



ESTUDO DA SEDIMENTAÇÃO DE CASCALHOS DE POÇOS DE PETRÓLEO EM UM FLUIDO DE PERFURAÇÃO À BASE DE GLICERINA, GOMA XANTANA E ÓLEOS VEGETAIS

PORTO, Carla Corina dos Santos^{1*}; JESUS, Janiele Costa¹; BRITTO, Antony Passos ¹; MACIEL, Samia Tássia Andrade²; CUNHA, Acto de Lima¹; SANTOS, Joao Paulo Lobo dos ¹; SILVA, Gabriel Francisco¹

¹ Universidade Federal de Sergipe, Núcleo de Graduação em Engenharia de Petróleo

² Universidade Federal de Sergipe, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química

* email: carlacorina@hotmail.com.br

Resumo: *Fluidos de perfuração são combinações complexas de diversos compostos que são utilizados em atividades petrolíferas para assegurar e auxiliar o processo de exploração do petróleo. Podem assumir aspectos de suspensão, dispersão coloidal ou emulsão. Normalmente são empregados na limpeza dos cascalhos gerados no fundo do poço pela broca e transporte dos mesmos à superfície. O transporte desses cascalhos para a superfície tem sido uma das principais preocupações dessa área, uma vez que um processo ineficiente na limpeza de poços pode acarretar em problemas capazes de impedir o prosseguimento da operação. Este trabalho teve por objetivo desenvolver um fluido de perfuração à base de glicerina a fim de melhorar a sedimentação de cascalhos; acelerar o tempo de retirada e diminuir a afetividade dos fluidos sobre o meio ambiente.*

Palavras-chave: *Fluidos de perfuração, Produção de petróleo, Meio ambiente*

1. INTRODUÇÃO

A perfuração hoje é capaz de atingir regiões de grande complexidade, como a perfuração em águas profundas (Nascimento, 2009). No entanto, esse avanço só foi possível com a descoberta e melhoramento do fluido de perfuração.

Com o progresso da perfuração, observou-se que um máximo de eficiência e economia seria atingido quando houvesse uma perfeita combinação entre os vários parâmetros da perfuração (THOMAS, 2004). Essa combinação inclui tanto os parâmetros da perfuração, como: pressão, peso sobre a broca, torque, número de rotações, etc. quanto parâmetros dos fluidos como: densidade, reologia, filtração, alcalinidade, entre outros. Isso além de diminuir o custo para a perfuração de um poço evitaria problemas de influxos (fluxo indesejável do fluido), ou seja, possíveis blowout.

Os fluidos de perfuração têm um papel importantíssimo na etapa de perfuração de poços uma vez que se usado um fluido não adequado ao meio poderá gerar problemas operacionais. Um bom fluido de perfuração necessita demonstrar um comportamento pseudoplástico (altas viscosidades em baixas taxas de deformações e baixas viscosidades em altas taxas de deformação), para minimizar as perdas de carga sem perder a capacidade de carreamento de sólidos.

Segundo Thomas *et al.* (2004) os fluidos de perfuração são misturas complexas de sólidos, líquidos, produtos químicos e, por vezes até, gases, que têm como principais finalidades, a limpeza do fundo do poço, exercer pressão hidrostática sobre as formações de modo a evitar o influxo de fluido indesejável, resfriar e lubrificar a coluna e a broca (MORAIS, 2009). Os constituintes básicos dos fluidos de perfuração variam de acordo com as estruturas geológicas a serem perfuradas, ecossistemas característicos, os limites de temperatura, resistência, permeabilidade (LIMA, 1988). Esses constituintes definem as propriedades e o tipo de fluido formado.

Os fluidos de perfuração com o passar do tempo adquiriram mais funções a serem cumpridas. Historicamente a função básica dos fluidos era somente agir como veículo para remover os detritos gerados durante a perfuração de poços, hoje, foram agregados a essa função várias outras, como: controlar as pressões de sub-superfície; carrear os cascalhos gerados pela broca até a superfície; manter os sólidos em suspensão; manter o poço aberto estável; transmitir potência hidráulica, resfriar e lubrificar a broca; ser estável quimicamente; ser bombeável; reduzir o atrito entre a coluna e as paredes do poço; propiciar a coleta de informações geológicas

do poço através das análises dos cascalhos, testemunhos e perfis; possuir custos compatíveis com o empreendimento.

Um fator fundamental que contribuiu para o enriquecimento de funções dos fluidos de perfuração foi a inovação na composição destes, além da agregação de várias substâncias que melhor se adequasse ao meio onde seria feita a perfuração, como floculantes ou desfloculantes, que aumentam ou diminuem, respectivamente, a capacidade de sustentação de cascalhos enquanto as bombas de lama estiverem desligadas, bentonita (argila comercial), entre outros.

Este trabalho visa desenvolver um fluido de perfuração à base de glicerina, óleos vegetais e como xantana, a fim de melhorar a sedimentação de cascalhos, acelerar o tempo de retirada e diminuir a afetividade dos fluidos sobre o meio ambiente. Fazendo, nestes fluidos, o estudo da sedimentação de cascalhos, observando a variação da densidade, velocidade de sedimentação e as variações quando este se encontra em diferentes regimes de escoamento.

Os fluidos de perfuração podem ser classificados como sendo:

Base água: Nativa - água do mar mais argilas nativas, Convencional - água doce mais bentonita. A bentonita sódica é vastamente utilizada na formulação dos fluidos de perfuração, por sua característica de adsorver uma grande quantidade de água quando em meio aquoso, expandindo o seu volume.

Base óleo - são fluidos cuja fase contínua ou dispersante é constituída por uma fase óleo, geralmente composta por hidrocarbonetos líquidos.

2. METODOLOGIA

Este trabalho foi dividido em duas etapas, nas quais, a primeira etapa consistiu no levantamento do estado da arte baseado em livros técnicos, teses de doutorado e artigos científicos, com o objetivo de obter uma visão teórica acerca do processo de perfuração e da importância dos fluidos de perfuração utilizados no mesmo. Já a segunda, consistiu na realização de teste de sedimentação em glicerina, goma xantana, óleos vegetais e em misturas entre eles, afim de compará-los com dados teóricos de fluidos já utilizados industrialmente.

Na literatura foram encontrados dados de velocidades calculadas através de algumas correlações como a correlação de Stokes ou através de balanço de forças atuantes. Tais forças atuantes são definidas por:

$$P = \rho_p \frac{\pi d_p^3}{6} g \quad (1)$$

$$E = \rho_f \frac{\pi d_p^3}{6} g \quad (2)$$

$$F_D = C_D \frac{\pi d_p^2}{4} \frac{1}{2} \rho_f v_{sp}^2 \quad (3)$$

A partir da definição das forças acima, tem-se a seguinte correlação para a sedimentação de uma partícula:

$$u_{sp} = \left[\frac{4(\rho_p - \rho_f)}{3\rho_f} \left(\frac{d_p g}{C_D} \right) \right]^{1/2} \quad (4)$$

Onde C_D é o coeficiente de arraste que foi tomado como sendo igual a 0,44 (COSTA e STUCKENBRUCK, 2005) e também foi calculado através da equação:

$$C_D = \frac{24}{Re} (1 + 0,186 \cdot Re^{0,6459}) + \frac{0,4251}{1 + 6880,95/Re} \quad (5)$$

Tais correlações não indicam exatamente o comportamento das partículas devido a diversos fatores que podem influenciar o momento da real perfuração do poço de petróleo, como a não esfericidade das partículas ou a imperfeição na área de contato entre o fluido e a parede do poço onde pode haver variação de pressão. No entanto, elas chegam próximo ao resultado real por levarem em conta não só a gravidade e a densidade do fluido, mas também o estado do fluido através do número de Reynolds.

A velocidade de sedimentação nos fluidos que foram testados foi calculada através dessas fórmulas e testada experimentalmente para comparação.

Para avaliar a taxa de sedimentação dos cascalhos provenientes da perfuração do poço foi utilizado dois sensores ópticos ligados a um cronômetro digital com o intuito de ter uma precisão maior no cálculo das velocidades de sedimentação e compará-los com os resultados teóricos.

2.1. Preparação dos fluidos

Os fluidos a serem testados foram colocados em um tubo de ensaio, no caso das soluções de glicerina, óleos vegetais e goma xantana foram misturadas em um misturador e logo em seguida colocadas em tubos de ensaio para prosseguir com o experimento. Esse ato visa não deixar que o fluido gelifique e provoque alteração nos resultados finais de velocidade de sedimentação. A proporção das misturas visava alcançar a densidade dos fluidos utilizados pela empresa PETROBRAS e padrões de fluidos pseudoplásticos. Apesar de serem largamente difundidos pela indústria do petróleo esses experimentos apresentam apenas informações qualitativas da taxa de sedimentação de cascalhos.

Logo após foi montado os sensores ópticos ligados no cronômetro digital de modo que iniciava a contagem no instante em que o sedimento saia do repouso e, parava no momento em que ocorria a sedimentação no fundo do tubo de ensaio. Para esse experimento foi separada três amostras de rochas sedimentares de diferentes densidades e realizada a sedimentação no mínimo de três vezes onde podemos tirar a média para os cálculos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O procedimento descrito acima foi utilizado para fazer as análises propostas no planejamento inicial. Foi simulada a sedimentação dos cascalhos em três fluidos e em misturas entre eles com diferentes proporções. Sendo A-1 amostra de cascalhos de Silte, A-2 de Arenitos e A-3 de conglomerados.

No entanto como os testes iniciais foram mais satisfatórios com os fluidos a base de glicerina aprofundamos mais o estudo desse fluido e fizemos outros testes com diferentes condições. As velocidades de sedimentação dos três fluidos, testados separadamente, estão dispostas na Tabela 1.

Nota-se que as amostras de sedimentos decantam mais vagorosamente na glicerina e conseqüentemente tem uma velocidade média menor. Este resultado pode ser atribuído a maior viscosidade da glicerina e sua maior densidade se comparada com os outros fluidos presentes nos testes.

Tabela 1 – Velocidades médias de sedimentação dos cascalhos para os diferentes tipos de fluidos analisados (cm/s)

Amostra de cascalho	Glicerina	Goma Xantana - base água			Óleo de Girassol
		2g/L	3g/L	4g/L	
A-1	0,0606	2,7102	1,2644	0,5701	0,8001
A-2	0,1230	1,1804	0,3481	0,2490	0,7975
A-3	0,0742	1,6741	0,0521	0,1424	0,8137

As simulações apresentadas nos gráficos das Figuras de 1-10 também contemplaram diferentes diâmetros de partículas, diferentes estados com base no número de Reynold e diferentes densidades, considerando a variação de temperatura presente na perfuração de poços.

A temperatura variou de 25°C (temperatura ambiente) a 100°C (temperatura referente a poços de até 5000 metros de profundidade).

Os resultados dos testes feitos na glicerina, variando a temperatura, mostraram que a velocidade de sedimentação cresce à medida que a temperatura aumenta. Isto se dá porque o aumento da temperatura provoca a diminuição da densidade do fluido. Contudo mesmo em altas temperaturas, as velocidades obtidas são baixas e aceitáveis.

Nas Figuras de 1-10 também mostraram que as velocidades de sedimentação não obtiveram variações significativas em diferentes números de Reynolds de 2100 a 4500, considerado um regime de transição entre o regime laminar e turbulento.

Todos os gráficos projetados utilizaram a correlação obtida por um balanço de força mostrado pela Equação (4).

A Figura 1 mostra a velocidade de sedimentação utilizando o parâmetro de coeficiente de arraste calculado por Stuckenbruck (2005), que prever um valor de 0,44.

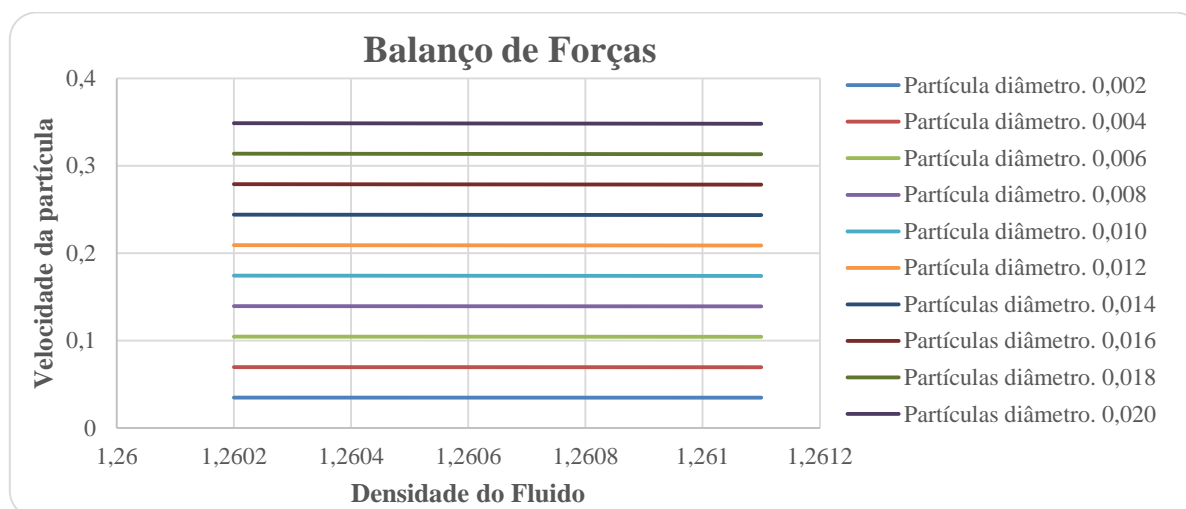


Figura 1 – Velocidade de sedimentação utilizando o parâmetro de coeficiente de arraste

Na Figura 2 podemos observar que as velocidades de sedimentação dos cascalhos são menores para números de Reynolds menores. Foram consideradas partículas com densidade de até 2 g/L.

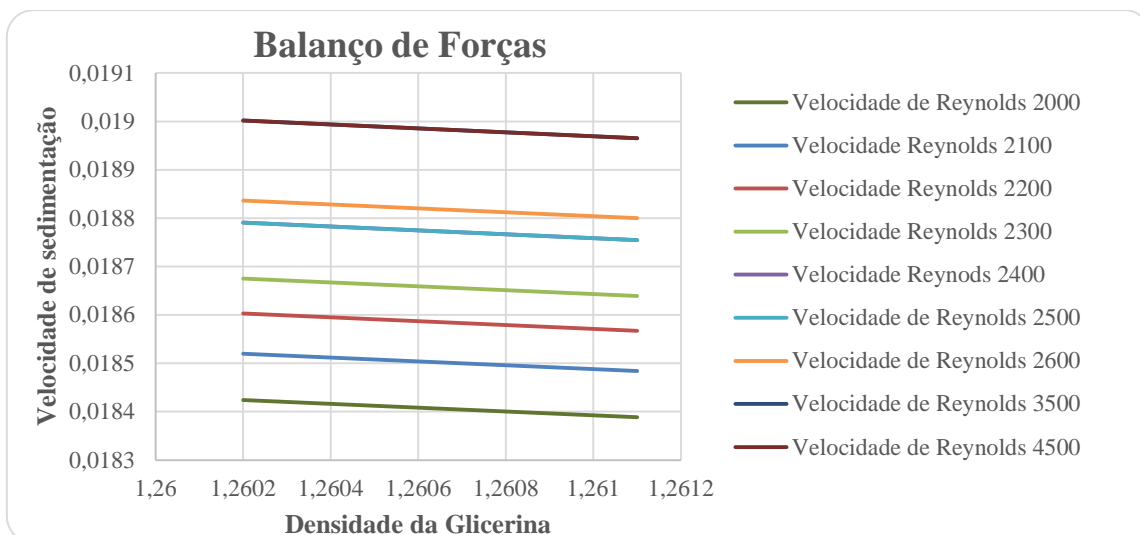


Figura 2 – Velocidade de sedimentação dos cascalhos variando Reynolds, para partículas com densidade de até 2 g/L.

Já na Figura 3 foi repetida as correlações feitas na Figura 2 considerando partículas de até 2,5 g/L.

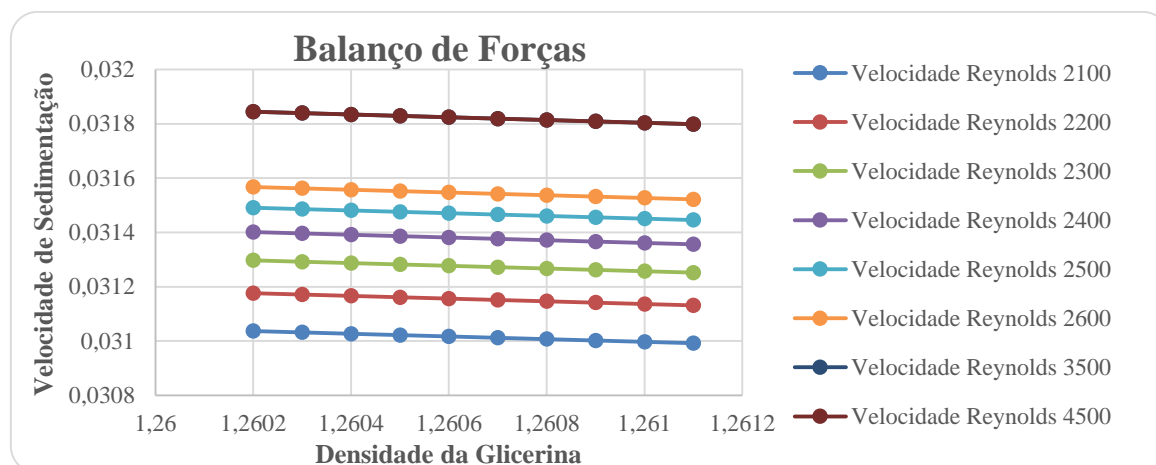


Figura 3 – Velocidade de sedimentação variando o número de Reynolds, para partículas com até 2,5 g/L

Nos gráficos das figuras que seguiram de 4 a 10 não foram identificadas diferenças significativas na velocidade de sedimentação das partículas de mesmo diâmetro nos diferentes números de Reynolds desse regime de transição apresentado.

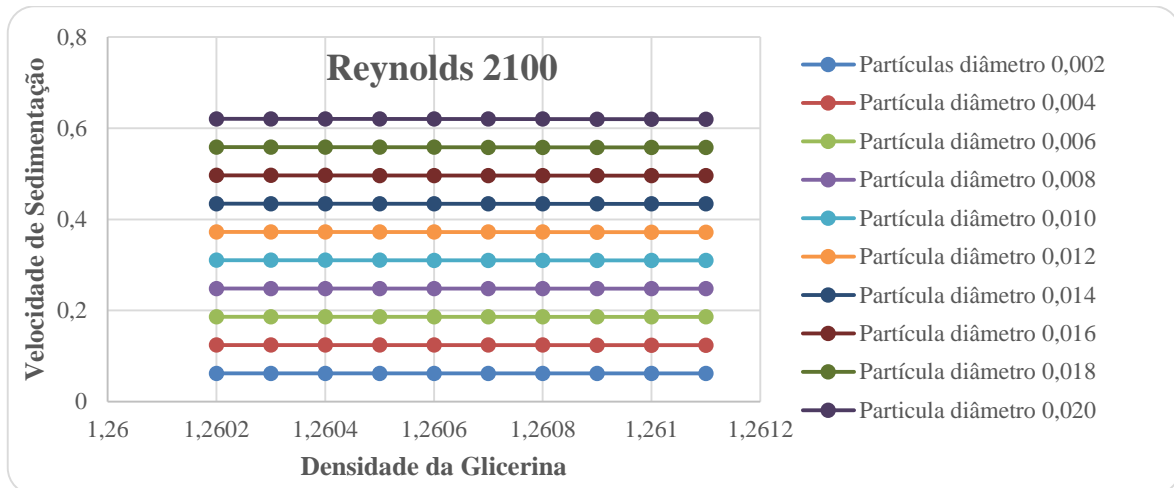


Figura 4 – Velocidade de sedimentação para Reynolds igual a 2100

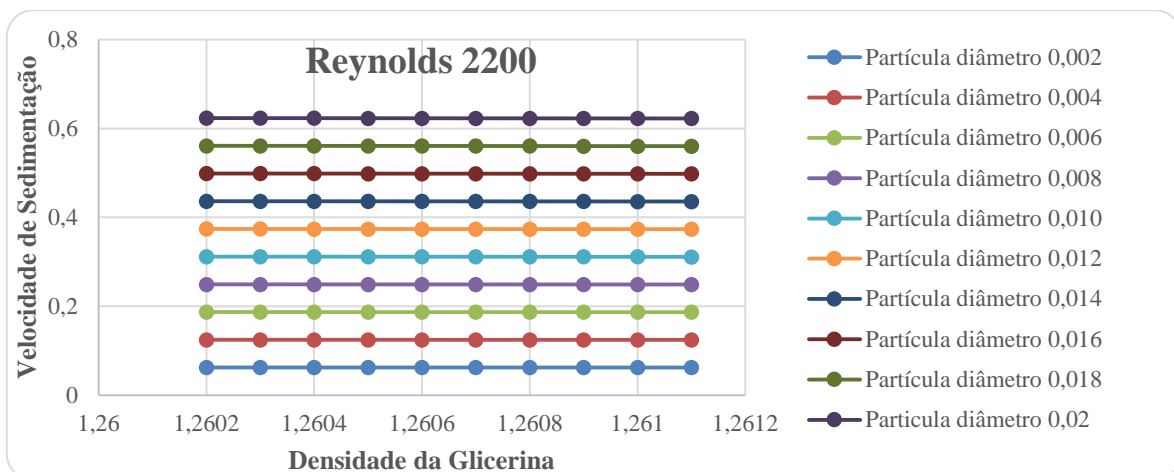


Figura 5 – Velocidade de sedimentação para Reynolds igual a 2200

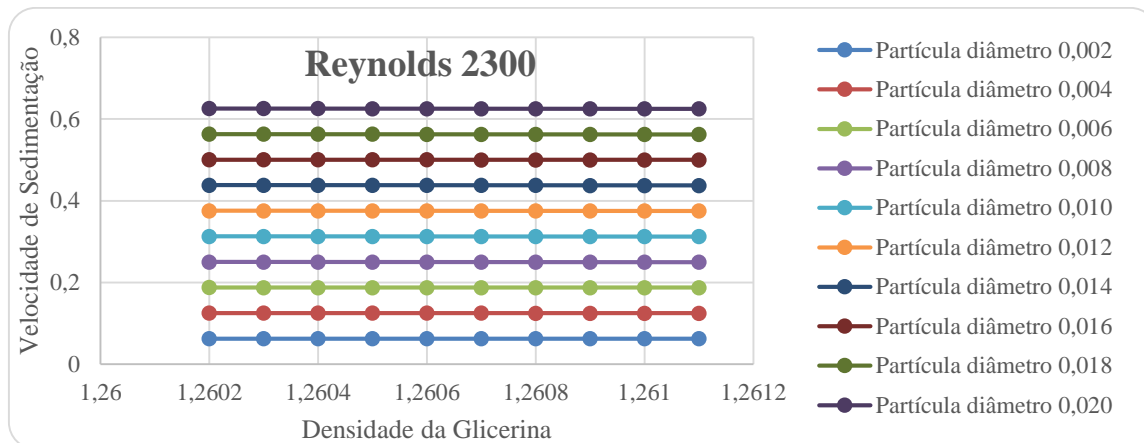


Figura 6 – Velocidade de sedimentação para Reynolds igual a 2300

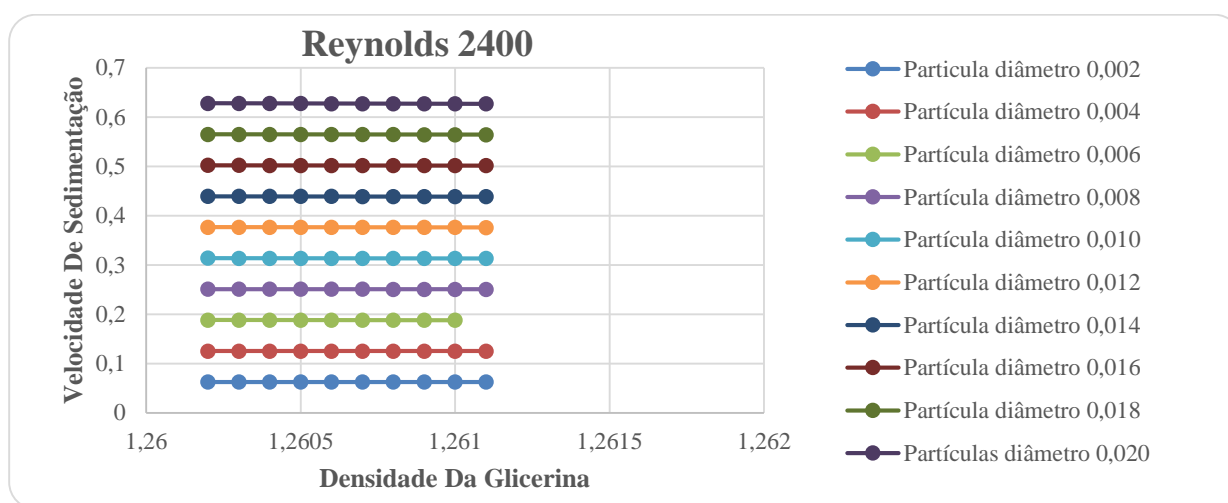


Figura 7 – Velocidade de sedimentação para Reynolds igual a 2400

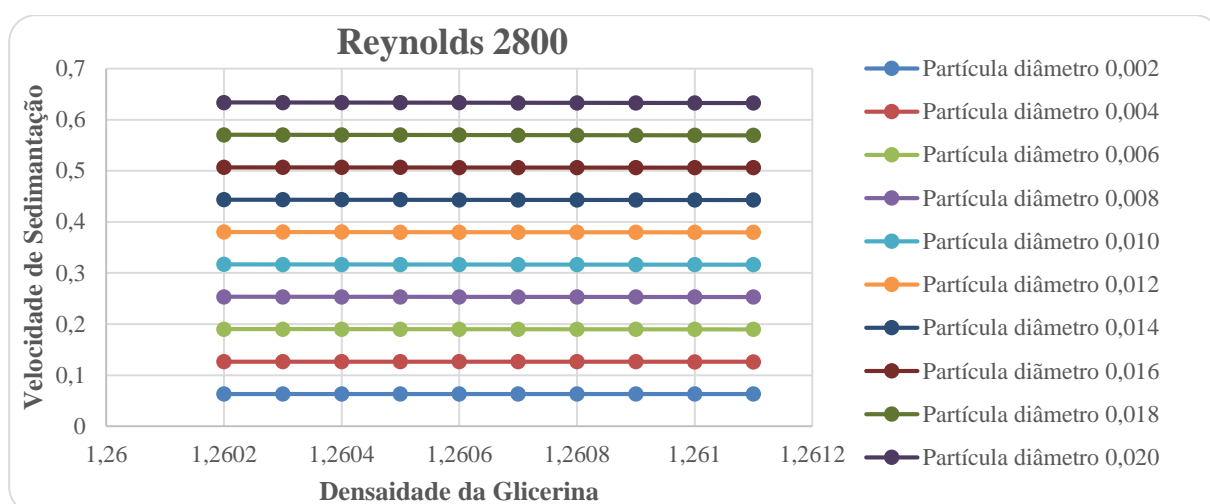


Figura 8 – Velocidade de sedimentação para Reynolds igual a 2800

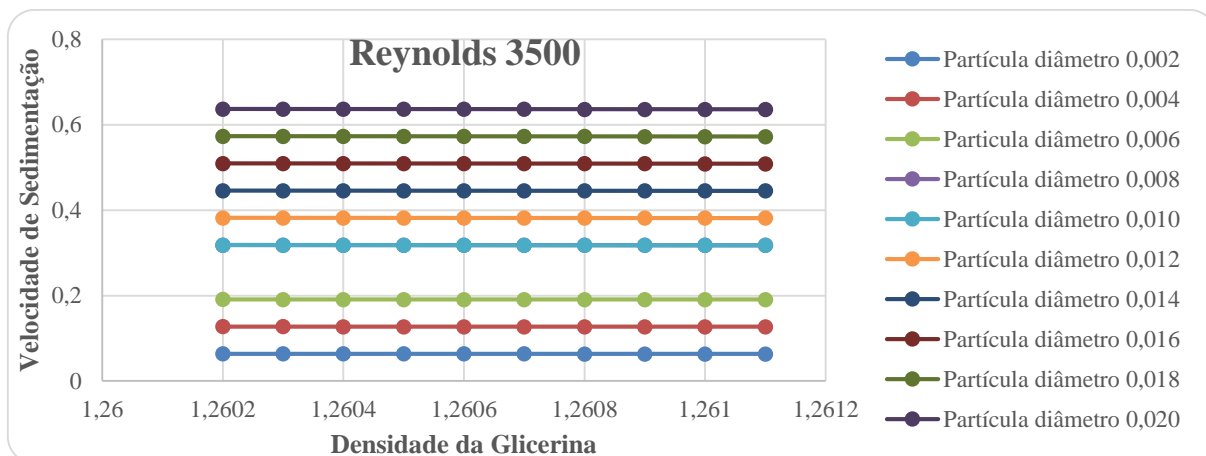


Figura 9 – Velocidade de sedimentação para Reynolds igual a 3500

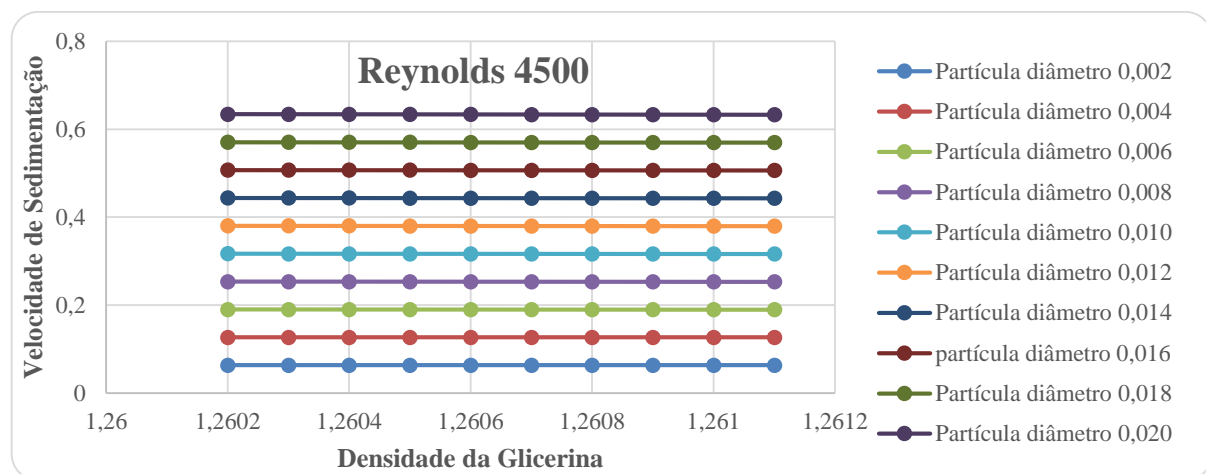


Figura 10 – Velocidade de sedimentação para Reynolds igual a 4500

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do objetivo proposto, pode-se concluir que os fluidos de perfuração têm um papel fundamental na etapa de perfuração do poço de petróleo. Suas características associam-se ao meio ao qual ocorre este processo. No entanto, suas composições muitas vezes afetam as condições químicas naturais do local perfurado, além de ter um custo elevado por conta de sua composição muitas vezes ser à base de óleo diesel ou gás natural, ou ainda, por sua composição não alcançar um alto grau de eficiência na sedimentação do cascalho.

Fluidos de perfuração são projetados para ter duas fases principais, que são: a fase gel, que se inicia quando há uma pausa no processo de perfuração e as bombas que bombeiam esses

cascalhos para superfície são desligadas, e a fase líquida, que perdura durante o tempo em que o fluido se encontra em movimento.

A realização de ensaios experimentais é de complexa execução, uma vez que é difícil simular todas as condições encontradas em uma real perfuração.

Dos fluidos testados neste trabalho apenas a glicerina e a goma xantana base água obtiveram bons resultados de velocidade de sedimentação por conta da alta viscosidade característica.

Agradecimentos

Ao Programa Especial de Inclusão em Iniciação Científica – PIIC pela oportunidade de desenvolvimento do projeto e a todos os autores que colaboraram na elaboração do trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

COSTA, S. S.; STUCKENBRUCK, S.; FONTOURA, S. A. B.. Transient Model for Hole Cleaning. In: IADC - International Deepwater Drilling Conference & Exhibition, 2005, Rio de Janeiro. Anais do IADC - International Deepwater Drilling Conference & Exhibition, 2005.

LIMA, H. R. P. Engenharia de Poço I Perfuração – Fundamentos de Perfuração –, Universidade Corporativa Petrobras, 1988.

MORAIS, A. J. P. Análise Comparativa das Propriedades dos Fluidos de Perfuração para Poços de Água e Poços de Petróleo. Trabalho de Conclusão de Curso UFS, São Cristóvão, 2009.

NASCIMENTO, R. C. A. M.; VIEIRA T. M.; AMORIM L. V.; LIRA H. L. Avaliação da eficiência de inibidores de argilas expansivas para uso em fluidos de perfuração. Revista Eletrônica de Materiais e Processos, v.4.2 12-19 (2009).

THOMAS, J. E. (Organizador) Fundamentos de Engenharia de Petróleo, Rio de Janeiro: Interciência, 2004.

STUDY OF SEDIMENTATION OF GRAVELS OF OIL WELLS IN A FLUID DRILLING BASED ON GLYCERIN, XANTHAN AND VEGETABLE OILS

**PORTO, Carla Corina dos Santos^{1*}; JESUS, Janiele Costa¹; BRITTO, Antony Passos ¹;
COSTA, Letícia Sousa¹; MACIEL, Samia Tássia Andrade²; CUNHA, Acto de Lima¹;
SANTOS, Joao Paulo Lobo dos ¹; SILVA, Gabriel Francisco¹**

¹ Universidade Federal de Sergipe, Núcleo de Graduação em Engenharia de Petróleo

² Universidade Federal de Sergipe, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química

* email: carlacorina@hotmail.com.br

Abstract: *The drilling fluids are complex combinations of several compounds that are used in oil activity to secure and assist the oil exploration process. They can assume aspects of suspension, colloidal dispersion or emulsion. Usually, they are employed in the clean up of gravel generated at the deep end by the drill and transport the same to the surface. The transport of these gravels to the surface it has been a major concern of in this area, given that an inefficient process in cleaning of wells can lead to problems that might prevent continuation of operation. This study aimed to develop a glycerin-based drilling fluid in order to improve the sedimentation of gravel; accelerating the removal time and decrease affectivity of the fluids of the environment.*

Keywords: *drilling fluids, oil production, environment.*