

CLASSIFICAÇÃO DE BOMBAS HIDRÁULICAS E SUA UTILIZAÇÃO COMO COMPONENTES DE ESTAÇÕES ELEVATÓRIAS

Celiane Mendes da Silva¹

Ismar Macário Pinto Jr²

Engenharia Civil



ISSN IMPRESSO 1980-1777

ISSN ELETRÔNICO 2316-3135

RESUMO

A água é o constituinte inorgânico mais abundante na matéria viva, no homem, mais de 60% do seu peso é constituído por água e seu papel no desenvolvimento da civilização é reconhecido desde a mais alta antiguidade. Durante o curso da sociedade, após a percepção do ciclo de doenças relacionadas ao saneamento gerando a necessidade de se obter cada vez mais água de qualidade bem como o aumento desta demanda em função do crescimento urbano, houve a necessidade da criação de sistemas de abastecimento de água racionalizados. Sabendo-se que muitas cidades se situam em cotas elevadas com relação ao manancial, os sistemas de distribuição e captação exclusivamente gravíticos já não se tornam eficazes. Logo, devido a premência de uma alternativa a esta categoria de abastecimento, os sistemas por bombeamento e armazenamento ganharam lugar de destaque no âmbito do provimento hídrico. Assim sendo, o presente artigo tem por finalidade realizar a caracterização das bombas hidráulicas, suas instalações e classificações, como componentes de estações elevatórias no arcabouço dos sistemas de abastecimento hídrico.

PALAVRAS-CHAVE

Abastecimento hídrico. Sistemas de recalque. Bombas hidráulicas.

ABSTRACT

Water is the most abundant inorganic constituent in living matter, in man, more than 60% of its weight is water and its role in the development of civilization is recognized from the highest antiquity. During the course of society, after the perception of the cycle of diseases related to sanitation, generating the need to obtain more and more water of quality as well as the increase of this demand due to urban growth, it was necessary to create water supply systems. rationalized water. Since many cities are at high levels in relation to the source, exclusively gravitational distribution and abstraction systems are no longer effective. Therefore, due to the urgency of an alternative to this category of supply, pumping and storage systems have gained prominence in the scope of water supply. Therefore, the purpose of this article is to characterize hydraulic pumps, their facilities and classifications, as components of lifting stations in the framework of water supply systems.

KEYWORDS

Water supply. Systems of repression. Hydraulic pumps.

1 INTRODUÇÃO

A água é o elemento mais consumido no mundo e o constituinte inorgânico com maior abundância na matéria viva, sendo a importância de seu papel para a sobrevivência e o desenvolvimento das sociedades amplamente conhecida na atualidade.

Sabe-se que a água constitui elemento essencial à vida. Acerca disso Hipócrates (460-354 A.C.) já afirmava: “a influência da água sobre a saúde é grande”, logo o homem necessita de água com qualidade adequada e em quantidade suficiente para atender às suas necessidades, para proteção de sua saúde e para propiciar o desenvolvimento econômico (JUSTINO; NOGUEIRA, 2012).

Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), o saneamento é o controle de todos os fatores do meio físico do homem, que exercem ou podem exercer efeitos nocivos sobre o bem-estar físico, mental e social. A oferta do saneamento associa sistemas constituídos por uma infraestrutura física e uma estrutura educacional, legal e institucional (GUIMARÃES, *et al.* 2007).

Dentre os serviços que são abrangidos pela infraestrutura do saneamento, destaca-se aqui o abastecimento de água às populações.

O Sistema de Abastecimento de Água representa o conjunto de obras, equipamentos e serviços destinados ao abastecimento de água potável de uma comunidade para fins de consumo doméstico, serviços públicos, consumo industrial e outros usos (BARROS *et al.* 1995). O tal tem como órgãos constitutivos o manancial, a captação, a adução, as estações elevatórias, o tratamento, a reservação e a rede de distribuição.

Acerca das estações elevatórias, ressalta-se que as tais são caracterizadas como a estrutura responsável por aumentar a pressão ou a vazão nas redes de distribuição e adução, tendo como componentes principais para o exercício de sua função a bomba e o motor. Consideradas o elo fundamental na sistemática do saneamento, elas fornecem energia ao fluido, através das bombas hidráulicas e permitem que ocorra o escoamento de um ponto a outro sendo possível assim vencer distâncias e desníveis.

As bombas são caracterizadas como dispositivos que cedem parte da energia de uma fonte motora a um fluido, a fim de transportá-lo de um ponto a outro. Esta energia pode ser fornecida através do aumento de velocidade, pressão ou ambos (SOUZA, 2014).

Em vista da localização de muitas cidades serem em cotas bastante elevadas em relação aos recursos próximos, ou à enorme distância dos recursos que se encontram em posição mais alta que a cidade, nem sempre a alternativa do abastecimento por gravidade, no qual há o aproveitamento da energia potencial de posição para o transporte da água, é a mais vantajosa do ponto de vista econômico.

Em decorrência disso, as estações elevatórias se constituem como uma alternativa para o aproveitamento de mananciais situados em cotas mais baixas que as das comunidades a serem servidas, na medida em que se tornam cada vez mais raros os sistemas que funcionem totalmente por gravidade.

Dessa maneira, vê-se que se faz necessária a transferência de energia para o fluido, para o caso das bombas um líquido, por meio de um sistema eletromecânico, a fim de vencer esses obstáculos. E, um conjunto destinado a realizar a elevação da água, denomina-se sistema elevatório ou sistema de recalque.

Em função do exposto, o presente escrito visa caracterizar as bombas hidráulicas e suas instalações de bombeamento no âmbito dos sistemas de abastecimento de água por recalque, quanto à importância das tais para o fornecimento da energia necessária ao fluido resultando em seu transporte, como elemento principal constituinte das estações elevatórias.

2 ABASTECIMENTO DE ÁGUA

Sabe-se que a água considerada própria para o consumo humano é a água potável e, para ser assim considerada, ela deve atender aos padrões de potabilidade.

De acordo com Ribeiro e Rooke (2010, p. 8), define-se como Padrão de Potabilidade, as quantidades limites que, com relação aos diversos elementos, podem ser toleradas nas águas de abastecimento, quantidades estas fixadas, em geral, por decretos, regulamentos ou especificações. Dentre as substâncias que indicam a impropriedade do consumo da água, em termos de matéria orgânica, pode-se citar os compostos nitrogenados, oxigênio consumido e cloretos.

A respeito disso, percebe-se que a água é um dos principais vetores de doenças infecciosas. E isto se deve ao fato de que a água pura, no sentido rigoroso do termo, não existe na natureza, pois por ser um ótimo solvente, ela nunca é encontrada em estado de absoluta pureza (NEVES, 2003).

A água captada, em suas características químicas, contém sais dissolvidos, partículas em suspensão e micro-organismos, que podem causar doenças quando em altas concentrações. Em vista disso, torna-se um risco sanitário, quando distribuída sem tratamento ou em uma rede insegura.

Porém, somente no século passado é que se começou a dispensar maior atenção à proteção da qualidade de água, desde sua captação até a entrega ao consumidor. Essa preocupação se baseou nas descobertas que foram realizadas a partir de então, quando diversos cientistas mostraram que havia uma relação entre a água e a transmissão de doenças causadas por agentes físicos, químicos e biológicos (GUIMARÃES, *et al.* 2007).

Ainda atualmente, mesmo com os diversos meios de comunicação existentes, verifica-se a falta de divulgação desses conhecimentos. Em áreas rurais a população consome recursos para construir suas casas sem incluir as facilidades sanitárias indispensáveis, como poço protegido, fossa séptica, etc.

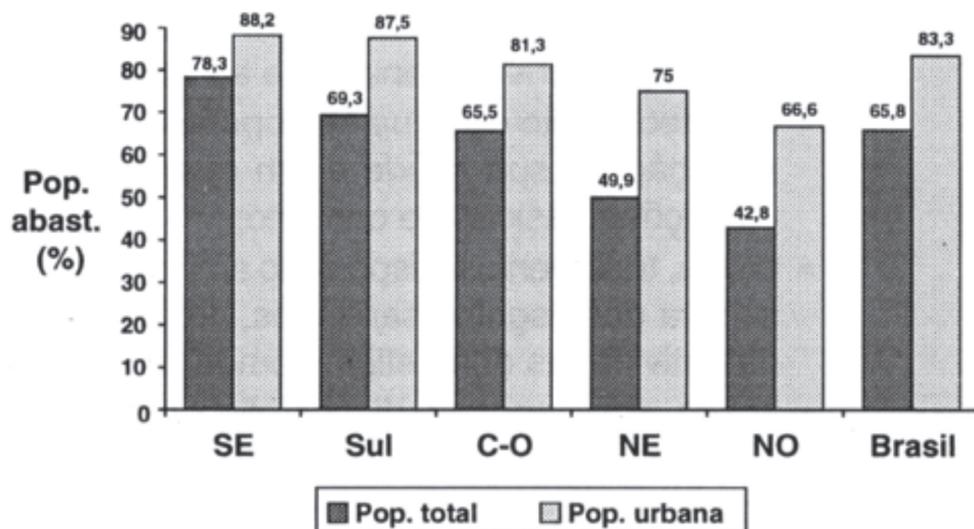
Em vista disso, o processo saúde versus doença não deve ser entendido como uma questão puramente individual e sim como um problema coletivo.

Guimarães, Carvalho e Silva (2007 p. 4) retratam que no Brasil, pesquisas realizadas no início dos anos 90 pela Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES) e pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) possibilitam uma visualização do quadro sanitário do país, evidenciando as condições precárias a que está exposta grande parte da população brasileira.

Em 1991, o Brasil possuía uma população de 152,3 milhões de habitantes, sendo que 77% destes viviam em áreas urbanas e apenas 23% em áreas rurais (GUIMARÃES, *et al.* 2007).

Na Figura 1, é possível observar que do total da população brasileira, menos de 70% dos habitantes eram atendidos por sistemas coletivos de abastecimento de água.

FIGURA 1 – Abastecimento de água no Brasil (1995)



Fonte: Guimarães, *et al.* (2007)

Num contexto histórico, o abastecimento de água surgiu com a necessidade de os seres humanos transportarem este recurso a outras localidades, utilizando assim na agricultura, dessedentação animal e pessoal entre outras atividades. As sociedades se organizaram em vilas, que posteriormente se tornaram cidades e a necessidade de água para diferentes finalidades fez com que surgissem as primeiras obras visando o abastecimento de água para as comunidades.

De acordo com Polese (2010, p. 17), desde o momento que o homem abandonou o modo de vida nômade, começou-se a pensar no abastecimento de água como uma preocupação, pois houve a necessidade de se obter um meio para captação de água próximo de sua morada, a fim de atender às suas necessidades.

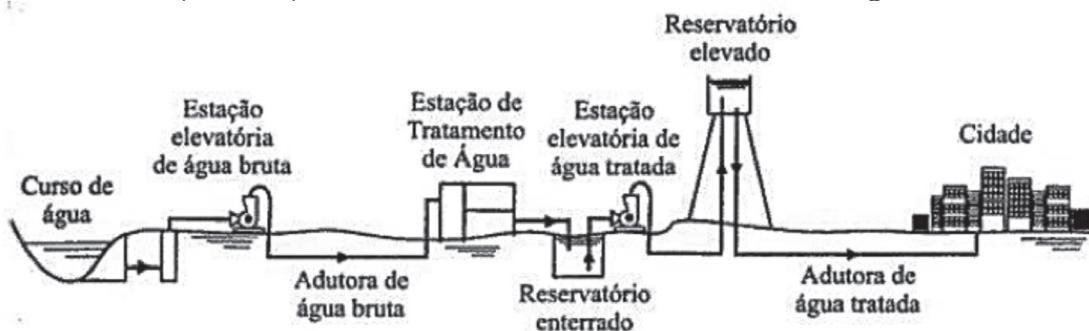
Dessa maneira, a sociedade, gradativamente, progrediu nos seus métodos de captar, tratar, reservar e distribuir a água até atingir aos sistemas de fornecimento hídrico existentes na atualidade.

2.1 SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

Segundo Polese (2010, p. 17) um sistema de abastecimento de água é um conjunto de instalações e processos que visa o fornecimento hídrico com qualidade, quantidade e pressão eficientes ao uso doméstico, público, comercial, entre outros. Para Tsutiya (2006, p. 9), o sistema de abastecimento é um conjunto de componentes que engloba o manancial, a captação, as estações de tratamento de água, os reservatórios, as redes de distribuição, as adutoras e as estações elevatórias.

Um exemplo do processo de sistemas de abastecimento de água é apresentado esquematicamente na Figura 2.

FIGURA 2 – Esquema típico de um sistema de abastecimento de água



Fonte: Tsutiya (2006)

De acordo com Netto (1998, p. 476), o manancial é o corpo hídrico responsável por abastecer todo o sistema, podendo ser subterrâneo ou superficial. Manancial subterrâneo é aquele, cuja água deriva dos interstícios do subsolo, podendo aflorar à superfície ou ser elevada artificialmente. Já o superficial corresponde às reservas presentes, conforme o próprio nome indica, na superfície terrestre, tal como lagos e rios.

A captação é o conjunto de dispositivos junto a estes mananciais para captar a água bruta (água sem tratamento) para o sistema de abastecimento, preservando sua qualidade e fornecendo quantidade suficiente (NETTO, 1998). Tsutiya (2006, p. 67) afirma que o seu funcionamento deve ser ininterrupto em qualquer época do ano e deve possuir facilidade quanto a sua operação e manutenção.

Para garantir os padrões de potabilidade em todo o percurso do sistema, toda a água fornecida no abastecimento deve passar por alguma forma de tratamento. Segundo Polese (2010, p. 18), o tratamento é uma série de procedimentos para a adequação das características físicas e químicas da água, buscando atender aos padrões de potabilidade presentes na legislação.

Por isso, nas estações de tratamento de água faz-se uso de técnicas diversas, objetivando a remoção das impurezas e micro-organismos presentes na água, e assim, obtendo-se uma água de qualidade para o consumo.

Tsutiya (2006, p. 337), determina que aos reservatórios cabe a tarefa de regularizar as vazões e as pressões, absorver as variações do consumo e garantir a segurança no abastecimento em caso de interrupção do funcionamento da adução. Estes ainda servem como reserva de água em caso de incêndio e são elementos de grande importância no sistema de abastecimento.

Por conseguinte, Tsutiya (2006, p. 389) também retrata a rede de distribuição como um conjunto de tubulações, conexões e peças especiais, normalmente constituídas por dois tipos de canalização, chamadas de principais e secundárias. As canalizações principais, de maior diâmetro, abastecem as secundárias de menor diâmetro e estas se conectam diretamente aos pontos de consumo.

Para a rede é destinada a última parte do sistema, ou seja, entregar água aos consumidores, que se conectam ao sistema através das ligações prediais.

Acerca disso, é importante ressaltar também que para conectar as diferentes etapas do sistema e realizar o transporte da água faz-se uso das adutoras, que são tubulações responsáveis por conduzir a água entre as unidades que precedem a distribuição, sem servir aos consumidores.

Por fim, pode-se ressaltar as estações elevatórias, que são essenciais e aparecem não apenas na etapa de adução, mas também na captação, no tratamento, na reservação e na distribuição.

As estações elevatórias ou estações de recalque conforme Netto *et al.* (1998, p. 215), são estruturas que comportam máquinas e outros equipamentos necessários para a elevação da água, bruta ou tratada, de um ponto para outro, a qualquer momento. Conforme Tsutiya (2006, p. 226), os equipamentos e instalações que integram essas estruturas são o poço de sucção, a casa de bombas, os motores, quadro elétrico de acionamento e proteção e as tubulações.

2.2 MÉTODOS DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA

Como já fora citado, um sistema de abastecimento tem por objetivo fornecer não só água em quantidade suficiente e com qualidade, mas também com pressão

adequada. Para se atender este último quesito, faz-se uso de alguns mecanismos que garantam pressões na rede.

Santana (1999, p. 10) considera a topografia, a localização da fonte abastecedora e critérios econômicos e sociais para classificar os métodos de abastecimento em três grupos: por gravidade, por bombeamento direto e por bombeamento e armazenamento.

O primeiro, abastecimento por gravidade, enquadra uma situação onde as condições topográficas são totalmente favoráveis. A fonte abastecedora encontra-se em cota superior a toda região abastecida, sendo capaz de alcançar todos os pontos de consumo com pressão adequada. De acordo com Santana (1999, p.11), este deve ser a opção preferencial quando disponível, pois apresenta menor custo e uniformidade ao longo do tempo.

A opção de abastecimento por bombeamento direto é uma segunda alternativa, porém pouco recomendada. Conforme Santana (1999, p.11), há muitas desvantagens quanto a sua operação, como interrupção no abastecimento quando há falha no funcionamento do conjunto motor-bomba e variação da pressão na rede em função da diferença de consumo, sendo necessário o uso de soluções tecnológicas para contornar o problema.

A última classificação, o abastecimento por bombeamento e armazenamento, é para Santana (1999, p. 12), a melhor opção quando não se pode usar o abastecimento por gravidade.

Nesta situação, ao invés de se bombear diretamente para a rede, faz-se o recalque da água para um reservatório e este fica com a responsabilidade de fornecer pressão adequada para o sistema e de equilibrar as variações de consumo.

3 SISTEMAS DE ABASTECIMENTO ATRAVÉS DE ESTAÇÕES ELEVATÓRIAS

Quando a cidade ou instalação ao qual se deseja atender encontra-se em uma posição totalmente favorável em relação ao manancial de captação, é possível servi-lo usando apenas a gravidade. Entretanto, essa condição específica, no geral, só pode ser usada parcialmente ou não se faz presente.

Assim, há outra forma de servir a população com água vinda de um manancial distante: fazer uso das estações elevatórias.

Tais estações têm como um de seus elementos fundamentais as bombas hidráulicas, que são dispositivos que fornecem energia ao fluido e modo que ele se desloque superando a perdas devido ao atrito e, se necessário, elevando-o para um nível mais alto do que ele se encontra.

3.1 CLASSIFICAÇÃO DAS BOMBAS HIDRÁULICAS

As bombas hidráulicas, segundo Macintyre (1997, p. 37-38), correspondem à essência das estações elevatórias. São denominadas também por máquinas geratrizes que tem por função realizar o deslocamento de um fluido por es-

coamento. Máquinas geratrizes são aquelas que recebem trabalho mecânico e transformam em energia hidráulica, fornecendo ao líquido um acréscimo de energia de pressão e cinética.

Uma bomba, por intermédio de seu eixo, transfere parte do trabalho mecânico que recebe do dispositivo de acionamento, que pode ser um motor elétrico, uma turbina ou um motor a explosão, para um fluido sob as formas de energia de pressão e cinética.

Assim, cabe às bombas transformar, transmitir e aumentar a energia do fluido, bem como permitir que a água atinja posições mais elevadas dentro do sistema de recalque.

O modo como ocorre a transformação de energia e os meios de fornecê-la ao líquido permitem a classificação das bombas. Conforme Macintyre (1997, p. 38), as bombas podem ser de deslocamento positivo, turbobombas ou bombas especiais.

3.1.1 BOMBAS DE DESLOCAMENTO POSITIVO

As bombas de deslocamento positivo, segundo Polese (2010, p. 24-25), são também chamadas de bombas volumétricas. Elas possuem em seu interior um propulsor que comunica a energia de pressão ao líquido e provoca seu escoamento.

White (1999, p. 494) afirma que “[...] a grande vantagem dessas bombas é fornecer qualquer tipo de fluido, independente da sua viscosidade.”

Citando Macintyre (1997, p. 39), a principal característica desta classe de bombas é que uma partícula líquida em contato com o órgão que comunica a energia tem aproximadamente a mesma trajetória que a do ponto do órgão com o qual está em contato.

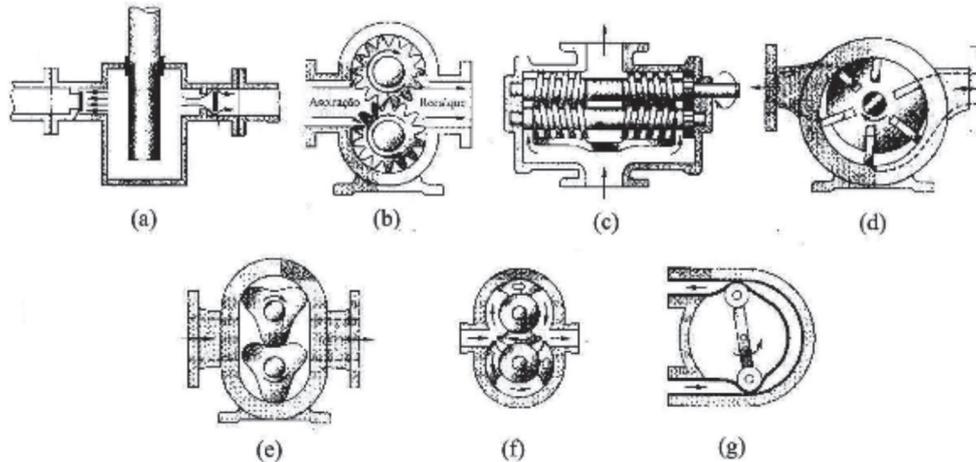
As bombas de deslocamento positivo se dividem em bombas alternativas e rotativas. No primeiro subgrupo, para Polese (2010, p. 25), ainda é possível classificar as bombas em alternativas de pistão (ou êmbolo) e de diafragma. O mesmo ocorre com as rotativas, que podem ser com um único ou com múltiplos rotores.

Na primeira divisão, as bombas alternativas fornecem a energia ao líquido através da ação direta de um pistão ou êmbolo, ou ainda através de uma membrana flexível.

Já nas rotativas, uma ou mais peças dotadas de movimento de rotação, transmitem a energia de pressão ao líquido, proporcionando seu escoamento. A direção das forças que atuam sobre o fluido é praticamente a mesma do escoamento (MACINTYRE, 1997).

Na Figura 3 constam ilustrações com alguns dos diversos modelos de bombas de deslocamento positivo.

FIGURA 3: Desenhos esquemáticos de bombas de deslocamento positivo



Fonte: WHITE (1999)

Constam na esquematização bombas de deslocamento positivo do tipo: (a) pistão alternativo, (b) engrenagem externa, (c) parafuso duplo, (d) palhetas deslizantes, (e) três lóbulos, (f) pistão periférico duplo e (g) tubo flexível.

3.1.2 TURBOBOMBAS OU BOMBAS DINÂMICAS

A segunda classificação das bombas compreende as turbobombas, também denominadas de bombas dinâmicas ou rotodinâmicas. Este grupo de máquinas hidráulicas se diferencia das bombas de deslocamento positivo rotativas no fato que as forças comunicadas ao líquido não possuem a mesma direção nem o mesmo sentido que o fluido em contato com as pás (MACINTYRE, 1997).

Estas bombas são constituídas basicamente por dois elementos: rotor e difusor. O elemento rotor tem por função a comunicação da aceleração à massa líquida, para que esta adquira energia cinética e de pressão (MACINTYRE, 1997).

Já o difusor, conforme também salienta Macintyre (1997, p. 43) “[...] é onde se dá a transformação da maior parte da elevada energia cinética com que o líquido sai do rotor, em energia de pressão.” Ou seja, ele permite que, ao atingir a entrada da canalização de recalque, o líquido tenha maior energia de pressão e menor velocidade.

As turbobombas também se classificam de acordo com a trajetória do líquido no rotor.

Em função disso, conforme Lencastre (1972, p. 170), podem-se identificar três tipos de bomba:

a) centrífuga pura ou radial: o líquido entra pelo centro e sai radialmente pela periferia, o difusor é em forma de caracol ou voluta e a pressão é desenvolvida principalmente pela força centrífuga;

b) de fluxo misto ou diagonal: o líquido entra de forma axial e sai numa direção média, entre axial e radial, sendo a pressão desenvolvida parte pela força centrífuga e parte pela ação de sucção das pás, o difusor, novamente, é na forma caracol ou volu-

ta; se subdividem em,

- hélico-centrifugas;
- helicoidal ou semi-axial;

c) axial ou propulsora: o líquido entra axialmente e sai quase que axialmente, a pressão se desenvolve principalmente por sucção e o difusor é de tubo reto troncônico.

Para Polese (2010, p. 27), existem ainda outras formas de classificar as turbobombas, podendo-se citar as classificações quanto ao número de rotores: com apenas um rotor são as bombas de simples estágio e com dois ou mais rotores são as bombas de múltiplos estágios; e quanto ao número de entradas para aspiração: uma entrada se classifica como bomba de aspiração simples, com duas é bomba de aspiração dupla ou de entrada bilateral.

3.1.3 BOMBAS ESPECIAIS

Por fim, há uma última família de bombas que utilizam formas especiais de ceder energia ao fluido e devido a este fato, são chamadas de bombas especiais.

Neste grupo, os métodos utilizados para bombear são os mais variados possíveis e a sua aplicação muitas vezes é específica, tornando-as normalmente não funcionais ao abastecimento de água.

White (1999, p. 494) incorpora a este grupo bombas que fazem o uso de diversas técnicas para impulsionar o fluido, tal como eletromagnetismo (para metais líquidos), transiente hidráulico e uso de gás comprimido.

No abastecimento de água, cabe a ressalva, que há necessidade de um entendimento maior sobre as turbobombas, principalmente as pertencentes ao grupo das centrifugas. Esta importância provém do fato que este é o modelo normalmente empregado para o funcionamento das estações elevatórias (MACINTYRE, 1996).

Em função disso, será dado um aprofundamento maior sobre as bombas centrifugas, da associação de bombas, dos requisitos para que duas bombas sejam consideradas similares e do conceito de bomba afogada e não afogada.

3.2 ASSOCIAÇÃO DE BOMBAS CENTRÍFUGAS

As associações de bombas são necessárias para que seja possível aumentar significativamente as descargas ou alturas manométricas e assim atender as necessidades operacionais (MACINTYRE, 1997, p. 176).

Por isso, as estações elevatórias contam com duas, três ou mais bombas, estas podendo estar associadas em série ou paralelo (MACINTYRE, 1997, p. 431).

3.2.1 BOMBAS EM PARALELO

Diz-se que as bombas estão operando em paralelo, quando duas ou mais bombas funcionando simultaneamente, tem suas descargas encaminhadas para uma mesma tubulação (MACINTYRE, 1997).

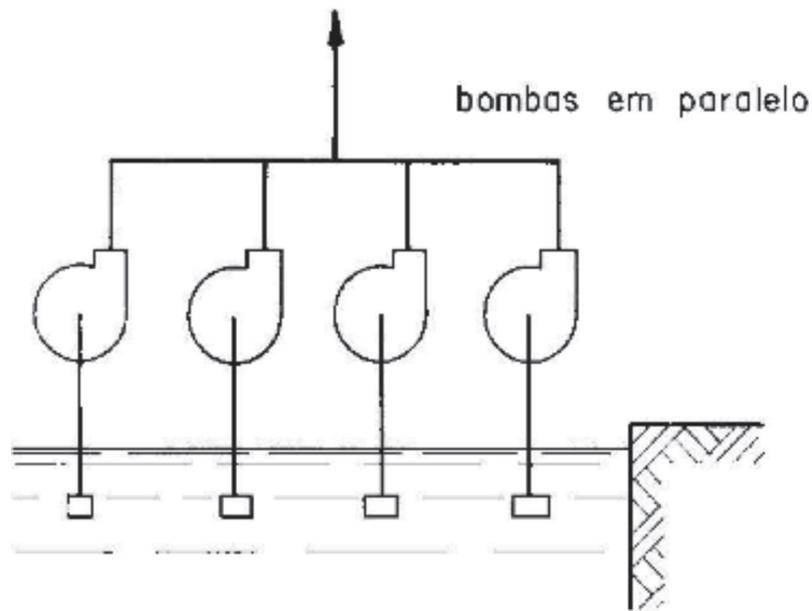
Cada uma das bombas em funcionamento paralelo é responsável por uma parcela da vazão total recalçada e que, esta parcela de vazão é inferior quando comparada a descarga da mesma bomba operando isoladamente.

Tsutiya (2006, p. 249) salienta que várias bombas nesta forma de associação podem, individualmente, se afastar do seu ponto de melhor eficiência.

Macintyre (1997, p. 178) afirma que as bombas que operam em paralelo, devem ser iguais, pois assim se evita a ocorrência de correntes secundárias, provenientes da bomba de maior potência para a de menor potência.

A Figura 4 ilustra o sistema de associação de bombas em paralelo.

FIGURA 4 – Esquemática da associação de bombas em paralelo



Fonte: DIAS (2009)

3.2.2 BOMBAS EM SÉRIE

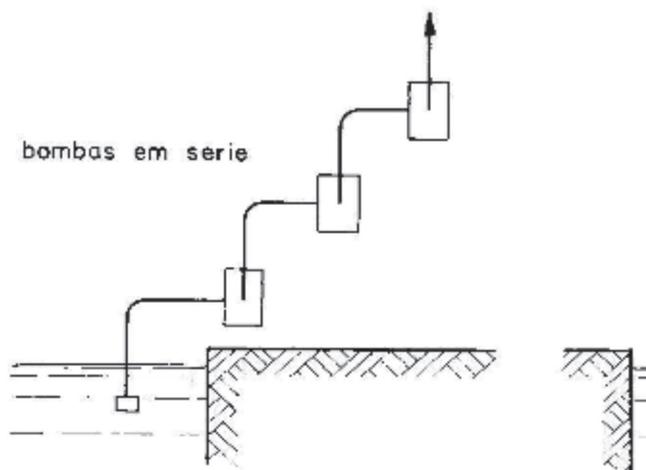
Quando duas ou mais bombas, de mesmo modelo ou não, são atravessadas pela mesma vazão, diz-se que o sistema de bombeamento opera em série.

Macintyre (1997, p. 177) afirma que, em uma situação como esta, cada uma das bombas é responsável por fornecer uma parcela da altura manométrica e a instalação deve ser feita de modo que seja possível operar um número qualquer, em série ou não, de bombas.

Emprega-se o sistema em série quando se deseja atender reservatórios em níveis ou distâncias diferentes (MACINTYRE, 1997).

A Figura 5 retrata a associação de bombas em série.

FIGURA 5 – Esquemática da associação de bombas em paralelo



Fonte: DIAS (2009)

3.3 LEIS DE SEMELHANÇA

Segundo Polese (2010, p. 37), diz-se que duas bombas são semelhantes quando apresentam proporcionalidade entre a geometria e o comportamento cinemático. A proporcionalidade geométrica existe quando a relação entre as dimensões das peças que compõem a bomba, tais como diâmetro do rotor, diâmetro de saída e largura do rotor, possuem o mesmo valor quando comparadas.

A semelhança cinemática é verificada quando a relação entre fatores como velocidade de ingresso e velocidade tangente as pás do rotor, entre outras, são iguais.

Estas semelhanças geométricas e dinâmicas permitem a determinação de relações entre diferentes fatores, chamadas de leis de semelhança. São muito importantes, pois possuem grande aplicação, uma vez que permitem comparar bombas de diferentes dimensões ou ainda a mesma bomba funcionando em diferentes condições de rotação, vazão, altura e potência (POLESE, 2010).

White (1999, p. 504) apresenta as seguintes equações como sendo as leis de semelhança:

$$\frac{Q_2}{Q_1} = \left(\frac{n_2}{n_1}\right) * \left(\frac{D_2}{D_1}\right)^3$$

$$\frac{H_2}{H_1} = \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2 * \left(\frac{D_2}{D_1}\right)^2$$

$$\frac{P_2}{P_1} = \left(\frac{\rho_2}{\rho_1}\right)^3 * \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^3 * \left(\frac{D_2}{D_1}\right)^5$$

Onde:

Q = vazão das bombas 1 e 2, respectivamente, em metros cúbicos por segundo (m^3/s);

n = número de rotações das bombas 1 e 2, respectivamente, em rotações por minuto (RPM);

D = diâmetro do rotor das bombas 1 e 2, respectivamente, em metros (m);

H = altura manométrica total das bombas 1 e 2, respectivamente, em metros (m);

P = potência consumida pelas bombas 1 e 2, respectivamente, em watts (W);

ρ = massa específica do fluido que atravessa as bombas 1 e 2, respectivamente, em quilogramas por metro cúbico (kg/m^3).

3.4 BOMBA AFOGADA E NÃO AFOGADA

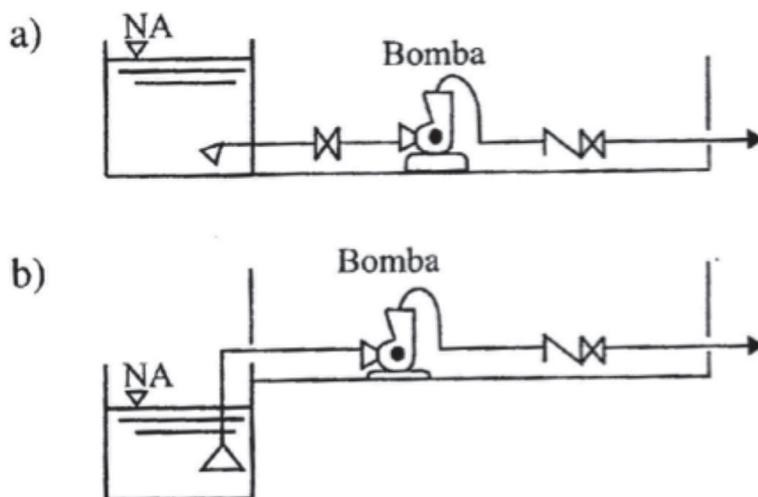
Há duas formas de instalar uma bomba em relação ao nível da água do poço de sucção em um sistema de recalque.

Segundo Tsutiya (2006, p. 239), a primeira solução é instalar a bomba abaixo do nível da água, onde diz-se que a bomba está afogada e a sucção é positiva. No outro caso, com a bomba em cota superior ao nível da água, logo dá-se o nome de bomba não afogada e a sucção é negativa.

Bombas afogadas são de mais fácil operação, pois a água escoa naturalmente para dentro da bomba, não sendo necessário realizar o escorvamento da bomba, que é o processo de introduzir água até encher a bomba e o tubo de sucção, para que seja possível iniciar o processo de bombeamento. Em bombas não afogadas e não autoescorvantes sempre deve ser feita a escorva (MACINTYRE, 1997).

Tem-se abaixo as representações da instalação de bombas afogadas e não afogadas, respectivamente.

FIGURA 6 – Formas de instalação do bombeamento em relação ao nível da água



Fonte: TSUTIYA (2006)

4 CONCLUSÕES

Em vista do exposto, conclui-se que as estações elevatórias são os órgãos constitutivos dos sistemas hídricos responsáveis pelo consumo de grande parte da energia utilizada no abastecimento.

Observa-se também que como componentes das estações elevatórias, as bombas têm papel preponderante tanto para o desenvolvimento das mesmas, quanto diretamente nos sistemas de abastecimento, pois é a partir da tal que é gerado o acréscimo de energia conferido ao líquido para que este dê início ao seu movimento.

As formas de transmissão de energia da bomba ao fluido podem ser: aumento da carga de pressão, aumento de velocidade ou aumento de elevação — ou qualquer combinação destas formas de energia.

Sabe-se também que conduzir fluidos com máximo rendimento é considerado requisito de grande importância em indústrias, saneamento, irrigação, e em outras diversas áreas que utilizam bombas hidráulicas, já que o uso destas máquinas hidráulicas diminui os custos com a implantação do sistema de bombeamento, assim como a sua manutenção e os gastos com energia.

Dessa forma, com o auxílio de bombas hidráulicas e o uso dos sistemas de elevação, ao ponto que se tornam raros os sistemas totalmente gravíticos, e realizando-se projetos de viabilidade em sua execução, se poderá garantir a qualidade, a quantidade e as devidas condições de pressão da água distribuída à população.

REFERÊNCIAS

BARROS, R. T. V. *et al.* **Saneamento: (Manual de saneamento e proteção ambiental para os municípios – volume 2)**. Belo Horizonte: Escola de Engenharia da UFMG, 1995.

DIAS, C. A. D. **Mecânica dos fluidos e máquinas hidráulicas**. Belém. IFET. 2009.

GUIMARÃES, A. J. A.; CARVALHO, D. F. de; SILVA, L. D. B. da. **Saneamento básico**. 2007. Disponível em: <<http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/leonardo/downloads/APOSTILA/Apostila%20IT%20179/Cap%201.pdf>>. Acesso em: 20 out. 2018.

LENCASTRE, A. **Manual de Hidráulica Geral**. São Paulo: Edgard Blücher, 1972.

POLESE, E. L. **Eficiência Energética em Sistemas de Bombeamento: Uso Do Variador De Frequência**. Porto Alegre. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2010.

MACINTYRE, A. J. **Instalações Hidráulicas**. 3. ed. Rio de Janeiro: LTC, 1996. **Bombas e Instalações de Bombeamento**. 2. ed. rev. Rio de Janeiro: LTC, 1997.

NETTO, J. M. A.; MARTINS, J. A.; PUPPI, I. C.; NETTO, F. B.; FRANCO, P. N. C.

Planejamento de Sistemas de Abastecimento de Água. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 1998.

NEVES, K. O. **Qualidade microbiológica da água de abastecimento público e alternativo no município de Ouro Preto, Minas Gerais.** 2003. 101 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Meio Ambiente: Uso e Conservação de Recursos Hídricos, Universidade Federal de Ouro Preto - Ufop, Ouro Preto, 2003.

NOGUEIRA, E. JUSTINO, D. **Dimensionamento do Sistema de Recalque para abastecimento de água da comunidade de Macundú, distrito de São João Marcos, município de Rio Claro, Rio de Janeiro.** Rio de Janeiro. UniFOA. 2012.

RIBEIRO, J. W.; ROOKE, J. M. S. **Saneamento Básico e sua relação com o Meio Ambiente e a Saúde Pública.** 2012. 28 f. Monografia (Especialização) - Curso de Curso de Especialização em Análise Ambiental, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2010.

SANTANA, G. C. **Otimização da Operação de Sistemas de Distribuição de Água Abastecidos por Bombeamento e Reservatórios de Regularização.** 1999. 184 f. Tese (Doutorado em Automação) – Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação. Universidade Estadual de Campinas, Campinas. Disponível em: <<http://libdigi.unicamp.br/document/?code=vtls000189198>>4. Acesso em: 18 out. 2018.

SOUZA, Pedro Henrique A. I. de. **Apresentação dos cálculos para seleção de bomba para sistema de reaproveitamento de água de poços artesianos.** 2014. 76 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Mecânica, Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.

TSUTIYA, M. T. **Abastecimento de Água.** 3. ed. São Paulo: EPUSP, 2006.

WHITE, F. M. **Mecânica dos Fluidos.** 4. ed. Rio de Janeiro: McGraw-Hill, 1999.

Data do recebimento: 22 de julho de 2018

Data da avaliação: 11 de novembro de 2018

Data de aceite: 15 de dezembro de 2018

1. Discente do Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Tiradentes – UNIT. E-mail: celianems@hotmail.com

2. Docente do Curso de Engenharia de Petróleo e Ambiental do Centro Universitário Tiradentes – UNIT.

E-mail: ismar.macario@souunit.com.br