

METODOLOGIAS PARA ASSENTAMENTO DE SAPATAS DE REVESTIMENTO EM POÇO DE ÁGUAS PROFUNDAS DA FORMAÇÃO CALUMBI

Suellen Maria Santana Andrade; Alisson Vidal dos Anjos; Alex Viana Veloso (Orientador);

Universidade Tiradentes, suellenandrade.petro@gmail.com;

Resumo: Para a construção de um poço de petróleo o assentamento das sapatas dos revestimentos é um importante fator para a realização de uma perfuração segura e com o menor custo possível em detrimento do número de fases do poço. Para que não ocorram danos à formação, ao poço ou até mesmo a sonda, é necessária a análise das tensões e geopressões exercidas, do histórico do campo e da experiência profissional. As profundidades de assentamento das sapatas são relacionadas com as características do poço podendo ser realizado através de diversos métodos, tais como definição gráfica pela janela operacional e/ou pelo critério de tolerância ao kick, subdividido em: de baixo para cima e de cima para baixo. Pelo método da janela operacional não é levado em consideração à possibilidade de ocorrência de kick, como também, o mesmo independe da geometria do poço, o que o torna menos condizente com a realidade, diferentemente do método de tolerância ao kick, no qual, esses fatores são considerados. O trabalho vigente tem o objetivo de analisar um poço offshore de águas profundas na bacia Sergipe-Alagoas e realizar o projeto de assentamento das sapatas dos revestimentos através de diferentes metodologias.

Palavras-chave: Assentamento de sapatas, tolerância ao kick, geopressões.

1. INTRODUÇÃO

O petróleo é uma mistura de cadeias de hidrocarbonetos gerados em condições específicas de temperatura e pressão, no qual, são compostas de diferentes propriedades físico-químicas (THOMAS, 2004). Com a grande dependência do mundo moderno a produtos derivados do petróleo, intensificou-se a necessidade de investimentos na área de perfuração e completação de poços, os quais durante esses processos, diversos obstáculos precisam ser vencidos para que sejam concluídas de forma segura e correta (PERDMO *et al.*, 2007).

Para minimização dos problemas relacionados à perfuração de poços, tais como aprisionamento de coluna por diferencial de pressão, torques e arrastos elevados e/ou influxo de fluido da formação para dentro do poço (kick), se é necessário o estudo das geopressões. O conhecimento das mesmas é um fator de grande relevância para o sucesso na execução da perfuração de um poço e na elaboração de um projeto completo e confiável (ROCHA, 2009).

Com a análise das geopressões pode-se determinar as curvas de sobrecarga, fratura, pressão de poros e colapso. Através delas, limita-se a janela operacional que definirá o peso específico do fluido de perfuração e o assentamento

(83) 3322.3222

contato@conepetro.com.br

www.conepetro.com.br

das sapatas, pois o excesso de peso de fluido poderá gerar tensões de tração na formação, ocasionando fraturas com a consequente perda de fluido de perfuração (NETO, 2009).

Desta forma, para definir a profundidade que as sapatas serão assentadas é necessário considerar alguns fatores como: localização de zonas de perda de circulação, existência de formações inconsolidadas, possibilidade de ocorrência de fraturas e perda de fluido para formação, além da presença de aquíferos e/ou reservatórios fora da zona produtora. Por isso, a descida de uma coluna de revestimento permite que a formação seja protegida e que um peso de fluido de perfuração adequado possa ser utilizado para a fase seguinte (ROCHA, 2009).

O presente trabalho tem como objeto o estudo de um poço offshore de águas profundas na bacia Sergipe-Alagoas, localizado na formação Calumbi, para realização do assentamento das sapatas dos revestimentos através de diferentes metodologias.

2. METODOLOGIA

Para realização do trabalho vigente empregou-se os métodos relativos à janela operacional: com margens de segurança em relação aos gradientes de pressão de poros e fratura e com margem de segurança implícita através da curva P-90, e da tolerância ao kick: de baixo para cima e de cima para baixo, realizando assim, uma análise comparativa entre os parâmetros avaliados.

2.1 Janela Operacional

Utilizou-se como dados de entrada para os cálculos e análise das geopressões, o Quadro de Previsão Geológica do poço (Figura 1), as densidades e gradientes de poros da formação e suas respectivas profundidades (Tabela 1). Para o cálculo dos gradientes de fratura foram utilizadas as seguintes equações (ROCHA, 2009):

$$G_F = G_P + K(G_{ov} - G_P) \quad (\text{Eq. 1.0})$$

$$G_{OV} = \frac{\sigma_{ov}}{0,1704 * H} \quad (\text{Eq. 1.1})$$

$$\sigma_{ov} = 14,22(\rho_{bi}\Delta D) \quad (\text{Eq. 1.2})$$

Onde:

G_F : Gradiente de fratura, (lb/gal);

G_{ov} : Gradiente de sobrecarga, (lb/gal);

G_P : Gradiente de poros, (lb/gal);

ΔD : Intervalos de profundidade, (m);

σ_{ov} : Tensão de sobrecarga acumulada, (psi);

ρ_{bi} : Densidade de cada camada da formação, (g/cm^3);

H: Altura, (m);

K: Constante de correlação entre as tensões efetivas;

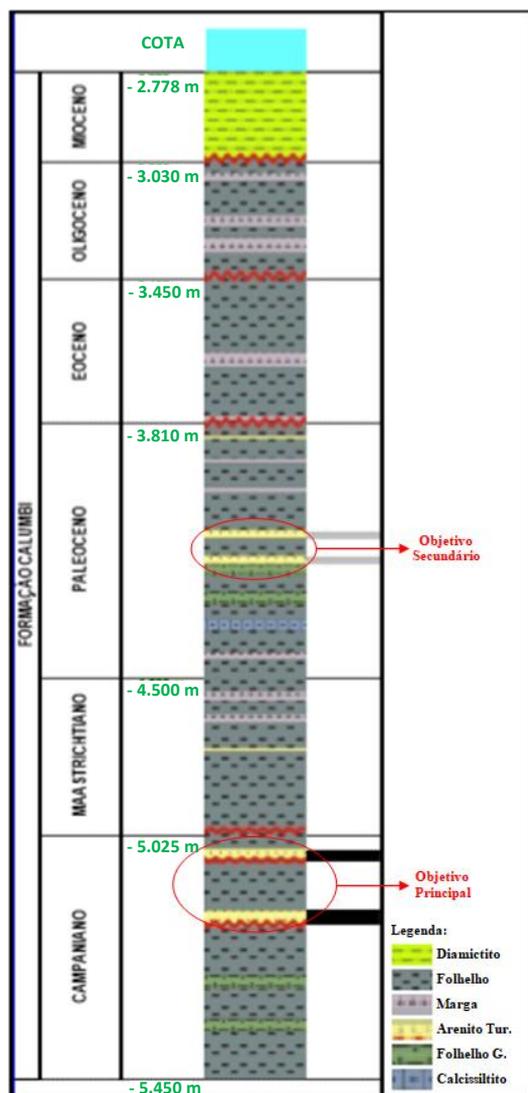


Figura 1: Dados de entrada: Quadro de Previsões Geológicas (QPG).

Tabela 1: Dados de entrada do poço: gradiente de poros e densidade da formação com suas respectivas profundidades.

Descrição	Profundidade (m)	Densidade (lb/gal)	Gradiente de Poros (lb/gal)
LDA	2.778	8,5	-
Sedimentos	2.783	15,0	8,60
	2.895	15,0	8,67
	3.007	15,0	8,70
	3.119	16,5	8,71
	3.231	16,5	8,74
	3.343	16,5	8,80
	3.455	16,5	8,78
	3.567	17,0	8,79
	3.679	17,0	8,69
	3.791	17,0	8,68
	3.903	17,0	8,73
	4.015	20,0	8,81
	4.127	20,0	8,93
	4.239	20,0	9,08
	4.351	19,0	9,06
	4.463	17,5	9,10
	4.575	17,5	9,15
4.687	17,5	9,35	
4.799	17,5	9,49	
4.911	17,5	9,51	
5.023	18,0	9,78	
5.135	20,0	10,23	
5.247	18,0	10,44	
5.359	20,0	10,50	
5.471	20,0	10,75	

Através das geopressões, determinou-se a janela operacional e estabeleceu-se as profundidades de assentamento das sapatas dos revestimentos. A partir da profundidade final do poço, traça-se uma reta vertical para cima até cruzar o limite superior da janela operacional (com ou sem margens de segurança). Nessa profundidade deve ser assentada uma sapata de revestimento. O mesmo procedimento deve ser

repetido para o assentamento das sapatas seguintes, partindo assim, da profundidade da última sapata (ROCHA, 2009).

Desta forma, para elaboração do projeto foram consideradas as seguintes premissas:

- Correlação entre as tensões efetivas da formação constante ($K=0,51$);
- Margem de segurança implícita através da curva de tendência de compactação normal (P-90);
- Margem de segurança de 0,10 lb/gal para os limites inferior de gradiente de poros e superior de gradiente de fratura;

2.2 Tolerância ao kick:

2.2.1 Método de baixo para cima:

Estabeleceu-se a profundidade da última sapata, D_{sap} , e os respectivos valores de gradiente de poros, G_P , e densidade do fluido de perfuração, ρ_{mud} . Admitiu-se uma densidade do fluido invasor de $\rho_K=1,8$ lb/gal e um volume de kick de 20 bbl's (volume comumente utilizado pelas grandes corporações petrolíferas como critério para elaboração de projetos offshore, segundo Holden *et al.*, 1982), para determinar a altura de volume do kick no espaço anular, h_k . Assumiu-se a tolerância ao kick diferencial mínima, $\Delta\rho_{kT\ min}$, como sendo zero.

Para determinar o assentamento das sapatas através do método de baixo para cima é necessário obter o gradiente de fratura baseado na tolerância ao kick, G_F^{KT} , a partir da equação 2.0 (ROCHA, 2009):

$$G_F^{KT} = \frac{D}{D_{sap}} (\Delta\rho_{kT\ min} + G_P - \rho_{mud}) + \frac{h_k}{D_{sap}} (\rho_{mud} - \rho_K) + \rho_{mud} \quad (\text{Eq. 2.0})$$

Desta forma, o revestimento anterior será descido quando $G_F^{KT} \geq G_F$.

2.2.2 Método de cima para baixo:

No assentamento de sapatas de cima para baixo, procura-se determinar a profundidade máxima de cada fase. Assumiu-se a tolerância ao kick diferencial mínima, $\Delta\rho_{kT\ min}$, como sendo zero e estabeleceu-se a profundidade do revestimento de superfície. Desta forma, pode-se calcular a margem de tolerância ao kick diferencial, $\Delta\rho_{kT}$, para cada intervalo de profundidade através da equação 2.1 (ROCHA, 2009):

$$\Delta\rho_{kT} = \frac{D}{D_{sap}} (G_F - \rho_{mud}) - \frac{h_k}{D_{sap}} (\rho_{mud} - \rho_K) + \rho_{mud} - G_P \quad (\text{Eq. 2.1})$$

Logo, o próximo revestimento será descido quando $\Delta\rho_{kt} \leq \Delta\rho_{kt \text{ mín.}}$

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Através das geopressões, obteve-se a janela operacional e determinou-se as profundidades de assentamento das sapatas (Figura 2).

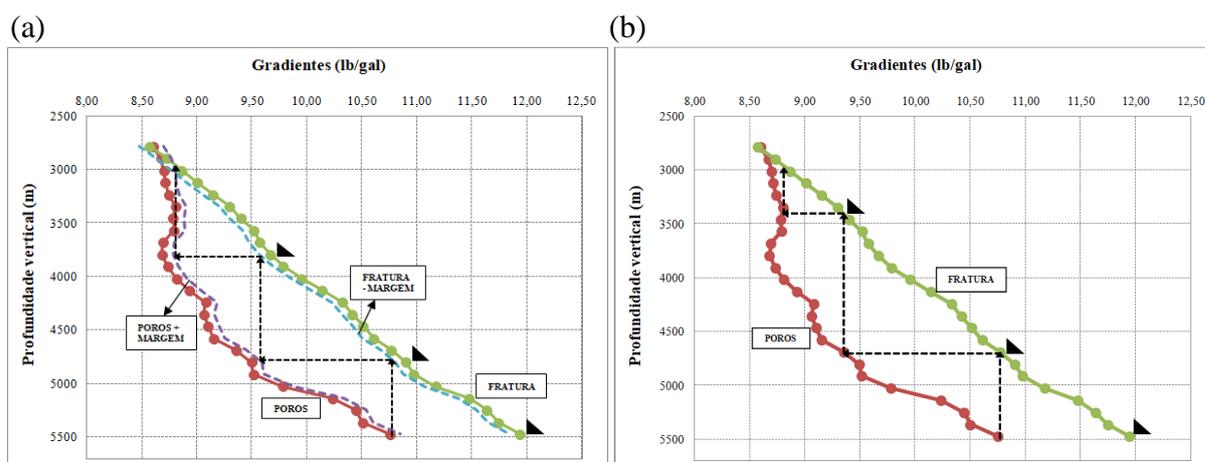


Figura 2: Projeto de assentamento de sapatas através da janela operacional: com a utilização de margens de segurança com relação aos gradientes de pressão de poros e fratura (a). Com margem de segurança implícita através da curva P-90 em relação aos gradientes de pressão de poros e fratura (b).

Tabela 2: Profundidades de assentamento de sapatas através dos métodos de janela operacional e tolerância ao kick.

Revestimentos	Janela OP sem margem (m)	Janela OP com margem (m)	De baixo para cima (m)	De cima para baixo (m)
Condutor	2.820	2.820	2.840	2.820
Superfície	3.850	3.400	3.612	3.007
Intermediário	4.900	4.700	4.782	4.800
Produtor	5.471	5.471	5.471	5.471

A Tabela 2 contém as profundidades de assentamento das sapatas obtidas através dos métodos de janela operacional e tolerância ao kick, para uma lâmina d'água de 2.778 m, com uma profundidade vertical (TVD) de 5.471 m e um comprimento de kick de 80 m.

A Figura 3 contém a esquematização das profundidades de assentamento das sapatas obtidas através das diferentes metodologias discutidas, para uma lâmina d'água de 2.778 m e um TVD de 5.471 m. Para todos os métodos, determinou-se que o assentamento do revestimento condutor (30") será perfurado e

cimentado, com um trecho de 40 m (exceto para o de tolerância ao kick de baixo para cima que apresenta um trecho de 60 m).

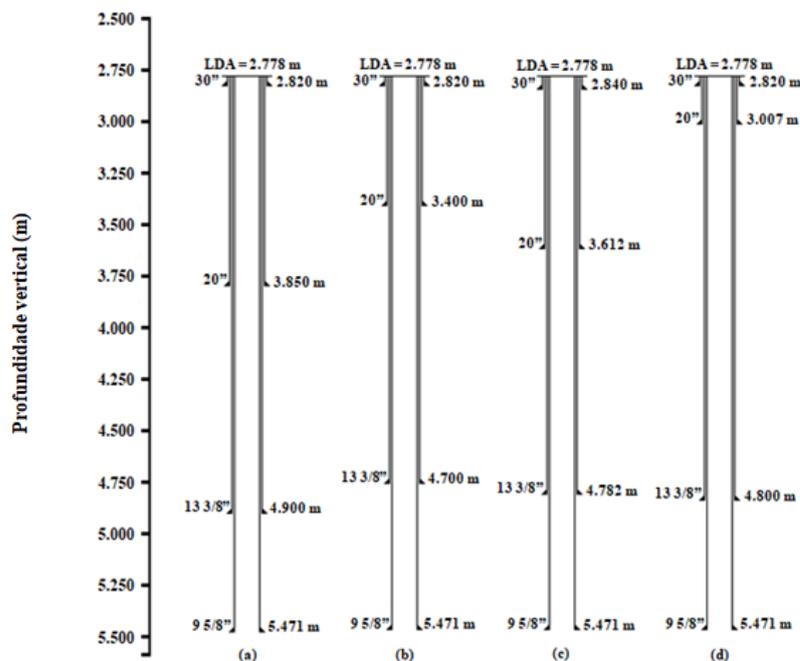


Figura 3: Profundidades de assentamento das sapatas para lâmina d'água de 2.778 m e TVD de 5.471 m. Janela operacional com margem de segurança (a). Janela operacional sem margem de segurança (b). Tolerância ao kick: de baixo para cima (c). Tolerância ao kick: de cima para baixo (d).

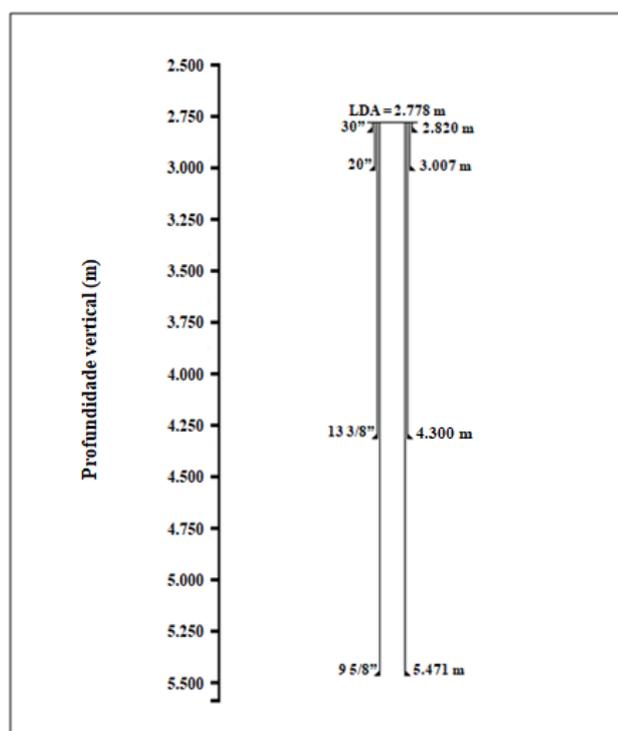


Figura 4: Profundidades de assentamento das sapatas para o método de tolerância ao kick: de cima para baixo, recomendado devido ao reservatório secundário.

Analisando as profundidades de assentamento das sapatas dos revestimentos determinadas através das metodologias implementadas (Tabela 2) e comparando-as com o QPG (Figura 1), não há empecilhos para o assentamento das sapatas, uma vez que, todas as profundidades assentadas encontram-se em formações que propiciam a operação de maneira segura. Sendo assim, as formações não se caracterizam como um obstáculo para a implementação dos métodos. Entretanto, a geologia do poço estudado apresenta um reservatório (objetivo secundário), em aproximadamente 4.000 m, apontando uma grande chance de ter a presença de gás no mesmo, característico da formação Calumbi (NETO, 2007). Desta forma, não é pertinente um assentamento do revestimento intermediário a 900 m abaixo do reservatório (caso mais crítico, Figura 3(a)), de maneira que, a perfuração de um extenso trecho a poço aberto e com um reservatório exposto pode acarretar em sérios problemas na operação, como influxo de fluidos (kick), desmoronamento das paredes do poço e/ou perda de circulação de fluido de perfuração. Sendo assim, seria necessário antecipar a profundidade de assentamento da sapata dos revestimentos intermediários, de forma que reduzisse o trecho a poço aberto, e conseqüentemente, o tempo de exposição do reservatório durante a perfuração. Neste caso, não seria viável estender a profundidade de assentamento dos revestimentos de superfície, devido aos riscos operacionais.

Levando em consideração o custo de operação e a análise do QPG, dentre os critérios avaliados, o método de tolerância ao kick de cima para baixo mostrou-se o mais viável devido apresentar uma maior extensão dos revestimentos de menores diâmetros (intermediário e produção), os quais normalmente possuem menor custo. Contudo, devido à existência do reservatório secundário, seria necessário à antecipação do assentamento da sapata dos revestimentos intermediários, de 4.800 m para aproximadamente 4.300 m (intervalo de rocha folhelho), podendo assim, cobrir a zona com possibilidade de influxo e seguir a perfuração de maneira segura e confiável (Figura 4).

4 CONCLUSÕES

Este projeto teve como objetivo apresentar algumas das metodologias de assentamento das sapatas dos revestimentos para a confecção de um projeto de perfuração de um poço offshore de águas profundas na bacia Sergipe-Alagoas, localizado na formação Calumbi.

Através dos resultados obtidos, conclui-se que mesmo desenvolvendo um projeto de poço em relação a diversos critérios (janela operacional, tolerância ao kick e demais outros métodos), a análise da geologia sempre tem um caráter decisivo nas tomadas de decisões. Desta forma, o conhecimento da mesma e a experiência profissional são características imprescindíveis na elaboração do projeto. Dentre os processos apresentados, o melhor método foi o de tolerância ao kick cima para baixo, mostrando-se mais condizente com o QPG. Porém, seria necessário o assentamento da sapata dos revestimentos intermediários na profundidade de 4.300 m, reduzindo assim, o trecho a poço aberto, o tempo de exposição do reservatório secundário, e conseqüentemente, o custo do projeto de perfuração.

5 REFERÊNCIAS

HOLDEN, W. R.; BOURGOYNE, A. T. **An experimental study of well control procedures for deep water drilling operations.** Offshore Technology Conference – OTC, Louisiana, Texas, 1982.

MARTINS, R. G. **Controle da produção de areia em poços de petróleo brasileiros.** Monografia (Graduação em Engenharia de Petróleo), Universidade Federal Fluminense, Departamento de Química e de Petróleo - TEC, Niterói, Rio de Janeiro, 2011.

NETO, Á. V. M. **Estudo do controle de kick através de modelagem computacional considerando a expansibilidade das paredes do poço e compressibilidade dos fluidos.** Universidade Estadual do Norte Fluminense, Laboratório de Engenharia e Exploração de Petróleo – LEMPE, Macaé, Rio de Janeiro, 2009.

NETO, O. P. A. C.; SOUZA, W. L. **Boletim de Geociências da Petrobras.** Vol. 15, n. 2, 2007.

PERDMO, P. R. R.; MOROOKA, C. K.; MENDES, J. R. P. **Metodologia para determinar as profundidades de assentamento das sapatas dos revestimentos de poços de petróleo em águas profundas.** Campinas, São Paulo, 2007.

ROCHA, L. A. S.; AZEVEDO, C. T. **Projetos de poços de petróleo: geopressões e assentamento de colunas de revestimentos.** 2ª ed., Rio de Janeiro: Interciência: PETROBRAS, 2009.

THOMAS, E. J. **Fundamentos de engenharia do petróleo.** 2ª ed., Rio de Janeiro: Interciência, 2004.