

DIMENSIONAMENTO DE EQUIPAMENTOS PARA EXTRAÇÃO DE ÁGUA EM POÇOS TUBULARES

Marcus Vinicius Tedesco¹

RESUMO

O objetivo deste artigo é indicar métodos para dimensionamento de conjunto moto-bomba submersos e tipo turbina, e também o dimensionamento de equipamentos complementares, tais como, quadros elétricos de comando e proteção, cabos de alimentação elétrica e proteções. Uma abordagem prática deste dimensionamento foi adotada, para que facilitar o uso em campo.

Palavras - chave: Dimensionamento de equipamentos e acessórios

CONCEITOS E DEFINIÇÕES

Bombas submersas - Foram originalmente projetadas para bombeamento de óleo de poços profundos. Posteriormente demonstraram-se vantajosas em outras aplicações, com desenvolvimento para bombeamento de água de poços tubulares profundos.

Os conjuntos moto-bomba submersos foram construídos com motores refrigerados à água, possuindo enrolamentos e partes girantes inteiramente submersas. Este sistema mostrou vantagens quanto à dissipação de calor desenvolvido pelo motor, sendo inicialmente o grande problema a adoção de materiais aptos para exercer a função de isolamento e enrolamento, solução obtida posteriormente à difusão dos plásticos.

As bombas submersas são uma versão adaptada das bombas verticais tipo turbina, sem contudo estarem restritas a rotores de fluxo misto ou semi-axiais, utilizando-se também rotores tipo radial. O elemento bombeador é rigidamente acoplado ao motor, sendo formado de múltiplos corpos e estágios bipartidos radialmente e dotado de difusores do fluxo do líquido a ser bombeado.

O líquido a ser bombeado entra na bomba pelo **corpo de sucção**, entre o corpo da bomba e o motor, onde existe em crivo telado que evita a penetração de corpos estranhos no interior da bomba. **NÃO RECOMENDA-SE A RETIRADA DO CRIVO DA BOMBA** em hipótese alguma, pois esta retirada permitira que objetos possam penetrar na bomba e danificá-la.

¹ Empresa de Saneamento de Mato Grosso do Sul - Sanesul S/A - Rua Euclides da Cunha, 975 Jardim dos Estados - Cep 79.020-230 Campo Grande Mato Grosso do Sul - Tel: (067) 741.6086 / 741.4659 / 726.7878 ramal 226 - Fax: (067) 741.4659 / 726.5858 - e-mail: mtedesco@msinternet.com.br

30 Aplicações e vantagens: São estas bombas mais comumente utilizadas nos sistemas públicos de abastecimento de água, seja na sua aplicação direta em poços tubulares ou como “boosters”, sendo na atualidade seu uso mais diversificado atendendo também ao abastecimento de água industrial, rural e residencial, sistemas de irrigação e mineração, como no rebaixamento de lençóis

Se comparadas com as bombas centrífugas apresentam a vantagem de **não** necessitar de construções adicionais para captação e instalação em condições apropriadas para realizá-la. Entre outras vantagens apresenta-se a maior economia devido ao seu rendimento, menor consumo de energia elétrica e baixo custo inicial.

Não possuindo eixo prolongado, elimina-se a necessidade de mancais de apoio e conseqüentemente vibração. O funcionamento do conjunto moto-bomba submerso é silencioso, exigindo reduzido número de intervenções para manutenção.

Dimensionamento de um conjunto MOTO-BOMBA:

Antes de procedermos à escolha de uma bomba, devem ser conhecidos alguns elementos para podermos determinarmos o ponto de trabalho mais eficiente.

A primeira grandeza que deveremos conhecer é qual a energia que o sistema solicitará da bomba, em função da **VAZÃO BOMBEADA**, para especificarmos corretamente a bomba necessária. Em outras palavras, antes de efetuar a determinação da bomba necessária, é imprescindível o conhecimento da **VAZÃO DESEJADA**, **ALTURA MANOMÉTRICA TOTAL** (diretamente proporcional as perdas por atrito), **DIÂMETRO DO POÇO**, **TIPO DE ALIMENTAÇÃO ELÉTRICA** (voltagem e frequência da rede) e **CONDIÇÕES FÍSICO-QUÍMICAS DA ÁGUA**.

Quanto ao diâmetro do poço devemos considerar que, após a determinação da altura manométrica total para uma dada vazão, nas curvas de seleção do equipamento deve ser verificado o diâmetro máximo do mesmo, pois dimensões muito próximas entre o poço tubular e o equipamento poderá levar a um funcionamento não uniforme do conjunto e possibilitar que cabos elétricos travem o equipamento no poço, comprometendo o serviço de retirada do equipamento ou danificando a camisa do poço.

ELEMENTOS PARA O DIMENSIONAMENTO:

VAZÃO: Define-se como sendo o **volume de fluido** que **atravessa** uma determinada secção na **unidade de tempo especificada**.

As unidades empregadas para quantificar a vazão volumétrica ou vazão desejada são: m³/h , l/s , m³/s , e gpm (galões por minuto, no sistema inglês de medida).

$$\text{Formula da Vazão} \Rightarrow Q = \frac{V}{t}$$

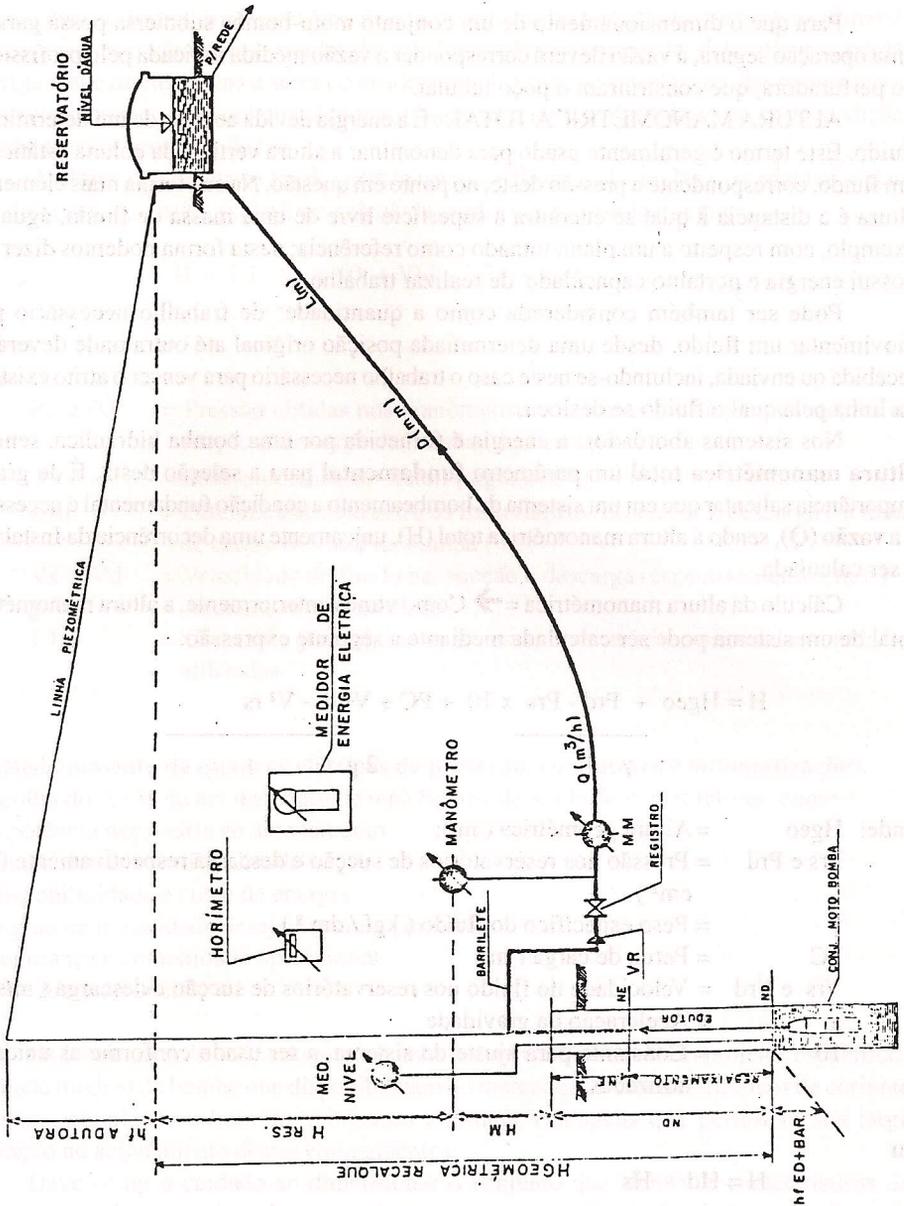
onde:

Q= Vazão volumétrica

V= Volume

t= Unidade de tempo

SISTEMA DE ADUÇÃO DE UM POÇO TUBULAR PROFUNDO



Para que o dimensionamento de um conjunto moto-bomba submersa possa garantir uma operação segura, a vazão deverá corresponder a vazão medida indicada pelo profissional ou perfuradora, que construíram o poço tubular.

ALTURA MANOMÉTRICA TOTAL : É a energia devida ao peso de um determinado fluido. Este termo é geralmente usado para denominar a altura vertical da coluna estática de um fluido, correspondente a pressão deste, no ponto em questão. Na sua forma mais elementar, altura é a distancia à qual se encontra a superfície livre de uma massa de fluido, água por exemplo, com respeito a um plano tomado como referência; desta forma podemos dizer que possui energia e portanto capacidade de realizar trabalho.

Podem ser também considerada como a quantidade de trabalho necessário para movimentar um fluido, desde uma determinada posição original até outra onde deverá ser recebida ou enviada, incluindo-se neste caso o trabalho necessário para vencer o atrito existente na linha pela qual o fluido se desloca.

Nos sistemas abordados, a energia é fornecida por uma bomba hidráulica, sendo a **altura manométrica total** um parâmetro **fundamental** para a seleção desta. É de grande importância salientar que em um sistema de bombeamento a condição fundamental e necessária é a **vazão (Q)**, sendo a altura manométrica total (H), unicamente uma decorrência da Instalação a ser calculada.

Cálculo da altura manométrica \Rightarrow Como vimos anteriormente, a altura manométrica total de um sistema pode ser calculada mediante a seguinte expressão:

$$H = \frac{H_{geo} + \frac{Prd - Prs}{\gamma} \times 10 + PC}{2g} + \frac{V_{rd}^2 - V_{rs}^2}{2g}$$

- onde: H_{geo} = Altura geométrica (m);
 Prs e Prd = Pressão nos reservatórios de sucção e descarga respectivamente (kgf/cm²)
 γ = Peso específico do fluido (kgf / dm³)
 PC = Perda de carga (m)
 V_{rs} e V_{rd} = Velocidade do fluido nos reservatórios de sucção e descarga (m/s)
 g = Aceleração da gravidade
 10 = Constante para ajuste do sistema, a ser usado conforme as unidades utilizadas

ou

$$H = H_d - H_s$$

- onde: H_d = Altura de descarga
 H_s = Altura de sucção

Todas as fórmulas até agora mostradas são utilizadas para efeitos de projeto, tomando para esse fim os parâmetros extraídos das tabelas e gráficos para poder determinar as perdas de carga e outros elementos a serem considerados. No caso de instalações que se encontram em funcionamento, é natural que algumas grandezas podem ser obtidas através de medições realizadas na própria instalação.

A altura manométrica total, permanecendo válidas as fórmulas precedentes, e para uma determinada vazão, poderá ser calculada conforme a fórmula a seguir:

$$H = \frac{P_d - P_s \times 10}{\gamma} + \frac{V_d^2 - V_s^2}{2g} + z_{sd}$$

onde:

- P_s e P_d = Pressão obtidas nos manômetros a serem colocados ou existentes na sucção e descarga da bomba (kgf/cm^2)
- γ = Peso específico do fluido (kgf / dm^3)
- z_{sd} = Diferença de cota entre os reservatórios de sucção e descarga e a linha de centro do rotor da bomba (m)
- V_s e V_d = Velocidade do fluido na sucção e descarga respectivamente (m/s)
- g = Aceleração da gravidade
- 10 = Constante para ajuste do sistema, a ser usado conforme as unidades utilizadas

Dimensionamento de quadros elétricos de proteção, condutores e automatizações.

A escolha do órgão de acionamento de uma bomba depende de vários fatores, como:

- a potência necessária ao acionamento
- simplicidade e confiabilidade
- disponibilidade e custo de energia
- o grau de mobilidade desejado para o conjunto
- segurança e comodidade operacional
- investimento inicial

Os fabricantes de conjunto moto-bomba submersa desenvolvem projetos específicos para cada modelo de bomba que disponibilizam ao mercado. Os motores elétricos de corrente alternada, acoplados a bombas submersas possuem vantagens que permitem sua larga utilização no acionamento destes equipamentos.

Deve-se ter o cuidado ao dimensionar o conjunto que atenda às características de vazão e altura manométrica do poço tubular para que a potência do conjunto e o fator de potência possam contribuir para o menor custo com energia elétrica e evitar multas por baixo fator de potência.

Como comercialmente os fabricantes de conjunto moto-bomba submersa e turbina, possuem equipamentos padronizados em sua linha de produção, os

equipamentos acessórios quadro de comando, cabos elétricos e automatização serão dimensionados em função da potência do motor do conjunto.

Apresentaremos a seguir elementos necessários ao dimensionamento de equipamentos para acionar conjuntos moto-bomba:

- a) **TENSÃO NOMINAL:** Os sistema elétrico interligado no Brasil opera normalmente na tensão de 220 VCA, podendo em certos casos operar em 380 e 440 VCA. A decorrência direta de tensões maiores é a possibilidade de utilizarmos cabos de alimentação de menor bitola, ou seja o cabo usado em um motor ligado em 380 VCA para uma mesma potência será mais fino que o mesmo motor ligado em 220 VCA;
- b) **AMPERAGEM:** É medida própria de cada equipamento em função de sua potência, sendo uma grandeza que influencia diretamente no rendimento dos conjunto moto-bomba;
- c) **ROTAÇÃO:** A rotação é uma característica especificada para cada bomba e varia de acordo com o projeto de cada fabricante. Usualmente os conjuntos submersos operam a 3.500 rpm. Em um conjunto de eixo horizontal e vertical tipo turbina, rotações menores indicam uma melhor estabilidade do conjunto, permitindo um balanceamento mais preciso. Quando um conjunto submerso tem sua ligação de fases invertida, a vazão e a pressão serão menores do que as especificadas em catálogo.
- d) **FREQÜÊNCIA DE PARTIDAS:** É um item pouco considerado mas muito importante, pois os motores elétricos tem limitações do número de partida por hora para evitar superaquecimento. Também o poço tubular profundo deve ter um tempo para sua recuperação evitando danos ao aquífero e a estrutura do poço. Relê de tempo de intervalo de funcionamento são acessórios de quadros elétricos de comando e proteção que garantem o número de partidas máximo por hora.
- e) **DISTÂNCIA:** A distância (somada a profundidade de instalação) entre o quadro elétrico de comando e proteção e o conjunto moto bomba, influi diretamente na bitola dos fios e cabos sendo estas grandezas diretamente proporcionais, ou seja quanto maior a distância maior a bitola dos fios e cabos de alimentação;

QUADRO ELÉTRICO DE COMANDO E PROTEÇÃO

É um dispositivo usado na partida e operação de conjuntos moto-bomba podendo ter vários tipos de partida em função da potência em C.V. do motor a ser acionado.

A **condição mais crítica** de operação de qualquer motor elétrico que aciona um conjunto moto-bomba submersa, turbina e até eixo horizontal é a **partida** do conjunto. Na partida por questões construtivas, o valor de corrente pode chegar até a 7 ou 8 vezes a corrente nominal do motor. Este fato é limitante no dimensionamento dos componentes do quadro elétrico de comando e proteção para que as condições de partida não levem ao super - dimensionamento das instalações e equipamentos acessórios.

Os tipos de partida mais usuais, são:

Partida direta: Utilizado em conjuntos moto-bomba que tenham potência inferior a 5 (cinco) CV;

Partida estrela - triângulo - Δ/Y - Atualmente bastante utilizado, devido a seu baixo custo, porém este tipo de partida tem limitação de potência em 20 CV por exigência das concessionárias de energia elétrica.

Partida compensada: Por meio de um auto transformador de partida, permite limitar a corrente de partida a valores aceitáveis, evitando-se que os cabos elétricos e componentes de proteção sejam super dimensionados. Utilizados em conjuntos moto-bomba com potência superior a 5 (cinco) CV.

O projeto de um quadro elétrico de comando e proteção varia de empresa para empresa, sendo que alguns parâmetros mínimos devem ser levados em conta e alguns componentes mínimos devem compor este projeto.

Visando **proteger** o conjunto moto-bomba de oscilações presentes na rede elétrica e também variações que possam ocorrer no poço tubular onde esta instalado, alguns componentes são necessários, garantindo confiabilidade e economia na operação de conjuntos moto-bomba.

Fusíveis de força e comando: Dispositivo de proteção que sob condições anormais (curto circuito), deve interromper o circuito, evitando que o curto circuito possa danificar o motor do conjunto moto bomba ou os componentes do quadro de comando elétrico de proteção; Usualmente utiliza-se fusíveis tipo NH para proteção de força e fusíveis tipo Diazed para proteção de comando. Os dois tipos de fusíveis possuem retardo para atuação para que os mesmos não atuem na partida do conjunto moto-bomba;

Pára-raios: Dispositivo ligado na entrada das fases de alimentação do quadro elétrico de comando e proteção, com a função específica de desviar qualquer sobre-tensão provocada por um raio diretamente à terra, evitando que esta sobre-tensão danifique componentes do quadro elétrico ou o motor do conjunto moto-bomba;

Relê de Proteção: A alimentação elétrica dos quadros de comando e proteção em sua grande maioria é tomada da rede das concessionárias de energia elétrica ligadas ao sistema Eletrobrás e como o sistema elétrico brasileiro passa por instabilidade e oscilação no fornecimento, para garantir uma operação segura dos conjuntos moto-bomba, devemos manter os reles abaixo relacionados como componentes do quadro elétrico:

RELÊ SUPERVISOR TRIFÁSICO: Em sistemas trifásicos de alimentação elétrica tem a função de proteger o equipamento contra falta de fase, mínima e máxima tensão e inversão de fase;

RELÊ TÉRMICO BIMETÁLICO: Tem a finalidade de evitar a queima do motor do conjunto moto-bomba, quando ocorrer uma sobrecarga de corrente em um intervalo de tempo. Faz um sensoramento térmico desde o cabo de alimentação do motor até o enrolamento do mesmo;

RELÊ DE ELETRODOS ou NÍVEL: Funciona quando esta interligado a eletrodos dispostos dentro do poço tubular onde o equipamento submerso esta instalado e determina os níveis máximos e mínimos de água do manancial, evitando assim que o conjunto moto-bomba trabalhe sem água. O número de eletrodos ideal é três, sendo

instalados nos níveis dinâmico e estático e um eletrodo de terra/referência, instalado no fundo do poço tubular. Um cuidado deve ser tomado quanto a fiação que interliga os eletrodos ao relê. Como os eletrodos estarão imersos em água, para que a fiação transmita somente a informação do eletrodo, esta deve ter uma proteção não higroscópica, ou seja não absorver ou permitir a passagem de água. O cabo recomendado é o cabo tipo "Sintenax", que em sua constituição tem uma camada de PVC externa e uma camada de composto de polietileno que garante a isolamento mesmo com o cabo submerso em água;

RELÊ DE TEMPO DE PARTIDA e INTERVALO DE FUNCIONAMENTO: Funciona contando o tempo, garantindo uma partida suave e dentro das condições de projeto de cada motor. O relê de intervalo de funcionamento garante que o número máximo de partidas, previsto no projeto dos motores, seja respeitado evitando-se sobrecarga nos enrolamento e garantindo maior vida útil

Dimensionamento

O dimensionamento de quadros elétricos de comando de comando e proteção e cabos de alimentação deverá obedecer a potência do motor e distância (profundidade) de instalação. Anexamos a este (ANEXO 1) uma tabela prática para dimensionamento de cabos elétricos, utilizando-se dos critérios de máxima corrente e queda de tensão em função da potência e distância do motor ao quadro elétrico de comando e proteção.

Esta tabela tem caráter informativo sendo aplicável para a maioria das situações de dimensionamento **não substituindo** entretanto os cálculos que levam em conta temperatura ambiente, tipo de eletroduto, disposição dos cabos e outras variáveis necessárias para um cálculo preciso.

Outra componente que deve-se levar em conta no dimensionamento de instalações de poços tubulares profundos é o fator de potência da instalação.

O FATOR DE POTÊNCIA vem a ser a relação entre a energia ativa e energia aparente ou total de uma instalação elétrica. A legislação das concessionárias estabelece um mínimo de 0,92 %, sendo o número ideal fator de potência igual a 1(um). Uma comparação com nosso cotidiano é possível. O fator de potência pode ser comparado a espuma do chope que tomamos, sendo que esta ocupa lugar no copo mas efetivamente não é líquido.

Levando este exemplo para as grandezas elétricas, o fator de potência é indesejável para as concessionárias de energia elétrica, pois não pode produzir trabalho portanto é cobrada uma multa pesada quanto menor este fator de potência. Os motores elétricos utilizados em conjuntos moto-bomba, possuem fator de potência abaixo do mínimo exigido levando muitas vezes a cobrança de multas, onerando as contas de energia elétrica

Uma das soluções aplicáveis, caso as instalações tenham baixo fator de potência, é a instalação de bancos de capacitores para corrigir o valor para índices superiores a 0,92 %, evitando-se uma multa indesejável.

Método para detectar defeitos:

Apresentaremos a seguir um quadro comparativo que indica os defeitos prováveis em equipamentos e poços tubulares profundo.

POSSÍVEIS PROBLEMAS

CAUSA	VERIFICAÇÃO	CORREÇÃO
1° BOMBA NÃO FUNCIONA		
a) Não há energia	Verificar o suprimento de energia elétrica com um voltímetro na linha	Entrar em contato com a concessionária de energia elétrica local
	Verificar os fusíveis ou disjuntores	Troque fusíveis queimados ou substitua os disjuntores
b) Ligação Defeituosa	Verificar as conexões frouxas e parafusos de fixação. Verificar os terminais do motor com um voltímetro	Substitua a fiação e conexões defeituosas
2° OS FUSÍVEIS QUEIMAM NA PARTIDA		
a) Voltagem Incorreta	Usando um voltímetro, verificar os terminais de linha. A medição deve estar em + ou - 10% da voltagem nominal do local	Entrar em contato com a concessionária de energia se a voltagem estiver incorreta
b) Fusíveis incorretos	Verifique se os fusíveis são os recomendados, e se as bases estão oxidadas	Substitua os fusíveis para a amperagem recomendada e limpe as bases fusíveis
c) Cabo ou enrolamento do motor defeituoso	Ligue um fio do multitestee á tubulação e toque com o outro em cada uma das fases da alimentação. Se o ponteiro deslocar-se estará indicando que aquela fase esta aterrada/defeituosa	Retirar a bomba e inspecionar o cabo. Cabo danificado deve ser substituído. Se o cabo de alimentação estiver bom o enrolamento do motor está ligado à terra/danificado.

CAUSA	VERIFICAÇÃO	CORREÇÃO
3° MOTOR FUNCIONA, MAS OS FUSÍVEIS QUEIMAM		
a) Voltagem incorreta	Usando um voltímetro multitemperatura testar os terminais da linha. A voltagem deve estar dentro dos limites especificados	Proceder como indicado no item 2. A)
b) Proteções aquecendo	O desgaste pelo tempo, má conexão ou exposição à luz solar de componentes do quadro elétrico de comando proporciona aquecimento acima do previsto	Tenha cuidado quando for indicar o local de instalação para que este tenha ventilação e fique distante de fontes de calor.
c) Bomba defeituosa	Bomba travada/obstruída e poço tubular desalinhado ou com areia. Esta situação eleva amperagem e queima fusíveis	Retirar a bomba e limpá-la / desobstruí-la
CAUSA	VERIFICAÇÃO	CORREÇÃO
4° VOLUME DE ÁGUA INSUFICIENTE		
a) Nível d'água muito baixo	Na partida a vazão é boa, e diminui. A capacidade da bomba é maior que a produção do poço onde o conjunto está instalado	Regule o registro de saída da bomba; Instale a bomba em um ponto mais baixo do poço;
b) Rotação incorreta	Uma baixa na pressão ou vazão, pode significar que a bomba trabalha em sentido contrário	Para corrigir a rotação deve-se inverter duas das três fases do motor
c) Válvula de retenção com gaveta caída	Válvula de retenção com a gaveta caída / travada ou instalada invertida impede funcionamento. Rosca da tubulação muito grande, pode bloquear a válvula.	A válvula deverá ser invertida; Corte um pedaço do filete de rosca do tubo
d) Bomba com tela de crivo bloqueada	Uma baixa vazão pode indicar que a sucção da bomba está bloqueada, podendo a bomba estar instalada em areia ou lama	Limpe a tela e instale em uma menor profundidade. Pode ser necessário limpar o poço
e) Bomba gasta	Os sinais de desgaste são os mesmos apresentados no item 4 a)	Verifique eixos danificados, se o acoplamento está livre, substituindo o conjunto

CAUSA	VERIFICAÇÃO	CORREÇÃO
5° A BOMBA PARA E FUNCIONA		
a) O controle de nível atua freqüentemente	Verifique se a distância entre os eletrodos é suficiente para permitir a partida e parada do conjunto moto-bomba	Calibrar a distância entre os eletrodos, tomando cuidado para que o eletrodo inferior sempre esteja acima da sucção da bomba
b) Válvula de retenção	Uma válvula de retenção danificada ou defeituosa não retém a pressão	Remova ou substitua a válvula se ela estiver com defeito

BIBLIOGRAFIA

Literatura Técnica consultada

Bombas, Válvulas e Acessórios - Raúl Peragallo Torreira - Editora Libris

Normas A . B . N . T - Associação Brasileira de Normas Técnicas

Apostila- Dispositivos Elétricos e Sistema Operacional de Quadro de Comando - Sanesul S/A 1990

Apostila- Treinamento de operadores e eletricitista - Sanesul S/A 1994

Tabelas de dimensionamento - Manuais Bombas Leão e Bombas MAV

