

# APLICAÇÃO DO BOMBEIO MECÂNICO COM HASTES NA ELEVAÇÃO DO PETRÓLEO

Lázaro Henrique de Aragão Sousa | Milton Lima Rodrigues1 |  
Murilo Gomes Sousa1 | Yuri Batista Barros1 | Paulo Jardel Pereira Araújo | Manuela Souza Leite

Engenharia



ISSN IMPRESSO: 1980 - 1777  
ISSN ELETRÔNICO: 2316 - 3135

## RESUMO

Quando a própria pressão do poço não é suficiente para elevar seus fluidos de forma economicamente viável se faz necessário à utilização de algum método de elevação artificial. A escolha desse método depende de alguns fatores como: profundidade de elevação, vazões de produção, característica dos fluidos produzidos, produção de areia e principalmente se vai funcionar em unidades *onshore* ou *offshore*. O bombeio mecânico com hastes é o método de elevação mais utilizado no mundo, por isso conhecer seu funcionamento é muito importante. Neste método de elevação artificial, o movimento rotativo de um motor elétrico ou de combustão interna é transformado em movimento alternativo por uma unidade de bombeio localizada próxima à cabeça do poço. Uma coluna de hastes transmite o movimento alternativo para o fundo do poço, acionando uma bomba que eleva os fluidos produzidos pelo reservatório para a superfície. Seus componentes principais são: unidade de bombeio, bomba de fundo, coluna de hastes e motor. Por ser o método mais conhecido e utilizado em todo o mundo sua manutenção é fácil e pouco onerosa se comparado com outros métodos de elevação.

## PALAVRAS-CHAVE

Bombeio Mecânico com Hastes. Elevação Artificial. Reservatório.

When the pressure of the well itself is not sufficient to elevate their fluid in an economically viable it is necessary to use some method of artificial lift. The choice of method depends on a few factors such as lifting depth, production flows, characteristic of produced fluids, sand production and especially if it will work in units onshore or offshore. The mechanical sucker rods is the method of elevation most used worldwide, therefore understand its functioning is very important. In this method of artificial lift, the rotary movement of an electric motor or internal combustion reciprocating motion is converted into a pumping unit located close to the wellhead. A column of rods transmits the reciprocating movement to the bottom, activating a pump that lifts the produced fluids to the surface through the reservoir. Its main components are: pump unit, pumps activated by sucker rods, column of rods and motor. To be the method most widely known and used worldwide its maintenance is easy and inexpensive compared to other lifting methods.

## **KEYWORDS**

Mechanical Sucker Rods. Artificial Lift. Reservoir.

## **1 INTRODUÇÃO**

Atualmente, vivencia-se na indústria petrolífera, a descoberta de novas jazidas repletas de hidrocarbonetos leves, pesados e ultra pesados. Esses hidrocarbonetos precisam ser elevados até a superfície para serem comercializados. Os mesmos são elevados por meio de sua pressão natural ou por meio de métodos de Elevação Artificial.

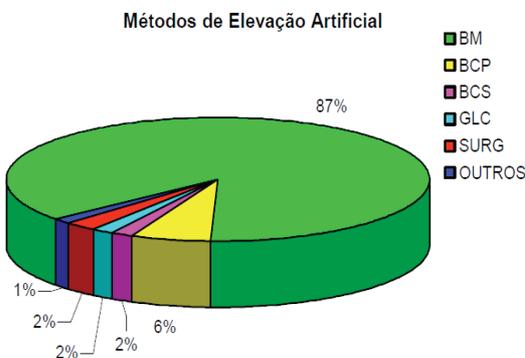
A pressão no reservatório é gerada pelo peso das camadas de rochas sobrepostas. A pressão exercida pelas camadas de rocha gera uma tendência natural do hidrocarboneto, presente na jazida, se deslocar do lugar de maior pressão, que é o interior do reservatório, para lugares de menor pressão, que é o interior da coluna de produção, e se a pressão superar a hidrostática do poço o hidrocarboneto vai se deslocar pela coluna de produção até a superfície, tornando-se assim um poço surgente.

Para a produção de petróleo é necessário passar por algumas etapas, entre elas, descobrir o campo potencialmente produtor, deve ser perfurado um poço, confirmar presença de óleo (intervalos produtores), canhoneio, estimulação da zona produtora, avaliação e produção. Quando a pressão do poço não é suficiente para elevar o hidrocarboneto até a superfície, é necessário aplicar métodos de elevação artificial. A elevação artificial, também, é utilizada para aumentar o volume de hidrocarboneto elevado em poços surgentes. Os métodos de elevação mais utilizados na indústria de petróleo são:

- Gás Lift
- Bombeio Mecânico com Hastes
- Bombeio por Cavidade Progressiva (BCP)
- Bombeio Centrifugo Submerso

Neste trabalho será abordado o método de elevação por Bombeio Mecânico que foi o primeiro método de elevação artificial que surgiu na indústria de petróleo e sua importância se reflete no número de instalações existentes, que correspondem a 80% dos poços produtores mundiais, o que lhe dá a posição de método mais utilizado no mundo. A Figura 1 mostra como o número de instalações de bombeio se destaca, em relação a outros métodos de elevação. Os dados são de uma das Unidades de Negócios da Petrobras (NASCI-MENTO, 2005).

**Figura 1 – Métodos de elevação artificial**



Fonte: Nascimento, 2005.

Nesse sentido, o trabalho tem-se como intuito favorecer a compreensão, utilização, eficiência e descrição dos principais componentes desse sistema na elevação de hidrocarbonetos. São traçados como objetivos do trabalho:

- a) Descrever os equipamentos que fazem parte do sistema;
- b) Identificar problemas na operação do sistema;
- c) Identificar fatores positivos para utilização do equipamento.

## 2 MÉTODOS DE ELEVAÇÃO

### 2.1 ELEVAÇÃO NATURAL

Na elevação natural de petróleo, o fluxo de fluidos (óleo, água e gás) desde o reservatório até as facilidades de produção (separadores, tratadores e tanques) é devido unicamente à energia do reservatório. Normalmente ocorre no início da vida produtiva das jazidas. Porém, com o passar do tempo e o aumento da produção acumulada, a pressão do reservatório declina, tornando-se insuficiente para deslocar os fluidos até a superfície numa vazão econômica ou conveniente (THOMAS et al., 2004).

Esse método de elevação é o mais vantajoso, pois há menos problemas operacionais, com isso são necessários menores custos unitários de produção, além de possuírem altas vazões de líquido na grande maioria das vezes.

O principal fator que auxilia essa elevação é a própria pressão do poço, sendo que outros fatores, também, são importantes, como: a propriedade dos fluidos, o índice de produtividade do poço, o mecanismo de produção, ou seja, gás em solução, capa de gás ou influxo de água, o dano causado à produção elaboradora durante a perfuração e/ou

28 | conclusão do poço, a aplicação de técnicas de estimulação (faturamento, acidificação) e adequado isolamento das zonas de água e gás adjacentes à zona de óleo (OLIVEIRA, 2010).

## 2.2 ELEVAÇÃO ARTIFICIAL

Um poço pode ser surgente no início de sua vida produtiva, mas com o tempo necessitar de energia extra para produzir, devido à queda de pressão no reservatório. Em outros casos, o reservatório é depletado, e o poço desde o início necessita de equipamentos para elevação.

Com a produção dos fluidos do reservatório e a sua conseqüente depleção, a vazão do poço começa a reduzir até chegar ao ponto em que ele deixa de produzir totalmente ou economicamente. Para colocar o poço novamente em produção ou para aumentar a vazão de líquido, é necessário fornecer trabalho ao sistema. Isto é conseguido por meio da aplicação de algum método de elevação artificial. A elevação artificial é o conjunto de equipamentos e técnicas para tornar a produção do poço viável economicamente (ESTEVAM, 1993).

Dentre os diversos métodos de elevação utilizados na Petrobrás destacam-se: Gás Lift, Bombeio Centrífugo Submerso, Bombeio de Cavidade Progressiva e Bombeio Mecânico. Cada poço tem sua particularidade por isso antes da escolha do método é necessário conhecer alguns parâmetros, entre eles:

- Índice de Produtividade do Poço;
- Vazões de produção;
- Profundidade de elevação;
- Características dos fluidos produzidos:
  - Viscosidade;
  - Densidade;
  - RGL (quantidade de gás);
  - Composição (parafínico, aromáticos etc.);
- Produção de areia;
- *Onshore* ou *Offshore* (conclusão seca ou molhada);
- Disponibilidade de Energia e Gás;

### 2.2.1 Métodos de Elevação Artificial

#### 2.2.1.1 Gás lift

A elevação por gás *lift* contínuo é o principal método de elevação artificial utilizado, principalmente, para produção em poços submarinos (Plataformas submarinas) devido a sua robustez e a larga faixa de vazão que o poço pode produzir.

É um método relativamente barato e simples de instalar e requer menos manutenção quando comparado a alternativas, tais como bombeio centrífugo submerso, bombeio mecânico e bombeio por cavidade progressiva. Um poço equipado para produzir por gás *lift* contínuo necessita ser analisado com frequência, pois seu desempenho está estreitamente relacionado às condições de produção do reservatório e às características de fluxo, aspectos estes que podem variar ao longo da vida produtiva da instalação.

Nesse método, a elevação do petróleo se dá pela redução da densidade dos fluidos produzidos, mediante a injeção de gás em um determinado ponto da coluna de produção. A injeção pode ser contínua ou intermitente.

### **2.2.1.2 Bombeio centrífugo submerso**

Neste método, uma bomba centrífuga de múltiplos estágios, acionada por motor elétrico é posicionada na extremidade inferior da coluna de produção. A energia elétrica é transmitida da superfície até o fundo, por meio de um cabo elétrico especialmente projetado para operar nas condições do fundo do poço (BEZERRA, 2007).

### **2.2.1.3 Bombeio de cavidade progressiva**

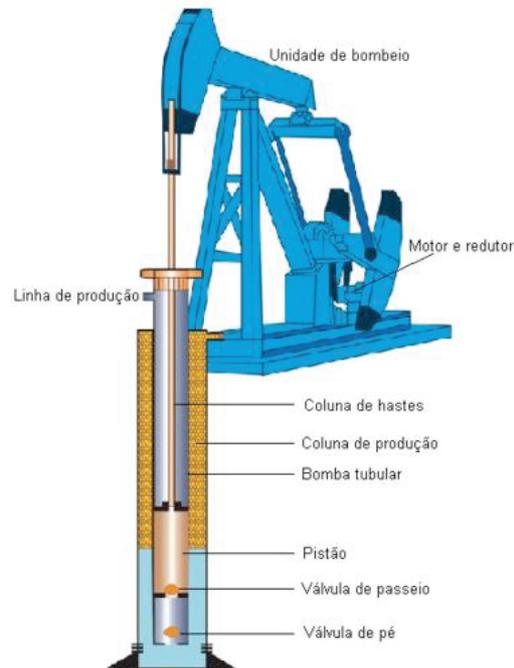
O bombeio por cavidades progressivas (BCP) é um método de elevação artificial em que a transferência de energia ao fluido é feita por meio de uma bomba de cavidades progressivas. É uma bomba de deslocamento positivo que trabalha imersa em poço de petróleo, constituída de rotor e estator.

A geometria do conjunto é tal que forma uma série de cavidades herméticas idênticas. O rotor ao girar no interior do estator origina um movimento axial das cavidades, progressivamente, no sentido da sucção para a descarga, realizando a ação de bombeio. O acionamento da bomba pode ser originado da superfície, por meio de uma coluna de hastes e um cabeçote de acionamento, ou diretamente no fundo do poço, por meio de um acionador elétrico ou hidráulico acoplado à bomba (ESTEVAM, 1993).

## **3 BOMBEIO MECÂNICO COM HASTES**

Nesse método de elevação artificial, o movimento rotativo de um motor elétrico ou de combustão interna é transformado em movimento alternativo, por uma unidade de bombeio localizada próxima à cabeça do poço. Uma coluna de haste transmite o movimento alternativo para o fundo do poço, acionando uma bomba que eleva os fluidos produzidos pelo reservatório para a superfície.

Os principais componentes do bombeio mecânico com hastes são: bomba de superfície, coluna de hastes, unidade de bombeio e motor, conforme esquematizado na Figura 2.

**Figura 2** – Bombeio Mecânico com Hastes

Fonte: ROSSI, 2003.

Como vantagens da aplicação deste equipamento se pode citar:

- É um método bastante conhecido, de simples operação e fácil diagnóstico;
- Projeto de instalação simples;
- Utilizado em locais onde não há energia elétrica, utilizando-se de motor a combustão interna;
- Poços produtores de óleo viscoso;
- A reposição de componentes e acessórios é de fácil realização.
- E tem-se como desvantagens:
- A profundidade principalmente devido à resistência mecânica do material usado na fabricação das hastes;
- Elevado custo da unidade (montagem e manutenção);
- Não é recomendado para poços produtores de óleo parafinado;
- Não é recomendado para poços produtores de areia, porque a areia desgasta mais rapidamente as partes moveis e a camisa da bomba devido à sua abrasividade;
- A presença de gás livre na sucção da bomba pode reduzir drasticamente a capacidade de bombeio de líquido do sistema, podendo até provocar um bloqueio de gás. Contudo o efeito do gás no bombeio mecânico é menos problemático que

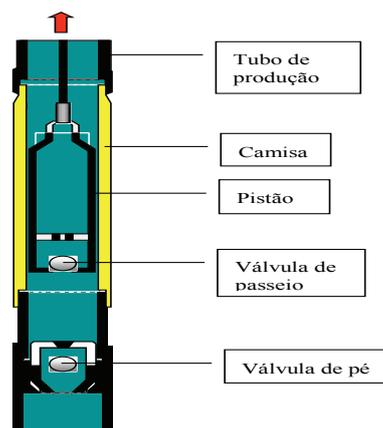
- Em poços desviados, o atrito do metal-metal pode aumentar substancialmente as falhas mecânicas, em poços desviados esse método resulta em elevado atrito da coluna de hastes de assentamento da bomba de fundo, é limitada com a coluna de produção, provocando aumento de cargas na haste polida, além do desgaste prematuro das hastes e da coluna de produção nos pontos de maior contato;
- A unidade de bombeio é bastante pesada e ocupa um espaço considerável das instalações de superfície nas instalações do poço.

### 3.1 PRINCIPAIS COMPONENTES DO BOMBEIO

#### 3.1.1 Bomba de Subsuperfície

Sua função é fornecer energia ao fluido vindo da formação, elevando-o para a superfície. A transmissão de energia ao fluido ocorre sob a forma de aumento de pressão. A bomba é do tipo alternativo, de simples efeito, com as seguintes partes principais: camisa, pistão, válvula de passeio e válvula de pé, representados na Figura 3:

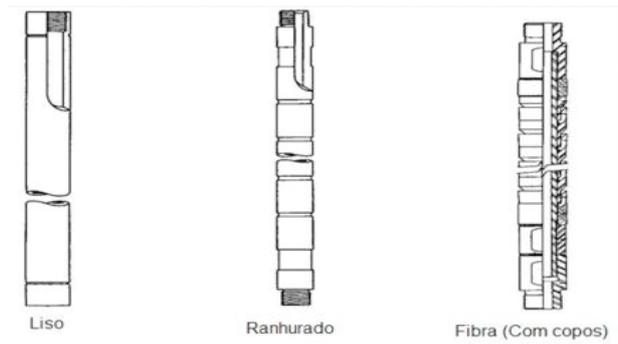
**Figura 3 – Bomba de fundo**



Fonte: Oliveira, 2010.

##### 3.1.1.1 Pistão

O pistão é tipicamente a parte móvel da bomba de fundo, e é ligado diretamente à coluna de hastes, o pistão abriga a válvula de passeio (válvula de descarga), que durante o curso ascendente do ciclo de bombeio, sustenta e eleva o líquido contido no tubo de produção, são utilizados três tipos de pistão, conforme ilustrado na Figura 4:

**Figura 04 – Tipos de Pistões**

Fonte: ROSSI, 2003

- I - Metálico com superfície lisa;
- II - Metálico com superfície ranhurada: as ranhuras proporcionam maior lubrificação e acúmulo de sólidos;
- III - De fibra: são mais baratos, porém menos resistentes.

### 3.1.1.2 Camisa

A camisa, que é tipicamente a parte fixa da bomba de fundo, contém a válvula de pé, que é fixa na camisa da bomba de fundo, funcionando como uma válvula da admissão, por meio da qual o fluido do poço penetra na camisa durante o curso ascendente do ciclo de bombeio. A camisa consiste de um tubo, sendo que a superfície interna é endurecida ou revestida com uma camada dura. O tubo camisa pode ser fixo ou móvel (OLIVEIRA, 2010).

### 3.1.1.3 Válvulas de pé e passeio

As válvulas de pé e passeio são, ambas, do tipo sede/esfera (FIGURA 5). A válvula de passeio é instalada na parte móvel. A válvula de pé, instalada na parte fixa, permite fluxo somente no curso ascendente, funciona como uma válvula de retenção no curso descendente.

**Figura 5 – Sede e esfera danificadas por colisões excêntricas excessivas**

Fonte: Oliveira, 2010.

### 3.2.1 Tubulares

Uma bomba se diz tubular, quando o pistão é parte integral da coluna de produção, ou seja, é uma extensão desta. Sua instalação, inspeção e substituição envolvem o trabalho de sacar toda a coluna (FERREIRA).

Estas bombas são desenhadas para produzir mais vazão que uma bomba insertável, para uma mesma coluna de produção. Isto se deve ao seu diâmetro maior.

Destacam-se como suas principais vantagens se comparado com a bomba insertável, sua resistência à carga, seu baixo custo, pois possuem menos partes móveis, e sua adequação para fluidos viscosos, tendo seus diâmetros maiores. Já seu lado negativo é que para manutenção é necessário a remoção de toda a coluna, e não sendo indicada para fluidos gaseificados, além da sua limitação de profundidade.

### 3.2.2 Insertável

Nas bombas insertáveis, todas as partes da bomba descem conectadas a colunas de haste. A bomba é conectada no *nipple* de assentamento previamente descido na coluna. É necessário um mecanismo (trava) para prender a parte estacionária da bomba (camisa) na coluna e vedar o espaço entre eles.

A trava pode ser na parte superior da bomba, na inferior ou em ambas:

- Trava superior: redução dos danos causados pela produção de areia.
- Trava Inferior: redução na elongação da bomba, já que no curso descendente todo o peso do óleo é transferido para a válvula de pé (base da bomba).
- Trava em ambas as extremidades: em poços profundos e com produção de areia.

Seu lado positivo em relação às tubulares é que a manutenção não requer a remoção da coluna para trocar a bomba de fundo numa intervenção com sonda de produção, tendo em seu lado oposto a haste do pistão que pode se desgastar devido a fricção contra o seu guia, possuindo um número maior de partes e maior custo, fazendo com que no seu curso descendente com peso sobre a válvula de pé submeta a camisa a altas cargas de fluido, podendo alongar caso a carga esteja na parte de cima. Nesse caso por descer dentro da coluna seu diâmetro é reduzido proporcionando menores vazões.

## 3.3 COLUNA DE HASTES

As hastes operam em ambientes que podem ser abrasivos, corrosivos ou ambos. Pode haver cargas cíclicas, já que o peso do fluido acima da bomba é mantido pela coluna de hastes no curso ascendente; já no curso descendente é sustentado pela coluna de produção. Pelos esforços alternativos a coluna de hastes é um ponto crítico do sistema.

Segundo Thomas e outros autores (2004), dentro da variedade de tipos de hastes existentes, podem-se citar as de aço e as de fibra de vidro. As de aço são usadas com maior

34 | frequência. Devido ao custo elevado das hastes de fibra de vidro, as mesmas são mais utilizadas quando o poço apresenta grande problema de corrosão e cargas elevadas.

As hastes são classificadas mediante o diâmetro nominal e da composição química (grau de aço) quanto se trata de hastes de aço. Em relação às de fibra de vidro são classificadas pelo diâmetro nominal, temperatura permitida de trabalho e composição química das extremidades metálicas. Thomas e outros autores (2004), dizem, ainda, que em função da localização podem-se nomear as hastes, a primeira haste que se localiza no topo da coluna é a haste polida, que tem o objetivo de proporcionar uma melhor vedação na cabeça do poço. Essa haste se mantém entrando e saindo do poço, por conta do movimento alternativo da coluna de hastes. O stuffing Box é que veda a cabeça do poço. A haste polida sofre a maior força de tração, por sustentar as seguintes cargas:

- Peso das hastes ( $P_h$ ): É o peso da coluna de hastes medido no ar. Para uma determinada coluna, seu valor é constante e positivo, atuando sempre de cima para baixo.
- Força de empuxo ( $F_e$ ): Esta força é igual ao peso do fluido deslocado pela coluna de hastes. O seu valor é constante e negativo, atuando sempre de baixo para cima.
- Força de aceleração ( $F_{ac}$ ): É a força responsável pela variação da velocidade das hastes. A velocidade é nula quando atinge o ponto mais alto e o ponto mais baixo do ciclo, conseqüentemente são os pontos onde ocorrem os valores máximos de aceleração.
- Força de fricção ( $F_f$ ): Atua no sentido oposto ao do movimento e é devida ao atrito das hastes com o fluido e com a coluna de produção. O seu valor é variável e diretamente proporcional à velocidade das hastes.
- Peso do fluido ( $P_f$ ): É o peso da coluna de fluido que está acima do pistão. Atua somente no curso ascendente, quando todo o fluido que está na coluna de produção é sustentado pela válvula de passeio.
- A soma das cargas determina a carga ( $F$ ) que é medida pelo dinamômetro. Fórmula da carga:  $F = P_h + F_e + F_{ac} + F_f + P_f$ .

As cartas dinamométricas são gráficos que representam a variação da carga na haste polida em função do tempo, durante o período de um ciclo de bombeio. A carga na haste polida é o peso por ela suportado. A carta é obtida instalando-se um dinamômetro para registrar as cargas na haste polida durante um ciclo completo (SOUZA, 2005).

### 3.3.1 Falhas na Coluna de Hastes

A coluna de hastes é, usualmente, o componente mais crítico deste sistema, respondendo pelo maior número de ocorrências de falhas, parte significativa destas falhas deve-se ao ataque de agentes corrosivos, presentes no fluido produzido, combinados com efeitos mecânicos (fadiga e erosão), que comprometem a integridade física das hastes. Em virtude das falhas ocorridas com as hastes de bombeio, um significativo investimento torna-se necessário para a continuidade da operação deste método de elevação artificial (SANTOS, 2008).

A utilização de materiais comuns, em geral aço carbono, nas hastes de bombeio devido ao seu baixo custo, nos poços maduros de petróleo localizado nos estados de Sergipe, Alagoas, Bahia e Rio Grande do Norte, os quais são submetidos a esforços mecânicos combinados do tipo tração-compressão-abrasão, adicionados ainda com a presença de ambientes agressivos (produção de petróleo em poços com presença de água, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, salinidade etc.), induz a degeneração drástica do material levando-o até a ruptura.

Este tipo de falha, que reduz substancialmente o tempo de vida em serviço das hastes, apresenta-se constantemente em períodos aleatórios e curtos, impossibilitando qualquer planejamento das equipes relacionadas com manutenção do sistema de produção. Os transtornos operacionais, a diminuição na produção do petróleo, a “energia” aplicada (alto custo) para recolocar o sistema em funcionamento, com frequente substituição de materiais e/ou equipamentos, tem-se caracterizado como um grave problema da indústria do petróleo, não só específico da Petrobrás.

A substituição dos materiais comuns por materiais maciços que apresentem características mais nobres de proteção e prevenção de falhas têm, portanto, limitações, porque pode se revelar uma solução muito onerosa. Uma alternativa, bem menos onerosa, é modificar a superfície do material comum utilizado nos equipamentos de subsuperfície, aplicando um revestimento de proteção mais nobre para garantir o desempenho, a durabilidade ou uma melhor viabilidade econômica do sistema.

Em levantamento, realizado pela PETROBRAS – UN-SEAL/ENGP/ELV (Gerência de Elevação do Suporte Técnico), foi verificado que no período de 01/10/2004 a 30/09/2007, 29% das ocorrências de falhas em poços foram ocasionadas por falhas em hastes de bombeio, dentre as quais 16% do total de falhas foram ocasionadas por ruptura de hastes, conforme Tabela 1 (BEZERRA, 2007).

**Tabela 1** – Falhas em Poços de produção de petróleo da UN-SEAL

Nº DE FALHAS EM POÇOS	4647
Nº DE FALHAS RELACIONADAS À HASTES DE BOMBEIO	1328 (29%)
Nº DE FALHAS POR RUPTURA DE HASTES	723 (16%)

Fonte: Bezerra, 2007.

### 3.4 UNIDADE DE BOMBEIO

A unidade de bombeio é o equipamento que converte o movimento de rotação do motor em movimento alternativo das hastes. A escolha de uma unidade de bombeio para determinado poço deve levar em consideração o máximo torque, a máxima carga e o máximo curso de haste polida que irão ocorrer no poço. A Figura 8 apresenta uma ilustração de uma unidade de bombeio.



Fonte: Thomas e outros autores, 2004.

### 3.4.1 Base

Moldada em concreto ou formada por perfis de aço, serve como base onde se prendem, devidamente alinhados, o tripé, a caixa de redução e o motor.

### 3.4.2 Tripé

Formado por perfis de aço que devem possuir rigidez suficiente para suportar toda a carga da haste polida.

### 3.4.3 Viga Transversal ou Balancim

Viga de aço apoiada em seu centro por um mancal, o qual está preso no topo do tripé. A viga deve ter resistência suficiente para suportar de um lado a carga da haste polida e do outro a força transmitida pela biela.

### 3.4.4 Cabeça da UB

Localizada em uma das extremidades do balancim, suporta a carga da haste polida por meio de dois cabos de aço (cabresto) e uma barra carregadora. A geometria da cabeça da UB faz com que a haste polida se mova verticalmente no poço, reduzindo esforços e atrito no "tê de surgência".

### 3.4.5 Biela e Manivela

Transmitem movimento ao balancim. A distância do eixo da manivela ao mancal da biela define o curso da haste polida. Este curso pode ser modificado alterando-se a posição onde a biela é presa à manivela.

### 3.4.6 Contrapesos

Quando o fluido é elevado o motor somente fornece energia no curso ascendente,

no curso descendente a gravidade é responsável pelo movimento das hastas. Para elevar os fluidos o motor exige força cíclica o que causa a redução da sua vida útil. Na intenção de minimizar esse desgaste são utilizados contrapesos que são colocados na manivela ou na viga de unidade. Sendo assim no curso de ascendente os contrapesos descem o que diminui a potência requerida do motor, já no curso descendente o motor fornece energia e eleva os contrapesos. Sendo assim ocorre uma distribuição mais uniforme das cargas fazendo com que o motor seja exigido de forma mais contínua e aumentando sua vida útil.

### 3.4.7 Caixa de Redução

Transforma a energia de alta velocidade e baixo torque do motor em energia de alto torque e baixa velocidade. A velocidade de 600 ou 900 rpm do motor é reduzida para velocidades de 6 a 20 ciclos por minuto. A redução é feita através de polias e através de engrenagens. O custo do redutor é de aproximadamente 50% do valor total da unidade.

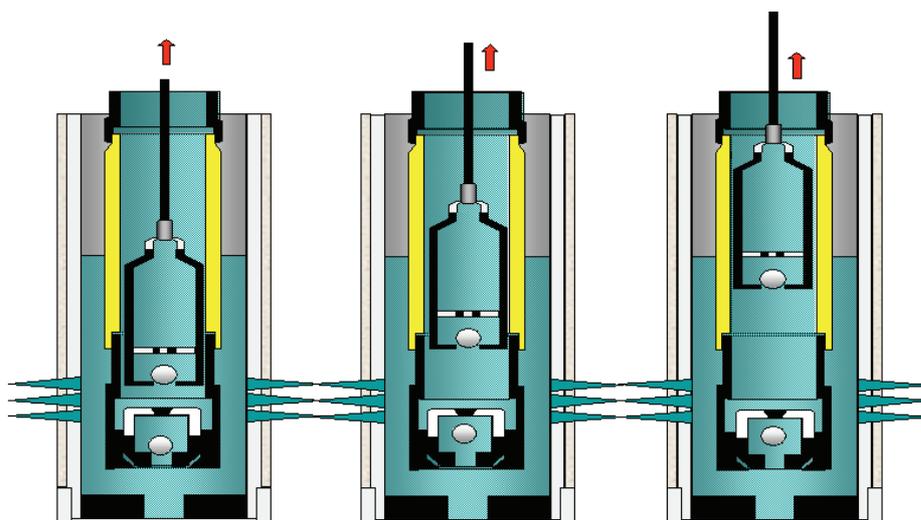
### 3.4.8 Motor

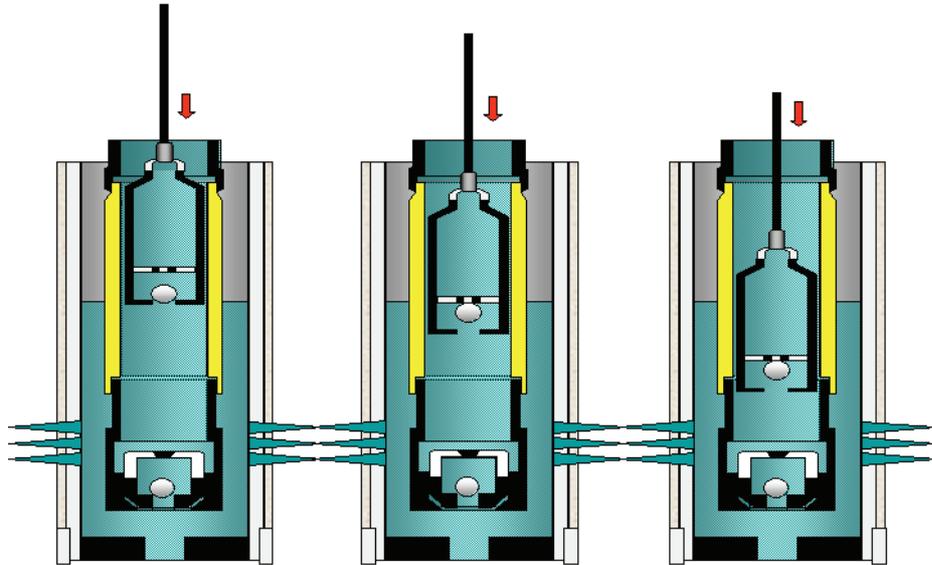
Os motores podem ser elétricos ou de combustão interna. Nos locais onde existe energia elétrica disponível são utilizados motores elétricos, pois apresentam maior eficiência, menor custo operacional e menor ruído. São ligados à rede elétrica por meio de um quadro de comandos, onde é feito o controle da unidade. Em locais isolados, onde a construção de uma rede para distribuição de energia elétrica não é viável economicamente, são utilizados motores de combustão interna.

### 3.4.9 Ciclo de Bombeio

O ciclo de bombeio é dividido em curso ascendente (upstroke) representados na Figura 6 e curso descendente (downstroke) representados na Figura 7.

**Figura 6** – Curso ascendente e descendente





Fonte: Oliveira, 2010.

No curso ascendente, o peso do fluido que está dentro da coluna de produção mantém a válvula de passeio fechada. A baixa pressão criada na camisa da bomba abaixo do pistão e acima da válvula de pé faz com que esta se abra, permitindo a passagem do fluido que está no anular para o interior da bomba. Todo fluido que está acima do pistão é elevado com as hastes. O fluido que está mais próximo à cabeça do poço entra na linha de produção, e nos ciclos seguintes é deslocado para o vaso separador.

No curso descendente os fluidos que estão na camisa da bomba são comprimidos, fechando a válvula de pé. Como o pistão continua descendo, as pressões acima e abaixo da válvula de passeio se igualam e esta abre, permitindo a passagem de fluido para cima do pistão. Ao atingir o final do curso descendente e iniciar o curso ascendente, a válvula de passeio fecha e a de pé abre, iniciando um novo ciclo.

#### 4 CONCLUSÃO

Observa-se pelo exposto no trabalho, que a energia necessária para a elevação do petróleo é transmitida por meio de uma bomba posicionada no fundo do poço, tendo como principais componentes a bomba de subsuperfície, a coluna de hastes (polidas e de bombeio), a unidade de bombeio e o motor. Relacionando as vantagens e desvantagens do processo de Bombeamento Mecânico com Hastes, tem-se neste um método de baixo custo, no qual seu funcionamento é realizado por meio de gás ou eletricidade como fonte de energia,

O bombeio mecânico com hastes, como qualquer outro método de elevação, tem suas particularidades, é de uso unicamente terrestre e inadequado para poços desviados, sendo seus maiores problemas mecânicos decorrentes dos movimentos repetitivos que causam desgastes nas hastes pelo atrito com a coluna de hastes, sendo estes objetos de estudo para melhorias de suas matérias-primas, e também, sendo necessária sua manutenção preventiva.

BEZERRA, B. S. L. **Estudo para prevenção de falhas de hastes de bombeio de petróleo através de aplicação de revestimento NiCr**. Dissertação de Mestrado apresentada ao programa de Engenharia de Processos da Universidade Tiradentes, Aracaju, 2007.

ESTEVAM, V., Curso de Exploração e Produção de Petróleo – Métodos de Elevação, **Petrobras** – DEPRO/DITEP/SETPRO, 1993.

FERREIRA, M. A. **Métodos de Elevação Artificial do Petróleo**. Revista, local, ano. Disponível em: <<http://www.simonsen.br/its/pdf/apostilas/base-tecnica/2/ambupprod-petroleo-e-gas-2-ano-3-capitulo.pdf>>. Acesso em: 2 set. 2012.

NASCIMENTO, J. M. A. **Simulador computacional para poços de petróleo com método de elevação artificial por bombeio mecânico**, 2005. Disponível em: <[http://bdtd.bczm.ufrn.br/tesesimplificado/tde\\_arquivos/19/TDE-2007-01-18T063848Z-505/Publico/Joao-MAN.pdf](http://bdtd.bczm.ufrn.br/tesesimplificado/tde_arquivos/19/TDE-2007-01-18T063848Z-505/Publico/Joao-MAN.pdf)>. Acesso em: 19 out. 2012.

OLIVEIRA, R. C. **Elevação Artificial de Petróleo – Bombeio Mecânico com Haste (BMH)**. Apostila, Aracaju, 2010.

ROSSI, N. C. M. **Bombeio Mecânico**: apostila Universidade Corporativa PETROBRAS, abril de 2003.

SANTOS, A. O. **Estudo da Resistência a Corrosão em Aço e Revestimentos Visando Aplicação em Hastes de Bombeio de Petróleo**. Dissertação de Mestrado da Universidade Tiradentes, Aracaju, 2008.

SOUZA, R. B. **Uma Arquitetura para sistema Supervisórios Industriais e sua Aplicação em processos de Elevação Artificial de Petróleo**. 2005. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2005. Disponível em: <<ftp://ftp.ufrn.br/pub/biblioteca/ext/bdtd/RodrigoBS.pdf>>. Acesso em: 10 set. 2012.

THOMAS *et al.* **Fundamentos da Engenharia de Petróleo**. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2004.

---

**Recebido em:** 20 de fevereiro de 2013

**Avaliado em:** 6 de agosto de 2013

**Aceito em:** 7 de agosto de 2013

---