

ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICA DO BOMBEIO HIDRÁULICO À JATO (BHJ) NO CAMPO DE QUIAMBINA

Enio L. Barreto¹, João Paulo L. Santos², Luiz Carlos L. Santos³

Copyright 2014, Instituto Brasileiro de Petróleo, Gás e Biocombustíveis - IBP

Este Trabalho Técnico foi preparado para apresentação na **Rio Oil & Gas Expo and Conference 2014**, realizado no período de 15 a 18 de setembro de 2014, no Rio de Janeiro. Este Trabalho Técnico foi selecionado para apresentação pelo Comitê Técnico do evento, seguindo as informações contidas no trabalho completo submetido pelo(s) autor(es). Os organizadores não irão traduzir ou corrigir os textos recebidos. O material conforme, apresentado, não necessariamente reflete as opiniões do Instituto Brasileiro de Petróleo, Gás e Biocombustíveis, Sócios e Representantes. É de conhecimento e aprovação do(s) autor(es) que este Trabalho Técnico seja publicado nos Anais da **Rio Oil & Gas Expo and Conference 2014**.

Resumo

O Bombeio Hidráulico a Jato (BHJ), como qualquer outro sistema de elevação artificial, é introduzido no poço quando a energia natural do mesmo não é suficiente para elevar os fluidos até a superfície. Em vista o potencial deste método e de possuir características vantajosas em relação ao campo estudado, este trabalho se dedicou em analisar a viabilidade técnica e a eficiência da bomba hidráulica a jato em comparação ao método instalado atualmente no campo que é o Bombeio Mecânico com hastes (BM). O poço o qual foi estudado está situado no campo de acumulação marginal Quiambina que atualmente se encontra fechado e está sob concessão do Projeto Campo-Escola (PCE) da Universidade Federal da Bahia (UFBA). O estudo de viabilidade técnica consistiu em avaliar o aumento da produção com a instalação do BHJ, através de equações que relacionam os parâmetros da bomba hidráulica a jato com os parâmetros do reservatório. Os resultados do estudo com a instalação do método de elevação BHJ no poço 01-QB-04A-BA demonstraram que com a instalação do método ocorre um aumento na produção total de fluido e consequentemente um aumento na produção de óleo em relação ao método instalado BM. A eficiência da bomba também foi muito satisfatória, ficando no patamar aceitável para uma possível instalação do método no campo, dando com isso uma prévia viabilidade técnica de uma possível instalação do BHJ no campo de Quiambina.

Abstract

Hydraulic Jet Pump, like any other artificial lift system is introduced into the well when the natural energy of the same is not enough to lift the fluids to the surface, it is necessary to add a power to the system so that we can raise fluids to the surface. Because of the potential of this method and have advantageous characteristics in the studied field, this work is devoted to analyze the technical feasibility and efficiency of hydraulic jet pump compared to the method currently installed in the field that is rods pumping. The well which was studied is standing in the Quiambina's field marginal accumulation which is currently closed and is under award School-Camp Project. The technical feasibility study was to evaluate the increase in production with the installation of hydraulic jet pumps through equations that relate the parameters of hydraulic jet pump with the parameters of the reservoir. The results of the study with the installation of hydraulic jet pump in the well 01-QB-04A-BA showed that the installation method is an increase in the total fluid production and consequently an increase in oil production in relation to rods pumping. The pump efficiency was also very satisfactory, being within the acceptable level for a possible installation method in the field, thereby giving a preview technical feasibility of a possible installation of hydraulic jet pump in the Quiambina's field.

1. Introdução

Com o aumento da demanda de petróleo, principalmente por países emergentes, o estudo e emprego de tecnologias que aumentem a produção diária de petróleo estão cada vez mais à tona. Novos métodos de elevação artificial de petróleo estão sendo pesquisados e métodos mais antigos estão sendo aperfeiçoados e colocados novamente

¹ Engenheiro de Minas Habilitação Petróleo – Universidade Federal da Bahia

² Mestre, Professor – Universidade Federal de Sergipe

³ PhD, Professor – Universidade Federal da Bahia

no mercado. Este é o caso do Bombeio Hidráulico a Jato (BHJ) que foi descoberto a algumas décadas, porém somente nos últimos anos vem sendo muito utilizado em alguns campos petrolíferos pelo mundo, principalmente em alguns países da América do Sul como o Equador e Colômbia.

Segundo Oliveira (2009), o BHJ é um método de elevação artificial, utilizado em poços de petróleo, que atua mediante a transferência de energia à uma bomba de fundo através de um fluido pressurizado que é bombeado pelo anular ou pela coluna de produção. A bomba de fundo transfere para o fluido produzido a energia do fluido motriz. A alta pressão do fluido motriz enviado desde a superfície passa por um bocal onde a energia potencial ou pressão é convertida em energia cinética através de jatos de fluido em alta velocidade.

O Bombeio Hidráulico a Jato é um método de elevação artificial que tem como principal vantagem e automaticamente característica a utilização da água produzida como fluido motriz. O fluido motriz é injetado a alta pressão, a partir de uma bomba de superfície, através da coluna de produção passando por um bocal onde é convertido em energia cinética, e posteriormente é misturado com o fluido succionado proveniente da formação e a mistura de fluido motriz e fluido succionado são elevados para a superfície, podendo ser um processo de circuito fechado de injeção e produção.

O fluido de potência ou motriz pode ser a água produzida, o óleo produzido ou diesel. Porém na grande maioria dos poços que operam com o sistema BHJ usa-se a água produzida como fluido de potência devido a alguns fatores muito importantes, como por exemplo: a água é muito mais fácil de controlar ou neutralizar do que o óleo e também a água produzida pode ser reciclada e reutilizada como fluido de potência.

Este trabalho tem como objetivo estudar a viabilidade técnica da implantação do método de elevação artificial BHJ no poço 01-QB-04A-BA, pertencente ao Projeto Campo-Escola UFBA/ANP, por possuir características compatíveis com este método, como por exemplo a elevada produção de água. Com isso, foi realizada uma análise do ganho produtivo e do aumento da eficiência com a implantação do BHJ quando comparado com o método de elevação instalado atualmente no campo que é o Bombeio Mecânico com hastes (BM).

2. Metodologia

Tendo como objetivo principal desse trabalho a obtenção da eficiência e da futura produção do poço com a utilização do método BHJ e compará-lo ao método atual de elevação instalado no campo de Quiambina, foi obedecida a seguinte metodologia:

- ✓ Utilização de um método para obtenção da eficiência da bomba hidráulica a jato no campo de Quiambina;
- ✓ Determinação da eficiência volumétrica do bombeio mecânico com hastes no campo de Quiambina para efeitos de comparação.

2.1. Método para Obtenção da Eficiência da Bomba Hidráulica a Jato (BHJ) no Campo de Quiambina

Para que se possa dimensionar a bomba hidráulica a jato para um estudo de viabilidade técnica no campo de Quiambina utilizou-se o método de estudo usando cálculos diretos, obtendo assim sua eficiência. O método presente nesse trabalho foi proposto por Smart (1985). Com esse método é possível calcular diretamente a melhor geometria de uma bomba a jato, para os parâmetros e condições do campo em estudo. Na Figura 1 tem-se a nomenclatura de uma bomba hidráulica a jato.

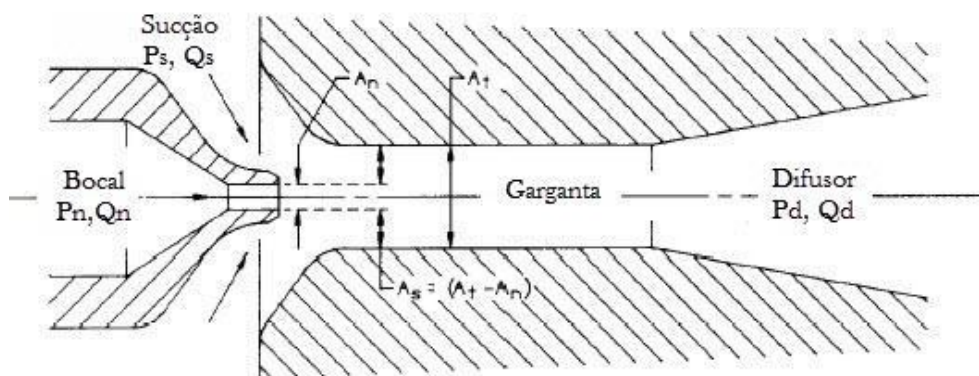


Figura 1 – Nomenclatura da bomba hidráulica a jato (BROWN, 1980).

Onde:

P_s = Pressão de sucção dos fluidos da formação (psi);
 P_n = Pressão no Bocal (psi);
 P_d = Pressão no difusor (psi);
 Q_s = Vazão de sucção (bbl/d);
 Q_n = Vazão de injeção no bocal (bbl/d);
 Q_d = Vazão de descarga no difusor (bbl/d);
 A_n = Área do bocal (in²);
 A_t = Área da garganta (in²);
 A_s = Área de sucção (in²).

A sequência de cálculos proposta por Smart para determinar a geometria ideal de uma bomba a jato (VACA, 2009) é dada por:

a) Fixar a pressão de operação de superfície desejada, (P_t , psi). Segundo Brown (1980), as bombas multiplex trabalham com uma pressão de operação entre 2000 a 4500 psi dependendo, entre outros fatores, da profundidade do poço. Como o poço 01-QB-04A-BA é um poço raso, assumiu-se um valor mínimo de pressão de operação (2000 psi).

b) Determinar a relação adimensional de fluxo M . Como valor inicial, supôs-se o valor de fluxo adimensional $M=1$. Este é utilizado unicamente para cálculos de perda de pressão por atrito.

$$M = \frac{Q_s}{Q_n} \quad (1)$$

c) Calcular gradiente de pressão do petróleo produzido (G_o , psi/ft), a partir do seu grau API.

$$G_o = \frac{0,433.141,5}{131,5 + ^\circ API} \quad (2)$$

d) Calcular o gradiente de pressão do fluido produzido (G_s , psi/ft), baseado nos gradientes de pressão do petróleo e da água.

$$G_s = BSW.G_w + (1 - BSW).G_o \quad (3)$$

Onde:

$$G_w = 0,433.y \quad (4)$$

e:

y = densidade relativa da água.

e) Calcular a pressão de sucção (P_s , psi/ft), a partir da vazão de desejada (Q_s , bbl/d), do índice de produtividade (IP) e da pressão do reservatório (P_{res} , psi).

$$P_s = P_{res} - \frac{Q_s}{IP} \quad (5)$$

f) Estimar o fator volume-formação do petróleo e de água (B_t).

$$B_t = \left[1 + 2,8 \cdot \left(\frac{RGO}{P_s} \right)^{1,2} \right] \cdot (1 - BSW) + BSW \quad (6)$$

g) Calcular a vazão de injeção do fluido motriz (Q_n , bbl/d), a partir da vazão desejada (Q_s , bbl/d) e do fluxo adimensional, M .

$$Q_n = \frac{G_s.Q_s.B_t}{G_n.M} \quad (7)$$

Onde:

G_n = Gradiente de pressão do fluido motriz que passa através do bocal.

h) Utilizando a equação (8) calcula-se a perda de pressão por atrito do fluido motriz, (P_{fn} , psi):

$$P_{fn} = \left[\frac{(2,02 \cdot 10^{-6}) L ((D1 - D2) \mu_w)^{0,21}}{C \cdot G_n^{0,21}} \right] \cdot G_n \cdot Q_n^{1,79} \quad (8)$$

Onde:

$$C = (D1 - D2) (D1^2 - D2^2)^2 \left(\frac{D1}{D1 - D2} \right)^{0,1} \quad (9)$$

e:

L = Profundidade do topo dos canhoneados.

i) Calcular a pressão do fluido motriz no bocal (P_n , psi), somando a pressão de operação da bomba multiplex mais a pressão hidrostática do fluido motriz, menos a perda de pressão por atrito na tubulação.

$$P_n = P_t + G_n \cdot L - P_{fn} \quad (10)$$

j) Calcular a vazão do fluido de retorno (Q_d , bbl/d), a partir da soma da vazão de injeção do fluido motriz mais a vazão de produção da formação.

$$Q_d = Q_n + Q_s \quad (11)$$

k) Calcular o gradiente de pressão do fluido de retorno (G_d , psi/ft), fazendo uma média ponderada a partir do gradiente de pressão do fluido motriz e o gradiente de pressão do fluido produzido.

$$G_d = \frac{G_s \cdot Q_s + G_n \cdot Q_n}{Q_d} \quad (12)$$

l) Calcular a fração de água do fluido de retorno (F_{wd}), neste caso água:

$$F_{wd} = \frac{Q_n + Q_s \cdot BSW}{Q_d} \quad (13)$$

m) Determinar a viscosidade do fluido de retorno (μ_d , cP), a partir da viscosidade da água e do petróleo.

$$\mu_d = F_{wd} \cdot \mu_w + (1 - F_{wd}) \cdot \mu_o \quad (14)$$

n) Determinar a pressão de descarga da bomba (P_d , psi), a partir da soma da pressão hidrostática do fluido de retorno, mais a perda de pressão por atrito no anular (P_{fd} , psi), mais a pressão na cabeça do poço (P_{wh} , psi).

$$P_d = P_{wh} + G_d \cdot L + P_{fd} \quad (15)$$

Onde:

$$P_{fd} = \left[\frac{(2,02 \cdot 10^{-6}) L ((D1 - D2) \mu_w)^{0,21}}{C \cdot G_d^{0,21}} \right] \cdot G_d \cdot Q_d^{1,79} \quad (16)$$

O valor da pressão na cabeça do poço (P_{wh} , kgf/cm²) pode ser obtido por registro na superfície. Porém, pode-se também estimar o valor da pressão na cabeça do poço a partir da pressão de fluxo no fundo do poço (P_{wf} , kgf/cm²), da profundidade dos canhoneados ($L1$, m), a profundidade do nível dinâmico (H_{din} , m) a partir da superfície, se o poço

estiver produzindo, e da densidade relativa do óleo produzido (SGóleo). Após os cálculos, converte-se o resultado de Pwh de kgf/cm² para psi.

$$Pwh = Pwf - 0,10.(L - Hdin).SGóleo \quad (17)$$

o) Determinar a eficiência da bomba hidráulica a jato (ε), a partir da vazão de produção, vazão no bocal, gradiente de pressão de produção, gradiente de pressão do fluido motriz, pressão de descarga, pressão sucção e a pressão no bocal.

$$\varepsilon = \left(\frac{Pd - Ps}{Pn - Pd} \right) \left(\frac{Qs.Gs}{Qn.Gn} \right) \quad (18)$$

2.2.Método para Obtenção da Eficiência Volumétrica do Bombeio Mecânico com Hastes (BM) no Campo Quiambina

Segundo Rossi (2005), os valores normais de eficiência volumétrica de uma bomba de subsuperfície de um bombeio mecânico com hastes (BM) situam-se basicamente entre 70% a 80%, sendo influenciada principalmente pela viscosidade do fluido, a profundidade aonde será instalada a bomba, entre outros. A eficiência volumétrica da bomba representa a resposta de todo o sistema do bombeio.

A eficiência volumétrica (E_v), expressa em percentual, é definida como sendo a razão entre a vazão de produção dos fluidos na superfície (Q , m³/d ou bbl/d) e o deslocamento volumétrico da bomba volumétrico da bomba de fundo (D_v , m³/d ou bbl/d) dada por:

$$E_v = \frac{Q}{D_v} . 100 \quad (19)$$

Onde o deslocamento volumétrico é o máximo deslocamento proporcionado pela bomba, sendo função do diâmetro do pistão da bomba (D_p , in), do curso efetivo do pistão (S_p , in) e da velocidade de bombeio imposta na superfície, sendo N expresso em ciclos por minuto (min^{-1}).

Segundo Rossi (2005), o deslocamento volumétrico pode ser calculado através de:

$$D_v = S_p . A_p . N . 1440 \quad (20)$$

Onde 1440 é o tempo (em minutos) equivalente há um dia (24 horas) e a área do pistão é dada por:

$$A_p = \frac{\pi}{4} . D_p^2 \quad (21)$$

Combinando a equação (20) com a (21) obtemos:

$$D_v = K . S_p . D_p^2 . N \quad (22)$$

Onde:

D_v = Deslocamento volumétrico da bomba de subsuperfície (bbl/d);

D_p = Diâmetro do pistão da bomba de fundo (in);

N = Velocidade de bombeio (min^{-1});

S_p = Curso efetivo do pistão da bomba de subsuperfície (in);

K = 0,01853 (para o sistema de unidades adotados).

Segundo Rossi (2005), para que se possa calcular o curso efetivo do pistão (S_p , in) leva-se em consideração a elongação devido a aceleração “overtravel” (ea , in), a elongação da coluna de produção (ec , in), a elongação na coluna de hastes (eh , in) e o curso da haste polida (S , in), como pode ser expressada na equação (23):

$$S_p = S + ea - (ec - eh) \quad (23)$$

3. Resultados e Discussões

O cenário utilizado nos cálculos para o dimensionamento da bomba hidráulica a jato foi obtido através de registros das condições de reservatório e produção em agosto/2007 pelo Projeto Campo-Escola. Estes são os dados de reservatório mais atualizados do poço antes do seu fechamento em agosto/2009. Na Tabela 1 estão os parâmetros fixos que serão utilizados nos cálculos para o dimensionamento do BHJ no poço 01-QB-04A-BA enquanto que na Tabela 2 temos o parâmetro variável que é a vazão de produção desejada Q_s (bbl/dia) que será utilizada para o cálculos de dimensionamento do BHJ (foram simuladas duas vazões diferentes). Já na Tabela 3 encontra-se as relações dos diâmetros do revestimento de produção e da coluna de produção.

Tabela 1 – Condições de reservatório e produção do poço 01-QB-04A-BA em agosto/2007.

Pres (psi)	279
Psat (psi)	255
IP ((bbl/dia)/psi)	0,039
BSW (%)	87
μ_w (cP)	1
μ_o (cP)	13

Tabela 2 – Relação de vazões de produção desejada Q_s (bbl/dia).

Vazão de produção desejada 1: Q_{s1} (bbl/dia)	8
Vazão de produção desejada 2: Q_{s2} (bbl/dia)	9

Tabela 3 – Relação dos diâmetros do poço 01-QB-04A-BA.

	Fluxo no anular	Fluxo na coluna de produção
D1	IDRP = 5,5 in	IDCP = 2,875 in
D2	IDCP = 2,875 in	-

Da solução das Equações de (1) a (23) para as condições de reservatório e de produção do poço 01-QB-04A-BA, em agosto/2007, e para as vazões de produção desejadas para o poço foram obtidos os valores de eficiência, vazão total, vazão de óleo e vazão de água dos métodos BHJ e BM. Estes valores encontram-se na Tabela 4.

Tabela 4 – Comparação entre os resultados obtidos para o BHJ e BM.

01-QB-04A-BA	Eficiência (%)	Q_t (bbl/dia)	Q_o (bbl/dia)	Q_w (bbl/dia)
BHJ S_1	28,4	20,54	1,04	6,96
BHJ S_2	22,6	26,64	1,17	7,83
BM	9,1	6,92	0,90	6,02

Os resultados obtidos mostram que, em condições de produção e de reservatório de agosto/2007, com um BSW médio de 87% e utilizando as vazões de produção desejadas de $Q_{s1} = 8$ bbl/dia e $Q_{s2} = 9$ bbl/dia a eficiência da bomba hidráulica a jato foi respectivamente de 28,4% e 22,6%. Segundo Brown (1980), a eficiência de uma bomba a jato varia tipicamente entre 10 a 30%. É uma eficiência baixa em relação à boa parte dos métodos de elevação artificial, porém satisfatória.

Segundo Oliveira (2009), a eficiência diminui a medida em que o valor de Q_s aumenta, variando entre 20 a 30%. Como foi constatado nos cálculos, com o aumento da vazão desejada de produção/vazão de sucção de $Q_{s1} = 8$ bbl/dia para $Q_{s2} = 9$ bbl/dia houve uma queda na eficiência da bomba de 28,4% para 22,6%, respectivamente, porém variando sempre entre 20% a 30%. Segundo Oliveira (2009), a eficiência da bomba a jato diminui por causa do aumento da viscosidade da mistura devido à emulsão. Como na solução S_2 a vazão de óleo $Q_{o2} = 1,17$ bbl/dia é maior que na solução S_1 $Q_{o1} = 1,04$ bbl/dia, verifica-se que está ocorrendo um aumento da viscosidade devido a uma maior circulação

de óleo no método, consequentemente há uma diminuição na eficiência da bomba a jato. Segundo Cunningham (1957), a eficiência da bomba é maior quando o processo de mistura é completamente realizado dentro da garganta, porém diminui drasticamente quando a zona de mistura se estende para o difusor.

Os resultados obtidos nos cálculos de vazão de retorno foram satisfatórios tanto para o S₁ quanto para o S₂, pois houve uma vazão total de retorno de 20,54 bbl/dia e 26,64 bbl/dia respectivamente com o BHJ, ante 6,92 bbl/dia com o BM. Em resultados mais precisos temos que em S₁, para uma vazão de produção total/vazão de retorno de 20,54 bbl/dia e uma vazão de sucção/vazão desejada de produção de 8 bbl/dia e um BSW de 87%, a vazão de óleo será de 1,04 bbl/dia com o uso do BHJ. Para S₂, com uma vazão de produção total/vazão de retorno de 26,64 bbl/dia e uma vazão de sucção/vazão desejada de produção de 9 bbl/dia e um BSW de 87%, a vazão de óleo será de 1,17 bbl/dia com o uso do BHJ. Já o BM com uma produção total de 6,92 bbl/dia e um BSW de 87%, a vazão de óleo será de 0,900 bbl/dia, ou seja, menos de 1 bbl/dia. Em comparação, o método BHJ terá uma produção de óleo maior que a do BM.

Para os parâmetros utilizados nos cálculos do BM, ocorreu uma baixa eficiência volumétrica da bomba, sendo que o esperado para uma bomba de fundo é de 60 a 70%. Segundo Neto (2010), a baixa eficiência da bomba de fundo no poço de 01-QB-04A-BA, pode ser explicada principalmente pela incompatibilidade entre a unidade de bombeio e a bomba de fundo instalada e pelos esforços excessivos.

Segundo Clegg (2007), os tanques de armazenagem de fluido motriz usados no sistema de BHJ tem capacidade de aproximadamente 100 barris. No caso de Quiambina, para a solução S₁ tendo uma produção diária de água de 6,96 bbl/d e uma vazão constante de injeção de 12,54 bbl/d de água, seria necessário que a cada 12 dias de produção fossem retirado o excedente de água produzida levando a mesma para um tratamento adequado. Já para a solução S₂ tendo uma produção diária de água 7,83 bbl/dia e uma vazão constante de injeção de 17,64 bbl/dia de água, seria necessário que a cada 10 dias de produção retirassem o excedente de água produzida e levasse-se a mesma para um tratamento adequado.

Comparando a eficiência obtida nas soluções para a bomba hidráulica a jato em relação à bomba de fundo usada no BM, a eficiência do BHJ foi bem superior ao do BM para os parâmetros analisados nos cálculos. Como a eficiência está atrelada ao desempenho da bomba, os custos energéticos de operação do BHJ seriam bem menores em relação do BM, pois praticamente dos 28,4% e 22,6% da energia fornecida à bomba seriam utilizadas no BHJ contra apenas os 9% da energia fornecida que seria usada no BM.

4. Conclusões

A partir dos resultados obtidos neste trabalho foi possível concluir que:

- ✓ Espera-se um ganho de produção com a instalação do método BHJ, utilizando-se parâmetros de reservatório e de produção do campo.
- ✓ O BHJ apresenta uma produção de óleo maior do que o BM nas condições de reservatório e produção usadas para o estudo.
- ✓ A eficiência da bomba hidráulica a jato foi satisfatória nos 2 casos estudados indicando com isso que o método tem uma eficiência aceitável, ficando entre os limites dado pelos fabricantes que é de 10% a 30% de eficiência.
- ✓ A bomba de fundo do BM obteve uma eficiência muito baixa ficando somente em 9,1%, sendo que a eficiência ideal para esse tipo de método é entre 60 a 70%. A questão de eficiência é de suma importância, pois a mesma reflete todo o funcionamento do método.
- ✓ De acordo com os resultados obtidos nesse trabalho, admite-se que instalação do BHJ no campo de Quiambina é viável tecnicamente, pois os resultados tanto de eficiência quanto de ganho de produção foram satisfatórios.
- ✓ Visando obter uma maior confiabilidade dos resultados obtidos, recomenda-se um estudo mais detalhado de viabilidade econômica e técnica usando *softwares* computacionais que possam dar maior precisão aos valores de eficiência e produção do campo.

5. Agradecimentos

Os autores agradecem a toda equipe do Projeto Campo-Escola da Universidade Federal da Bahia e a Agência Nacional do Petróleo Gás Natural e Biocombustíveis pelo suporte de dados fornecidos no desenvolvimento deste trabalho.

6. Referências bibliográficas

- BROWN, K. E. (Org); The Technology of Artificial Lift Methods. Tulsa, Oklahoma: PennWell Publishing Company, 1980.
- CLEGG, J. D. (Org); Petroleum Engineering Handbook, Volume IV: Production Operations Engineering. Richardson, Texas: Society of Petroleum Engineers, 2007.
- CUNNINGHAM, R.G.: "Jet Pump Theory and Performance With Fluids of High Viscosity" Trans., ASME, 1957.
- NETO, F. A. S.; Avaliação das condições operacionais e elevada produção de água do poço 01-QB-04A-BA. Monografia. Universidade Federal da Bahia. Salvador/BA, 2010.
- OLIVEIRA, G. P. H. A.; Análise de desempenho do bombeio hidráulico a jato em cenário offshore, Petrobras, Rio de Janeiro/RJ, 2009.
- ROSSI, N.C.M. Bombeio Mecânico. Curso de Especialização em Engenharia de Petróleo. Universidade Federal da Bahia, Salvador/BA, 2005.
- SMART, E.; Jet Pump Geometry Selection, Southwestern Petroleum Short Course, Texas Tech University, Texas/EUA, April/1985.
- VACA, J. L. T.; "Selección de la geometría de una bomba tipo jet, para la producción de petróleo del pozo 33, em el Campo Sacha, em el Distrito Amazónico". Monografia. Universidad Tecnológica Equinoccial. Facultad de Ciencias de la Ingeniería Carrera de Tecnología de Petróleos, Quito-Ecuador, 2009.