

## ACOMPANHAMENTO DE POÇO MADURO EQUIPADO COM BOMBEIO MECÂNICO UTILIZANDO A FERRAMENTA *SONOLOG*

João Victor Trigueiro Leal <sup>(1)</sup>; Iago Alexandre Maia de Azevedo <sup>(2)</sup>; Pablo Diego Pinheiro de Souza <sup>(3)</sup>

(1) Universidade Federal de Campina Grande, [jvtrigueiro@hotmail.com](mailto:jvtrigueiro@hotmail.com)

(2) Universidade Federal de Campina Grande, [iagoalexandregba@yahoo.com.br](mailto:iagoalexandregba@yahoo.com.br)

(3) Universidade Federal de Campina Grande, [pablo.diego@ufcg.edu.br](mailto:pablo.diego@ufcg.edu.br)

**Resumo:** O aumento crescente da existência de campos maduros demandou um acréscimo da utilização de métodos de acompanhamento do campo, visando à maximização de seu tempo de produção, tendo em vista que, nesta fase, os campos se encontram cada vez mais próximo do limite de sua economicidade. Nos últimos anos, uma das mais importantes ferramentas de acompanhamento operacional de poços, tem sido o registro do nível de fluido no espaço anular através de ferramentas acústicas. Neste trabalho, utilizou-se o *hardware Sonolog* da empresa *Echometer* no acompanhamento do nível do fluido de um poço maduro localizado Campo de Vaza Barris, no Município de Itaporanga D'ajuda, no estado de Sergipe. Através dos dados coletados, foi possível estimar a produção diária do poço e pode-se concluir que o mesmo não trabalha em um regime em que explore o seu potencial máximo. Dessa forma, foi sugerido um novo regime de trabalho no qual proporcionaria um aumento de cerca de 75% na produção diária daquele poço.

**Palavras-chave:** Campo maduro, acompanhamento operacional, *Sonolog*.

### 1. Introdução

O acompanhamento operacional de um poço de petróleo equipado com bombeio mecânico é uma etapa de grande importância na etapa de produção dos fluidos. Um bom acompanhamento irá prevenir problemas do poço, aumentar a durabilidade do sistema, além de permitir identificar e analisar as anormalidades ocorridas durante a operação. Este acompanhamento é ainda mais importante quando se trata de campos maduros, pois, devido à depleção, estes, provavelmente, se encontraram no limite da relação de custo/benefício, de modo a comprometer a viabilidade do campo. Dessa forma, ao realizar o acompanhamento desses poços, seria possível propor medidas visando à diminuição das despesas e a extensão de sua economicidade (CRUZ e ALMEIDA, 2017).

Segundo Barreto (2003) *apud* Oliveira e Souza (2016), o acompanhamento operacional de um poço de petróleo que utiliza unidade de bombeio mecânico, pode ser realizado através de: carta dinamométrica (obtida através da leitura do deslocamento das hastes e sua respectiva força de tração); Determinação da submergência da bomba de fundo (feita através da medição do nível dinâmico do fluido no espaço anular entre a coluna de produção e o revestimento de produção) e; outros indicadores (testes de produção, verificação da temperatura das hastes e testes de pressurização do equipamento).

Devido ser dispendioso descida de um registrador de pressão pelo interior da coluna de produção para medir a pressão no fundo do poço, estima-se o seu valor utilizando o registro de *Sonolog*. A técnica consiste na detonação de uma pequena carga explosiva na superfície, gerando um pulso acústico que se propaga pelo espaço anular. Um receptor, na superfície, registra a reflexão do pulso nas luvas dos tubos que formam a coluna de produção e no nível de líquido no anular. Conhecendo a profundidade dos canhoneados e a densidade do fluido que está no anular, pode-se calcular a pressão de fluxo no fundo do poço ou a pressão estática do reservatório (THOMAS *et.al.*, 2004).

O presente estudo tem como objetivo a análise pela ferramenta acústica *Sonolog* de um poço equipado com bombeio mecânico localizado no Campo de Vaza Barris, no Município de Itaporanga D'ajuda, no estado de Sergipe. Através dos dados coletados, foi possível estimar a produção diária do poço e sugerir um novo regime de trabalho que possa maximizar a vazão daquele poço.

## 2. Metodologia

### 2.1 Dados do campo e do poço

O campo Fazenda Vaza Barris (FVB) é localizado no município de Itaporanga D'ajuda, à cerca de 27 km a sudoeste da cidade de Aracaju, em Sergipe. O campo foi descoberto em 1988 e entrou em produção em 1989, sendo fechado em 1997, com produção acumulada de 4 mil m<sup>3</sup> (25,2 mil barris) de óleo com média de 18 °API e 174 mil m<sup>3</sup> de gás. A campo voltou a produzir em 2006, quando foi arrematado por uma empresa privada em rodada de licitações realizada pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP).

O campo FVB é formado por dois poços produtores, o 1-FVB-02-SE (objeto do nosso trabalho) e 1-FVB-3D-SE na mesma locação, ambos equipados com unidades de bombeio mecânico. Atualmente, o poço 1-FVB-02-SE trabalha em regime de 8 horas produzindo e 16 horas pausado. Essa pausa ocorre para que o nível de fluido no espaço anular seja restituído, de maneira que a bomba de fundo trabalhe sempre submersa, mantendo a eficiência da mesma em níveis elevados. Esse regime nem sempre é obedecido fielmente, pois, a unidade de bombeio é ligada e desligada por um técnico presencialmente, o que acarreta algumas variações nos horários de execução da atividade.

Outros dados importantes do poço, diz a respeito de sua profundidade total, profundidade dos canhoneados e informações dos revestimentos descidos no poço, os quais

podem ser observadas na Tabela 1, salientando que esses dados são do ano de 2004. A coluna de produção utilizada é de 2<sup>7/8</sup>” (ID 2,441”).

**Tabela 1:** Dados do poço 1-FVB-02-SE.

Prof. do Poço (m)		Prof. dos Canhoneados (m)			Prof. da bomba (m)	
1832,8 em 30/03/2004		Topo à 1814,5 e base à 1819,5			1780	
Tipo	Diâmetro OD (pol)	Peso (lb/pé)	Grau do Aço	Comprimento (m)	Colar (m)	Sapata (m)
Superfície	13 <sup>3/8</sup>	54,5		204,0	-	204,0
Intermediário	9 <sup>5/8</sup>	43,5	N-80	1043,0	-	1043,0
Produção	5 <sup>1/2</sup>	17,0		1878,0	1842,0	1878,0

**Fonte:** (CRUZ e ALMEIDA, 2017).

Verifica-se que a profundidade de assentamento da sapata do revestimento de produção (1878 m) é maior que a profundidade do poço medida naquela época (1832 m). Esse dado apontava a existência de detritos (principalmente areia) no fundo do poço e a necessidade de uma intervenção de limpeza. De acordo com relatos da operação, essa operação foi realizada (CRUZ e ALMEIDA, 2017).

## 2.2 Equipamento e sequência operacional

O *Sonolog* adquire, armazena, processa, exibe e gerencia os dados no local do poço para dar uma análise imediata da condição de funcionamento do poço. É um sistema portátil, contendo um conversor de precisão analógico e digital controlado por um computador com aplicativo baseado no *Windows*. O *software* TWM (*Total Well Management*) possui uma interface gráfica simples, usada para interpretação dos dados recebidos do poço. Além desses, também fazem parte os componentes: canhão de gás remoto, laptop, cabos (solenóide, transdutor e microfone), válvulas (solenóide e gás), medidor de pressão, transdutor de pressão e um dinamômetro. (ECHOMETER COMPANY, 2008).

O canhão do *Sonolog* foi conectado na válvula de 2” da cabeça do poço que tem acesso ao anular revestimento de produção/coluna de produção e, posteriormente, feita a conexão do transdutor de pressão na mesma. Em seguida, foram feitas as conexões dos cabos do solenoide, do microfone e do transdutor de pressão, comunicando o canhão e o *software* TWM (no computador) e verificado se havia comunicação entre eles (equipamentos e

*software*). O canhão foi carregado com o gás CO<sub>2</sub> até 350 psi de pressão, a válvula aberta (as demais válvulas ligadas ao anular devem permanecer fechadas) seguido do disparo (comando via *software*). Nesse acompanhamento, foram realizados três disparos em um intervalo de cerca de 24 horas, afim de colher os dados a respeito do nível do mesmo.

### 3. Resultados e Discussão

Para se definir o volume disponível para a produção, determinou-se primeiro a capacidade volumétrica ( $C_v$  em bbl/m) do espaço anular através da Equação 1, onde  $D_p$  é o diâmetro interno do revestimento de produção (para o revestimento de 5<sup>1/2</sup>", peso 17 lb/pé, grau N-80, é de 4,892") e  $D_t$  é o diâmetro externo da coluna de produção (ambos em polegadas).

$$C_v = 0,00318(D_p^2 - D_t^2) \quad \text{Equação (1)}$$

A capacidade volumétrica do poço estudado é de 0,0498 bbl/m. O volume disponível para produção será o produto dessa capacidade pela altura da coluna de líquido livre, o qual é a diferença entre a altura de assentamento da bomba e a profundidade do nível (determinada no teste). Os dados encontrados para os três disparos, bem como o volume disponível calculado são apresentados na Tabela 2.

**Tabela 2.** Parâmetros dos disparos realizados no poço 1-FVB-02-SE.

Dados	Ordem do disparo		
	1	2	3
<b>Data</b>	16/12/2017	16/12/2017	17/12/2017
<b>Hora</b>	10:35:48	17:12:39	10:08:25
<b>Tempo do poço produzindo (min)</b>	90	487	120
<b>Profundidade do Nível (m)</b>	1699,33	1716,74	1661,31
<b>% Líquido no Anular</b>	100%	100%	100%
<b>Coluna de Fluidos Totais (m)</b>	81,0	63,0	119,0
<b>Volume disponível (bbl)</b>	4,03	3,14	5,93

Fonte: Do autor.

O primeiro disparo foi realizado às 10:35 e o poço já estava produzindo há 1 hora e 30 minutos. Identifica-se que a coluna de líquido se encontrava acima da bomba, permitindo a mesma ser completamente preenchida a cada ciclo. A altura da coluna estava a 81 metros

acima da bomba, o que resultava em um volume de líquido disponível para produção de, pelo menos, 4,03 bbl. Outro dado corresponde a não existência de gás na coluna de fluido, de modo que sugere que o óleo estava em equilíbrio de temperatura e pressão constantes. Deve-se reforçar que o poço não havia sido despressurizado, fato que contribuiu para a não existência de gás livre no anular no momento do disparo.

No segundo disparo, realizado às 17:12, o poço já estava em produção por pouco mais de 8 horas. O nível de fluido foi reduzido (em relação ao teste anterior), porém, ainda se encontrava 63 metros acima da bomba (continuava livre de gás), o que corresponde a um volume de 3,14 bbl de fluido ainda disponível a produção. Esse resultado demonstra que, realmente, o reservatório apresenta baixa capacidade de alimentação do poço, pois a vazão de líquido poço/superfície é maior que a vazão reservatório/poço.

A partir desses dois disparos, pode-se ter uma mensuração aproximada da produção desse poço, no dia da análise. O poço produziu (entre as duas análises) por 6 horas e 37 minutos, resultando em uma diferença de altura de coluna de fluido 18 metros, ou seja, 2,72 m/h, o que corresponde a uma vazão de 0,14 bbl/h. No dia em questão, o poço passou cerca de 8 horas produzindo, então, têm-se que ele teve uma produção de, aproximadamente, 1,12 bbl. No entanto, deve-se ressaltar que não foi considerada a entrada de fluido do reservatório para o poço durante o tempo em que o mesmo estava em produção, ou seja, essa estimativa é o mínimo produzido.

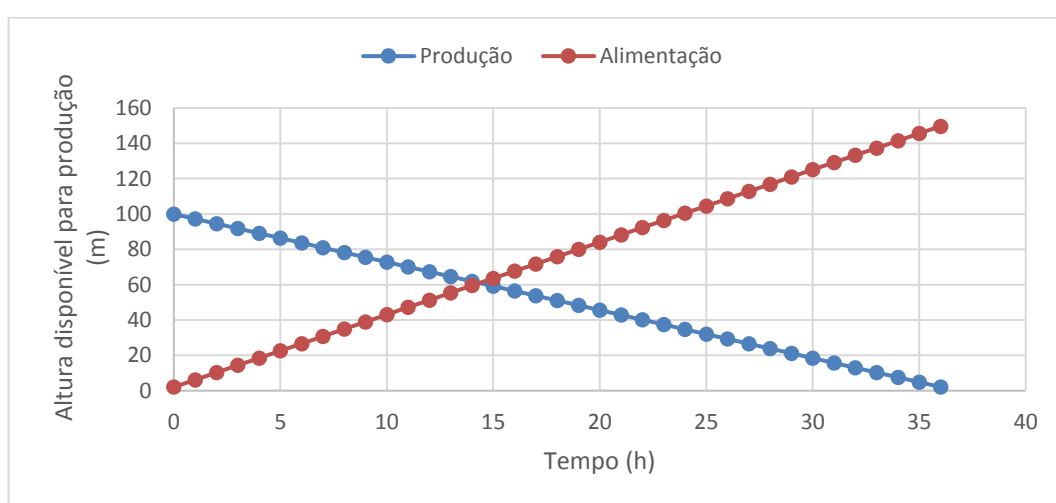
Após o segundo disparo, o poço foi desligado, iniciando, assim, seu período de restituição, de modo que o reservatório aumentasse o nível de fluido no anular do poço, para ser produzido no dia seguinte.

O terceiro e último disparo foi realizado no dia seguinte, às 10:10 da manhã, com o poço produzindo há duas horas, portanto, após um período de restituição de, aproximadamente, 15 horas. O disparo deveria ter sido realizado antes do início da produção do poço, porém, a equipe que realizou os testes não conseguiu chegar a tempo. De toda forma, observa-se que o nível do fluido se encontrava a 119 metros, logo, 56 metros acima do registro anterior (63 metros). Como o poço já estava produzindo há duas horas a uma taxa de 2,72 m/h (foi considerada a mesma taxa de produção do dia anterior), determinou-se que houve um aumento no nível de 61,44 m, totalizando 124,44 m de coluna de fluido acima da bomba no início do dia, o que representa um volume de 6,2 bbl. Assim, foi possível estimar que a vazão de restituição do reservatório para o poço é de 4,10 m/h ou 0,20 bbl/h.

Com a realização dos três disparos com o *Sonolog*, constatou-se que a taxa de restituição (4,1 m/h) é cerca de 50% superior à taxa de produção do poço (2,72 m/h). Isso

quer dizer que o poço pode suportar um tempo de produção 50% maior do que aquele que permaneceu restituindo. O Gráfico 1 apresenta dados de como se comportaria o poço em uma situação específica de produção. Nessa situação, o nível de fluido encontrava-se 100 metros acima de bomba e o poço conseguiria produzir por 36 horas ininterruptas, até que o nível ficasse próximo a sucção da bomba. Nesse momento, a produção seria interrompida e o poço precisaria de, apenas, 24 horas para retornar a aquela mesma altura de coluna de fluido.

Gráfico 1: Comportamento do nível de submersão da bomba em relação ao tempo de produção/restituição.

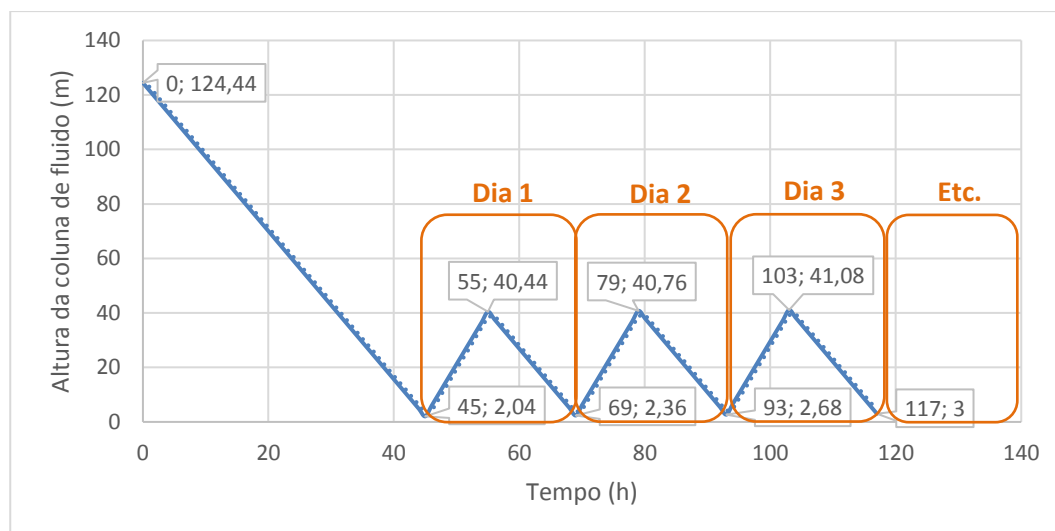


Fonte: Do autor.

A partir dessa constatação, foi proposto um novo regime de produção para que esse poço tenha o seu potencial melhor explorado. O Gráfico 2 exibe um esquema do regime proposto. Como ponto inicial (hora zero), foi tomada a altura da coluna de fluido determinada no segundo dia de análise (124,44 metros). Determinou-se o tempo necessário para que o nível de fluido atingisse a altura mínima acima da bomba, o que aconteceu após 45 horas, atingindo uma altura de 2,04 metros acima da bomba. É importante manter o nível de fluido no espaço anular baixo, pois, assim, reduz a pressão hidrostática aplicada na altura dos canhoneados, favorecendo a vazão do reservatório para o poço. A partir daí, determinou-se um ciclo de restituição/produção dentro de 24 horas. Sugeriu-se que o poço passe 10 horas restituindo e 14 horas produzindo. Observa-se que, com o passar dos dias, a submersão da bomba vai aumentando e, dessa forma, chegará a um ponto onde necessitará, novamente, aumentar o tempo de produção para o que o nível reduza ao mínimo.



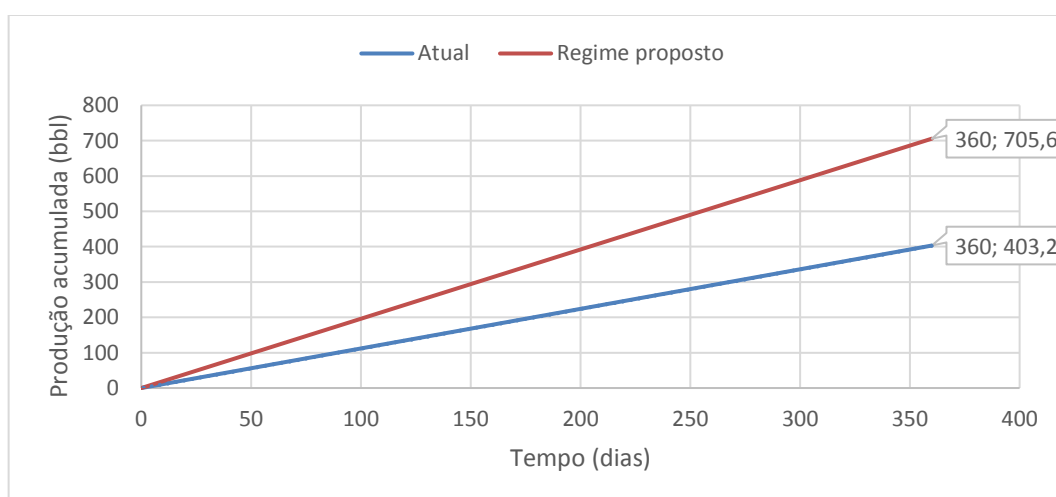
Gráfico 2: Comportamento do nível de submersão da bomba– regime proposto.



Fonte: Do autor.

A produção acumulada dos fluidos com esse regime de produção proposto foi comparada com a produção acumulada do poço com o regime de produção atual, para um tempo de seis meses (Gráfico 3). Observa-se que, ao final desse período, haveria um acréscimo de 302,4 bbl de fluido, o que representa um aumento de 71,4% na produção do poço.

Gráfico 3: Comparativo da produção acumulada dos fluidos em 6 meses de produção.



Fonte: Do autor.

#### 4. Conclusões

- ✓ Através dos testes realizados, pode-se determinar que a bomba sempre está operando submersa no fluido, o que faz com que seu potencial seja bem explorado nesse sentido;

- ✓ Não foi encontrada gás dissolvido no óleo durante os disparos, que pode ser explicado pela pressurização do poço ser mantida durante os testes;
- ✓ No regime atual, durante a produção, o poço apresenta uma redução de nível hidrostático de 2,72 m/h, o que representa uma taxa de produção de apenas 0,14 bbl/h, enquanto, durante as pausas, ocorre um aumento de nível 3,84 m/h, representando 0,2 bbl/h;
- ✓ O regime de produção atual (8 horas produzindo e 16 horas restituindo) não está explorando o máximo potencial desse poço, uma vez que a taxa de restituição é maior que a taxa de produção, indicando que o poço pode permanecer mais tempo produzindo que restituindo;
- ✓ Na sugestão de um novo regime de produção, após uma produção ininterrupta de 45 horas para redução do nível hidrostático ao mínimo, o poço, a cada dia, poderia permanecer 10 horas restituindo e 14 horas produzindo;
- ✓ No regime sugerido, o poço apresentaria um aumento de mais de mais de 70% na produção diária, o que, em 6 meses de produção, representaria um acréscimo de mais de 300 bbl de fluido;
- ✓ A ferramenta *Sonolog* mostrou-se bastante relevante no acompanhamento de poços, uma vez que, através da interpretação de seus testes, é possível identificar possíveis anormalidades na produção e corrigi-las quando necessário, tornando o processo mais eficiente e, conseqüentemente, de maior viabilidade econômica.
- ✓ Vale salientar que a sugestão de mudança de regime foi feita baseada em um número pequenos de testes. O ideal seria ter um maior número de amostras para que o resultado seja mais confiável.

## 5. Referências

CRUZ, Saulo Sales; ALMEIDA, Tales Andrade, **Análise do nível em poços equipados com bombeio mecânico utilizando o *Sonolog***. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia de Petróleo). Universidade Tiradentes, Aracaju/SE, 2017.

ECHOMETER COMPANY. *Well Analyzer brochure*: 2008, disponível em <[echometer.com/Portals/0/Brochures/BrochureEchometerWA\\_2008\\_12\\_01.pdf](http://echometer.com/Portals/0/Brochures/BrochureEchometerWA_2008_12_01.pdf)> acessado 15/01/2018.

OLIVEIRA, Danyllo Silva e SOUZA, Pablo Diego Pinheiro, **Acompanhamento operacional de bombeio mecânico através de cartas dinamométricas de fundo: estudos de caso**. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia de Petróleo). Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande/PB, 2016;

THOMAS, José Eduardo, *et al.* **Fundamentos de Engenharia de Petróleo**, Interciência, Rio de Janeiro, 2001.