



Copyright 2004, Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás - IBP

Este Trabalho Técnico Científico foi preparado para apresentação no 3º Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo e Gás, a ser realizado no período de 2 a 5 de outubro de 2005, em Salvador. Este Trabalho Técnico Científico foi selecionado e/ou revisado pela Comissão Científica, para apresentação no Evento. O conteúdo do Trabalho, como apresentado, não foi revisado pelo IBP. Os organizadores não irão traduzir ou corrigir os textos recebidos. O material conforme, apresentado, não necessariamente reflete as opiniões do Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás, Sócios e Representantes. É de conhecimento e aprovação do(s) autor(es) que este Trabalho será publicado nos Anais do 3º Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo e Gás

MODELO DE LABORATÓRIO DE SISTEMA EÓLICO PARA BOMBEAMENTO DE PETRÓLEO: MONTAGEM E ANÁLISE EXPERIMENTAL.

José Wilson Lage Nogueira¹, Aquiles Filgueira Nunes²

Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Núcleo Tecnológico Industrial, Laboratório
de Dispositivos Térmicos e Especiais - LabDTE,
wilson@ufrnet.com.br¹, aquilesnunes@yahoo.com.br²

Resumo –

Alguns poços produtores de petróleo estão localizados em áreas de difícil acesso onde a eletricidade convencional não é servida e, ainda, torna-se inviável a sua instalação. Portanto, nesses casos, pode-se utilizar outras fontes de energia para a sua exploração, como por exemplo, a energia eólica. Neste trabalho realizou-se a montagem e análise experimental de um modelo de laboratório que simula a elevação artificial do óleo através de uma bomba de cavidade progressiva (BCP), que é acoplada por um motor elétrico. A energia necessária para o acionamento desse motor é de origem eólica que foi transformada em elétrica através de um aerogerador instalado próximo ao laboratório.

Palavras-Chave: Energia eólica; Poço de petróleo; BCP

Abstract –

Some wells oil producers are located in difficult access area where the conventional electricity is not served and can not be installed by now. So, in those cases, we can use others sources of energy for the exploration, for example, the eolic energy. The mounting and experimental analysis of this research was executed in a labor model that makes artificial elevation simulation of oil through a progressive cavity pump, that is connected by an electric engine. The energy that we need to acionate the eolic engine that was transformed in electrical energy by an air generator installed near the labor.

Keywords: Eolic energy, wells oil , PCP

1. Introdução

Este estudo é um trabalho pioneiro nesse ramo da indústria petrolífera, pois se estuda em laboratório a simulação da elevação artificial de petróleo em áreas isoladas, utilizando energia eólica.

Esse modelo é aplicado em poços onde não há acesso à rede elétrica convencional e que são de baixa produtividade. Além disso, promove a substituição dos motores diesel, por fonte renovável de energia. Os motores funcionam acionando bombas e caracterizam-se como consumidores de energia fóssil e poluente.

Esta pesquisa tem o objetivo de montar e analisar experimentalmente os componentes de um modelo de laboratório de bombeamento de petróleo acionado por energia eólica. A partir da obtenção de dados práticos confiáveis, são simuladas condições de funcionamento próximas às situações reais de poço, proporcionando o treinamento de recursos humanos.

Gradativamente, esse sistema será aperfeiçoado e, conseqüentemente, poderá auxiliar na solução de problemas reais em áreas isoladas.

2. O modelo

Segundo Fox e McDonald (2001), modelo é a reprodução fiel do protótipo, obedecendo sua semelhança geométrica construtiva por meio de transposição de escalas, fornecendo todos os fenômenos físicos que existiriam nos testes com o protótipo. A semelhança geométrica requer que o modelo e o protótipo tenham a mesma forma e que todas as dimensões lineares do modelo sejam relacionadas às correspondentes dimensões do protótipo por um fator de escala constante.

2.1. Definição do Local de Estudo

O local de estudo tem por base alguns fatores importantes como regime dos ventos favorável à implantação do modelo. A região escolhida deve ter velocidade de ventos com uma boa média anual e não apresentar grandes variações de direções.

Seguindo estas premissas básicas, e com base em dados de Atlas eólicos, bibliografia especializada e medições de ventos, foi instalado próximo ao labDTE um aerogerador de pequeno porte que supre a necessidade energética do motor elétrico instalado na bancada.

2.2. Metodologia

A bancada de teste instalada no LabDTE é um modelo para realização de testes de um sistema de elevação de petróleo que utilize a energia eólica como fonte de energia.

No interior do labDTE possui um sistema de chaveamento que torna possível a comutação entre o uso da energia convencional e o da energia eólica, além de um medidor de energia que conta os kWh que estão sendo consumidos enquanto a chave permanece posicionada para o uso da energia eólica.

Dessa maneira é possível a realização dos testes em laboratório, utilizando energia eólica ao invés da energia convencional, simulando algumas das condições de um poço de petróleo.

2.3. Dimensionamento Específico

Os principais componentes desta bancada são:

- Uma bomba de cavidade progressiva (BCP);
- Um tanque de acrílico graduado de 20L para medição de vazão;
- Um tanque em aço para armazenar o fluido circulante;
- Uma válvula de agulha para regulação de pressão.
- Um manômetro;
- Um motor elétrico de 01CV;
- Um inversor de frequência;

Na figura 1 é mostrado de forma esquemática a referida bancada.

2.3.1. O inversor de frequência

Através do inversor de frequência é possível variar a rotação do motor, modificando assim o torque no eixo da bomba, a vazão da bomba, a corrente, a tensão e a potência de saída para o motor entre outros parâmetros que acabam influenciando no consumo elétrico do motor.

O inversor também permite a visualização instantânea, além desses, de outros parâmetros que são de fundamental importância para o desenvolvimento do trabalho, tais como: medidor de energia (kWh), tempo da rampa de aceleração e desaceleração do motor, etc.

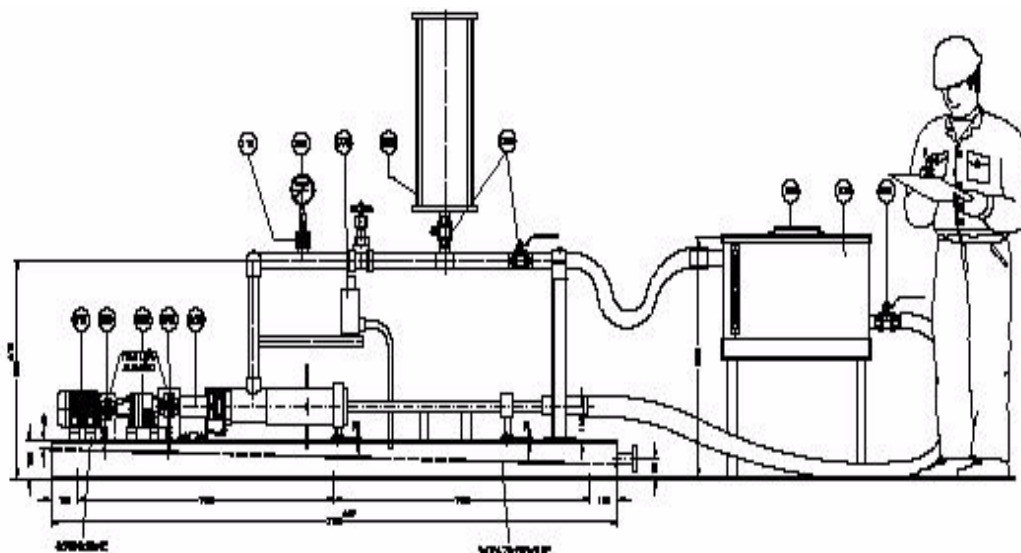


Figura 1. Esquema da bancada. Fonte: LabDTE – UFRN / NETZSCH do Brasil

Como a bancada é de fácil montagem, existe a possibilidade de fazer os referidos testes com outros modelos de bomba de cavidade progressiva, desde que seja feita a troca do motor de 01CV por um outro de maior potência e que ele seja compatível com nova bomba.

3. Resultados obtidos

O inversor possui uma interface com o computador, podendo, dessa maneira, monitorar e modificar os parâmetros através de um software instalado.

É possível variar a pressão de regime de trabalho da bomba através de uma válvula, podendo assim realizar vários testes com diferentes pressões e rotações, monitorando minuto a minuto os parâmetros acima citados.

3.1. Consumo energético do motor

Como o aerogerador em operação é de pequeno porte, ele pode produzir até 926 W.h/dia de energia e a potência instalada da bancada são de 746 W. De posse desses dados temos uma autonomia para o funcionamento do sistema de 74 minutos diários, aproximadamente, sem que haja queda na capacidade de armazenamento do banco de baterias.

Estão relacionados a seguir na Tabela 1 resultados de alguns testes realizados nos quais determinaram-se parâmetros importantes para a verificação do consumo de energia do motor, tais parâmetros foram medidos durante 50 minutos de funcionamento do modelo.

Tabela 1. Monitoração de parâmetros

Pressão (bar)	Tempo	Rotação (RPM)	Corrente (A)	Tensão (V)	Torque (%)	Potência (W)	Energia (Wh)	Energia Consumida em 10 min (Wh)
10 bar	1 min	1827	2,13	198	46,1	35,43	5,9	
	2 min	1826,7	2,18	205	24	37,54	6,3	
	3 min	1826,4	2,17	204	46,1	37,19	6,2	
	4 min	1826,4	2,17	204	25,9	37,19	6,2	
	5 min	1826,4	2,14	195	40,3	35,05	5,8	
	6 min	1826,4	2,14	197	25	35,41	5,9	
	7 min	1825,8	2,16	205	38,4	37,20	6,2	
	8 min	1826,4	2,14	197	29,8	35,41	5,9	
	9 min	1826,4	2,17	205	47,1	37,37	6,2	
	10 min	1826,4	2,15	197	43,2	35,58	5,9	
Média		1826,43	2,155	200,7	36,59	36,34	6,1	60,6

20 bar	1 min	1833,9	2,27	205	58,6	39,09	6,5	63,2
	2 min	1833,3	2,27	198	25,9	37,75	6,3	
	3 min	1832,7	2,28	205	26,8	39,26	6,5	
	4 min	1832,7	2,29	197	30,7	37,89	6,3	
	5 min	1833	2,26	197	50,9	37,40	6,2	
	6 min	1832,1	2,28	197	50,9	37,73	6,3	
	7 min	1832,7	2,26	197	54,8	37,40	6,2	
	8 min	1832,1	2,28	197	55,7	37,73	6,3	
	9 min	1833	2,27	197	38,4	37,56	6,3	
	10 min	1837,2	2,26	197	26,9	37,40	6,2	
	<i>Média</i>	<i>1833,27</i>	<i>2,272</i>	<i>198,7</i>	<i>41,96</i>	<i>37,92</i>	<i>6,3</i>	
30 bar	1 min	1836	2,37	196	50,9	39,02	6,5	65,5
	2 min	1836,9	2,35	196	27,8	38,69	6,4	
	3 min	1836,4	2,37	204	25	40,61	6,8	
	4 min	1835,4	2,39	196	27,8	39,35	6,6	
	5 min	1835,7	2,37	204	44,2	40,61	6,8	
	6 min	1836,3	2,35	196	25,9	38,69	6,4	
	7 min	1836	2,34	204	42	40,10	6,7	
	8 min	1836,3	2,34	197	27,8	38,72	6,5	
	9 min	1836	2,35	196	41,3	38,69	6,4	
	10 min	1836	2,32	197	45,1	38,39	6,4	
	<i>Média</i>	<i>1836,1</i>	<i>2,355</i>	<i>198,6</i>	<i>35,78</i>	<i>39,29</i>	<i>6,5</i>	
40 bar	1 min	1840,8	2,45	206	67,3	42,39	7,1	68,7
	2 min	1841,1	2,45	206	43,2	42,39	7,1	
	3 min	1840,5	2,45	198	41,3	40,75	6,8	
	4 min	1841,8	2,37	205	47,1	40,81	6,8	
	5 min	1840,5	2,43	206	55,7	42,05	7,0	
	6 min	1840,2	2,45	205	33,6	42,19	7,0	
	7 min	1839,3	2,42	198	49	40,25	6,7	
	8 min	1883,5	2,42	197	40,3	40,05	6,7	
	9 min	1840	2,38	198	64,4	39,58	6,6	
	10 min	1839,9	2,41	206	30,4	41,70	7,0	
	<i>Média</i>	<i>1844,76</i>	<i>2,423</i>	<i>202,5</i>	<i>47,23</i>	<i>41,22</i>	<i>6,9</i>	
50 bar	1 min	1843,8	2,49	199	33,6	41,62	6,9	69,8
	2 min	1842,6	2,48	206	67,3	42,91	7,2	
	3 min	1842,3	2,49	198	65,3	41,41	6,9	
	4 min	1842,3	2,46	206	61,5	42,57	7,1	
	5 min	1841,7	2,47	205	36,5	42,53	7,1	
	6 min	1841,1	2,47	197	29,8	40,87	6,8	
	7 min	1841,1	2,42	197	50	40,05	6,7	
	8 min	1842,9	2,45	205	66,2	42,19	7,0	
	9 min	1842,3	2,47	204	69,2	42,33	7,1	
	10 min	1843,2	2,45	205	35,3	42,19	7,0	
	<i>Média</i>	<i>1842,33</i>	<i>2,465</i>	<i>202,2</i>	<i>51,47</i>	<i>41,87</i>	<i>7,0</i>	
Energia consumida em 50 minutos(Wh)								327,8

4. Análise dos resultados

As variações bruscas verificadas do torque no eixo da bomba são devido ao inversor de frequência instalado durante essas medições ser de pequena capacidade, portanto pouco preciso para medida de torque, mas esse problema já foi solucionado com a troca dele por um outro que possui um maior refino nos seus dados mostrados.

Mediante a análise da Tabela 1 verifica-se que o sistema está bem dimensionado porque o consumo não ultrapassou os 327,8Wh e conseqüentemente não excedendo os 926Wh que podem ser produzidos pelo aerogerador em condições ideais.

Apesar de se realizar os testes a pressões variadas durante 50 minutos não houve uma queda significativa da carga do banco de baterias. Portanto não houve limitação em termos de geração de energia que pudessem interromper o funcionamento do modelo.

Tomando como base dados que compõem a tabela 1 foi feito um gráfico, conforme está ilustrado na figura 1, para se verificar o comportamento do consumo elétrico do motor ao longo de 10 minutos de funcionamento, para a pressão de 50bar, quando se verifica o maior consumo elétrico.

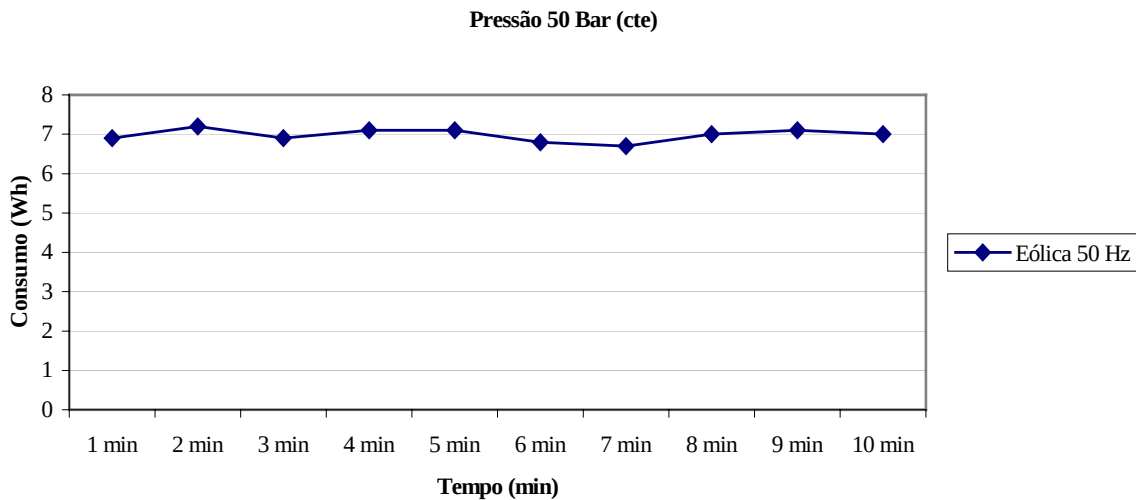


Figura 1. Gráfico consumo *versus* tempo de funcionamento

No gráfico mostrado verifica-se que o consumo de energia ao longo do tempo não apresenta grandes variações, atingindo um mínimo de 6,7Wh e um máximo de 7,2Wh. Essa variação de 0,5Wh corresponde a 0,72% do consumo total durante os 10 minutos. Entretanto, através da análise da Tabela 1 e da Figura 1, verifica-se que o consumo médio durante esse intervalo de tempo permaneceu nos 7Wh.

5. Agradecimentos

Agência Nacional do Petróleo – ANP – através do Programa de Recursos Humanos nº 30 (PRH/UFRN-30) pela bolsa de estudos concedida;

FINEP/PETROBRAS pelos financiamentos necessários para o desenvolvimento do projeto;

NETZSCH do Brasil pela colaboração no desenvolvimento e manutenção da bancada;

WEG Indústrias pela venda do inversor de frequência e pelo suporte técnico dado.

6. Referências

FOX, R. W., McDONALD, Introdução à Mecânica dos Fluidos. LTC, v. 5, p. 199, 2001.

NOGUEIRA, J. W. L., DANTAS, J. T., NASCIMENTO, D. S., SEABRA, I. M. J., NEVES, R. C. A. Modelo de laboratório de sistema eólico para bombeamento de petróleo: dimensionamento e análise. Em: *Congresso Nacional de Engenharia Mecânica*, Pará, Brasil : UFPA, ago., 2004.