

9º CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM PETRÓLEO E GÁS



9º CONGRESSO
Brasileiro de **P&D** em
PETRÓLEO E GÁS

Maceió, AL
de 09 a 11 de novembro
2017

Realização:



ABPG
ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE P&D EM
PETRÓLEO E GÁS



TÍTULO DO TRABALHO:

INSTALAÇÃO DE UMA UNIDADE DE BOMBEIO POR CAVIDADES PROGRESSIVAS EM ESCALA INDUSTRIAL EM UM LABORATÓRIO DE ELEVAÇÃO ARTIFICIAL

AUTORES:

Filipe Dias Oliveira Delgado, William Santana Souza, Tiago de Oliveira Silva, Odilon Santana Luiz de Abreu.

INSTITUIÇÃO:

Centro de Capacitação Tecnológica em Automação Industrial, Universidade Federal da Bahia, Rua Aristides Novis, Federação, 40210-630

Salvador, BA, Brasil

Este Trabalho foi preparado para apresentação no 9º Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Petróleo e Gás - 9º PDPETRO, realizado pela Associação Brasileira de P&D em Petróleo e Gás - ABPG, no período de 09 a 11 de novembro de 2017, em Maceió/AL. Esse Trabalho foi selecionado pelo Comitê Científico do evento para apresentação, seguindo as informações contidas no documento submetido pelo(s) autor(es). O conteúdo do Trabalho, como apresentado, não foi revisado pela ABPG. Os organizadores não irão traduzir ou corrigir os textos recebidos. O material conforme, apresentado, não necessariamente reflete as opiniões da Associação Brasileira de P&D em Petróleo e Gás. O(s) autor(es) tem conhecimento e aprovação de que este Trabalho seja publicado nos Anais do 9º PDPETRO.

INSTALAÇÃO DE UMA UNIDADE DE BOMBEIO POR CAVIDADES PROGRESSIVAS EM ESCALA INDUSTRIAL EM UM LABORATÓRIO DE ELEVÇÃO ARTIFICIAL

Abstract

Founded in 2011 in partnership with Petrobras, the Artificial Lift Laboratory, located at the Polytechnic School of the Federal University of Bahia, is a pioneer in Latin America, and largest and most equipped laboratory wellbore vertical the world, starting your activities in area with pumping sucker-rod artificial. Posteriorly, were implemented an unit submerged centrifugal pump and an progressive cavity pump, totaling three lift wells and artificial, all in industry scale.

Made for research of lift methods of petroleum, for development of techniques of production and advanced studies in lift methods, the Artificial Lift Laboratory is equipped with all structure of well of petroleum, promoting conditions conducive to validation of tests and experiments. The well of sucker-rod pumping artificial has parts built in acrylic to provide the background pump visualization in operation, providing a greater didactic for studding the equipment and subsurface phenomenon. The wells of the Artificial Elevation Laboratory are all instrumented with interface IHM and software's of supervisory systems controls, providing real-time monitoring the conditions operation.

In second semester in 2016, was installed in Artificial Elevation Laboratory the well of progressive cavity pump (PCP). For this new installation was necessary modified the infrastructure of the laboratory, creating a new system individualized of storage of fluid and an instrumentation dedicated to the method. The article intends to show this process in assembly and the existing infrastructure.

1. Introdução

Elevação artificial de petróleo consiste na utilização de equipamentos específicos que forneçam um diferencial de pressão com intuito do aumento da vazão, assim, resultando na elevação deste fluido contido no reservatório até a superfície (THOMAS, 2001).

Um desses métodos é o Bombeio por Cavidades Progressivas (BCP), que é composto por uma bomba de deslocamento positivo no formato de parafuso sem fim, instalada dentro do poço, na extremidade inferior da coluna de produção, através da qual o fluido é bombeado. Esta bomba é formada por duas partes, um rotor e um estator. Seu acionamento ocorre pela rotação do rotor através de uma coluna de hastes, onde os equipamentos de superfície geram e transmitem a rotação para a mesma. É usualmente utilizado em poços rasos (ASSMANN, 2008).

De acordo com Assmann (2008), as principais vantagens desse sistema são:

- Maior adaptação à produção de óleo viscoso, ou de óleo que tenha presença de areia;
- Uma boa resistência à abrasão;
- Baixo investimento inicial;
- Alta eficiência energética;
- Dimensão reduzida dos equipamentos de superfície, diminuindo seu impacto visual.

O dimensionamento do sistema BCP implica na verificação da resistência mecânica e química de cada componente, que é submetido às condições críticas de operação. Os dados preliminares necessários são a vazão total esperada, a máxima produção na cabeça do poço, a profundidade da zona produtora, a composição dos fluidos produzidos e os dados do revestimento.

Portanto, de acordo com a produção esperada, que é definida pelo Índice de Produtividade do Reservatório (IPR), é especificada a vazão da bomba. Com os dados de profundidade da zona produtora, juntamente com a pressão na cabeça do poço é encontrada a pressão requerida, sendo que com esses dados é determinada a quantidade de estágios da bomba. A partir das características químicas dos fluidos produzidos, tem-se dimensão da agressão química que a bomba sofrerá, e com isso é possível determinar o tipo de elastômero e o ajuste do rotor/estator. Com base nos esforços de tração e torque, tem-se a potência requerida de carregamento. Por fim, define-se o tipo de cabeçote, motor e hastes para movimentar todo o sistema (CARVALHO, 1999).

Fundado em 2008 em parceria com a Petrobras, o Laboratório de Elevação Artificial (LEA) dispõe de uma planta com 32 metros de altura, completamente equipada e instrumentada. Suas atividades foram iniciadas na área com uma Unidade de Bombeio Mecânico (BM), hoje dispondo de mais duas unidades, Bombeio Centrífugo Submerso (BCS) e Bombeio por Cavidades Progressivas (BCP).

Segundo Delgado (2015), o LEA é equipado com toda estrutura de um poço de petróleo, e realiza testes constantemente nas suas unidades de elevação artificial, a fim de obter resultados cada vez mais satisfatórios para serem aplicados nos campos de produção, especialmente por, em diversos cenários, ter a capacidade de reproduzir condições similares às condições reais. Estas simulações permitem que os possíveis problemas sejam mitigados e solucionados em campo.

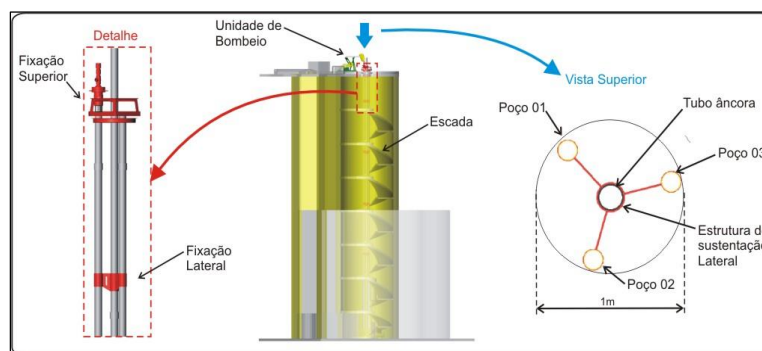
Portanto, este artigo tem como objetivo mostrar o processo de montagem da unidade BCP e a infraestrutura existente, com enfoque nas instalações mecânicas e no que diz respeito à automação da planta.

2. Metodologia

2.1. Processo de Montagem Mecânica

Inicialmente, para a instalação do BCP, foi preciso ser feito um estudo de viabilidade e dimensionamento dos equipamentos, a fim de adequá-los ao espaço de trabalho que a planta dispunha. De acordo com esse estudo, foi determinado o local onde seria instalado o tanque de armazenamento do óleo, bem como a malha de alimentação do poço e a malha de retorno do fluido para os tanques, configurando um sistema fechado. Esse estudo também viabilizou a definição de toda instrumentação da planta, no que diz respeito à medição (sensores), transmissão (rede de transmissão de dados) e apresentação (interface homem-máquina) das variáveis mais relevantes do processo. A Figura 1 ilustra esquematicamente a estrutura dos poços em relação ao prédio da Escola Politécnica.

Figura 1. Localização do BCP na Escola Politécnica

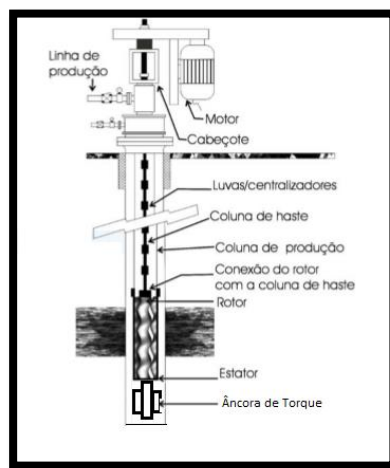


Fonte: O Autor.

Para iniciar o procedimento de instalação do BCP foi preciso içar os equipamentos de superfície de forma separada. Essa operação foi feita com o auxílio de um sistema de içamento com motor elétrico instalado em um pórtico. Toda essa estrutura do sistema se encontra, conforme a Figura 1, na laje do prédio, a 32 metros de altura.

Após o trabalho de içamento, foi iniciado o processo de instalação da bomba (estator e rotor) no poço. O primeiro equipamento a ser inserido na coluna de revestimento foi a âncora de torque, que tem como finalidade evitar o back-off¹ da coluna de produção¹. Esse dispositivo, por sua vez, foi enroscado na bomba. O próximo passo foi enroscar a coluna de produção, que tem como finalidade conduzir o fluido até o reservatório localizado na superfície. Na medida em que esses equipamentos eram conectados, eram também inseridos na coluna de revestimento, sendo que para a realização dessa operação foi necessário utilizar um sistema de ancoragem. Vide estrutura na Figura 2.

Figura 2. Esquema do BCP



Fonte: Adaptado de ASSMANN (2008).

Finalizado o trabalho de instalação dos equipamentos de subsuperfície, foi iniciado o procedimento de instalação do cabeçote, sendo que para o casamento entre os equipamentos de subsuperfície (âncora de torque, bomba, coluna de produção e coluna de hastes) e superfície (cabeçote com motor elétrico e tê-de-fluxo), foi enroscada uma redução ao último tubo de produção, interligando a tubulação de produção com o tê-de-fluxo (peça responsável por fazer a ligação do fluido produzido no poço com a superfície), vide Figura 3.

Figura 3. Casamento da subsuperfície com superfície



Figura 4. Tê de fluxo montado



Fonte: O autor.

¹ Desenroscamento da coluna de produção

A figura 4 mostra o tê-de-fluxo já preparado para receber o cabeçote. O procedimento para instalação do cabeçote segue o mesmo padrão de instalação dos equipamentos de superfície anteriores.

A Figura 5 ilustra o cabeçote e a estrutura montada. Nesse equipamento utilizasse um motor elétrico, que através de um sistema de transmissão por polias fornece torque à haste polida, que consequentemente transmite esse torque para a coluna de hastes e por fim, para o rotor (vide Figura 2), fazendo com que ocorra a elevação do fluido.

Figura 5. Cabeçote instalado



Fonte: O autor.

Além disso, os cabeçotes têm que atender a outros requisitos e funções, tais como: proporcionar a selagem do fluido do poço, suportar o peso da coluna de hastes, suportar a carga axial associada, que é determinada pela ação de bombeio e proporcionar os meios de evitar reversão de giro (NETZSCH, 2005).

Na linha de superfície foi instalado um skid de válvulas com o intuito de simular diversas condições de operação, conforme foi ilustrado na Figura 5 e no esquema da Figura 6.

2.2. Automação da Planta

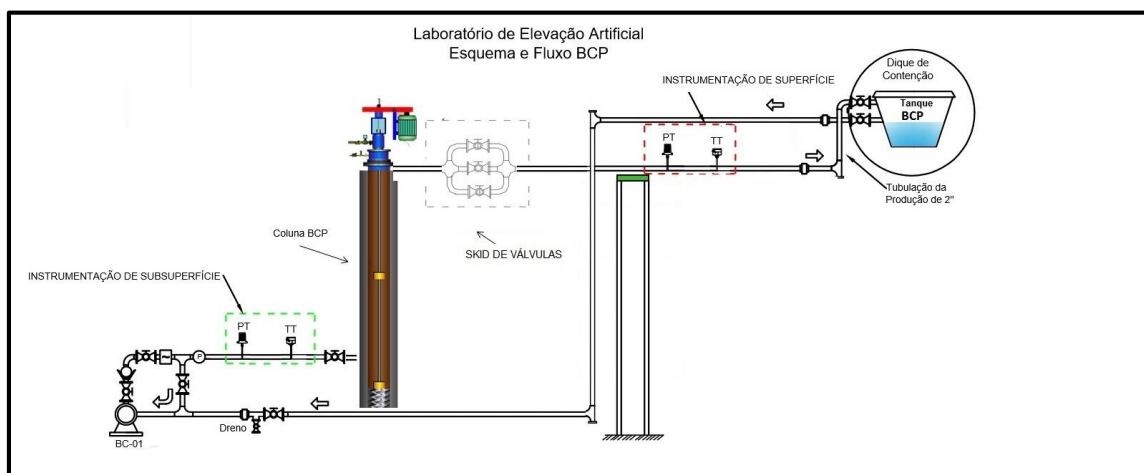
No que diz respeito à automação da planta, existem três painéis que controlam as variáveis de processo, sendo uma dedicada ao acionamento e controle do sistema de bombeio, outra responsável por fazer a aquisição dos dados provenientes da instrumentação de superfície (painel remoto) e a última por fazer aquisição dos dados da instrumentação de subsuperfície (painel local).

Em relação à instrumentação da planta, existe um sensor de pressão e outro de temperatura logo após cabeça do poço e também no fundo do poço, sendo que os instalados no fundo são acessíveis ao instrumentista, conforme Figura 6. Esses sensores são de estado sólido, ou seja, sem partes móveis, e são ideais para o sistema, pois são minimamente intrusivos, não necessitando de acessórios, como filtros.

O sistema funciona em malha fechada, onde seu tanque de alimentação está instalado na laje superior da escola. Este tanque alimenta o poço através do princípio da gravidade, que causa um

diferencial de pressão no fluido, sendo que válvulas instaladas em diferentes pontos da tubulação permitem o escoamento e consequentemente o retorno desse fluido. Para melhor compreensão vide Figura 6.

Figura 6. Fluxograma BCP

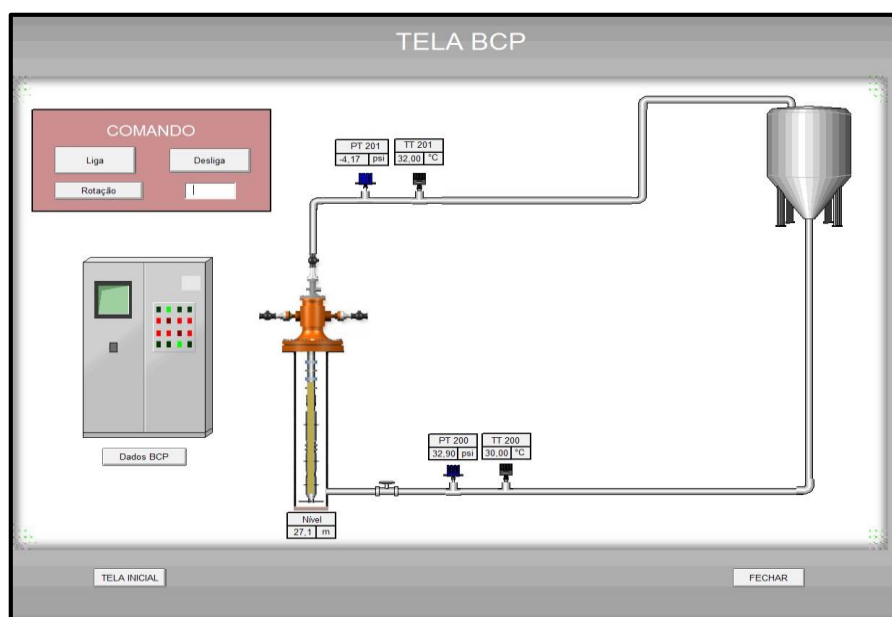


Fonte: O autor.

Em relação ao interfaceamento homem-máquina, foram desenvolvidas telas de supervisão através do PI ProcessBook, que é uma aplicação de visualização de dados da empresa parceira Osisoft.

Inicialmente, foi desenvolvida uma tela principal geral para os três sistemas, onde é possível acessar os dados da planta que se deseja operar. Ao selecionar a tela do BCP, são apresentados os principais equipamentos de instrumentação do sistema, que são os sensores de pressão e temperatura, bem como as suas respectivas variáveis em tempo real. Na aba de comando se encontra o menu da planta, sendo possível ligá-la, desligá-la e configurar a rotação das hastes. Toda a parte de acionamento da planta, que se encontra na aba de comando, foi desenvolvida através de linguagem VBA, que é uma ferramenta complementar no software. A Figura 7 ilustra a tela de operação do sistema BCP.

Figura 7. Tela BCP



Fonte: O autor.

3. Resultados e Discussão

Diante do que foi montado, teve-se como principais dificuldades o fato do sistema ter sido instalado no interior de um prédio com grande fluxo de pessoas e a logística para instalação dos equipamentos de superfície.

Por se tratar de um ambiente que não pode ser isolado, algumas medidas de segurança foram adotadas, como a realização de operações mais arriscadas nos finais de semana e a escolha do óleo mineral lubrificante com características similares ao do petróleo em relação a viscosidade e densidade, porém com alto ponto de fulgor, evitando o risco de incêndio.

Um importante ponto quanto ao sistema que foi montado é com relação à estrutura de sensoriamento do fundo do poço que no LEA é acessível (vide Figura 8), enquanto em poços reais isto é difícil e muito caro. Com essa instrumentação é possível criar a curva de IPR e mapear uma importante variável para esse método de elevação, que é o nível dinâmico.

Figura 8. Estrutura de sensoriamento do fundo do poço



Fonte: O autor.

O nível dinâmico do poço consiste no nível de fluido no anular, que é a região entre a coluna de revestimento e a coluna de produção, durante o processo de bombeio. Segundo Assmann (2008), com o conhecimento do nível dinâmico do poço é possível inferir a pressão de sucção da bomba, sendo que quanto maior o nível, menor a pressão de sucção, e consequente maior a vazão de produção do sistema.

Tendo em posse esse dado, é possível desenvolver um método de controle para a planta, a qual possa controlar a velocidade de rotação das hastes e consequentemente manter o sistema em seu ponto ótimo de operação. Outro ponto a ser considerado é que apesar do sistema estar limitado a uma profundidade de 32 metros, o skid instalado proporciona uma perda de carga maior na saída do sistema, possibilitando a simulação de um poço com profundidade de aproximadamente 700 metros. Associado a isso, é possível configurar a rotação da bomba, o que demonstra ainda mais a versatilidade do sistema.

4. Conclusões

Diante do que foi abordado no presente artigo, o método de elevação BCP está operacional no Laboratório de Elevação Artificial da UFBA e conclui-se que o sistema tem grande potencial no que diz respeito à realização de estudos relacionados ao método, permitindo a validação de testes e aprimoramento de técnicas já existentes.

5. Agradecimentos

À Petrobras e ao LEA, pelo incentivo e fomento para a realização desta instalação.

6. Referências Bibliográficas

ASSMANN, B.W., Estudo de Estratégias para Otimização de Poços de Petróleo com Elevação de Bombeio por Cavidades Progressivas. 2008. 248f. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.

CARVALHO, P.C.G.de, Gerenciamento do Bombeio de Cavidades Progressivas. 1999. 135f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, São Paulo.

DELGADO, F.D.O., Estudo de um Sistema BCP para Aplicação em Laboratório de Elevação Artificial. 2015. 48f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia de Petróleo) – Centro Universitário Estácio da Bahia, Salvador.

NETZSCH Oilfield Products, **Manual de Sistemas BCP**. Santa Catarina, 2005.

PESSOA, P.A.S., Simulação Computacional do Escoamento em Bombas de Cavidades Progressivas. 2009. 105f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.

THOMAS, J.E., **Fundamentos de Engenharia de Petróleo**, Interciência: Petrobras. Rio de Janeiro, 2001.