

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:

PROTÓTIPO: BOMBEIO POR CAVIDADE PROGRESSIVA

AUTORES:

Camila dos Reis e Silva, Jefferson F Minhos, Rafael da Silva Mendonça e Iury Valente de Bessa.

INSTITUIÇÃO:

Universidade Federal do Amazonas - UFAM

Este Trabalho foi preparado para apresentação no 8º 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.

PROTÓTIPO: BOMBEIO POR CAVIDADE PROGRESSIVA

Abstract

The most used artificial elevation methods are: continuous and intermittent gas-lift, submerged centrifugal pump, mechanical pump with stems and progressive cavity pump (PCP). The operation of the PCP can be summarized as follow: the drive head converts energy from an electric motor or internal combustion into rotating motion, providing torque to the rod column. This, in turn, transmits the rotation movement to the bottom pump. In addition, the rotation of the rotor moves the fluids to the surface, non-pulsating, at the desired flow rate, maintaining a reduced pressure on the producing formation. The objective of this project was the construction of a prototype that will lead to the use of automation for a better analysis of the project. Automation will be present in the monitoring of variables relevant to the process such as and level. The Arduino sensor was also used for control. The model was built horizontally, aiming at the best didactic of the flow of the treated fluid in the project. Despite difficulties encountered throughout the study regarding sensor sealing and adjustment, the project successfully completed the construction of the model with its operation and objectives achieved.

Key words: PCP, prototype, automation, supervisory, Arduino.

Introdução

A cadeia produtiva do petróleo contempla diversas e complexas etapas que vão desde a prospecção de possíveis reservas petrolíferas até a destinação dos derivados do óleo extraído para o consumidor final. Esta cadeia exige do Engenheiro de Petróleo e Gás um perfil que agregue habilidades de diferentes áreas, como Processos, Automação, Computação, entre outras. O ensino desses diversos conhecimentos exige uma metodologia que ofereça aos discentes a vivência de projetos e experiência prática. No projeto apresentado nesse trabalho, um protótipo de sistema de elevação artificial é construído com componentes de baixo custo, integrando soluções relacionadas aos processos da indústria do petróleo, variáveis como temperatura e vazão, monitoramento e controle dessas variáveis.

A etapa inicial para a produção do poço de petróleo é o processo de elevação deste fluido do reservatório para a superfície. Quando a pressão do reservatório é elevada o suficiente, os fluidos nele contidos alcançam livremente a superfície, dizendo-se assim produzidos por elevação natural ou surgente. Entretanto, quando a pressão do reservatório é baixa e os fluidos não conseguem alcançar a superfície é necessário que seja implementado um meio artificial para elevá-lo. O mesmo ocorre ao final da vida produtiva de um poço surgente, quando é necessária suplementação da energia natural através de um dos métodos de “elevação artificial”.

A seleção do método que melhor se enquadra em determinado poço ou campo depende de diversos fatores, entre os quais os principais considerados são: número de poços, diâmetro do revestimento, produção de areia, razão gás-líquido, vazão, profundidade do reservatório, viscosidade dos fluidos, segurança, entre outros.

O método de elevação adotado neste trabalho foi o bombeio por cavidade progressiva. Assim foi feito o estudo, dimensionamento e construção deste equipamento por apresentar as seguintes vantagens: maior adaptação à produção de óleo viscoso, facilidade de instalação e operação, alta eficiência energética, baixa manutenção, capacidade de produção com altas concentrações de areia, ausência de válvulas sujeitas a desgaste, baixo ruído.

Este protótipo demonstrará de forma prática o processo de bombeio, a automação em diferentes modos de operação e o estudo e a análise do sistema através das variáveis de processo.

O trabalho está estruturado da seguinte maneira: os conceitos iniciais utilizados durante o projeto são apresentados, seguido do modelo inicial de construção com um fluxograma detalhado do processo construído e, por fim, projeta-se as conclusões do trabalho.

Metodologia

Para o processo de construção do protótipo é necessário o estudo desse método para posterior dimensionamento e construção. Em seguida serão listados todos os componentes necessários para

implementação de um protótipo funcional que proporcionará uma visão prática de uma das áreas de atuação do engenheiro de petróleo.

O Bombeio por Cavidades Progressivas (BCP) consiste em uma bomba do tipo deslocamento positivo, composto de um motor metálico com a forma de um parafuso sem fim e de um estator. As folgas existentes entre o rotor e o estator formam os volumes das cavidades. A rotação do rotor produz o deslocamento dos fluidos dentro das cavidades. O BCP é constituído de quatro partes principais: cabeça de acionamento; coluna de hastes e de tubos; bomba de fundo (rotor e estator); outros equipamentos.

As principais características do sistema de Bombeio por Cavidades Progressivas são: baixa a média vazão; aplicável a poços isolados; pequenas e médias profundidades; problemáticos em poços desviados; pouca restrição à areia; aplicável a poços com fluidos viscosos e parafínicos e são problemáticos em poços com altas temperaturas. Os componentes utilizados neste trabalho estão listados abaixo. A finalidade do uso destes é a automação, o controle e o monitoramento das variáveis, de forma que é possível experimentar várias situações possíveis que ocorrem em uma planta real.

Arduino

O Arduino é um microcontrolador com várias funções em eletrônica e tem como objetivo facilitar o desenvolvimento de projetos, desde os mais simples aos mais complexos, como projetos de monitoramento, medição da temperatura, sistemas de irrigação, dentre vários outros (NEPUMUCENO 2013).

O Arduino Uno, utilizado no projeto, possui as seguintes especificações:

- a. Microcontrolador: ATmega328
- b. Portas Digitais: 14
- c. Portas Analógicas: 6
- d. Memória *Flash*: 32 KB (0,5 KB usado no *bootloader*)
- e. SRAM: 2 KB
- f. EEPROM: 1 KB
- g. Velocidade do *Clock*: 16 MHz

Sensores de fluxo

É apresentado na Figura 1 um dos tipos de sensores de fluxo de líquido são dispositivos capazes de medir a taxa de fluxo de um líquido que passa por um ponto pré-determinado em um tubo ou outro meio de transmissão em projetos eletrônicos. O Sensor de Fluxo de Água YF-S201 utilizado neste projeto é instalado em um cano para medir a quantidade de óleo que circula por ele, enviando pulsos PWM para o Arduino (ELETROGATE).

Figura 1 – Sensor de Fluxo YF-S201



As especificações do Modelo YF-S201 apresentado na Figura 1 são as seguintes:

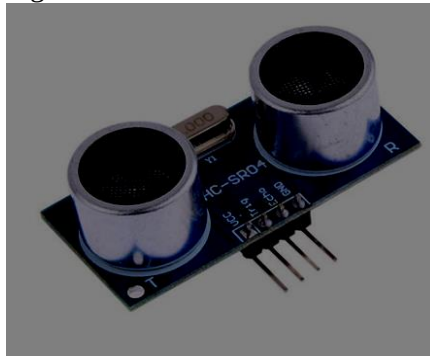
- a. Tipo de sensor: Efeito *Hall*
- b. Tensão de Operação de 5-24 V
- c. Corrente Máxima: 15 mA (5 V)

- d. Faixa de fluxo: 1-30 l/min
- e. Pressão Máxima: 2 MPA
- f. Pulsos por litro: 450
- g. Frequência em Hz: $7,5 * \text{fluxo (L/min)}$
- h. Temperatura de trabalho: -25 a 80 °C
- i. Exatidão: 10%
- j. Comprimento do Cabo: 15 cm.
- k. Dimensão da conexão: 1/2"
- l. Dimensão do diâmetro interno: 0,78"
- m. Dimensão externa: 2,5"x 1,4" x 1,4"

Sensor Ultrassônico

Sensor ultrassônico, mostrado na Figura 2, é um tipo de sensor utilizado na detecção de pequenos objetos a uma certa distância. O princípio de funcionamento desse sensor é o seguinte: um oscilador emite ondas ultrassônicas, que resultam em um comprimento de onda na ordem de centímetros, o que permite detectar objetos relativamente pequenos (ARDUINO).

Figura 2 – Sensor Ultrassônico HC-SR04.



Especificações do sensor utilizado no protótipo, apresentado na Figura 2:

- a. Alimentação: 5 V DC
- b. Corrente de operação: 2 mA
- c. Ângulo de efeito: 15 °

Motor de passo

A Figura 3 mostra o tipo de motor elétrico utilizado no protótipo. É um equipamento utilizado quando algo tem que ser posicionado e/ou precisamente rotacionado em um ângulo exato. Nesse tipo de motor, a rotação do balancete é controlada por uma série de campos eletromagnéticos que são ativados e desativados eletronicamente.

Figura 3 – Motor de Passo ROHS.



Dimmer

Dimmers são dispositivos utilizados para variar a intensidade de uma corrente elétrica média em uma carga. Utilizou-se um dimmer para que a rotação do motor de passo fosse automatizada e, dessa forma, fosse possível o controle sobre a velocidade de rotação do rotor. O utilizado no protótipo é mostrado na Figura 4.

Figura 4 – Dimmer PW.



Óleo lubrificante

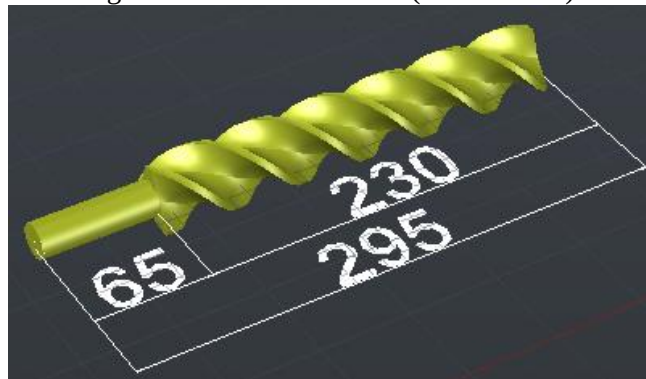
O Oil Lubrioil Lubrificante Moto 4 Tempos 20W50SJ, utilizado como fluido no protótipo, é composto de óleos minerais derivados do petróleo, aditivos anticorrosivos, antioxidantes, antiespumantes, agentes dispersantes para controle de resíduos, melhoradores de viscosidade e fluidez, utilizado especialmente em motocicletas (COLFAX).

ESCOPO DO PROTOTIPO

Para a construção do projeto, primeiramente, algumas considerações foram feitas. São elas: regime contínuo, ou seja, o fluido a ser deslocado completará ciclos em consequência ao deslocamento provocado pelo rotor; e, montagem horizontal para não haver diferença de pressão por influência do nível. Entretanto, a montagem horizontal não se fez viável para adequação do projeto.

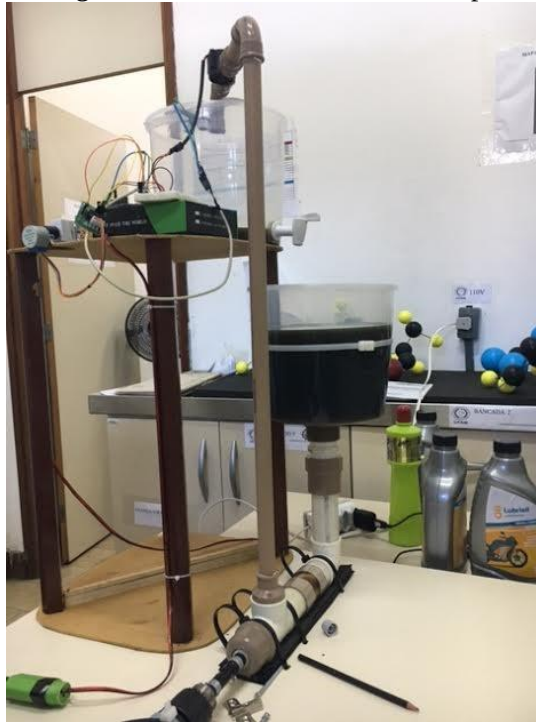
As características do rotor acoplado ao motor elétrico, cuja rotação será acionada por um controlador Arduino, foram confeccionadas no software AutoCAD. O *design* adotado é mostrado na Figura 5.

Figura 5 – Modelo do rotor (cota em mm).



O intuito operacional do modelo busca realizar o deslocamento do fluido em sentido anti-horário. O projeto finalizado é mostrado na Figura 6.

Figura 6 – Estrutura final do Protótipo



Resultados e Discussão

Com o funcionamento do protótipo, observamos que a velocidade de escoamento apresenta variação diretamente proporcional à velocidade de rotação do rotor, como apresentado na literatura de bombas de deslocamento helicoidal positivo.

Os valores obtidos de velocidade de escoamento apontam para uma maior eficiência de bombeio para com fluidos viscosos e com baixa densidade, seguindo os modelos de bombeio por deslocamento positivo, que apresentam melhores valores quando o fluido bombeado se trata de óleo.

Observamos que, mesmo com o sistema de vedação bem projetado, o protótipo ainda apresentou pequenas quantidades de vazamento. Fato que pode ser explicado pelo desgaste do pvc ocasionado pelo atrito com o retentor na rotação.

Para se fazer a transmissão de torque do motor para o rotor se fez necessário a utilização de um componente maleável, neste caso uma mangueira de pressão, seguindo o mesmo princípio da transmissão de torque em uma perfuração direcional de poços de petróleo. Sendo assim, independente do alinhamento entre os eixos de fornecimento e recepção de torque, a mangueira conseguirá transmitir a rotação necessária para o deslocamento do fluido pelo rotor.

Conclusões

O protótipo construído mostrou-se eficaz e sua interação com a automação pôde representar o funcionamento de forma mais otimizada. Com um protótipo funcional foram propostos roteiros de experimentos com a finalidade de estudar o comportamento do sistema ao longo do tempo e monitorar e controlar as variáveis de processo presentes nesse sistema como: nível, vazão e velocidade de produção.

O trabalho proporcionou um estudo e análise aprofundada tanto sobre o método de elevação artificial bombeio por cavidades progressivas (teoria e prática), cascadeamento de sensores e aprendizado prático em automação, controle e monitoração de processos.

As dificuldades encontradas foram muitas e relacionadas com o controle e manuseio dos componentes para a automação, porém com o estudo e análise dos resultados obtidos foi possível solucionar os problemas encontrados relacionados a vedação e ajuste e calibração dos sensores. Assim, o projeto foi finalizado com êxito pois foi construído um modelo em escala reduzida de um método de elevação com a estrutura, codificação e documentação que ajudarão os futuros alunos de engenharia de petróleo e gás a visualizar uma aplicação prática, familiarizar-se com projetos práticos e entender com clareza o funcionamento dos equipamentos desta área.

Referências Bibliográficas

ARDUINO. **Arduino 2017**. Disponível em: <<https://www.arduino.cc/>> Acesso em: 20 nov. 2016.

COLFAX. **COLFAX Fluid Handling**. Disponível em: <<http://www.colfaxfluidhandling.com/>> Acesso em: 20 nov. 2016.

ELETROGATE. Apostila Arduino Básico V1.0 – **Eletrogate Componentes Eletrônicos**. Disponível em: <http://apostilas.eletrogate.com/Apostila_Arduino_Basico-V1.0-Eletrogate.pdf>. Acesso em: 16 de fev. 2017.

NEPOMUCENO, A.L.S; COZENDEY, G.C. UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA, FACULDADE DE TECNOLOGIA, Desenvolvimento e um Módulo de Medição de Energia Wireless com Transmissor em Tempo Real de Parâmetros para Cargas até 10 KW. 2013.18 p, Monografia (TCC).

TIGRE. **Catálogos Técnicos**. Disponível em: <<http://www.tigre.com.br/catalogos-tecnicos>> Acesso em: 20 nov. 2016.

THOMAS et al. Fundamentos da Engenharia de Petróleo. Rio de Janeiro 1. ed.: INTERCIÊNCIA, 2001.

VIDAL, F. J. T. UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE, CENTRO DE TECNOLOGIA. Desenvolvimento de um simulador de Bombeio por Cavidades Progressivas. 2005. Dissertação (Mestrado).

VIEIRA, G. **O Bombeio por Cavidades Progressivas**. Disponível em: <<http://camposmarginais.blogspot.com.br/2011/12/o-bombeio-por-cavidades-progressivas.html>> Acesso em: 20 nov. 2016.