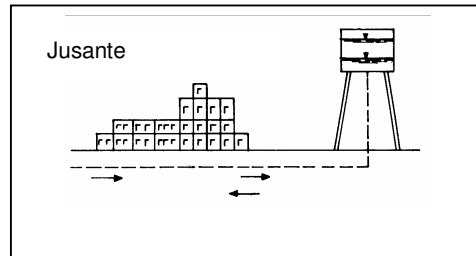
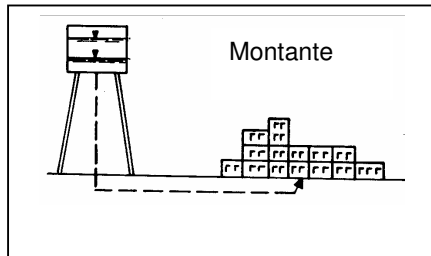
- **Adução** – nos sistemas de abastecimento, é a operação de trazer água desde o ponto de captação até a rede de distribuição.
- **Adutora** – é o conjunto de tubulações, peças especiais e obras de arte, destinados a conduzir água entre as unidades que precedem à rede distribuidora, podendo estar dispostas entre:
 - a Captação e a Estação de Tratamento de Água;
 - a Captação e o Reservatório de Distribuição;
 - a Captação e a Rede de Distribuição;
 - a Estação de Tratamento de Água e o Reservatório de Distribuição;
 - a Estação de Tratamento de Água e a Rede de Distribuição.As adutoras não possuem derivações para alimentar distribuidores de rua ou ramais prediais. As adutoras podem ser classificadas de acordo com:
 - a natureza da água transportada:
 - a) *adutora de água bruta*: transporta a água desde a captação até a estação de tratamento de Água;
 - b) *adutora de água tratada*: transporta a água desde a Estação de Tratamento de Água até os Reservatórios de Distribuição, e desses às redes de Distribuição.
 - a energia utilizada para o escoamento da água:
 - a) *adutora por gravidade*: quando aproveita o desnível natural existente entre o ponto inicial e o final da adução;
 - b) *adutora por recalque*: quando utiliza de um meio elevatório introduzido na linha para gerar energia hidráulica, um conjunto motor-bomba e seus acessórios;
 - c) *adutora mista*: quando se utiliza, para o escoamento, parte por recalque, e parte por gravidade.
 - o modo de escoamento:
 - a) *adutora em conduto livre*: mantém a superfície sob o efeito da pressão atmosférica. A água ocupa apenas parte da seção de escoamento. Os condutos podem ser abertos (canais) ou fechados;
 - b) *adutora em conduto forçado*: a água ocupa a seção do conduto por inteiro, mantendo a pressão interna superior à pressão atmosférica. Permite à água movimentar-se, quer em sentido descendente por gravidade, quer em sentido ascendente por recalque, graças à existência de uma carga hidráulica.
- **Subadutora** – é a canalização, e seus acessórios, que parte da adutora, em forma de derivação, para levar água a outros pontos fixos do sistema, mantendo as mesmas características da adutora principal. Suas classificações são idênticas às da adutora.
- **Reservação** – é feita pelos reservatórios e tem por finalidades: atender às variações de consumo ao longo do dia; promover a continuidade do abastecimento no caso de paralisação da produção de água; manter pressões adequadas nas redes de distribuição e até garantir uma reserva estratégica em casos de incêndio.
- **Reservatório de Distribuição** – é a instalação hidráulica construída nos sistemas de abastecimento de água, que tem por finalidade reservar água, disponibilizando-a à rede distribuidora nos picos do consumo. São, normalmente, construídos nos seguintes tipos de materiais: concreto armado, aço, fibra de vidro, alvenaria, argamassa armada, entre outros. A capacidade de reservação deve levar em conta o volume consumido no dia de maior consumo, devendo, conforme recomendações

usuais, ser igual ou superior a $\frac{1}{3}$ daquele volume. Para evitar contaminação, os reservatórios devem, em sua construção, ter previsto: estrutura adequada, tubo de ventilação, impermeabilização, cobertura, sistema de drenagem, abertura para limpeza, registro de descarga, ladrão e indicador de nível. A limpeza e a desinfecção devem ser realizadas rotineiramente.

Os reservatórios podem ser classificados em dois principais tipos:

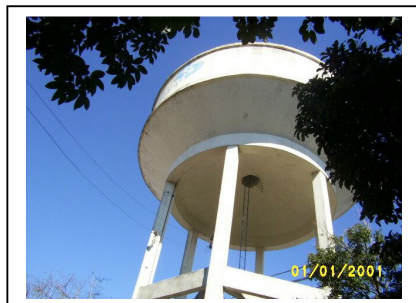
- de acordo com sua localização:

- a) *Reservatório de Montante:* situado no início da rede de distribuição, sendo sempre o fornecedor de água para a rede;
- b) *Reservatório de Jusante:* situado no extremo ou em pontos estratégicos do sistema, podendo receber ou fornecer água da rede de distribuição.



- de acordo com sua forma construtiva:

- a) *Reservatório Elevado:* construído acima do nível do solo, sobre colunas, sempre que há necessidade de aumentar a pressão em consequência de condições topográficas;
- b) *Reservatórios Apoiados, Enterrados e Semi-enterrados:* aqueles construídos com o fundo em contato com o terreno.



a



b

- **Estação Elevatória** – também chamada de estação de bombeamento, é o conjunto de instalações hidráulicas, mecânicas e elétricas destinadas a transportar e elevar a água. Os principais elementos que a compõe são: a bomba (normalmente centrífuga), o motor elétrico, as tubulações de sucção e recalque, dispositivos auxiliares e órgãos acessórios. Estações elevatórias são utilizadas, principalmente, para: captar água de mananciais de superfície ou poços rasos e profundos; aumentar a pressão nas redes, levando a água a pontos mais elevados ou mais distantes ou ambos; aumentar a vazão de adução ou distribuição.



- **Rede de Distribuição de Água** – é constituída por um conjunto de tubulações, conexões, válvulas e peças especiais destinados a distribuir a água de forma contínua, a todos os usuários do sistema. Essas tubulações caracterizam-se pelas numerosas derivações que possuem (pontos de consumo) e por sua disposição *em rede*, derivando daí o seu nome.

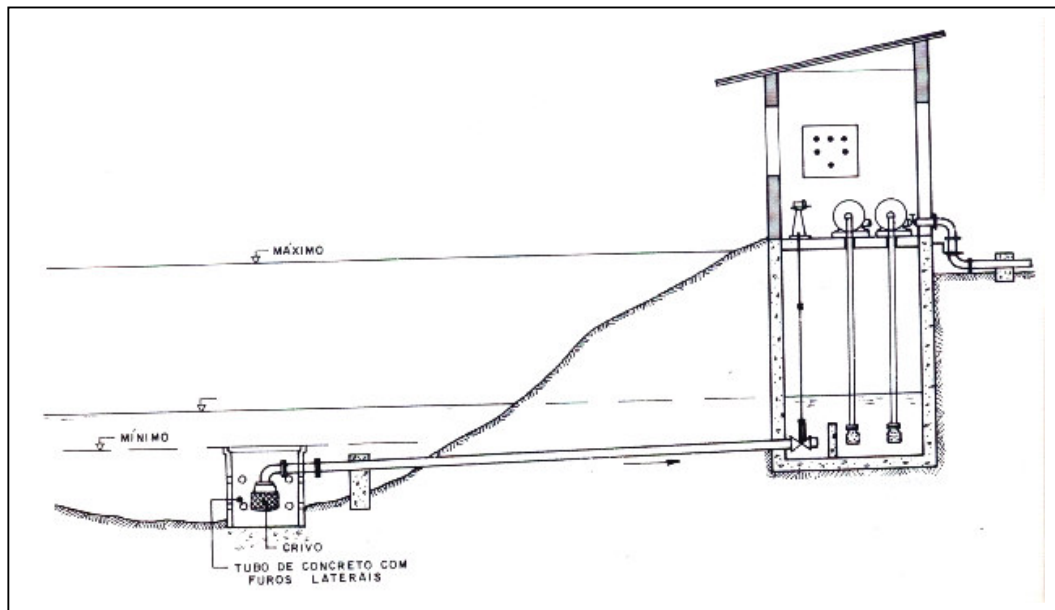
7 ESTAÇÕES ELEVATÓRIAS

Também conhecidas como Estações de Bombeamento, são largamente empregadas no saneamento para captar a água de mananciais de superfície ou de poços, para recalcar a pontos distantes ou elevados, para reforçar a capacidade de adução de adutoras, alimentar reservatórios e, no esgoto sanitário, para recalcar os efluentes a pontos mais elevados do sistema ou na transposição de bacias. Uma estação elevatória constitui-se, primordialmente, de bomba centrífuga, para a elevação do líquido (água ou esgoto), e motor elétrico, fornecedor de força eletromotriz para impulsionar a bomba. As estações elevatórias podem conter um ou mais conjuntos motor-bomba, sendo distinguidos pela sua forma de ligação como unidades de bombeamento. Além dos equipamentos primordiais citados, uma estação elevatória compõe-se, geralmente, de:

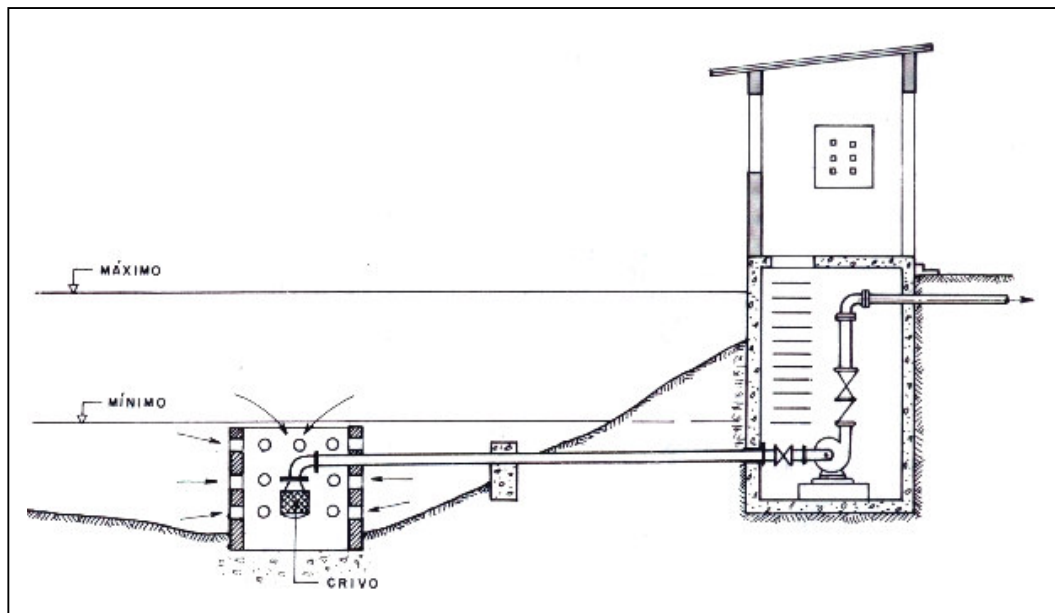
- **Salão das Máquinas e Dependências Complementares:** no salão das máquinas são instalados os conjuntos elevatórios e, na maioria dos casos, os equipamentos elétricos como cabines de comando, chaves de partida e proteção dos motores, e os instrumentos para leitura de medições elétricas ou hidráulicas. Suas dimensões dependem das grandezas hidráulicas envolvidas (volume a ser bombeado, altura de elevação, etc.), e, portando, deverá ser projetado de modo que esse conjunto possa ser montado com relativa folga, permitindo a livre circulação dos operadores e a fácil realização de trabalhos de manutenção ou reparação. Sendo previsto acréscimo no número de unidades de bombeamento, deverá ser reservado espaço suficiente para a instalação das mesmas e dos dispositivos que deverão acompanhá-las. A iluminação deverá ser abundante e, tanto quanto possível, natural, sendo aconselhável, por isso, a colocação de janelas amplas. Deverá haver livre circulação de ar, para evitar a excessiva elevação de temperatura causada pelo aquecimento dos motores. Este aspecto deverá ser especialmente considerado nas regiões mais quentes. Além da ventilação feita através de janelas e portas, será conveniente prever aberturas que possibilitem permanente movimentação de ar. Ventiladores e exaustores poderão, ainda, ser instalados em casos extremos, em especial nas grandes estações. Entre as dependências auxiliares, são consideradas indispensáveis uma pequena sala para uso do operador e uma instalação sanitária com bacia, lavatório e chuveiro. De acordo com a importância da estação, outros compartimentos como oficina, depósito de materiais, vestiários e copa poderão ser adicionados. As estações automatizadas não requerem operador, portanto essas dependências não são necessárias.
- **Poço de Sucção:** denomina-se poço de sucção ou poço de tomada, o compartimento de dimensões limitadas, de onde parte a tubulação que conduz a água (ou o esgoto) para a bomba. Conforme a situação do nível de água no poço de sucção em relação à boca de entrada da bomba, há dois casos a considerar:

 - poço com nível de água abaixo da bomba: há uma altura de sucção a ser vencida pela bomba, necessitando a mesma ser escorvada para poder funcionar;





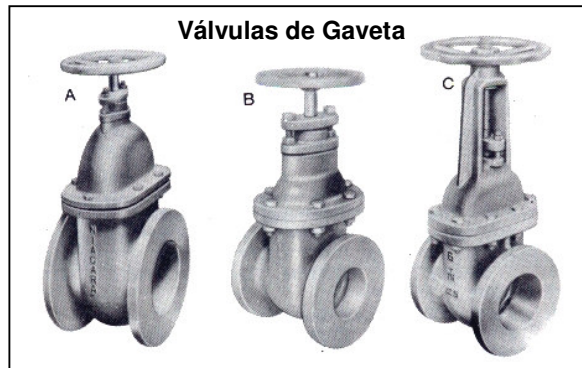
- poço com nível de água acima da bomba: há uma carga permanente sobre a boca de entrada da bomba que, neste caso, trabalha afogada.



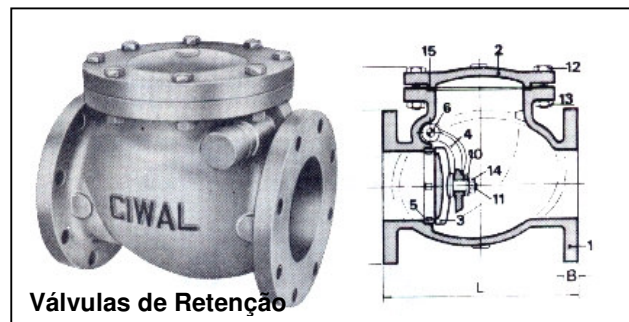
No abastecimento de água, em nossa cidade, não é comum encontrar o caso de poço situado abaixo da bomba, apesar de apresentar a vantagem de se poder montar o conjunto de recalque ao nível do terreno, ou mais acima, em ambiente claro e ao abrigo das inundações. Como desvantagem, pode-se citar que esta modalidade necessita de escorva e sua operação torna-se mais trabalhosa.

O poço com nível de água acima da bomba exige a construção do salão das bombas em cota baixa. Excetua-se o caso de bombas de eixo vertical que são imersas no poço com acionamento feito por motor colocado diretamente acima do poço. O sistema de bombas afogadas é freqüentemente utilizado junto a barragens de captação, reservatórios enterrados ou semi-enterrados, para a transferência de água para estações de tratamento, reservatórios elevados, ou transposição de bacias. Utilizando-se chaves elétricas comandadas por meio de bóias, é possível estabelecer um controle automático das bombas. Nessa modalidade, podem constituir desvantagens o maior custo das escavações e estruturas e o perigo de inundações do salão das máquinas. O poço de sucção deverá, tanto quanto possível, ficar próximo das bombas para reduzir o comprimento das tubulações de alimentação. Não há critérios rígidos para o dimensionamento do poço de tomada. Devem, porém, ter dimensões suficientes para permitir qualquer operação de limpeza ou de retirada da tubulação de sucção, crivo ou válvula de pé, ou outros serviços de montagem ou desmontagem. A água que chega ao poço não deve ser despejada em forma de descarga livre, em especial nas proximidades da tubulação de sucção, pois isto favorece o arraste de ar para a massa de água, ocasionando dificuldades de operação das bombas.

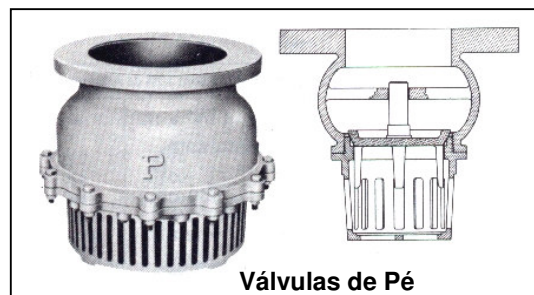
- Tubulações e Órgãos Acessórios:** as estações elevatórias compreendem, além das bombas propriamente ditas, um conjunto de tubulações, peças especiais e órgãos acessórios. As tubulações da casa de bombas são, geralmente, de ferro fundido com juntas de flange. Em se tratando de diâmetros maiores, utilizam-se, também, tubos de aço, que, além do menor peso e da elevada resistência às pressões, têm a vantagem de poderem ser confeccionados com maior facilidade para quaisquer especificações e, também, de poderem ser cortados, soldados ou ajustados no próprio local de montagem. Os diâmetros das tubulações dentro das estações elevatórias são fixados tendo em vista não ocasionar demasiadas perdas de carga, pois estas irão afetar a altura manométrica de elevação e, conseqüentemente, acarretar maior dispêndio de energia elétrica no bombeamento. Na sucção, além disso, as perdas de carga elevadas poderão dar origem ao fenômeno da cavitação (queda da pressão na entrada da bomba para valores abaixo da pressão de vapor, formando bolhas que estouram, ocasionando ruídos e danificando o rotor e a carcaça da bomba). Os principais órgãos acessórios conectados às tubulações de uma estação elevatória são as válvulas de abertura/fechamento, válvulas de retenção, válvulas de pé e os manômetros (medem as pressões positivas) e vacuômetros (medem as pressões negativas). As válvulas de abertura/fechamento, utilizadas normalmente em estações elevatórias, são do tipo de gaveta e dotadas de flanges. Os tipos mais comuns têm carcaça de ferro fundido, sendo, as partes internas, como a haste e os anéis de vedação, de liga de cobre (latão ou bronze), sujeitas a desgastes. Nas instalações normais de bomba centrífuga, essa válvula é colocada na tubulação de saída ou de recalque, imediatamente após a válvula de retenção. A posição inversa com a válvula precedendo a válvula de retenção é viável, mas não aconselhável. Emprega-se, também, este tipo de válvula na tubulação de entrada (sucção) das bombas afogadas.



As válvulas de retenção são dispositivos destinados a permitir a passagem da água numa só direção. São instaladas na tubulação de saída para que, numa inesperada paralisação do bombeamento, o golpe causado pelo retorno da água não cause danos à bomba. São peças robustas, fabricadas em ferro fundido ou aço, e dotadas de dimensões avantajadas. Podem vir equipadas, também, com um *by-pass* de pequeno diâmetro, para permitir o enchimento da bomba e da tubulação de sucção por ocasião da escorva.



As válvulas de pé são peças conectadas na extremidade de tubulações de sucção, em instalações de bombas não afogadas. Assegurando a passagem da água somente em direção à bomba, permitem que as tubulações de sucção mantenham-se sempre cheias, mesmo quando a bomba for paralisada. Nessas condições, quando ela for novamente ligada, poderá iniciar o bombeamento sem dificuldades. Se o tubo de sucção estiver vazio, as bombas comuns não conseguirão recalcar a água. Haverá necessidade de escorvá-las. A escorva é o processo de enchimento da bomba e a respectiva tubulação de sucção com água. Nessa operação, a válvula de pé é indispensável, pois, se ela não existir, toda a água introduzida voltaria para o poço de sucção. Para tal, o dispositivo de vedação das válvulas deve ser perfeito. Do contrário, invalida a finalidade da peça, tornando difícil o início de operação das bombas. Partículas de areia ou outros materiais em suspensão na água, que se alojam no dispositivo de vedação como, ainda, o desgaste, corrosão ou incrustações, podem prejudicar o fechamento perfeito da válvula. Há necessidade de limpezas ou de recondiçionamentos periódicos. As válvulas de pé vêm, geralmente, acompanhadas de um crivo destinado a reter corpos estranhos. Como as aberturas estão sujeitas à obstrução, é necessário que a área total das passagens seja maior que a seção do tubo de sucção. Indica-se, como dado prático, o valor de 2 ½ vezes a seção do tubo.

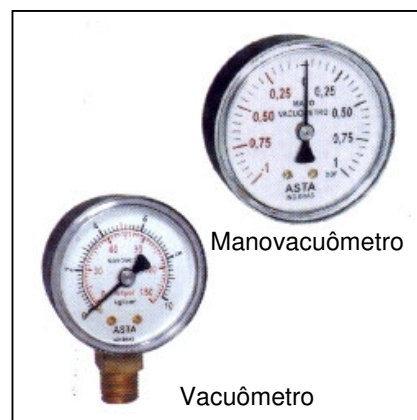


Válvulas de Pé

Os manômetros e vacuômetros (medem pressões positivas) são conectados, respectivamente, junto à saída e à entrada da bomba, através de uma tubulação de diâmetro reduzido. No lugar do vacuômetro, pode-se instalar, no lado da entrada, um mano-vacuômetro (medem pressões positivas e negativas), quando, por alguma razão, pode haver pressão positiva nesse lado (bomba afogada ou fase de escorva da bomba).



Manômetro



Manovacuômetro

Vacuômetro

Quando uma bomba centrífuga estiver funcionando com a válvula de saída fechada, o manômetro indica a pressão correspondente à vazão nula. Se houver escoamento, a indicação refere-se à altura manométrica desenvolvida pela bomba, na vazão que estiver recalçada. Em estações elevatórias onde se pretende obter um contínuo controle das pressões, podem ser instalados manômetros do tipo registrador, com o que se torna possível conhecer o comprimento funcional da bomba ou da estação em um determinado período.

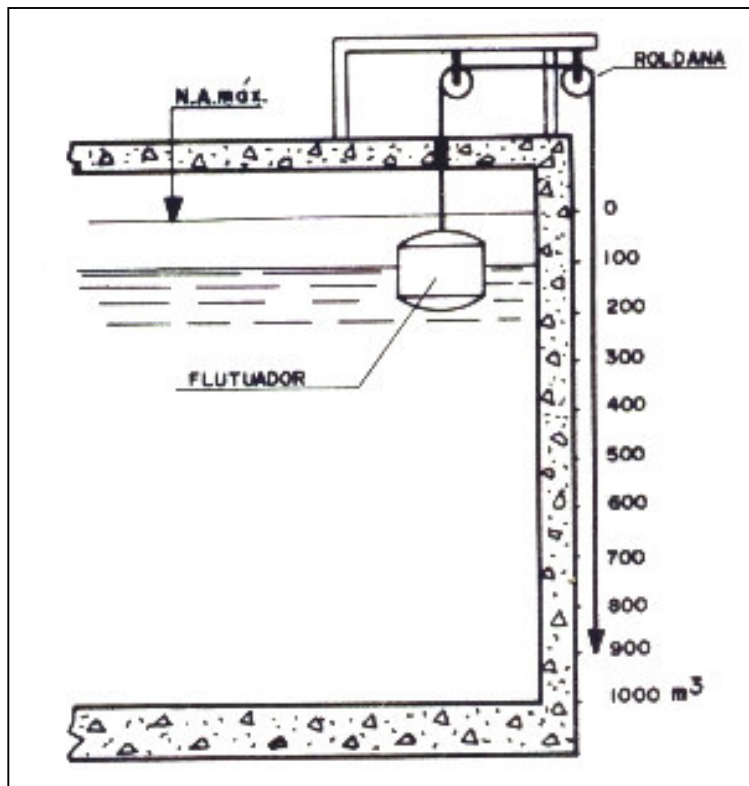
- **Equipamentos Elétricos:** incluem-se nesta categoria as chaves de partida e proteção dos motores, os instrumentos de controle e, eventualmente, os transformadores. A partida dos motores assíncronos de rotor de gaiola é feita por meio de chaves compensadoras ou de chaves estrela-triângulo. Geralmente, incluem dispositivos para a proteção dos motores contra excesso de carga ou queda de tensão, permitindo o desligamento automático da corrente. Utilizando-se chave compensadora, a partida dos motores é feita com uma tensão reduzida obtida por meio de auto-transformador. Quando o motor atingir uma determinada velocidade, altera-se a posição dos

contatos e a ligação passa a ser feita diretamente da linha para o motor. Três cabos fazem a ligação entre a chave e o motor. Com esse procedimento, reduz-se a corrente de partida, evitando distúrbios à rede elétrica. No sistema de partida, por meio de chave estrela-triângulo, as extremidades dos enrolamentos de cada fase do motor são conduzidas até uma chave de comutação. Durante a partida, a chave estabelece contato entre os terminais, de modo que os enrolamentos do motor ficam ligados em estrela. Em seguida, a ligação é alterada e os enrolamentos ficam ligados em triângulo e a tensão nominal passa a ser aplicada integralmente a cada fase. A ligação entre o motor e a chave é feita por meio de seis cabos. Nos motores assíncronos de indução com rotor bobinado, a ligação é feita diretamente, sendo o controle na fase inicial feito por meio de reostato, que permite reduzir, gradualmente, as resistências intercaladas em série com os enrolamentos do rotor até sua total eliminação, quando o motor adquire a velocidade normal de rotação. Os instrumentos de controle e medição são os voltímetros e amperímetros, ligados a cada fase da corrente e, às vezes, o freqüencímetro. São montados sobre painel ou em cabina metálica, que abriga também as chaves de partida, as chaves de seccionamento e outros dispositivos auxiliares.

- **Dispositivos Auxiliares:** algumas estações elevatórias, dependendo da importância, do seu tamanho e da capacidade de produção, podem contar, ainda, com os seguintes equipamentos ou dispositivos:

(a) *Medidor de Vazão:* é colocado na saída da estação e destina-se a medir a quantidade total de água bombeada. Os principais tipos de medidores são os que se baseiam na criação de uma pressão diferencial. O Venturi comum foi largamente utilizado, mas possui dimensões que hoje se consideram exageradas. Modernamente, são fabricados Venturis curtos e outros medidores menores, como o tubo Dall. Mais recentemente, têm sido empregados tubos Pitot acoplados a registradores gráficos de velocidade e, ainda, medidores eletromagnéticos e ultra-sônicos. É sempre conveniente que os valores medidos sejam transmitidos para um aparelho que permita registrar e totalizar as vazões.

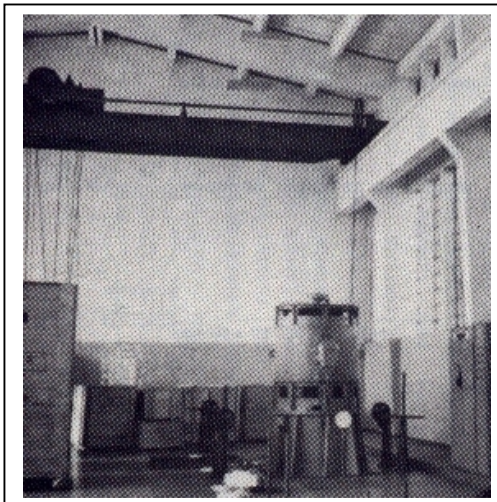
(b) *Medidores de Nível:* destinam-se a indicar a posição do nível de água no poço de tomada, reservatório de alimentação das bombas ou no local de chegada da água. Existem vários tipos construídos, segundo diferentes princípios de funcionamento, sendo comuns os de flutuador, os pneumáticos e os elétricos.



(c) *Escorva de Bombas:* a escorva de bombas nas instalações pequenas é feita introduzindo-se água na bomba e no tubo de sucção através de um copo de enchimento existente na própria

bomba. Em certos casos poderá ser feito o retorno da água acumulada na linha de recalque, abrindo-se, parcialmente, o registro e o *by-pass* da válvula de retenção. Nas instalações maiores, enche-se a bomba fazendo um vácuo parcial, obtido por meio de bomba auxiliar ejetora ou de uma bomba de vácuo. A água do poço de sucção sobe naturalmente para o corpo da bomba, colocando-a em condições de funcionar.

(d) *Ponte Rolante*: a ponte rolante, numa estação elevatória, destina-se à movimentação de peças, tubulações e equipamentos pesados. Só se justifica em grandes instalações. Nas pequenas casas de bombas, utilizam-se talhas sustentadas por tripés ou cavaletes. Em casos intermediários, pode ser instalada na parte superior do salão de bombas de um sistema constituído de viga e sarilho móvel operado manualmente.



8 ELETRICIDADE INDUSTRIAL APLICADA AO SANEAMENTO

8.1 Conceitos e Definições de Termos Técnicos Usuais

- *Acionamento Manual*: componente mecânico de acionamento de um equipamento. Exemplos: botão de comando, punho, alavanca.
- *Acionamento por Botão (ou tecla)*: comando de um circuito através de um dispositivo de comando por botão (ou tecla); com esse tipo de acionamento são dados apenas impulsos de comando de curta duração.
- *Acionamento por Corrente Alternada (CA)*: circuito de comando alimentado por corrente alternada.
- *Acionamento por Corrente Contínua (CC)*: os equipamentos de comando à distância podem, independentemente da natureza da corrente do circuito principal em que operam, ser acionados por corrente alternada ou corrente contínua. No caso de acionamento por corrente contínua (CC), o circuito de comando através do qual o equipamento é ligado ou desligado, possui uma fonte de alimentação em corrente contínua. Evidentemente, a bobina magnética de um contator deve ser, então, apropriada para corrente contínua ou ser um sistema magnético em corrente alternada (ligação por resistência), próprio para acionamento em corrente contínua.
- *Acionamento por Impulso*: ligação ou desligamento instantâneos através de um dispositivo de comando, com repetição dentro de curtos intervalos de tempo; o acionamento por impulsos, na operação de motores, leva à elevada solicitação do dispositivo de comando. O motor não alcança a sua rotação nominal, de forma tal que o dispositivo de comando tem que ligar e desligar continuamente a corrente de partida do motor e, com isso, várias vezes o valor da sua corrente nominal.
- *Botão de Comando de Fim de Curso*: botão acionado mecanicamente, para sinalização, comando e limitação de curso; o miolo da botoeira é que contém os contatos e os terminais do dispositivo de fim de curso.
- *Botão Sinalizador*: botoeira com botão transparente de forma tal que se obtenha, assim como sinalizador luminoso, indicação ótica dada por uma lâmpada nele embutida.
- *Capacidade de Interrupção*: é a máxima corrente que um dispositivo de manobra (contator, disjuntor, chave seccionadora, etc.) pode interromper sob condições definidas.
- *Capacidade de Ligação*: a capacidade de ligação indica a grandeza da corrente de ligação com a qual o dispositivo de manobra (contator, disjuntor, chave seccionadora, etc.) ainda pode operar com segurança. Caso a corrente de ligação ultrapasse a capacidade de ligação, os contatos do dispositivo de manobra podem fundir-se.
- *Capacitância*: é a capacidade que tem alguns sistemas de armazenar energia elétrica sob a forma de um campo eletrostático. O aparelho utilizado para a medida da capacitância é o capacímetro.
- *Chave Principal*: dispositivo destinado a comandar o circuito principal de alimentação, ligado diretamente ao consumidor, passando, através desse, a corrente de operação.
- *Chave Seccionadora*: chave que, na posição aberta, satisfaz as exigências de distância de isolamento especificadas para um seccionador.
- *Chave Seccionadora sob Carga*: dispositivo de manobra que preenche os requisitos de uma chave sob carga e de uma chave principal.
- *Circuito Auxiliar ou de Comando*: circuito através do qual são acionados os dispositivos de manobra; além disso, é usado para fins de medição, comando, travamento e sinalização; esse circuito engloba a fonte de alimentação (tensão de comando), os contatos dos dispositivos de comando, os acionamentos elétricos (bobina) dos dispositivos de manobra, assim como os elementos auxiliares de manobra.
- *Circuito Elétrico*: conjunto de componentes passivos e ativos, e de fontes de força eletromotriz, ligados eletricamente entre si, e no qual existe pelo menos um caminho fechado ao longo das ligações e componentes.
- *Circuito Principal*: circuito formado das partes mais importantes dos contatos principais e dos terminais; tais partes são destinadas a conduzir a corrente de operação.
- *Contato*: parte de um dispositivo de manobra, através do qual um circuito é ligado ou interrompido; há contatos fixos e móveis e, de acordo com a utilização, contatos principais e contatos auxiliares.
- *Contato Auxiliar*: pode ter duas formas: contato de chave auxiliar e contato inserido em um circuito auxiliar e operado mecanicamente pelo contator.
- *Contato NA (Normalmente Aberto)*: contato que fecha quando do estabelecimento e que abre quando da interrupção de um dispositivo de manobra.

- *Contato NF (Normalmente Fechado):* contato que abre quando do estabelecimento e que fecha quando da interrupção de um dispositivo de manobra.
- *Contato Principal:* apresenta-se de duas formas: contato no circuito principal de um dispositivo de manobra e contato inserido no circuito principal de um contator, previsto para conduzir, na posição fechada, a corrente desse circuito.
- *Contato de Selo:* contato fechador auxiliar, encontrado particularmente nos contadores, e que é comandado simultaneamente com os contatos principais fechados, através do qual é selada a alimentação da bobina do contator; este contato é ligado em paralelo com o botão de ligação do contator.
- *Corrente Alternada:* corrente elétrica cuja intensidade e sentido variam periodicamente com o tempo.
- *Corrente Contínua:* corrente elétrica cuja intensidade é constante, ou varia muito pouco, sem nunca inverter o sentido.
- *Corrente de Curto-circuito:* designação genérica para a corrente passível de ocorrer no local de instalação de um dispositivo de manobra, quando os terminais estão curto-circuitados.
- *Corrente de Interrupção:* corrente que pode ser interrompida por um dispositivo de manobra (contator, disjuntor, chave seccionadora), em condições normais de operação; da amplitude dessa corrente depende, principalmente, a vida útil dos contatos.
- *Corrente de Partida:* corrente que um motor consome, quando ligado, porém ainda em repouso (na partida ou na frenagem); seu valor médio é cerca de 6 a 9 vezes a corrente nominal nos motores de gaiola.
- *Corrente de Pico:* máximo valor instantâneo de corrente no ato da ligação; é a corrente que a bobina de contator consome, por exemplo, em curto espaço de tempo, durante a fase de ligação do contator.
- *Corrente Elétrica:* intensidade do fluxo da carga elétrica através de um condutor; seu símbolo é a letra maiúscula **I** e sua unidade de medida é o Ampère. O aparelho destinado a medir a corrente elétrica é o Amperímetro.
- *Corrente Nominal (IN):* corrente que é função das condições de operação de um circuito, determinado pelas condições de emprego, em função da qual são escolhidos os diversos dispositivos; um dispositivo de manobra pode possuir várias correntes nominais, dependendo do regime de operação; não se deve confundir corrente nominal com corrente de regime permanente.
- *Curto-circuito:* ligação, praticamente sem resistência, de condutores sob tensão; nessas condições, através de uma resistência transitória desprezível, a corrente assume um valor muitas vezes maior do que a corrente de operação; assim sendo, o equipamento e parte da instalação, poderão sofrer esforços térmicos e eletrodinâmicos excessivos; três são os tipos de curto-circuito: o trifásico, entre três condutores de fase; o monofásico, entre dois condutores de fase; e o para-a-terra, entre um condutor de fase e a terra ou um condutor aterrado.
- *Curva Característica Tempo Corrente:* é a curva que indica em quanto tempo, a uma determinada corrente, um relê ou um fusível opera.
- *Dielétrico:* substância ou objeto isolador da eletricidade.
- *Extinção de Arco:* interrupção da corrente após a abertura das peças de contato; há duas principais formas de extinção:
 - o arco de corrente alternada pode auto extinguir-se pela passagem da corrente pelo ponto zero; deve ser evitado um restabelecimento do arco, devido à presença da tensão (uso da câmara de aletas extintoras);
 - o arco de corrente contínua pode ser extinto prolongando-o e resfriando-o intensivamente (uso da câmara em cunha e da bobina de sopra).
- *Fator de Potência:* relação entre a potência ativa e a potência aparente em equipamentos e redes de corrente alternada.
- *Força Eletromotriz:* tensão elétrica entre os terminais de uma fonte de energia elétrica que está funcionando em condições de reversibilidade.
- *Frenagem por Contracorrente:* método de frenagem de motores trifásicos, invertendo-se a polaridade de dois condutores, com que o motor passa a ter um momento de torção de sentido contrário; interrompendo-se a contracorrente no instante exato (com sensores de frenagem), evita-se que o motor passe ao sentido de rotação inverso; em uma máquina de corrente contínua é a forma de frenagem regenerativa na qual é invertida a corrente principal.
- *Frequência de Operações (Manobras ou Ligações):* indica quantas manobras por unidade de tempo podem ser realizadas por um dispositivo.
- *Frequência Elétrica:* é o número de vezes por segundo que a tensão muda de sentido e volta à

condição inicial; é expressa em “ciclos por segundo” ou “hertz”, simbolizada por Hz.

- **Impedância:** quociente entre a amplitude de uma tensão alternada e a corrente que ela provoca em um circuito.
- **Indutância:** propriedade de indução de força eletromotriz em um circuito, por efeito de uma corrente que passa pelo próprio circuito ou por um circuito próximo.
- **Ligação em Paralelo:** tipo de ligação na qual mais de um dispositivo de manobra, contatos ou condutores, são ligados paralelamente no mesmo circuito. Aplicado em um dispositivo de manobra, onde contatos ligados em paralelo elevam a corrente de regime permanente do dispositivo, porém não é capacidade de operação e nem a tensão nominal.
- **Ligação em Série:** tipo de ligação na qual mais de um dispositivo, componente ou contato, são ligados consecutivamente no mesmo circuito; ligando-se os contatos de um dispositivo de manobra em série, o arco da corrente da interrupção pela abertura simultânea dos contatos é dividido em vários e reduzidos arcos; com isso, eleva-se a tensão nominal de um dispositivo de manobra.
- **Limitação de Corrente:** limitação de corrente de curto-circuito, calculada em função das impedâncias do circuito; isso é conseguido com a utilização de fusíveis e disjuntores que, perante correntes muito elevadas de curto-circuito, operam num intervalo de tempo tão curto que a corrente de curto-circuito não atinge seu valor máximo.
- **Linha Elétrica:** instalação elétrica, destinada ao transporte de energia elétrica, compreendendo um conjunto de condutores com seus suportes e acessórios (terminais e contatos).
- **Nível de Isolamento:** conjunto de valores de tensões suportáveis nominais que caracterizam o isolamento de um equipamento elétrico em relação a sua capacidade de suportar solicitações dielétricas.
- **Painéis de Distribuição CCM:** painéis que contêm os Centros de Controle de Motores (dispositivos de controle do motor); são conjuntos de armários modulados, com gavetas ou racks.
- **Partida Lenta (de motores):** são partidas em que a inércia da carga é alta, provocando um tempo de partida acima de:
 - 5 segundos – partida direta;
 - 10 segundos – partida estrela-triângulo;
 - 15 segundos – partida compensadora;
 - 10 segundos – partida estrela-série-paralelo.
- **Potência Aparente:** em um circuito de corrente alternada, é o produto da tensão pela corrente sem que seja levado em conta o fator de potência, sendo indicada em VA.
- **Potência Ativa:** também chamada de “potência real”, é a potência que é fornecida por ou consumida em um circuito elétrico, sendo igual ao produto da tensão pela corrente e pelo fator de potência; a potência ativa é indicada em Watt (W); e, em componentes indutivos e capacitivos, é parte da potência aparente que o componente consome e transforma em outra forma de energia (por exemplo, calor e potência mecânica fornecida). O aparelho que mede a potência é o Wattímetro.
- **Potência Reativa:** potência alternada necessária para produzir campos eletromagnéticos, em motores elétricos, transformadores; é indispensável para funcionamento de todos os equipamentos consumidores indutivos, mas não pode, como potência ativa, ser transformada em qualquer energia útil; produz em cabos e instalações uma carga inativa, principalmente nas redes das concessionárias de energia elétrica; equipamentos de regulação capacitiva, compensadores e capacitores de potência acoplados adicionalmente, fornecem a potência reativa necessária ao consumidor, compensam os campos eletromagnéticos, aliviando assim a carga das concessionárias.
- **Potência Consumida:** é a potência requerida pelas bobinas de conjuntos magnéticos e por motores acionadores; é indicada em watt (potência ativa) ou em voltampère (potência aparente); em bobinas para acionamento por corrente alternada, é indicada a potência aparente e o fator de potência.
- **Potência de Retenção:** é a potência permanente de alimentação da bobina de um sistema eletromagnético (contador), destinado a fornecer o fluxo magnético necessário para manter o núcleo móvel atraído pelo fixo; distinguem-se as potências de retenção no fechamento e potência de retenção em serviço nominal.
- **Proteção de Motor:** proteção contra os efeitos de sobrecarga e curto-circuito sobre o motor, isto é, proteção da isolação do enrolamento contra aquecimentos e esforços eletrodinâmicos inadmissíveis, através de: relés térmicos de sobrecarga, sondas térmicas, fusíveis e disjuntores.
- **Resistência Elétrica:** é a propriedade que tem toda a substância (exceto os supercondutores) de se opor a passagem de corrente elétrica, e que é medida, em um corpo determinado, pelo quociente da tensão contínua aplicada às suas extremidades pela corrente elétrica que atravessa o corpo; seu símbolo é a letra maiúscula **R**, e sua unidade é o ohm. O aparelho que mede a resistência é o

Ohmímetro.

- **Tensão Elétrica:** é a diferença de potencial elétrico entre dois pontos de um circuito, seu símbolo é a letra maiúscula **U** e sua unidade é o volt. O aparelho que mede a tensão é o Voltímetro.
- **Tensão Máxima:** é o valor de pico da tensão, ou seja, o maior valor instantâneo atingido pela tensão durante um ciclo (esse valor é atingido duas vezes no ciclo, uma vez positivo e uma vez negativo).
- **Tensão Nominal:** é o valor eficaz da tensão pelo qual um equipamento é designado e ao qual são referidos outros valores nominais.
- **Tensão Nominal de Comando:** é a tensão de valor padrão (geralmente), segundo a qual se especificam os equipamentos auxiliares de comando, proteção e sinalização.

8.2 Motores Elétricos

Motor elétrico é a máquina destinada a transformar energia elétrica em energia mecânica. É o mais usado de todos os tipos de motores, pois combina as vantagens da utilização de energia elétrica – baixo custo, facilidade de transporte, limpeza e simplicidade de comando – com sua construção simples, custo reduzido, grande versatilidade de adaptação às cargas dos mais diversos tipos e melhores rendimentos.

8.2.1 Tipos de Motores Elétricos

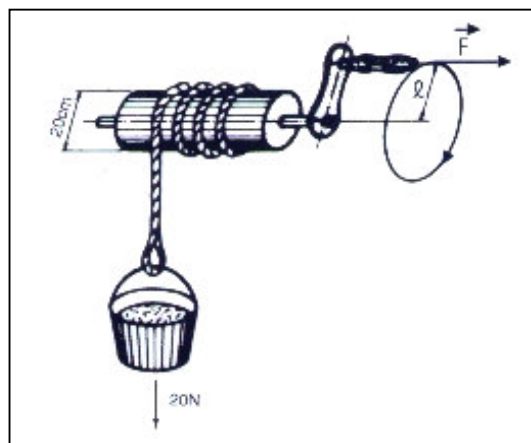
Os tipos mais comuns de motores elétricos são os de corrente contínua e os de corrente alternada.

- a) **Motores de corrente contínua:** são motores de custo mais elevado e, além disso, precisam de uma fonte de corrente contínua ou de um dispositivo que converta a corrente alternada comum em contínua. Podem funcionar com velocidade ajustável entre amplos limites e se prestam a controles de grande flexibilidade e precisão. Por isso, seu uso é restrito a casos especiais em que estas exigências compensam o custo muito mais alto da instalação.
- b) **Motores de corrente alternada:** são os mais utilizados, porque a distribuição de energia elétrica é feita normalmente em corrente alternada. Os principais tipos são:
 - **Motor síncrono:** funciona com velocidade fixa, utilizado somente para grandes potências (devido ao seu alto custo em tamanhos menores) ou quando se necessita de velocidade invariável.
 - **Motor de indução:** funciona, normalmente, com uma velocidade constante, que varia ligeiramente com a carga mecânica aplicada ao eixo. Devido a sua grande simplicidade, robustez e baixo custo, é o motor mais utilizado de todos, sendo adequado para quase todos os tipos de máquinas acionadas, encontradas na prática. Atualmente, é possível controlar a velocidade dos motores de indução com o auxílio de inversores de frequência.

8.2.2 Conceitos Básicos

Para melhor entender o princípio de funcionamento dos motores, apresentamos algumas definições importantes.

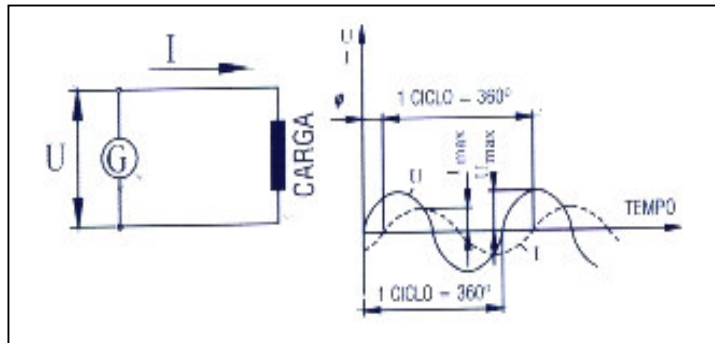
- a) **Conjugado:** o conjugado (também chamado torque, momento ou binário) é a medida do esforço necessário para girar um eixo. É sabido, pela experiência prática, que para levantar um peso por um processo semelhante ao usado em poços, a força (F) que é preciso aplicar à manivela depende do comprimento (l) da mesma. Quanto maior for a manivela, menor será a força necessária. Se dobrarmos o tamanho (l) da manivela, a força (F) necessária será diminuída à metade. Deduzimos que para medir o esforço necessário para girar o eixo não basta definir a força empregada, é preciso também dizer a que distância do eixo a força é aplicada. O “esforço” é medido pelo conjugado, que é o produto da força pela distância ($F \times l$).



- b) **Energia e Potência Mecânica:** a potência mede a velocidade com que a energia é aplicada ou consumida. Exprime a rapidez com que a energia é aplicada e se calcula dividindo a energia ou

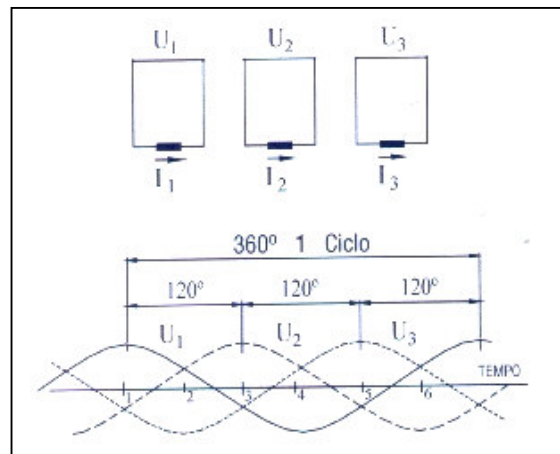
trabalho total pelo tempo gasto em realizá-lo. A unidade mais usual para medida de potência mecânica é o CV (cavalo-vapor).

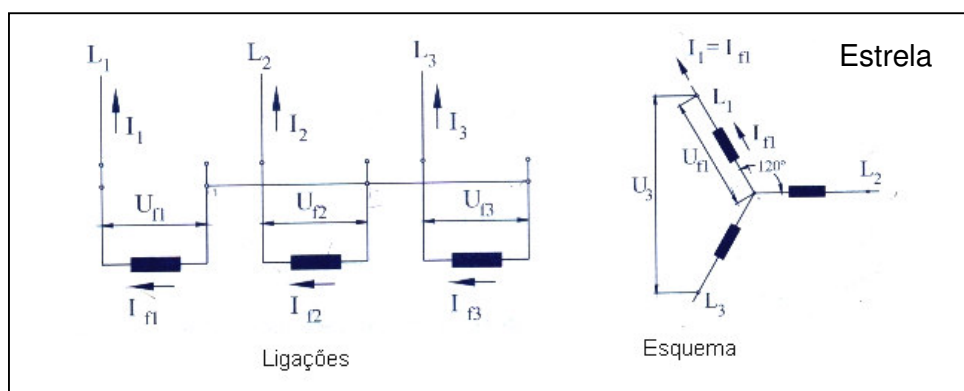
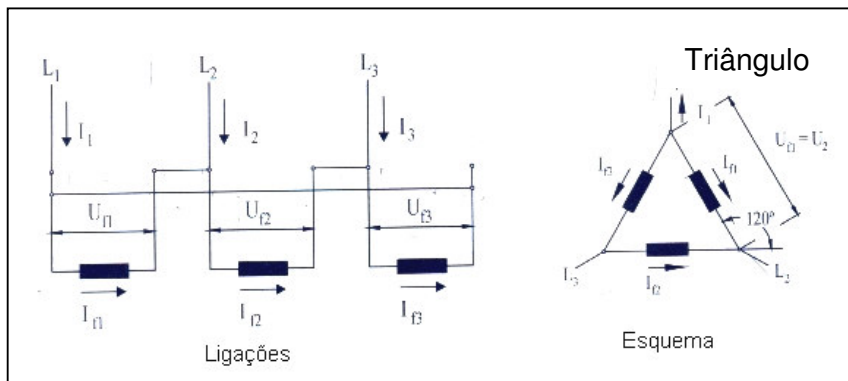
- c) **Energia e Potência Elétrica:** embora a energia seja uma coisa só, ela pode se apresentar de formas diferentes. Se ligarmos uma resistência a uma rede elétrica com tensão, passará uma corrente elétrica que irá aquecer a resistência. A resistência absorve energia elétrica e a transforma em calor, que também é uma forma de energia. Um motor elétrico absorve energia elétrica da rede e a transforma em energia mecânica disponível na ponta do eixo.
- d) **Importância do Fator de Potência:** visando a otimização do aproveitamento do sistema elétrico brasileiro, reduzindo o trânsito de energia reativa nas linhas de transmissão, subtransmissão e distribuição, a portaria do DNAEE número 85, de 25 de março de 1992, determina que o fator de potência de referência das cargas passasse dos então atuais 0,85 para 0,92. A mudança do fator de potência, dá maior disponibilidade de potência ativa no sistema, já que a energia reativa limita a capacidade de transporte de energia útil. O motor elétrico é uma peça fundamental, pois dentro das indústrias representa mais de 60% do consumo de energia. Logo, é imprescindível a utilização de motores com potência e características bem adequadas à sua função. O fator de potência varia com a carga do motor.
- e) **Correção do Fator de Potência:** o aumento do fator de potência é realizado com a ligação de uma carga capacitiva, em geral, um capacitor ou motor síncrono super excitado, em paralelo com a carga.
- f) **Rendimento:** o motor elétrico absorve energia elétrica e a transforma em energia mecânica disponível no eixo. O rendimento define a eficiência com que é feita esta transformação.
- g) **Polaridade:** propriedade que caracteriza o sentido de passagem de corrente elétrica por um terminal de um circuito elétrico, e seu potencial em relação a outro ponto.
- h) **Sistema de Corrente Alternada Monofásica:** uma tensão alternada **U** (volt) é gerada e aplicada entre dois fios, aos quais se liga a carga, que absorve uma corrente **I** (ampère).



- i) **Sistema de Corrente Alternada Trifásica:** é formado pela associação de três sistemas monofásicos de tensões **U₁**, **U₂** e **U₃** tais que a defasagem (atraso) entre eles seja de 120°. O sistema é equilibrado visto que as tensões tem o mesmo valor eficaz.

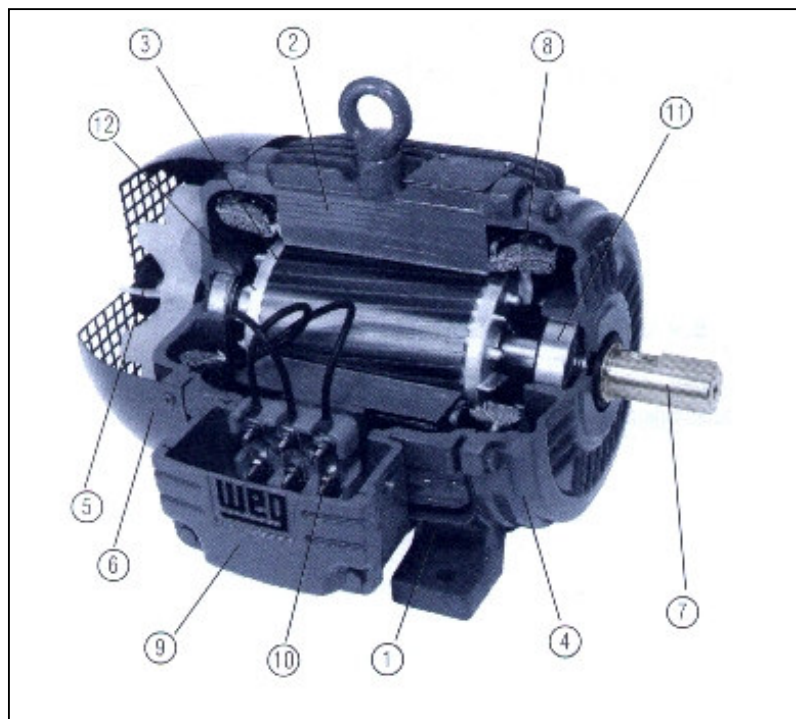
Ligando entre si os três sistemas monofásicos e eliminando os fios necessários, teremos um "sistema trifásico", ou seja: três tensões **U₁**, **U₂** e **U₃** equilibradas, defasadas entre si em 120° e aplicadas entre os três fios do sistema. Esta ligação pode ser feita de duas maneiras, que são a "ligação triângulo" e a "ligação estrela". A seguir, esquema demonstrativo destas ligações:





8.2.3 Motor de Indução Trifásico

Por ser o mais utilizado nas instalações relacionadas com o saneamento, estaremos, aqui, ampliando as informações sobre este tipo específico de motor. O motor de indução trifásico é composto, fundamentalmente, de duas partes: estator e rotor.



a) Estator

- *Carcaça (1)*: é o suporte do conjunto, de construção robusta em ferro fundido, aço ou alumínio injetado, resistente à corrosão e com aletas.
- *Núcleo de chapas (2)*: as chapas são de aço magnético, tratadas termicamente para reduzir ao mínimo as perdas no ferro.
- *Enrolamento trifásico (8)*: três conjuntos iguais de bobinas, uma para cada fase, formando um sistema trifásico ligado à rede trifásica de alimentação.

b) Rotor

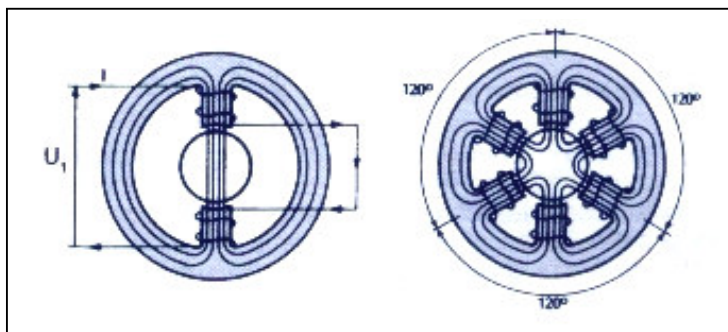
- *Eixo (7)*: transmite a potência mecânica desenvolvida pelo motor. É fabricado em liga de aço, tratado termicamente, para evitar problemas com empenamento e fadiga.
- *Núcleo de chapas (3)*: as chapas possuem as mesmas características das chapas do estator.
- *Barras e anéis de curto-circuito (12)*: são de alumínio injetado sob pressão numa única peça.

c) Outras partes do motor de indução trifásico:

- Tampa (4);
- Ventilador (5);
- Tampa defletora (6);
- Caixa de ligação (9);
- Terminais (10);
- Rolamentos (11).

Importante: O que caracteriza o motor de indução é que só o estator é ligado à rede de alimentação. O rotor não é alimentado externamente e as correntes que circulam nele são induzidas eletromagneticamente pelo estator. Daí o nome de motor de indução.

Seu princípio de funcionamento baseia-se em que, quando uma bobina é percorrida por uma corrente elétrica, é criado um campo magnético dirigido conforme o eixo da bobina e proporcional à corrente.



Quando um enrolamento trifásico é alimentado por correntes trifásicas, cria-se um “campo girante”, como se houvesse um único par de pólos girantes, de intensidade constante. Este campo girante, criado pelo enrolamento trifásico do estator, induz tensões na barra do rotor as quais geram corrente e, conseqüentemente, um campo no rotor, de polaridade oposta ao do campo girante. Como campos opostos se atraem e como o campo do estator (campo girante) é rotativo, o rotor tende a acompanhar a rotação deste campo. Desenvolve-se, então, no rotor, um conjugado motor que faz com que ele gire, acionando a carga.

8.2.3.1 Vida Útil do Motor

Sendo o motor de indução uma máquina robusta e de construção simples, a sua vida útil depende quase exclusivamente da vida útil da isolação dos enrolamentos. Essa é afetada por muitos fatores, como umidade, vibrações, ambientes corrosivos e outros. Dentre todos os fatores, o mais importante é, sem dúvida, a temperatura de trabalho dos materiais isolantes empregados. Um aumento de 8 a 10 graus na temperatura da isolação reduz sua vida útil pela metade.

Quando se fala em diminuição da vida útil do motor, não se refere às temperaturas elevadas, quando o isolante se queima e o enrolamento é destruído de repente. Vida útil da isolação (em termos de temperatura de trabalho, bem abaixo daquela em que o material se queima), refere-se ao envelhecimento gradual do isolante, que vai se tornando ressecado, perdendo o poder isolante, até que

não suporte mais a tensão aplicada e produza o curto-circuito.

A experiência mostra que a isolamento tem duração praticamente ilimitada, se a sua temperatura for mantida abaixo de certo limite. Acima deste valor, a vida útil da isolamento vai se tornando cada vez mais curta, à medida que a temperatura de trabalho é mais alta. Este limite de temperatura é muito mais baixo que a temperatura de “queima” do isolante e depende do tipo de material empregado. Essa limitação de temperatura se refere ao ponto mais quente da isolamento e não, necessariamente, ao enrolamento todo. Evidentemente, basta um “ponto fraco” no interior da bobina para que o enrolamento fique inutilizado.

8.2.3.1.1 Classes de Isolamento

O limite de temperatura depende do tipo de material empregado. Para fins de normalização, os materiais isolantes e os sistemas de isolamento (cada um formado pela combinação de vários materiais) são agrupados em Classes de Isolamento, cada qual definida pelo respectivo limite de temperatura, ou seja, pela maior temperatura que o material pode suportar continuamente sem que seja afetada sua vida útil. As classes de isolamento utilizadas em máquinas elétricas e os respectivos limites de temperatura conforme NBR 7094, são as seguintes:

- Classe A (105°C);
- Classe E (120°C);
- Classe B (130°C);
- Classe F (155°C);
- Classe H (180°C).

As classes B e F são as comumente utilizadas em motores normais.

8.2.4 Motores de Alto Rendimento

Os motores de alto rendimento são motores projetados para, fornecendo a mesma potência útil (na ponta do eixo) que outros tipos de motores, consumirem menos energia elétrica da rede. Construtivamente os motores de alto rendimento possuem as seguintes características:

- Chapas magnéticas de melhor qualidade (aço silício);
- Maior volume de cobre, que reduz a temperatura de operação;
- Enrolamentos especiais, que produzem menos perdas no estator;
- Rotores tratados termicamente, reduzindo perdas no rotor;
- Altos fatores de enchimento das ranhuras, que provêm melhor dissipação do calor gerado;
- Anéis de curto circuito dimensionados para reduzir as perdas Joule;
- Projetos de ranhuras do motor são otimizados para incrementar o rendimento.


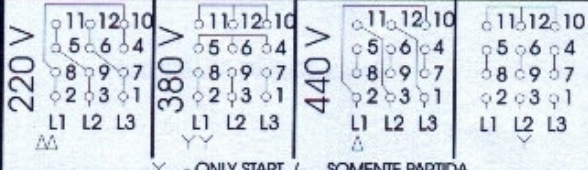



8.2.5 Placa de Identificação dos Motores Elétricos

A placa de identificação dos motores elétricos deve conter as suas características nominais.

É imprescindível saber interpretar os dados de placa, a saber:

- Nome e dados do fabricante;
- Modelo (MOD);
- Potência (cv, HP, kW);
- Número de Fases (por exemplo, TRIFÁSICO ou 3FAS);
- Tensões Nominais (V);
- Frequência Nominal (Hz);
- Categoria (CAT);
- Correntes Nominais (A);
- Velocidade Nominal (RPM);
- Fator de Serviço (FS);
- Classe de Isolamento (ISOL. CL.);
- Letra-Código (COD);
- Regime (REG);
- Grau de Proteção (PROTEÇÃO IP), e
- Ligações.

Veja modelo na página seguinte.

 ALTO Plus RENDIMENTO NBR7094							
~ 3	90L	03/99	FB90702				
MOTOR INDUÇÃO - GAIOLA INDUCTION MOTOR-SQUIRREL CAGE		Hz 60	CAT N				
KW(HP-cv) 2.2(3.0)		RPM min ⁻¹ 1730					
FS 1.15	ISOL B Δ† K	lp/in 6.7	IP55				
220/380/440 V		8.40/4.86/4.20 A					
REG DUTY S 1		MAX AMB	ALT m				
 Y - ONLY START / SOMENTE PARTIDA							
 6205-ZZ A BASE DE LITIO 6204-ZZ			Kg				
 PNCEE REND.% = 85.5% cos φ 0.81							
							
Exemplo: <table border="1" style="display: inline-table; margin-left: 20px;"> <tr> <td style="text-align: center;">~ 3</td> <td style="text-align: center;">90L</td> <td style="text-align: center;">0399</td> <td style="text-align: center;">FB90702</td> </tr> </table>				~ 3	90L	0399	FB90702
~ 3	90L	0399	FB90702				
N° de Fases <div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 15px; margin-top: 5px;"></div>							
Carcaça <div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 15px; margin-top: 5px;"></div>							
Mês e Ano Fabricação <div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 15px; margin-top: 5px;"></div>							
Número de Série <div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 15px; margin-top: 5px;"></div>							

8.3 Chave de Partida

Pode ser definida como o equipamento de manobra e proteção, capaz de estabelecer, conduzir e interromper correntes de motores em condições normais e inclusive em sobrecargas e curtos-circuitos. Importância de Utilização:

a) *Proteção:*

- do operador contra acidentes;
- do motor contra: falta de fase, sobrecarga, curto-circuito, sobretensões, subtensões (queda de tensão), ambientes quentes, danos na ventilação, queda do fornecimento de energia;
- das instalações contra avarias causadas por picos na ligação e comutação;
- de outros equipamentos e consumidores instalados próximos do motor.

b) *Versatilidade*

- ligação rápida e segura do motor;
- comando manual ou automático a distância com dispositivos como: temporizadores, sensores de nível, pressostatos, termostatos, fins-de-curso;
- simplificação do sistema de operação e supervisão da instalação.

8.3.1 Componentes Principais

- Contatores de Força (ou Principais);
- Contatores Auxiliares;
- Relés de Sobrecarga;
- Fusíveis de Força;
- Fusíveis de Comando;
- Transformador de Comando;
- Auto Transformadores de Partida;
- Protetores Térmicos (Sondas Térmicas) para Motores Elétricos;
- Relés de Tempo;
- Relé de Frequência da Fase (RSW);
- Relés Falta de Fase;
- Relé de Mínima e Máxima Tensão, e
- Transformadores de Corrente (TC).

9 CONCEITOS ELEMENTARES DE MECÂNICA INDUSTRIAL APLICADA AO SANEAMENTO

A mecânica está presente em quase todos os passos do ciclo de produção de água tratada, assim como no de despoluição dos esgotos sanitários. Em especial, a mecânica hidráulica, através das máquinas de fluxo e seus acessórios. A mais utilizada das máquinas de fluxo nas atividades de saneamento é, sem dúvida, a **bomba**, e, por isso, será a mais abordada neste capítulo. Válvulas e outros acessórios também serão apresentados para o entendimento global do assunto.

9.1 Bombas

Bomba é uma máquina de fluxo do tipo geratriz. Máquinas geratrizes são aquelas que recebem trabalho mecânico, geralmente fornecido por uma máquina motriz (motores), e o transforma em energia hidráulica, propiciando (cedendo) ao líquido um acréscimo de energia sob as formas de energia potencial de pressão e energia cinética. Então, a bomba é uma máquina geratriz que tem por finalidade realizar o deslocamento de um líquido por escoamento.

9.1.1 Classificação das Bombas

O modo pelo qual é feita a transformação do trabalho em energia hidráulica e o recurso para cedê-la ao líquido, aumentando sua pressão e/ou sua velocidade, permitem classificar as bombas, segundo o Hydraulic Institute (USA), em:

1. *Bombas Cinéticas*
 - a) Centrífugas: de fluxo radial; de fluxo misto e de fluxo axial;
 - b) Periféricas: de estágio único e de estágios múltiplos;
 - c) Especiais: de ejetor; de injeção de gás; de aríete hidráulico e eletromagnética.
2. *Bombas de Deslocamento Positivo (Direto)*
 - a) Com movimento alternado (alternativas): de pistão; de êmbolo e de diafragma;
 - b) Com movimento rotativo (rotativas): de rotor único (de palheta, de pistão, de membro flexível, de parafuso) e de rotor múltiplo (de engrenagem, de lóbulo, de pistão circunferencial, de parafuso).

Nessa classificação, foram reunidas, sob a denominação de **bombas cinéticas**, aquelas em que é importante o fornecimento de energia à água, sob forma de energia de velocidade. Essa energia converte-se dentro da bomba em energia de pressão, permitindo que a água atinja posições mais elevadas dentro de uma tubulação.

Nas **bombas de deslocamento positivo**, tem-se, principalmente, uma ação de propulsão que faz incrementar a energia de pressão e alcançar os mesmos objetivos das bombas cinéticas.

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

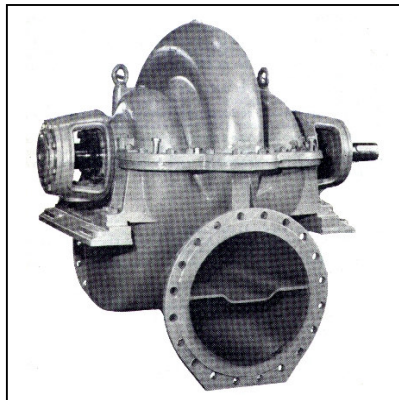
Com o advento da eletricidade e do motor elétrico, as bombas cinéticas do tipo centrífuga passaram a ser preferidas devido ao maior rendimento, ao custo menor de instalação, operação e manutenção e ao reduzido espaço exigido para a sua montagem, comparativamente às bombas de pistão.

Atualmente, há um predomínio quase total das bombas centrífugas em sistemas públicos de abastecimento de água e mesmo nos de esgotamento sanitário. Dos demais tipos citados, aquelas que ainda encontram emprego na extração de água de poços são: a bomba de pistão, a bomba centrífuga com ejetor e a bomba de injeção de ar comprimido.

As bombas de deslocamento positivo são, hoje, utilizadas, dentro das atividades de saneamento, nos processos de tratamento, principalmente como bombas dosadoras e são, em geral, equipamentos para pequenas vazões e consideráveis pressões.

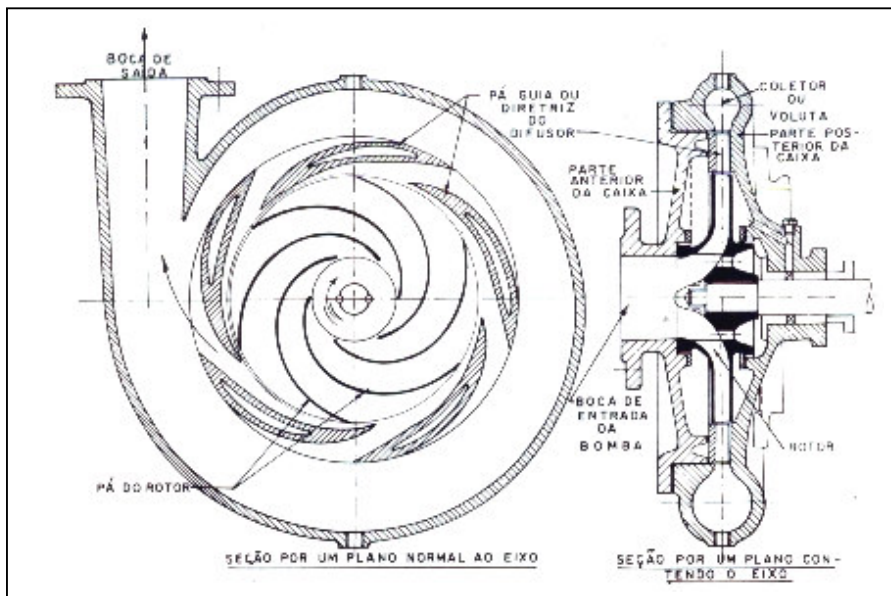
Bombas Centrífugas

Pela importância, pela gama de aplicações no saneamento e em vista de que, nas estações de bombeamento do SAMA E, as bombas classificadas como **centrífugas** formam a

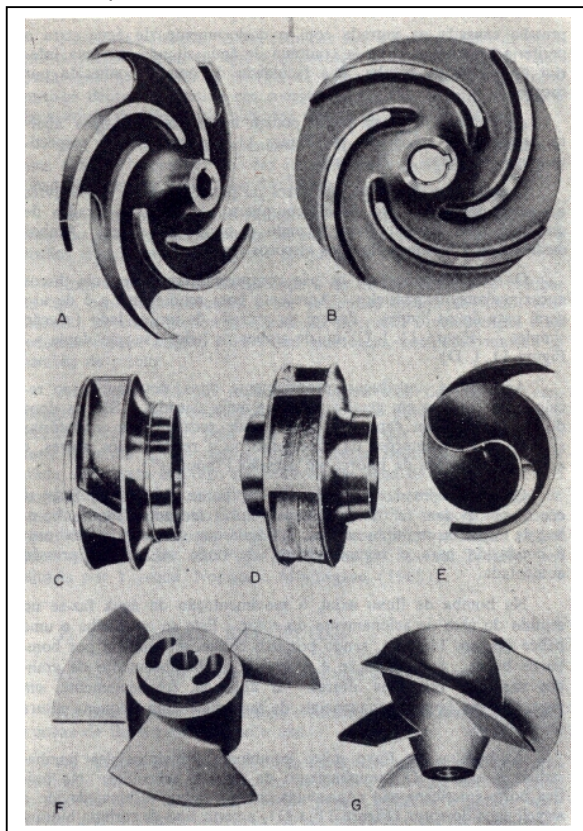


imensa maioria dos equipamentos de recalques instalados, essas receberão enfoque especial a partir de então. Fazendo parte das turbobombas, ou bombas rotodinâmicas, as bombas centrífugas são caracterizadas por possuírem um órgão rotatório dotado de pás, chamado rotor, o qual exerce sobre o líquido forças que resultam da aceleração que lhe imprime. Essas bombas são usualmente classificadas segundo a trajetória do líquido no rotor em: de fluxo radial, de fluxo misto e de fluxo axial.

As bombas de fluxo radial são as denominadas centrífugas propriamente ditas. A água penetra na bomba por uma entrada junto ao eixo do rotor, sendo daí dirigida para a periferia à grande velocidade, graças à força centrífuga gerada pelo rotor em movimentação. A água sai do rotor tangencialmente, sendo, daí, canalizada numa câmara de forma circular afunilada, denominada voluta, onde parte da energia de velocidade é convertida em energia de pressão. A depressão causada na entrada com



o deslocamento da água para a periferia assegura a chegada contínua de água situada em cota, inferior ao corpo da bomba. É a faculdade da bomba conhecida por sucção.



As bombas de fluxo radial podem ter rotores dos tipos aberto, semi-aberto, e fechado, correspondendo, na figura ao lado, às letras A, B, C e D.

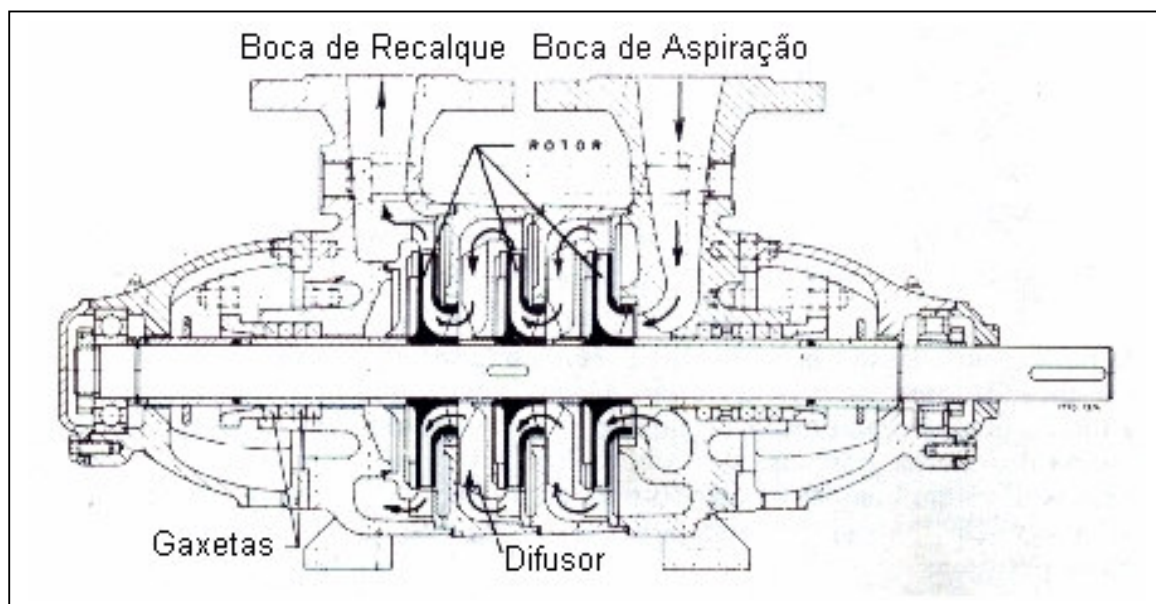
O rotor aberto tem as pás livres na parte frontal e quase livres na parte posterior. No rotor semi-aberto, as pás são fixadas de um lado num mesmo disco, ficando o outro lado livre. Ambos destinam-se a bombear líquidos viscosos ou sujos.

O rotor fechado tem as pás compreendidas entre dois discos aproximadamente paralelos. Apresenta bom rendimento e é de uso geral para águas limpas. Pode ter entrada de um só lado (sucção simples, letra C) ou de ambos os lados (sucção dupla, letra D).

As bombas centrífugas de fluxo radial destinam-se ao recalque de líquidos, em geral a posições mais elevadas. São os tipos de uso comum em captações com grande recalque, em elevatórias situadas junto às estações de tratamento ou a reservatórios, torres e, ainda, em estações de reforço de pressão (*boosters*).

Quando a pressão a ser gerada for muito elevada, as bombas centrífugas podem ter dois ou mais rotores fechados; são as bombas de duplo ou múltiplo estágio. A água que sai do primeiro rotor é conduzida para o segundo rotor, de onde sai com a

pressão aumentada.



Na bomba de fluxo axial, a movimentação da água faz-se no sentido do eixo de acionamento do rotor. Este se assemelha a uma hélice (letra F), sendo, por isso, conhecida, também, por bomba de hélice. Sua aplicação é reservada ao bombeamento de grandes vazões e reduzidas alturas. É utilizada, freqüentemente, em captações de água de mananciais de superfície com pequena altura de elevação.

Por fim, as bombas de fluxo misto combinam princípios das bombas radiais e axiais. O caminhamento da água é helicoidal. Na prática norte-americana são conhecidas como bombas turbina, devido à semelhança do rotor (letra G) a certo tipo de turbina hidráulica. As bombas de eixo prolongado para extração de água de poços profundos são geralmente do tipo de fluxo misto e quase sempre de vários estágios.

A definição por uma bomba centrífuga e a escolha da mesma é feita essencialmente através da vazão que se deseja elevar (bombear) e da altura total desta elevação. A vazão é o volume do líquido por unidade de tempo e pode ser expressa em m^3/h , m^3/s , l/h , l/s , entre outros, sendo esta expressão escolhida de acordo com a grandeza do volume; a vazão é indicada pela letra maiúscula **Q**. Já a altura total de elevação, tecnicamente chamada de altura manométrica total, corresponde ao desnível geométrico, verificado entre os níveis da água na tomada e na chegada, acrescido de todas as perdas localizadas e por atrito que ocorrem nas peças e tubulações, quando se recalca uma determinada vazão **Q**. Essas podem ser desdobradas em perdas na sucção (trecho anterior à bomba) e perdas no recalque (trecho posterior à bomba).

Outros fatores também devem ser considerados quando da escolha de uma bomba centrífuga, a saber: a rotação, a potência absorvida e a eficiência.

A rotação é caracterizada pela velocidade que a máquina de acionamento (motor) imprime à bomba. No caso de motor elétrico, essa velocidade é função direta da freqüência ou ciclagem da corrente e do número de pólos que possui o motor. De acordo com essa velocidade, as bombas podem ser classificadas em:

Bomba	Rotação por Minuto (RPM)
Alta Rotação	3.000 a 3.600
Média Rotação	1.500 a 1.800
Baixa Rotação	1.200 ou menor

A potência absorvida pela bomba é uma grandeza física que depende da vazão e da altura que se deseja que ela opere e através delas encontrada; esta grandeza é expressa em CV (cavalo-

vapor) e serve de base para a escolha da máquina de acionamento (motor) para a bomba.

Eficiência é a relação existente entre os valores equivalentes à potência hidráulica da bomba devido à elevação da água e à potência exigida pela mesma numa determinada condição de funcionamento. Quanto mais apropriada for uma bomba para um caso, o rendimento deverá ser maior. Inversamente, bombas dimensionadas para outras condições poderão cumprir a finalidade desejada, mas funcionarão com baixa eficiência, significando que exigirá maior energia comparada com outra bomba de melhor rendimento.

Na escolha de uma bomba centrífuga, a altura manométrica total é subdividida em alturas manométricas de recalque e de sucção, sendo que esta última necessita ser calculada separadamente para verificar se a bomba terá condições de operar à vazão de projeto, sem sofrer danos. Se a altura de sucção for excessiva para determinada bomba, esta sofrerá um fenômeno conhecido por cavitação. É o desgaste anormal de partes vitais do rotor, causado pela formação seguida de destruição brusca de partículas de vapor d'água na massa líquida, naquelas condições. A cavitação produz vibrações e reduz a capacidade de bombeamento e, portanto, a eficiência da bomba, além de danificar o rotor e a carcaça da bomba.

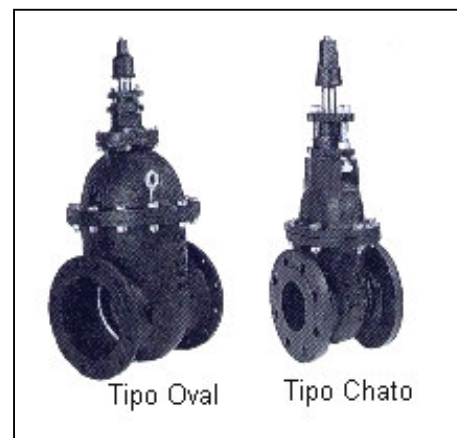
Para concluir e melhor ilustrar este item, descreveremos a seguir os principais componentes internos de uma bomba centrífuga, ou ligados a ela:

- **Rotor:** também chamado de impulsor ou impelidor, tem a finalidade de transformar energia mecânica que recebe do eixo em energia hidráulica;
- **Eixo:** peça destinada a articular uma ou mais partes de um mecanismo que entorno dela descrevem movimento circular; nas bombas, é o eixo que transmite a energia mecânica provinda do motor;
- **Carcaça:** também denominado corpo espiral, trata-se da estrutura externa e fixa da bomba que abriga o conjunto interno girante (eixo/rotor);
- **Mancal de rolamento:** dispositivo sobre o qual se apóia um eixo girante e que lhe permite o movimento com um mínimo de atrito. É nele que estão alojados os rolamentos;
- **Rolamento:** mecanismo que diminui o atrito e facilita o movimento de rotação do eixo;
- **Gaxeta:** transado de amianto grafitado disposto em forma de anéis, utilizado para fazer a vedação hidráulica em uma junção móvel, no caso entre o eixo e o corpo da bomba;
- **Selo mecânico:** cumpre o mesmo papel de vedação da gaxeta, porém é formado por duas partes, uma móvel e outra fixa, com composição de carvão e aço inox (ou cerâmica e aço inox), mantendo-se unidas por pressão de uma mola;
- **Luva de acoplamento:** elemento de ligação entre o eixo do acionador (motor) e o eixo da máquina de fluxo (bomba). Tem como função complementar absorver desalinhamentos e amortecer vibrações e choques.

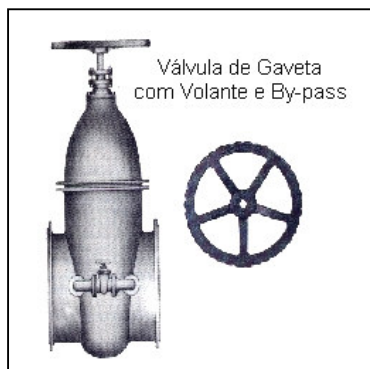
9.2 Válvulas

São dispositivos destinados a estabelecer, controlar e interromper a descarga de fluidos nos encanamentos. Algumas garantem a segurança da instalação e outras permitem desmontagens para reparos ou substituições de elementos de instalação. A seguir descrevemos as mais utilizadas e alguns equipamentos a elas relacionados:

- **Válvulas de Gaveta:** também chamadas de registro de gaveta são largamente utilizadas nos sistemas de abastecimento de água, podendo ser encontradas no tipo oval ou chato, esta segunda menos robusta e mais barata, mas que só deve ser utilizada para pequenas pressões de serviço, tanto menores quanto maiores forem os diâmetros. Esse tipo de válvula, de simples funcionamento, caracteriza-se pelo movimento retilíneo e alternativo (para cima ou para baixo) de uma peça de vedação (a gaveta), ao longo de uma sede (assento). Para sua conexão à rede são providas de duas bolsas, de duas pontas ou de dois flanges, conforme o tipo de junta.



As válvulas de gaveta podem ser fornecidas com dois tipos de dispositivos de manobra: com cabeçote e com volante. A válvula com cabeçote, somente manobrada com uma chave T que fica de posse do operador, é utilizada nos pontos de menor fiscalização, dificultando, às pessoas estranhas, movimentá-la. É comum o seu emprego nas redes de distribuição.



A válvula com volante dispensa a chave T. É utilizada nas tubulações aparentes que geralmente existem nas estações elevatórias e de tratamento, conforme figura à direita.

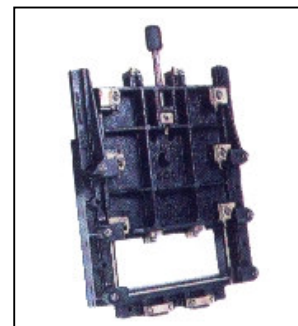


Quando é difícil o acesso ao registro, o volante dá lugar ao pedestal de manobra, muito comum nas estações de tratamento. Para válvulas de grande diâmetro, os pedestais de manobra são providos de engrenagem para diminuir o esforço do operador, conforme figura à esquerda.

- **Válvula Borboleta:** a válvula borboleta destina-se a regular a vazão da água, mesmo variando a carga disponível que provoca o escoamento. É utilizada, por exemplo, para regular a vazão de lavagem da areia dos filtros rápidos. São providas de um disco capaz da rotação máxima de 90° e de dois flanges através dos quais se adaptam à canalização. As válvulas de borboletas podem ser de comando manual, quando providas de volante, ou de comando hidráulico, ou de comando elétrico.



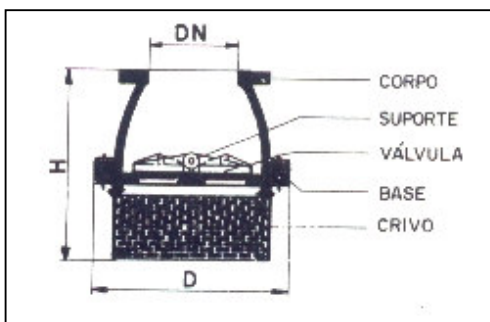
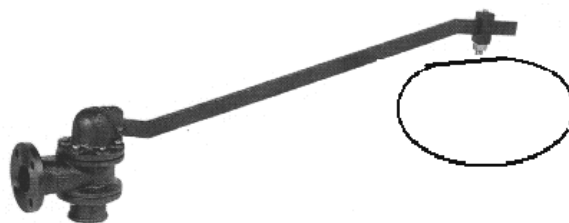
- **Comportas e Adufas de Parede:** são geralmente utilizadas nas canalizações de descarga de pequenas barragens, de reservatórios e de certas unidades das estações de tratamento de água, tais como câmaras de mistura, decantadores e filtros. Situam-se na extremidade de montante dessas tubulações, rente à face molhada da parede dos referidos depósitos. As comportas são quadradas ou circulares e só podem ser acionadas com pedestais de suspensão, nos quais a haste se desloca verticalmente com a tampa durante a manobra.





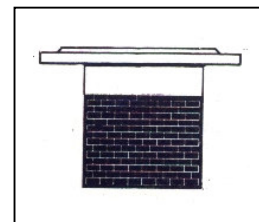
As adufas de parede são com ponta ou com flange. Durante sua manobra, que pode ser feita por meio de chave T, volante ou pedestal de manobra (simples ou com engrenagem), apenas a tampa sofre deslocamento vertical.

- **Válvulas Automáticas de Entrada:** são aparelhos instalados na extremidade de jusante das canalizações, que, por gravidade, alimentam reservatórios de água, impedindo que neles esta ultrapasse determinado nível preestabelecido (nível máximo). Funcionam fechados, abertos ou parcialmente abertos, dependendo do nível de água. O conjunto móvel destas válvulas é constituído de uma válvula obturadora, de um pistão que equilibra a pressão da água na válvula e de uma alavanca com bóia e contrapeso na extremidade livre. As válvulas automáticas de entrada são instaladas, normalmente, na parte superior dos reservatórios. Também podem ser instaladas no fundo dos reservatórios, mergulhadas na água. Neste caso a bóia é presa à alavanca por meio de uma corrente.



- **Válvulas de Pé com Crivo:** são instaladas na entrada das tubulações de sucção das bombas com a finalidade de impedir o retrocesso da água quando cessa o bombeamento. Deste modo, a bomba mantém-se escorvada. Além do mais, por serem providas de crivo, impedem o acesso de corpos estranhos que poderiam danificar as bombas. As válvulas de pé com crivo impõem, para o seu bom funcionamento, que a tubulação de sucção, pelo menos seu trecho inicial, esteja na vertical.

- **Crivos:** são dispositivos instalados na entrada das canalizações ou nas válvulas de pé, a fim de impedir que nelas tenham acesso corpos estranhos, capazes de provocar entupimento ou outros danos. Geralmente, são de ferro batido e de maior duração.



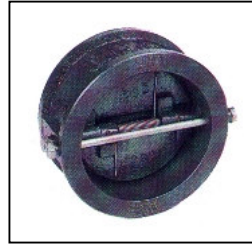
- **Válvulas de Retenção:** geralmente ficam instaladas no início das tubulações de recalque, antes dos registros, para proteger as bombas contra os golpes de aríete resultantes da cessação brusca do escoamento por falta de energia elétrica. Permitem o deslocamento da água num só sentido. As

válvulas de retenção podem ser providas de *by pass*, desde que se deseje o retrocesso da água retida após a parada das bombas. O retrocesso da água pode ser útil, quer para o esvaziamento dos tubos e peças a serem retirados para substituição ou reparo, quer para o escorvamento das bombas providas de válvula de pé com crivo.

Portinhola Única



Portinhola Dupla

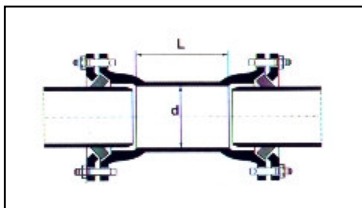


- **Válvulas de Controle:** são válvulas inteligentes que operam hidráulicamente, destinadas a diversos tipos de controle hidráulico, possuindo corpo comum e circuitos de funcionamento diferenciados para cada tipo de controle. Utilizadas em diversas etapas do saneamento, aqui, quando empregadas, são ligadas no recalque da bomba cumprindo as seguintes operações de controle da bomba: fechamento gradual do fluxo, regulação para operação com diversos percentuais de abertura, fechamento instantâneo no caso de falta brusca de energia, além de servirem como mecanismo de proteção contra golpes de aríete.



- **Junta de Desmontagem Travada Axialmente:** utilizada em canalizações flangeadas, sendo instalada próximo a registros, válvulas e, especialmente, próximo às bombas, facilitando sua desmontagem.

- **Luva de Junta Gibault:** utilizada nas montagens de equipamentos hidráulicos, em especial nas estações elevatórias. Utilizada, também, para consertos em adutoras e subadutoras de ferro fundido.



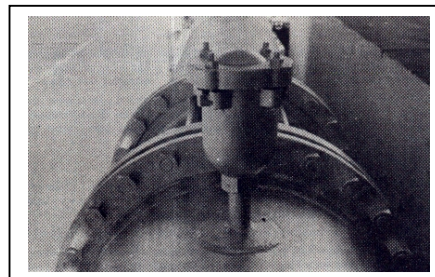
- **Luva de Junta Mecânica F x F:** largamente utilizada nas montagens de equipamentos hidráulicos em estações elevatórias. Utilizada, também, para consertos em adutoras e subadutoras de ferro fundido.

- **Ventosas:** são aparelhos instalados nos pontos altos dos condutos forçados (adutoras, subadutoras e redes de distribuição) para permitir a saída do ar que neles se acumula durante o escoamento da água. Além do mais, permitem a saída ou a entrada de ar nas canalizações por ocasião do seu enchimento ou esvaziamento. A tendência do ar acumulado nos pontos altos é comprometer o escoamento, reduzindo a seção útil do conduto com o aumento, conseqüente, da perda de carga. Existem diversos tipos de ventosas, dos mais simples aos mais complexos. São providas de rosca ou flange, dependendo do modo como são instaladas na tubulação; as de flange impõem o emprego de um tê no ponto alto do conduto.

Simple Função



Tríplice Função



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Catálogo da empresa Asta Instrumentação e Controle.
Catálogo de Bombas Centrífugas Horizontais Bi-Partidas – Mark Peerless
Catálogo de Bombas Re-Autoescorvantes Imbil.
Catálogo Geral da Companhia Metalúrgica Barbará, 1998.
Catálogo Geral de Motores Elétricos da empresa WEG Motores.
Catálogo Válvulas e Aparelhos da Companhia Metalúrgica Barbará, 1994.
DACACH, Nelson Gandur. **Sistemas urbanos de água**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1979.
MACINTYRE, Archibald Joseph. **Bombas e instalações de bombeamento**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara, 1987.
Manual de Bombas Centrífugas Tipo Bi-Partidas – Worthington.
Manual de Chaves de Partida da empresa WEG Acionamentos Ltda.
Manual de Serviço KSB Bombas Centrífugas Horizontais ETANORM.
Manual de Serviço KSB Bombas Monobloco.
NETTO, José M. de Azevedo et. al. **Técnica de abastecimento e tratamento de água**. 2ª ed. São Paulo: CETESB/ASCETESB, 1987.