

AVALIAÇÃO DE LUBRIFICANTES EM FLUIDOS DE PERFURAÇÃO BASE ÁGUA¹

*Kássie Vieira Farias²
Luciana Viana Amorim³
Aline Raquel Vieira Silva⁴*

Resumo

Este trabalho objetiva avaliar a ação de diferentes lubrificantes nas propriedades reológicas, de filtração e de lubrificação de fluidos de perfuração base água. Os fluidos foram preparados de acordo com a prática de campo, adicionando à água os aditivos (viscosificante, controlador de filtrado, anti-espumante, alcalinizante, inibidores de argilas hidratáveis, bactericida, lubrificantes e selante) em diferentes concentrações e sob agitação constante. Foram determinadas as viscosidades aparente e plástica, o limite de escoamento e a força gel em viscosímetro Fann 35A, o volume de filtrado, em filtro-prensa API, a espessura de reboco, em extensômetro e o coeficiente de lubrificação em lubrificímetro Ofite. Os resultados evidenciaram que a adição de lubrificantes altera as propriedades avaliadas, e dependendo do tipo de lubrificante tem-se um aumento ou uma diminuição nos valores de viscosidades, volume de filtrado e espessura do reboco. Dentre os lubrificantes avaliados, o denominado de C apresentou melhor desempenho, com coeficientes de lubrificação menores que os lubrificantes A e B e com maior eficiência, visto que na menor concentração do lubrificante estudada obtiveram-se os melhores resultados.

Palavras-chave: Fluidos de perfuração; Lubrificantes; Reologia; Lubrificação.

LUBRICANT EVALUATION IN WATER-BASED DRILLING FLUIDS

Abstract

This work has a main aim to evaluate the action of different lubricants in rheologic, filtration and lubrication behaviors of water-based drilling fluids. The fluids were prepared according to the field practice that consists of adding to water the additives (viscositying, filtered reducer, anti-foamy, controlling of pH, hydratable clays inhibitors, bactericide, lubricant and sealant under constant agitation. After 24h resting, it was carried out a study of the rheologic behavior, in a Fann 35A viscosimeter, and of the filtration properties in a Fann press-filter and of lubricity in a Ofite lubricimeter through the determination of the flow curves, apparent and plastic viscosities, yield limit, gel force, filtered volume, filter-cake thickness and lubricity coefficient. The results had evidenced that the addition of lubricant modifies the properties studied, and in accordance with the type of lubricant, it can have an increase or a reduction in the values of viscosities, filtered volume and filter-cake thickness. Amongst the lubricants studied, the called one of C presented performance better, with smaller lubricity coefficients than the lubricants A and B and with better efficiency, and in smaller concentration of this studied lubricant, the best resulted had been gotten.

Key-words: Drilling fluids; Lubricants; Rheology; Lubrication.

¹ *Contribuição técnica ao 63º Congresso Anual da ABM, 28 de julho a 1º de agosto de 2008, Santos, SP, Brasil*

² *Doutoranda em Engenharia de Processos (PRH-25/UFCG)- kassiefarias@gmail.com*

³ *Pesquisadora Visitante (PRH-25/UFCG) – luciana@cct.ufcg.edu.br*

⁴ *Graduação Engenharia de Materiais (UAEMA/UFCG) – alineraquelvs@hotmail.com*

1 INTRODUÇÃO

Segundo Thomas,⁽¹⁾ os fluidos de perfuração são misturas complexas de sólidos, líquidos, produtos químicos e, por vezes, até gases. Do ponto de vista químico, eles podem assumir aspectos de suspensão, dispersão coloidal ou emulsão, dependendo do estado físico dos componentes. Os fluidos são tradicionalmente classificados de acordo com o seu constituinte principal, em: fluidos base gás, fluidos base água e fluidos base óleo.^(2,3)

Segundo Lummus e Azar,⁽²⁾ os fluidos de perfuração exercem funções de grande importância durante a etapa de perfuração de poços, dentre elas pode-se destacar: resfriar e lubrificar a broca, limpar o fundo do poço dos detritos de perfuração, reduzir o atrito entre a coluna de perfuração e as paredes do poço, transportar os detritos de perfuração para a superfície, estabilizar o poço e permitir uma adequada avaliação da formação.

Para um melhor desempenho destas funções, os fluidos devem apresentar propriedades reológicas (viscosidades aparente e plástica, limite de escoamento e força gel), de filtração (volume de filtrado e espessura do reboco) e lubricidade adequadas. Além das propriedades reológicas e de filtração mencionadas anteriormente, as características lubrificantes dos fluidos têm especial importância na perfuração de poços, visto que há um desgaste inevitável das partes mecânicas provocado pelo torque e arraste da coluna de perfuração e o seu contato com as paredes da formação que estão perfuradas.

Segundo Gomes,⁽⁴⁾ a lubricidade é um termo qualitativo que descreve a habilidade de um fluido em evitar a fricção e o desgaste entre superfícies em movimento relativo a cargas. Quando um fluido não apresenta lubricidade adequada, sua capacidade de diminuir o atrito entre as superfícies em contato é prejudicada. Isto é crítico, por exemplo, no caso de bombas rotativas, pois seus componentes internos são lubrificados pelo próprio fluido.

Para atender a todas estas propriedades, o fluido de perfuração deve ser cuidadosamente elaborado e conter diversos aditivos. De acordo com Amorim,⁽⁵⁾ a composição do fluido depende das exigências particulares de cada perfuração. Em situações de difícil perfuração e/ou em grandes profundidades é necessário um fluido mais elaborado, com introdução de um ou vários aditivos. Os fluidos de perfuração base água podem apresentar em sua formulação uma variedade de aditivos, como os viscosificantes, redutores de filtrado, controladores de pH, inibidores de argilas hidratáveis, anti-espumantes, bactericidas e lubrificantes, que vão aumentar o desempenho das suas funções.

Desta forma, este trabalho tem como objetivo avaliar a ação de diferentes lubrificantes nas propriedades reológicas, de filtração e de lubricidade de fluidos de perfuração base água.

2 METODOLOGIA

2.1 Materiais

2.1.1 Aditivos

Para a preparação dos fluidos de perfuração foram utilizados os seguintes aditivos: viscosificante, inibidores de argila expansiva (inibidor catiônico I e inibidor catiônico II), anti-espumante, bactericida, lubrificantes (lubrificantes A, B e C), redutor de filtrado, alcalinizante e selante.

2.2 Métodos

2.2.1 Formulações

Foram desenvolvidas 10 formulações de fluidos de perfuração base água, de acordo com as concentrações dos aditivos apresentadas na Tabela 1. Foram variadas as concentrações dos seguintes aditivos: redutor de filtrado, anti-espumante, lubrificante e selante. Os demais foram avaliados na concentração apresentada na Tabela 1.

Os fluidos preparados com as formulações contendo os lubrificantes A, B e C foram denominadas de FA1, FA2, FA3, FA4, FB1, FB2, FB3, FB4, FC1, FC2, FC3 e FC4, respectivamente.

Foi também estudado um fluido, denominado de Padrão, cuja formulação e aditivos foram fornecidos pela Petrobras, como elemento comparativo.

Tabela 1: Aditivos e concentrações utilizados nas formulações dos fluidos de perfuração.

ADITIVOS	FA1, FB1 e FC1	FA2, FB2 e FC2	FA3, FB3 e FC3	FA4, FB4 e FC4
Viscosificante (lb/bbl)	1,0	1,0	1,0	1,0
Redutor de filtrado (lb/bbl)	3,0	3,0	3,0	3,0
Anti-espumante (gotas)	6	10	10	6
Alcalinizante (lb/bbl)	1,0	1,0	1,0	1,0
Inibidor catiônico I (lb/bbl)	21,0	21,0	21,0	21,0
Inibidor catiônico II (lb/bbl)	12,0	12,0	12,0	12,0
Bactericida (lb/bbl)	0,7	0,7	0,7	0,7
Lubrificante* A, B ou C (%)	1,0	1,0	1,5	3,0
Selante (lb/bbl)	15,0	15,0	15,0	15,0

* O lubrificante A foi utilizado nas formulações FA1, FA2 e FA3; o lubrificante B nas formulações FB1, FB2 e FB3 e o lubrificante C nas formulações FC1, FC2 e FC3.

2.2.2 Preparação dos fluidos de perfuração

Os fluidos de perfuração foram preparados de acordo com a prática de campo, que consiste em adicionar os aditivos, um a um, sob agitação constante a uma velocidade de 13.000 rpm em agitador Hamilton Beach, modelo 936. Os fluidos foram preparados em um volume de 350 mL de água industrial, e os aditivos foram adicionados obedecendo a ordem em que se encontram as formulações apresentadas na Tabela 1. Após adição dos aditivos, a velocidade do agitador foi aumentada para 17.000 rpm, permanecendo por 10 min. A seguir, o fluido permaneceu em repouso durante 24 h.

2.2.3 Estudo reológico e determinação do volume de filtrado

Para o estudo reológico o fluido, após 24 h de repouso, foi agitado durante 5 min em agitador mecânico Hamilton Beach modelo 936 na velocidade de 17.000 rpm. Em seguida, o fluido foi transferido para o recipiente do viscosímetro Fann modelo 35 A com combinação R1 B1 e mola de torção F1, sendo R1 o raio do cilindro externo e B1 o raio do cilindro interno do viscosímetro com valores de 1,8415 cm e 1,7245 cm respectivamente. Segundo Machado,⁽⁶⁾ F1 é a constante da mola com valor igual a 1. Neste equipamento, seis valores de torque foram lidos com taxas de cisalhamento variando de 5,1 a 1022 s⁻¹. O equipamento foi acionado na velocidade de 600 rpm durante 2 min e efetuada a leitura. Logo após, a velocidade

foi mudada para 300 rpm e efetuada a leitura após 15 seg. Em seguida, mudou-se a velocidade para 200 rpm e esperou-se estabilizar para efetuar a leitura. O mesmo procedimento foi utilizado para as velocidades de 100 rpm, 6 rpm e 3 rpm. Com os dados de leitura e após tratamento matemático, foram traçadas as curvas de fluxo (tensão de cisalhamento x taxa de cisalhamento) dos fluidos estudados.

Para obtenção da força gel inicial, agitou-se o fluido na velocidade de 600 rpm durante 15 seg, mudou-se a velocidade para 3 rpm e deixou o fluido em repouso durante 10 seg e fez-se a leitura obtendo o valor da força gel inicial. Em seguida, para a obtenção da força gel final, o fluido foi deixado em repouso durante 10 min e efetuada a leitura na velocidade de 3 rpm. A força gel é a diferença entre o gel final e o gel inicial.

As viscosidades aparente (VA) e plástica (VP), o limite de escoamento (LE) e o volume do filtrado (VF) foram obtidos segundo a norma N-2605 da Petrobras.⁽⁷⁾ A VA é o valor obtido na leitura a 600 rpm dividido por 2, dada em cP, e a viscosidade plástica (VP) é a diferença das leituras obtidas a 600 rpm e a 300 rpm, dada também em cP. O LE é a diferença entre a leitura a 300 rpm e a VP, dado em N/m². O volume do filtrado (VF) foi determinado em filtro prensa da marca Fann, com aplicação de uma pressão da ordem de 7,0 kgf/cm² (100 psi) durante 30 minutos. Os resultados são expressos em mL.

2.2.4 Determinação da espessura do reboco

Para a determinação da espessura do reboco foi seguida uma metodologia desenvolvida por Farias,⁽⁸⁾ que consiste nas etapas apresentadas a seguir.

Inicialmente, é coletado o papel de filtro com o reboco após a realização do ensaio para a determinação do volume de filtrado. Em seguida, esse papel de filtro é lavado três vezes a uma vazão de aproximadamente 110 L/h com o auxílio de um recipiente de nível constante com vazão regulável, a uma distância de aproximadamente 7,0 cm do controlador de vazão com diâmetro de 15,0 mm e com ângulo de ataque do fluxo da água de aproximadamente 45°. Após a lavagem para a retirada do excesso do fluido na superfície do reboco, o papel de filtro é colocado entre duas lâminas de vidro confeccionadas com o mesmo diâmetro do papel de filtro. A seguir, o papel de filtro com o reboco entre as lâminas de vidro é submetido a uma pressão de aproximadamente 277,6 N/m² por um período de 2 min com a finalidade de uniformizar a superfície do reboco. Após esse período é medida a espessura do reboco com o auxílio de um extensômetro. São feitas cinco medidas das espessuras das lâminas de vidro e do papel de filtro com o reboco em pontos distintos. Após obtenção das medidas, é feita uma média aritmética das cinco determinações e descontada a espessura das duas placas de vidro e do papel molhado, sendo determinada a espessura do reboco (ER) em milímetros com aproximação em centésimos.

2.2.5 Determinação do coeficiente de lubrificidade

Para a determinação do coeficiente de lubrificidade foi utilizado um lubricímetro da marca Ofite. Utilizou-se a metodologia sugerida pela fabricante que consiste em agitar o fluido durante 5 min a alta rotação e, logo após, transferir para o recipiente do lubricímetro, no qual permanece por 5 min a uma rotação de 60 rpm e torque 0. Em seguida, é aplicada uma força de 150 in/lb e efetuada a leitura após 5 min. A partir desta leitura, calcula-se o coeficiente de lubrificidade (CL) a partir dos seguintes tratamentos matemáticos.

$$FC = 34 / \text{Leitura}_{\text{água}} \quad (1)$$

$$CL = (\text{Leitura}_{\text{fluido}} \times FC) / 100 \quad (2)$$

Sendo:

FC = fator de correção;

Leitura_{água} = Leitura do lubrificímetro obtida com água deionizada;

Leitura_{fluido} = Leitura do lubrificímetro obtida com o fluido;

CL = coeficiente de lubricidade (adimensional).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas Figuras 1, 2 e 3 estão apresentadas as curvas de fluxo dos fluidos de perfuração base água preparados com os lubrificantes A, B e C, respectivamente. As mesmas foram obtidas após tratamento matemático com a média das leituras L600, L300, L200, L100, L6 e L3 obtidas no viscosímetro Fann 35A e a partir das equações matemáticas que melhor representaram o comportamento reológico dos fluidos.

A partir das Figuras 1, 2 e 3 observou-se que todos os fluidos estudados apresentaram comportamento reológico de fluidos pseudoplásticos. Os coeficientes de determinação (R^2) obtidos foram em torno de 0,99, valor muito próximo de 1, que representa uma ótima correlação com o modelo proposto.

O índice do comportamento de fluxo (n) foi em torno de 0,5 para todos os fluidos, com exceção do fluido FB1, que apresentou um n de valor de 0,4268. Este índice indica o quanto o comportamento de fluxo do fluido se afasta do comportamento Newtoniano; fluidos com valores próximos da unidade apresentam comportamento próximo de um fluido Newtoniano. O índice de consistência do fluido (K) variou de 1,0717 para o fluido FB2 a 2,6007 para o fluido FA2. Este índice, por sua vez, indica o grau de resistência do fluido ao escoamento; quanto maior o valor de K , mais consistente será o fluido.

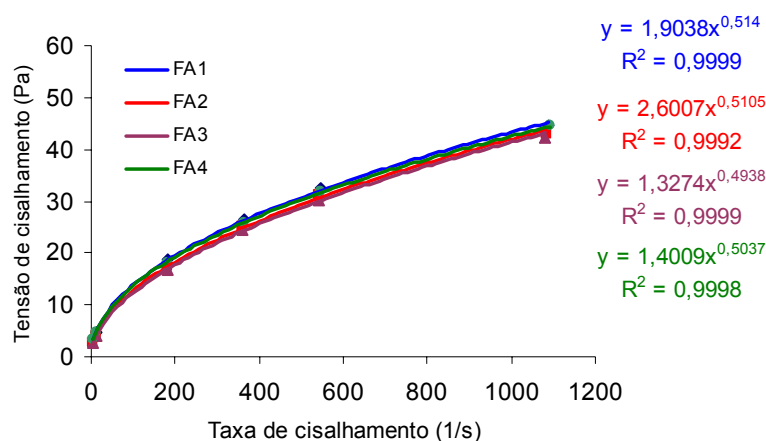


Figura 1: Curvas de Fluxo dos Fluidos de Perfuração Preparados com o Lubrificante A.

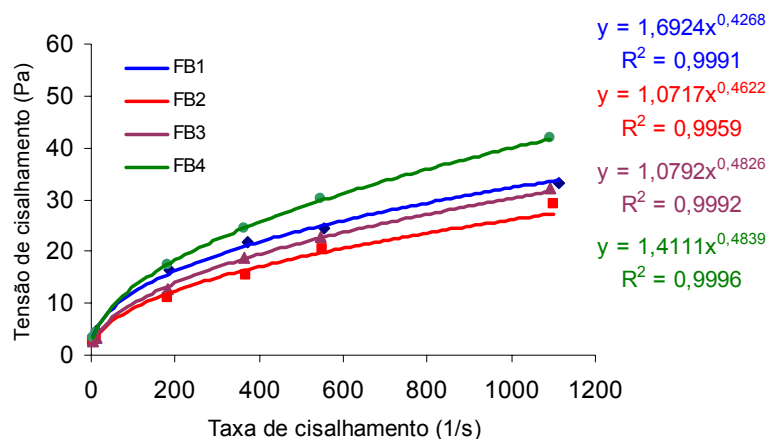


Figura 2: Curvas de Fluxo dos Fluidos de Perfuração Preparados com o Lubrificante B.

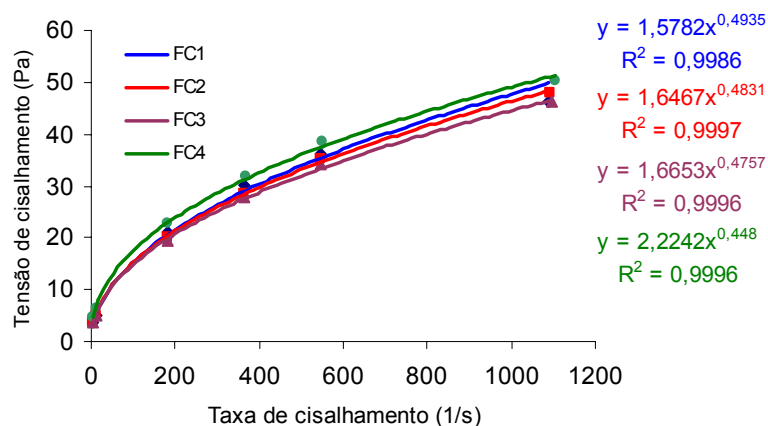


Figura 3: Curvas de Fluxo dos Fluidos de Perfuração Preparados com o Lubrificante C.

As propriedades reológicas, de filtração e de lubrificidade obtidas com os fluidos das formulações A, B e C, preparados com os lubrificantes A, B e C respectivamente, estão apresentadas na Tabela 2.

A partir da Tabela 2, observou-se que para os fluidos preparados a partir da formulação A, os valores de viscosidades aparente (VA) e plástica (VP) não sofreram variações significativas, a VA foi de aproximadamente 43,0 cP e a VP próxima de 24,0 cP para todos os fluidos. A força gel (FG) e o limite de escoamento (LE) sofreram uma pequena variação, variando a FG de 1,0 cP para o fluido FA4 a 4,0 cP para o fluido FA2 e o LE de 35,0 N/m² a 39,0 N/m². O volume de filtrado (VF) variou de 6,4 mL para o fluido FA4 a 9,4 mL para o fluido FA1. A espessura do reboco (ER) apresentou pequena variação de 0,355 mm para o fluido FA2 a 0,666 mm para o fluido FA1. O coeficiente de lubrificidade variou de 0,273 para o fluido FA2 (que apresenta 1,0 % do lubrificante A em sua formulação) a 0,307 para o fluido FA4 (que apresenta 3,0 % do lubrificante A em sua formulação).

Tabela 2: Propriedades Reológicas, de Filtração e de Lubricidade dos Fluidos Preparados com os Lubrificantes A, B e C.

FLUIDOS	VA (cP)	VP (cP)	FG (cP)	LE (N/m ²)	VF (mL)	ER (mm)	CL
FLUIDOS PREPARADOS A PARTIR DA FORMULAÇÃO A							
FA1	43,8	24,0	3,0	39,0	9,4	0,666	0,285
FA2	42,0	23,0	4,0	38,0	7,5	0,355	0,273
FA3	43,5	24,0	2,0	35,0	7,2	0,510	0,281
FA4	43,8	25,0	1,0	37,5	6,4	0,481	0,307
FLUIDOS PREPARADOS A PARTIR DA FORMULAÇÃO B							
FB1	32,5	17,0	2,0	31,0	9,4	0,489	0,187
FB2	28,5	17,0	1,0	23,0	7,9	0,502	0,182
FB3	31,5	18,0	1,5	27,0	8,0	0,420	0,192
FB4	41,0	23,0	2,0	36,0	7,5	0,612	0,139
FLUIDOS PREPARADOS A PARTIR DA FORMULAÇÃO C							
FC1	45,5	20,0	2,0	51,0	7,6	0,621	0,102
FC2	47,0	25,0	3,5	44,0	8,4	0,515	0,108
FC3	45,3	23,5	3,0	43,5	8,0	0,559	0,102
FC4	49,3	23,0	3,0	52,5	7,4	0,711	0,138
Padrão	59,0	34,0	3,5	50,0	6,8	0,385	0,126

Sendo: VA - viscosidade aparente; VP - viscosidade plástica; FG - força gel; VF - volume de filtrado; ER - espessura do reboco e CL – coeficiente de lubricidade.

Para os fluidos da formulação B, observou-se que os valores de viscosidade aparente (VA) variaram de 28,5 cP para o fluido FB2 a 41,0 cP para o fluido FB4. A viscosidade plástica (VP) apresentou valores próximos a 17,0 cP, com exceção do fluido FB4, que apresentou uma VP de 23,0 cP. A FG apresentou valores entre 1,0 e 2,0 cP. O LE apresentou valores entre 23,0 cP para o fluido FB2 e 36,0 cP para o fluido FB4. O VF variou de 7,5 mL para o fluido FB4 a 9,4 mL para o fluido FB1. A espessura do reboco (ER) apresentou valores próximos de 0,500 mm. O coeficiente de lubricidade apresentou pequena variação, variando de 0,182 para o fluido FB2 (que apresenta 1,0 % do lubrificante B em sua formulação) a 0,139 para o fluido FB4 (que apresenta 3,0 % de lubrificante B em sua formulação).

Para os fluidos da formulação C, observou-se que os valores de viscosidades aparente (VA) e plástica (VP) e força gel (FG) apresentaram pequenas variações, estando próximas de 45,0, 23,0 e 3,0 cP, respectivamente. O LE apresentou valores entre 43,5 cP para o fluido FC3 e 52,5 cP para o fluido FC4. O VF apresentou valores próximos de 8,0 mL. A espessura do reboco (ER) apresentou valores próximos de 0,600 mm. O coeficiente de lubricidade apresentou pequena variação, variando de 0,102 para os FC1 e FC3 (que apresentam 1,0 e 1,5 %, respectivamente, do lubrificante C em sua formulação) a 0,138 para o fluido FC4 (que apresenta 3,0 % de lubrificante C em sua formulação).

Analisando conjuntamente os resultados, observa-se que os fluidos preparados com o lubrificante B foram os que apresentaram menores valores de VA, VP, FG e LE, enquanto que os maiores valores destas propriedades foram obtidos com os fluidos preparados com o lubrificante C. Os valores das propriedades de filtração (VF e ER) não sofreram variações significativas com a mudança do tipo e concentração dos lubrificantes e com a concentração.

Observou-se que a variação na concentração do anti-espumante não influenciou nas propriedades reológicas, de filtração e de lubricidade dos fluidos. Portanto, a menor concentração (seis gotas) utilizada nos fluidos FA1, FB1, FC1, FA4, FB4, e FC4 é suficiente, promovendo uma menor quantidade de espuma.

Uma análise conjunta dos coeficientes de lubricidade (CL) dos fluidos estudados evidenciou que os menores valores de CL foram obtidos para os fluidos preparados com o lubrificante C e os maiores para os fluidos preparados com lubrificante A. Os fluidos que apresentaram os menores valores de CL os FC1 e FC3, preparados com 1,0 e 1,5 %, respectivamente, do lubrificante C. O fluido que apresentou maior valor de CL foi o fluido FA4 (que contém 3,0 % do lubrificante A).

Estes resultados comprovam a maior eficiência do lubrificante C, como também que a concentração de 1,0 % deste aditivo é suficiente para garantir ao fluido uma boa capacidade lubrificante, além de sugerir economia no preparo dos fluidos de perfuração, uma vez que é prática comum em empresas multinacionais da indústria de petróleo o uso de 3,0 % de lubrificante em fluidos base água. Este teor de 3,0 % também é reportado em diversos artigos na literatura específica sobre fluidos de perfuração.⁽⁹⁾

É importante ressaltar que a lubricidade é uma propriedade de grande importância para os fluidos de perfuração; poços perfuradores utilizando fluidos com boa capacidade lubrificante apresentam menor tendência de prisão diferencial e encerramento de broca, além de uma maior taxa de penetração.

Comparando os resultados dos fluidos desenvolvidos neste trabalho com os obtidos a partir do fluido padrão (apresentado na Tabela 2), observou-se que os fluidos preparados com o lubrificante C apresentaram valores de VA, VP, FG, LE, VF, ER e CL mais próximos aos do fluido de referência, confirmando mais uma vez a eficiência deste aditivo. Os valores de referência foram obtidos a partir de formulações e aditivos fornecidos pela Petrobras.

4 CONCLUSÕES

Com o objetivo de avaliar a ação de diferentes lubrificantes nas propriedades reológicas, de filtração e de lubricidade de fluidos de perfuração base água, concluiu-se que:

- todos os fluidos estudados apresentaram comportamento de fluidos pseudoplásticos;
- os fluidos preparados com o lubrificante C apresentaram maiores valores de viscosidades aparente e plástica, força gel e limite de escoamento;
- todos os fluidos apresentaram pequena espessura do reboco, característico de fluidos poliméricos;
- a variação na concentração do lubrificante não influenciou nos valores das propriedades reológicas, de filtração e de lubricidade dos fluidos, sendo a menor concentração (1,0 %) suficiente para proporcionar uma melhor lubricidade;
- os fluidos preparados com o lubrificante C apresentaram melhor desempenho, com propriedades próximas às apresentadas pelo fluido padrão, comprovando a maior eficiência deste aditivo e
- dentre os lubrificantes e concentrações avaliados, o lubrificante C na concentração de 1,0 % proporcionou aos fluidos base água melhores propriedades reológicas, de filtração e de lubricidade.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Agência Nacional do Petróleo - ANP, à FINEP, ao CTBRASIL, ao CTPETRO e ao CNPq (Processo N° 472017/2004-7 e Processo N° 472188/2006-2) pelo apoio financeiro, à Empresa System Mud Indústria e Comércio Ltda. pelo fornecimento dos aditivos estudados, ao LABDES pelo uso de suas instalações físicas e apoio a pesquisa e a PETROBRAS em nome do Eng. Aluisio Felizardo do Nascimento Filho, pelas informações fornecidas do fluido padrão.

REFERÊNCIAS

- 1 THOMAS J.E., *Fundamentos de Engenharia de Petróleo*, Editora Interciência, Rio de Janeiro, 2001.
- 2 LUMMUS, J.L & AZAR, J.J., *Drillings Fluids Optimization A Pratical Field Approach*, PennWell Publishing Company, Tulsa, Oklahoma, 1986.
- 3 DARLEY, H.C.H e GRAY, G.R., *Composition and Properties of Drilling and Completion Fluids*, Fifth Edition, Gulf Publishing Company, 1988.
- 4 AMORIM, L.V., *Melhoria, Proteção e Recuperação da Reologia de Fluidos Hidroargilosos para Uso na Perfuração de Poços de Petróleo*, Tese de Doutorado em Engenharia de Processos, CCT/UFCG, Campina Grande, Dezembro de 2003. Orientadores: Prof. Dr. Heber Carlos Ferreira, Prof. Dr. Hélio de Lucena Lira e Prof. Dr. Kepler Borges França.
- 5 GOMES, H.O., Filho, J.F.O., *Metodologia de Avaliação da Lubricidade de Óleo Diesel*, In: Encontro para a Qualidade de Laboratórios, junho de 2005, São Paulo.
- 6 MACHADO J. C. V., *Reologia e Escoamento de Fluidos*. Editora Interciência, Rio de Janeiro, 2002.
- 7 PETROBRAS, Ensaio de Viscosificante para Fluidos de Perfuração Base Água na Exploração e Produção de Petróleo, Especificação, N-2605, 1998.
- 8 FARIAS, K.V., *Influência de Umectante Aniônico na Reologia e Espessura de Reboco de Fluidos Hidroargilosos*, Dissertação de Mestrado, Mestrado em Engenharia Química, CCT/UFCG, Campina Grande, Novembro de 2005. Orientadores: Prof. Dr. Heber Carlos Ferreira e Dra. Luciana Viana Amorim.
- 9 TEHRANI, M. A.; POPPLESTONE, A.; GUARNERI, A. e CARMINATI, S.; *Water-Based Drilling Fluid for HP/ HT Applications*. In: International Symposium on Oilfield Chemistry, Texas, USA, 2007.