

GEOMETRIA DA BOMBA DE CAVIDADES PROGRESSIVAS

Isla Mirella Caetano Silvino¹

Lucas de Almeida Argôlo²

Pablo Lacerda da Silva³

Libel Pereira da Fonseca⁴

Engenharia de Petróleo



ISSN IMPRESSO 1980-1777

ISSN ELETRÔNICO 2316-3135

RESUMO

O método de elevação artificial por bombeio de cavidades progressivas tem se mostrado muito eficiente na produção de óleos com alta viscosidade ou que possuem uma grande quantidade de areia. Essa característica tem feito do mesmo o segundo método de elevação mais utilizado nos campos de produção de petróleo. Esse método utiliza um sistema de movimentos rotativos na superfície, que por intermédio de um conjunto de hastes é transmitido para os acessórios dos equipamentos de bombeio, objetivando elevar o fluido existente no fundo do poço para a superfície. A geometria da bomba de cavidades progressivas é de suma importância para o resultado final, pois é caracterizado pelo passo do rotor, passo do estator e se seus diâmetros para que haja dimensões que trabalhem em harmonia e encaixe perfeito. A fim de contribuir para o entendimento desse sistema, esse trabalho propõe apresentar os principais componentes desse sistema como também suas funcionalidades. Para apresentação do sistema ele foi dividido em: Componentes do Sistema, Geometria, Vantagens e Desvantagens.

PALAVRAS-CHAVE

Elevação Artificial. Bombeio por Cavidades Progressivas. Geometria. Sistema.

ABSTRACT

The method of artificial lift by pumping progressive cavity has been very efficient in the production of high viscosity oils or that have a lot of sand. This feature has made of it the second method of raising more used in oil production fields. This method uses a system of rotating movements on the surface, which through a set of rods is transmitted to the accessories of pumping equipment, aiming to raise the fluid in the deep to the surface. The geometry of the progressing cavity pump is very important for the final result, it is characterized by the rotor pitch, stator step and their diameters so that there are dimensions that work in harmony and perfect fit. In order to contribute to the understanding of this system, this paper proposes to present the main components of this system as well as its functionality. For presentation of the system it was divided into: System Components, Geometry, Advantages and Disadvantages.

KEYWORDS

Artificial Lift. Pumping by Progressive Cavity. Geometry. System.

1 INTRODUÇÃO

Com a primeira perfuração de um poço de Petróleo, em 1859, na Pensilvânia, Estados Unidos, desencadeou-se uma produção em massa do Ouro Negro por todo o mundo, no qual, no decorrer do tempo foram cada vez mais utilizadas novas técnicas de perfuração, completação e produção (GLOBO CIÊNCIA, 2013).

A perfuração contempla as atividades relacionadas ao projeto e perfuração propriamente dita do poço que faz a comunicação do reservatório com a superfície. A completação trata-se da preparação do poço para a produção, envolvendo técnicas de isolamento das zonas produtoras e testes de vazão e pressão do poço. E por fim, a produção, que envolve o projeto, monitoração e garantia do fluxo de óleo/gás, do reservatório até a superfície, na planta de superfície, e o envio para os sistemas externos de transporte, ou armazenagem (ASSIS, 2011).

Após um poço ser perfurado, os procedimentos necessários para que o petróleo seja retirado são tomados, ao qual é dado o nome de elevação, que tem como principal função o transporte de fluidos do fundo do poço até a superfície. Os poços de petróleo podem produzir por elevação natural ou elevação artificial, a depender da pressão do reservatório. A área de elevação da Engenharia do Petróleo é responsável pela maximização da produção de óleo e gás dos reservatórios.

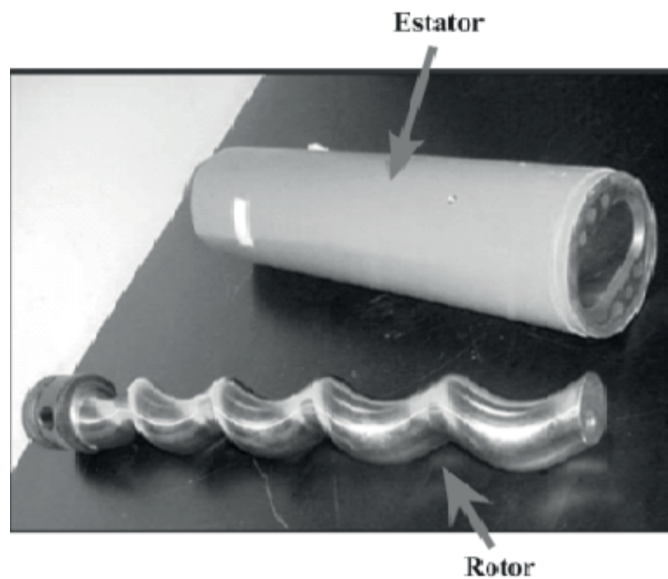
Quando a pressão no reservatório é suficientemente elevada, os fluidos nele contidos alcançam livremente a superfície, dizendo-se que são produzidos por eleva-

ção natural. Os poços que produzem desta forma são denominados de poços surgentes. Quando a pressão no reservatório é relativamente baixa, os fluidos não alcançam a superfície sem que sejam utilizados meios artificiais para elevá-los. Os métodos de elevação mais comuns na história do petróleo são: Gas-lift, Bombeio centrífugo submerso, Bombeio mecânico com hastes, Bombeio hidráulico a jato, Bombeio por cavidades progressivas.

A seleção do melhor método para um determinado poço depende de vários fatores tais como: número de poços, diâmetro do revestimento, produção de areia, razão gás-líquido, vazão, profundidade do reservatório, viscosidade dos fluidos, custo operacional, entre outros.

O sistema de bomba de cavidades progressivas foi desenvolvido em 1920, pelo engenheiro francês René Moineau. Este sistema é composto por um rotor e um estator, o rotor sendo uma peça metálica de forma semelhante a um parafuso, com o centro da hélice deslocado do centro da seção, e o estator sendo formado por um tubo de aço revestido internamente por uma hélice dupla, esta podendo ser de aço ou de elastômero. Na Figura 1 é mostrada uma foto desses componentes essenciais/primitivos de uma BCP (Almeida, 2010).

Figura 1 – Rotor e estator de uma BCP



Fonte: Almeida (2010).

Depois de sua criação, o sistema só foi patenteado no ano de 1930, e em 1932 foi criada a *Pompes Compresseurs Mécanique*, primeira empresa para fabricação deste tipo de bombas e outras fábricas como: a inglesa *Mono Pumps* e a americana *Robins & Myers* foram licenciadas. Mas somente no ano de 1933 a primeira bomba foi fabricada, sendo vendida apenas em 1935.

Na busca de aumentar a sua aplicabilidade na década de 1940, a borracha natural foi substituída pela sintética, denominada de elastômero devido ao seu alto grau de deformação elástica, com isso, possibilitando a sua aplicação em condições mais adversas de temperatura e pressão (ASSMANN, 2008). Na década de 1950 deu-se início a sua aplicação em acionamento hidráulico de bombas para perfuração de poços (CARVALHO, 1999).

A sua utilização no Brasil foi iniciada no ano de 1982, no nordeste do país, mais precisamente no estado do Ceará no campo de Fazenda Belém, depois se expandindo para outras regiões, como: bacia potiguar, Sergipe, Alagoas, Bahia e Espírito Santo (ASSMANN, 2008). Com o sucesso obtido no uso deste sistema e dos avanços no desenvolvimento de novos equipamentos na década de 1990, foram ampliados os seus limites de aplicação, atendendo assim uma maior faixa de vazão e pressão e com isso se tornando um método mais competitivo em relação aos outros sistemas de elevação artificial comumente utilizados (CARVALHO, 1999).

2 OBJETIVO

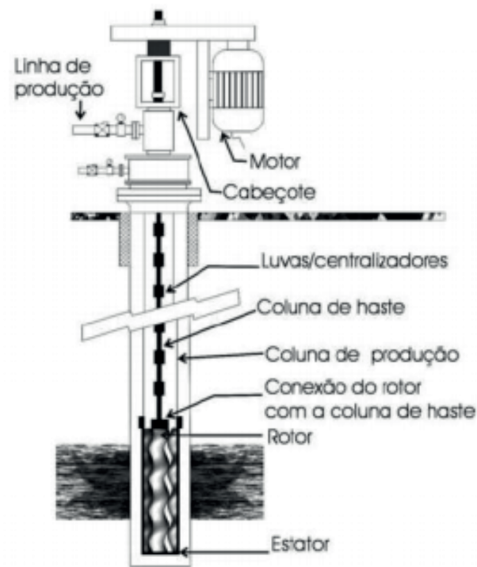
Estudar o funcionamento do sistema de bombeio por cavidades progressivas, com ênfase nos parâmetros geométricos que caracterizam o sistema, suas características, funções e seus principais benefícios e problemas.

3 BOMBEIO POR CAVIDADES PROGRESSIVAS

3.1 COMPONENTES DO SISTEMA

O sistema de BCP é um método de elevação artificial em que a transferência de energia ao fluido é feita pela rotação de uma bomba de cavidades progressivas que trabalha imersa no poço de petróleo. O sistema é composto basicamente de quatro partes: a cabeça de acionamento ou cabeçote, onde reduzem uma rotação de aproximadamente 3000 rpm, proveniente de um motor elétrico ou de combustão interna, para uma faixa de rotação entre 300 a 600 rpm, transmitindo torque à coluna de hastes; a coluna de hastes, esta transfere o movimento rotacional à bomba de subsuperfície denominada de Bomba de Cavidades Progressivas (BCP); e a própria BCP. A rotação do motor que é transferida para a bomba, aciona o rotor, o qual, ao se movimentar, gera regiões com diferenciais de pressões distintos no interior da BCP, desenvolvendo assim o bombeio de fluidos, conforme a Figura 2.

Figura 2 – Bombeio de Fluidos por Cavidades Progressivas



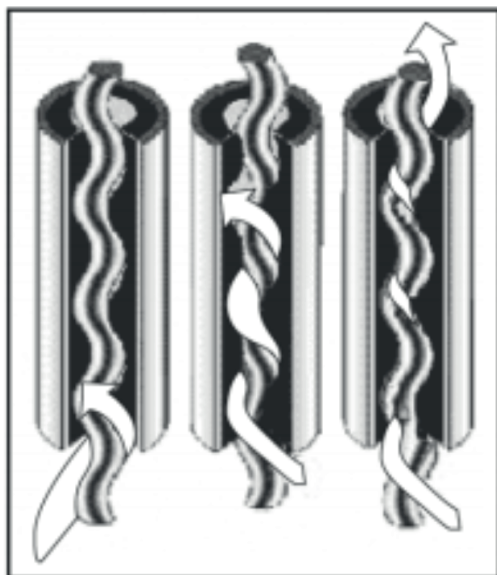
A seguir será mostrada a função dos principais componentes desse sistema:

Bomba de Cavidades Progressivas:

O rotor e o estator são os componentes principais da BCP. O rotor constitui a parte móvel da bomba, é composto de material metálico de formato espiral macho revestido por uma camada de cromo para reduzir o efeito da abrasão. O rotor é enroscado na base da coluna de hastes. O estator é parte fixa da bomba e é composto de um tubo de aço revestido internamente com material macio, normalmente um elastômetro, moldado na forma de espiral fêmea com uma espira a mais que o rotor.

O estator é enroscado na base da coluna de tubos. Quando o rotor é inserido dentro do estator, formam-se cavidades no espaço entre eles, isoladas por linhas de contato de selagem existentes entre o rotor e o estator. O rotor geralmente tem um diâmetro um pouco maior que o diâmetro interno do estator, permitindo dessa forma um isolamento e vedação entre as cavidades. Quando o rotor gira dentro da bomba, essas cavidades são alternadamente preenchidas pelos helicóides do rotor, fazendo com que o fluido se eleve ao mudar de posição, da sucção para o recalque da bomba, promovendo a ação de bombeio, conforme mostra a Figura 3 (MAGALHÃES, 2010).

Figura 3 – Cavidades e seu movimento axial de sucção para o recalque



Fonte: Magalhães (2010).

Coluna de Hastes

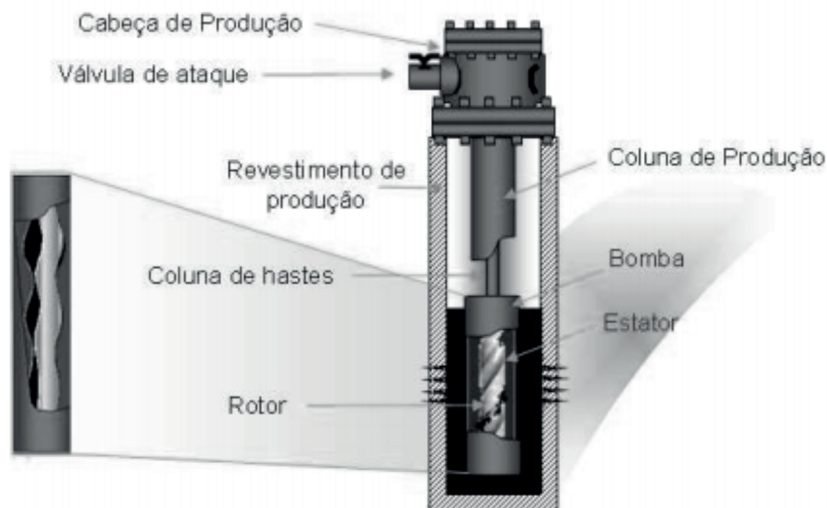
A coluna de hastes de bombeio é o elemento de ligação entre o acionador de superfície e a bomba de fundo rotativa. Sua função é suportar as cargas axiais e transmitir torque para o rotor da bomba. A conexão entre duas hastes é feita por meio de luvas. O atrito decorrente do contato entre as luvas da coluna de hastes e a parte interna dos tubos de produção ocasiona o desgaste de ambos. O uso de centralizadores permite reduzir o desgaste decorrente deste atrito, aumentando a vida útil dos componentes (MAGALHÃES, 2010).

Coluna de Produção

A coluna de produção é composta por tubos enroscados e tem como função principal conduzir os fluidos do fundo do poço até a superfície. O fluido do poço escoar no anular existente entre a coluna de produção e a coluna de hastes. O estator da BCP é enroscado na extremidade da coluna de produção. O diâmetro da coluna de produção é limitado, externamente pelo diâmetro interno do revestimento de produção e, internamente pela dimensão das luvas das hastes e pelo tamanho da bomba, conforme a Figura 4. Os tubos devem ser capazes de suportar o peso dos fluidos transportados, além de seu peso próprio. O giro da coluna de hastes provoca uma resultante contrária na coluna de tubos, no sentido anti-horário. Por isso, é de funda-

mental importância a aplicação de torque adequado durante a instalação da coluna de tubos, para impedir a ocorrência de seu desenroscamento durante a operação do poço (MAGALHÃES, 2010).

Figura 4 – Sistema BCP – Coluna de produção



Fonte: Silva (2010).

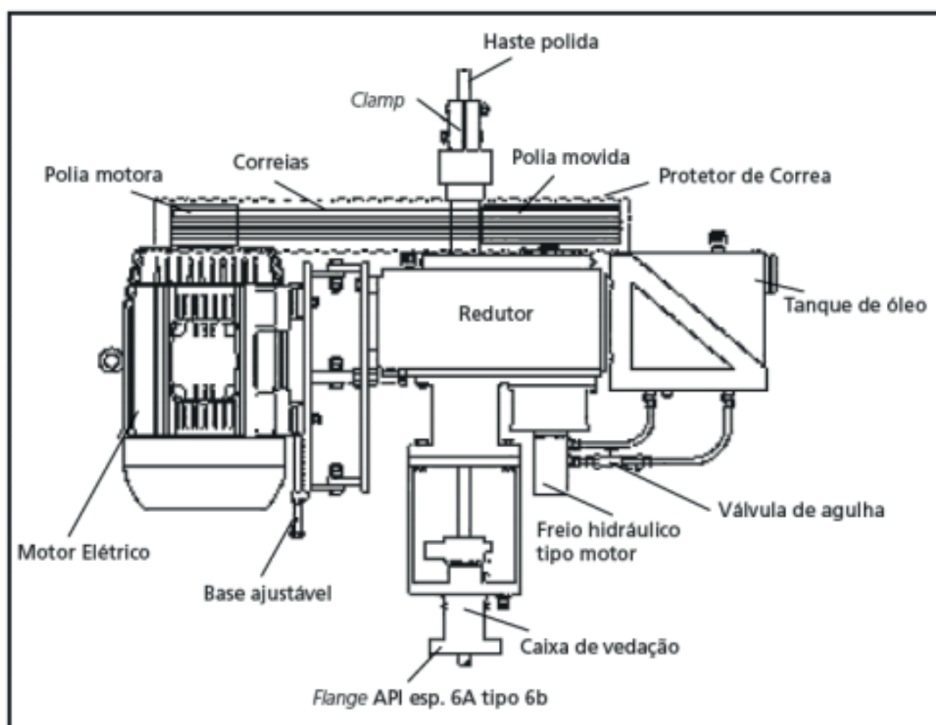
Motor

Os motores utilizados nas BCPs podem ser elétricos ou de combustão interna. Os motores elétricos apresentam maior eficiência, menor custo de manutenção, menor ruído, menor custo operacional além de serem de fácil operação. Os motores de combustão interna são utilizados onde não há disponibilidade de energia elétrica próxima à instalação, podendo o gás produzido pelo poço ser aproveitado (MAGALHÃES, 2010).

Cabeçote

O cabeçote é um conjunto motriz de superfície responsável pela transmissão do movimento de rotação do motor elétrico às hastes de bombeio. O conjunto consiste basicamente do redutor de velocidade, do acoplador por correias e polias e do sistema de freios para controle de reversão. Além disso, o cabeçote inclui a caixa de engaxetamento (stuffing box), que faz a vedação no corpo da haste polida, e a base que permite a instalação do conjunto. As principais peças do cabeçote são: Redutor, Sistema de polias e correias, Haste polida, Caixa de vedação e Sistema de frenagem, conforme a Figura 7 (MAGALHÃES, 2010).

Figura 7 – Componentes do cabeçote



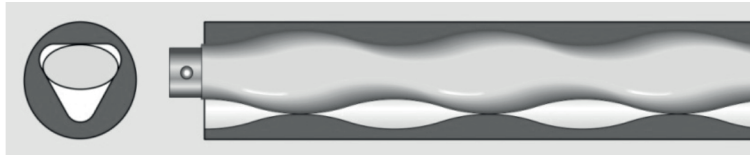
Fonte: Magalhães (2010).

3.2 GEOMETRIA

Quando o rotor está inserido dentro do estator, forma-se uma série de cavidades, onde irá se alojar o fluido produzido, isoladas umas das outras por linhas de interferência. Ao girar o rotor dentro do estator, acionado pela coluna de hastes, as cavidades se movimentam axialmente da sucção para o recalque da bomba, promovendo uma ação de bombeio. A geometria de uma bomba BCP é caracterizada pelo passo do rotor, passo do estator. Cada poço explorado demanda uma geometria para atender os seus determinados tipos de fluidos.

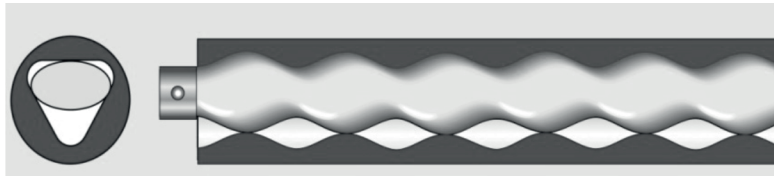
Os tipos de geometria conhecidos são: P, L, D e S. A geometria P (FIGURA 8) possui dimensões compactas com vazões muito elevadas. Semelhante à P, a geometria D (FIGURA 9) possui dimensões extremamente compactas, ideal para poços com pouca pressão. Já a utilização da geometria L (FIGURA 10) é viável quando existe grande volume de fluido no poço, pois este possui alta eficiência volumétrica e durabilidade, devido às linhas de vedação entre o rotor e o estator. E por fim, a geometria S (FIGURA 11); esta possui drenagem suave e é ideal para fluidos com grandes partículas sólidas.

Figura 8 – Geometria P



Fonte: http://www.netzsch.com.br/website/pt_br/produtos.php?show=14

Figura 9 – Geometria D



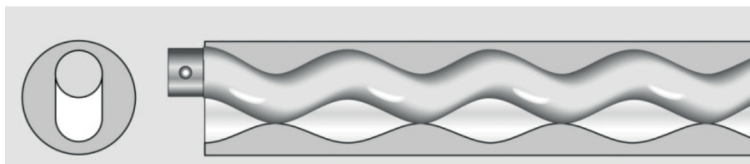
Fonte: http://www.netzsch.com.br/website/pt_br/produtos.php?show=14

Figura 10 – Geometria L



Fonte: http://www.netzsch.com.br/website/pt_br/produtos.php?show=14

Figura 11 – Geometria S



Fonte: http://www.netzsch.com.br/website/pt_br/produtos.php?show=14

3.3 VANTAGENS E DESVANTAGENS

O sistema de bombeio por cavidades progressivas possui grandes vantagens comparando-se a outros tipos de elevação artificial: Fluidos com alta viscosidade ($18,5 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$) e baixa ($5,5 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$); Óleos parafínicos; Menor energia consumida pelo motor, com relação ao BM; Menor custo com relação ao BM; Poços profundos, aproximadamente 2.500 metros.

Como todo sistema, o BCP possui suas limitações como: sensibilidade a aromáticos CO_2 e H_2S , limitações de temperaturas acima de 170°C , eleição acima de 2000m e produção acima de $500 \text{ m}^3/\text{dia}$ (Santana, 2014).

4 CONCLUSÃO

Pode-se concluir que é de suma importância a utilização do sistema de bombeio por cavidades progressivas como um meio de elevação artificial, pois ele trabalha com poços que possuem fluidos de grande viscosidade, que é a resistência do líquido ao escoamento, como também ser aplicado a poços profundos, sendo bastante necessário nos dias atuais, no qual a maioria dos poços menos trabalhosos de serem explorados/produzidos já foram contemplados, restando aqueles que necessitam de uma tecnologia mais aprimorada.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Rairam F. Cunha de. **Simulação computacional da interação fluido-estrutura em bombas de cavidades progressivas**. Dissertação (Mestrado), 2010. Disponível em: <http://www.nupeg.ufrn.br/downloads/mono_diss_teses/dissertacoes_de_mestrado/rairam.pdf>. Acesso em: 18 out. 2015.

ASSIS, Ivonilda. **Introdução a exploração e produção de petróleo**. UNITBR, 2011. Disponível em: <http://www.unitbr.com.br/ap_FPC/int_expl_prod_petroleo.pdf>. Acesso em: 18 out. 2015.

ASSMANN, Benno Waldemar. **Estudo de estratégias de otimização para poços de petróleo com elevação por bombeio de cavidades progressivas**. Tese (Doutorado), 2008. Disponível em <<ftp://ftp.ufrn.br/pub/biblioteca/ext/bdtd/BennoWA.pdf>>. Acesso em: 18 out. 2015.

CARVALHO, Paulo César Gasse. **Gerenciamento do Bombeio de Cavidades Progressivas**. Tese (Doutorado), 1999. Disponível em: <<http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?code=vtls000195818>>. Acesso em: 26 out. 2015.

GLOBO CIÊNCIA. **Conheça a história do petróleo e como o recurso foi explorado no país**. Matéria Jornalística – G1, Ano 2013. Disponível em: <<http://redeglobo.globo.com/globociencia/noticia/2012/05/conheca-historia-do-petroleo-e-saiba-como-o-recurso-foi-explorado-no-pais.html>>. Acesso em: 06 nov. 2015.

MAGALHÃES, Christiane Marques Souza de. **Análise do Impacto de Conversores de Frequência na Qualidade da Energia do Sistema de Distribuição de uma Indústria de Petróleo**. Tese de Pós-Graduação, 2010. Disponível em: <http://www.repositorio.ufpa.br/jspui/bitstream/2011/2620/1/Dissertacao_AnaliseImpactoConversores.pdf>. Acesso em: 28 out. 2015.

RIZZO FILHO, Haroldo dos Santos. **A Otimização de Gás Lift na Produção de Petróleo: Avaliação da Curva de Performance de um Poço**. Dissertação

(Mestrado), 2011. Disponível em: <http://www.ppe.ufrj.br/ppe/production/tesis/haroldo_santos.pdf>. Acesso em: 03 nov. 2015.

SANTANA, Thaty. **Bombeio por Cavidade Progressiva**. 2014. Disponível em: <<http://prezi.com/gkoob88nwaql/bombeio-por-cavidade-progressiva/>>. Acesso em: 10 nov. 2015.

SILVA, Wilson Messias da; SANTOS, Jackson C.; REIS, Paulo Rogério C.

Elevação artificial em poços de petróleo. 2010. Disponível em: <http://www.tecnicodepetroleo.ufpr.br/apostilas/engenheiro_do_petroleo/elevacao_artificial.pdf>. Acesso em: 20 nov. 2015.

Data do recebimento: 6 de janeiro de 2016

Data de avaliação: 25 de janeiro de 2016

Data de aceite: 9 de fevereiro de 2016

1. Acadêmica do Curso de Engenharia de Petróleo do Centro Universitário Tiradentes – UNIT. E-mail: islla_mirella@hotmail.com

2. Acadêmico do Curso de Engenharia de Petróleo do Centro Universitário Tiradentes – UNIT. E-mail: lucas.workspot@gmail.com

3. Acadêmico do Curso de Engenharia de Petróleo do Centro Universitário Tiradentes – UNIT. E-mail: pablolacerda@outlook.com

4. Docente do Curso de Engenharia de Petróleo do Centro Universitário Tiradentes – UNIT. E-mail: libel_pereira@fits.edu.br