

# Avaliação de aditivos lubrificantes em fluidos aquosos para perfuração de poços de petróleo

R. C. A. Medeiros<sup>1\*</sup>; L. V. Amorim<sup>2</sup>, L. N. L. Santana<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Unidade Acadêmica de Engenharia de Materiais – Universidade Federal de Campina Grande – Campus I, Rua Aprígio Veloso, 882, Bodocongó, CEP 58109-970, Campina Grande – Paraíba.

<sup>2</sup>PRH-25/ANP, UFCG, Rua Aprígio Veloso, 882, Bairro: Bodocongó, CEP: 58109-900, Campina Grande – PB

(Recebido em 24/10/2008; revisado em 24/11/2008; aceito em 15/12/2008)

(Todas as informações contidas neste artigo são de responsabilidade dos autores)

---

## Resumo:

Visando obter fluidos lubrificantes adequados à perfuração de poços de petróleo, este trabalho objetiva avaliar diferentes tipos e concentrações de lubrificantes em fluidos de perfuração aquosos aditivados com bentonita e polímeros. Para tanto, foram estudados uma amostra de bentonita sódica industrializada, três aditivos poliméricos e três lubrificantes em diferentes concentrações, e determinadas as propriedades reológicas (viscosidade aparente (VA), plástica (VP), limite de escoamento (LE) e força gel (FG)), de filtração (volume de filtrado (VF) e espessura de reboco (ER)) e o coeficiente de lubrificidade (CL) dos fluidos de perfuração. Os resultados evidenciaram que: i) a adição do lubrificante alterou os parâmetros reológicos (VA e LE) e de filtração (VF e ER) dos fluidos, contudo não comprometeu o seu desempenho; ii) o tipo de lubrificante não apresentou influência significativa nas propriedades reológicas e de filtração dos fluidos; iii) o menor teor de lubrificante estudado (1,0%) foi suficiente para adequar a capacidade lubrificante dos fluidos e iv) dentre os fluidos estudados, os preparados com os lubrificantes denominado de Lub 1 e Lub 2 foram os que apresentaram os menores e, portanto, melhores coeficientes de lubrificidade.

**Palavras-chave:** Fluidos aquosos; bentonita; polímeros; lubrificantes; lubrificidade.

---

## Abstract:

The aim of this work is to evaluate several drilling fluids treated with bentonite, polymers and lubricants. They can be used in oil well and differ from each others in terms of the type and concentration of the lubricant. Ten different water based drilling fluids are derived from a sample of industrialized sodium bentonite, three polymer additives and three lubricants. Therefore, their rheological properties (apparent (AV) and plastic viscosities (PV), yield point (YP) and strength gel (FG)), filtration (water loss (WL) and thickness of filter cake (TFC)) were measured. From the results it was possible to conclude that: i) the addition of lubricant changes the rheological parameters (AV and YP) and filtration properties of the fluid (WL and TFC), but did not compromise its performance, ii) the type of lubricant does not show significant influence on the rheological and filtration fluids properties, iii) the lowest level of lubricant studied (1.0%) was enough to bring the capacity of lubricating fluids and iv) among the studied fluids, those prepared with the lubricants called Lub 1 and Lub 2 have the lowest coefficients of lubricity.

**Keywords:** Base drilling fluids; bentonite; polymers; lubricants; lubricity.

---

\* E-mail: [nalcalves@hotmail.com](mailto:nalcalves@hotmail.com) (R. C. A. Medeiros)

## 1. Introdução

Os fluidos de perfuração são definidos geralmente como composições frequentemente líquidas destinadas a auxiliar o processo de perfuração de poços de petróleo [1]. Estes fluidos são indispensáveis durante as operações de perfuração, pois desempenham uma série de funções essenciais, como resfriar e lubrificar a broca de perfuração, reduzir o atrito entre a coluna de perfuração e as paredes do poço, transportar os detritos de perfuração, permitir sua separação na superfície e formar um filme de baixa permeabilidade (reboco) nas paredes do poço [2].

O desempenho destas funções é diretamente dependente das propriedades reológicas, de filtração e lubricidade (viscosidades, consistência de gel, controle de filtrado, reboco e coeficiente de lubricidade) dos fluidos de perfuração.

Os fluidos à base de água ou aquosos, como são conhecidos, são definidos de acordo com a natureza da água e os aditivos químicos empregados no seu preparo. Dentre os fluidos aquosos, destacam-se os hidroargilosos e os levemente tratados, recomendados para perfuração de camadas rochosas superficiais, compostas na maioria das vezes de sedimentos inconsolidados [3]. Contudo, podem e são empregados em perfurações mais profundas, a exemplo de camadas rochosas compostas por arenitos de granulometria média a grossa com intercalações de folhelhos e argilitos.

Nos fluidos hidroargilosos são tradicionalmente utilizadas argilas bentoníticas sódicas com a finalidade de aumentar a viscosidade do meio e formar o reboco, camada de baixa permeabilidade formada na parede do poço para impedir as perdas por filtração, enquanto que nos fluidos levemente tratados, utilizam-se polímeros viscosificantes e redutores de filtrado, podendo estes serem empregados em conjunto com as argilas bentoníticas.

A composição do fluido depende, portanto, das exigências particulares de cada perfuração. Segundo Lummus e Azar [4], em perfurações simples e pouco profundas um fluido constituído de água e argila bentonítica é adequado e em situações de difícil perfuração e/ou grandes profundidades é necessário um fluido mais elaborado, com introdução de um ou vários aditivos.

A perfuração de poços em profundidades cada vez maiores, bem como poços direcionais e de longa extensão são cada vez mais freqüentes e tem

exigido o desenvolvimento de tecnologias sofisticadas e específicas. Um dos principais problemas encontrados principalmente em perfurações com poços direcionais são as forças de fricção entre a coluna de perfuração e as paredes do poço, que podem causar sérios problemas, como o torque excessivo na coluna de perfuração e a diminuição da taxa de penetração. Estes problemas também são freqüentes em poços verticais, independente da profundidade.

Alto torque e arraste podem exceder a capacidade dos equipamentos de perfuração e no caso de perfurações direcionais, exceder o limite do afastamento horizontal do poço. Dentre os muitos elementos que afetam o torque e o arraste, o coeficiente de fricção é o fator determinante [5].

Estes problemas podem ser minimizados, ou até mesmo evitados, pelo uso correto de fluidos de perfuração. Para isto, torna-se essencial o uso de fluidos com adequada capacidade de lubrificação, alcançada por meio da aditivação com aditivos lubrificantes.

Segundo Gomes e Filho [6], a lubricidade é um termo qualitativo que descreve a habilidade de um fluido em evitar a fricção e o desgaste entre superfícies metálicas 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.

Os lubrificantes são substâncias que colocadas entre duas superfícies formam uma película protetora que tem como função principal reduzir o atrito, o desgaste, auxiliar no controle da temperatura, proporcionando a limpeza do equipamento, protegendo contra a corrosão decorrente dos processos de oxidação, podendo também, ser agente de transmissão de força e movimento [6].

Fluidos lubrificantes podem proporcionar uma série de benefícios nas operações de perfuração, como aumento da vida útil da broca, aumento da taxa de perfuração, redução do torque, aumento da estabilidade do poço e auxilia no controle da temperatura [6].

Os lubrificantes são em sua maioria derivados do petróleo (óleos minerais) ou produzidos em laboratório (óleos sintéticos), podendo ainda ser constituídos pela mistura de dois ou mais tipos (óleos compostos). Atualmente, estão sendo desenvolvidos lubrificantes de origem animal ou vegetal (óleos graxos), que por sua vez são biodegradáveis e ambientalmente corretos.

As propriedades dos lubrificantes são de extrema importância para se obter uma sinergia com a fase dispersa (partículas de argila) dos fluidos. Além disso, os lubrificantes podem ser solúveis em água ou formar pequenas gotículas, que quando adicionado ao fluido contendo argila bentonítica age como dispersante, neutralizando as cargas presentes nas superfícies das partículas de argila.

Growcock et al. [7], investigaram vários aditivos lubrificantes com o objetivo de conhecer quais eram eficientes na redução do coeficiente de lubridade de fluidos hidroargilosos e de fluidos

poliméricos e concluíram que o desempenho do lubrificante é aparentemente independente do tipo de fluido, embora tenha o seu desempenho diminuído com o aumento da quantidade de sólidos e de componentes de superfície ativa.

Medeiros et al. [8], estudaram a influência da concentração de sólidos na lubridade de fluidos de perfuração, e observaram que as argilas bentoníticas não contribuem para a melhoria da lubridade de fluidos aquosos, bem como que o coeficiente de lubridade independe da concentração de bentonita no fluido.

Tabela 1: Composições dos fluidos de perfuração

Componentes	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10
Água (mL)	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
Argila bentonítica (%)	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
CMC AV (%)	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
CMC BV (%)	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
PAM (%)	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Lub1 (%)	-	1,0	1,5	2,0	-	-	-	-	-	-
Lub 2 (%)	-	-	-	-	1,0	1,5	2,0	-	-	-
Lub 3 (%)	-	-	-	-	-	-	-	1,0	1,5	2,0

Muitos estudos vêm sendo realizados a fim de se obter fluidos base água que aditivados com polímeros e lubrificantes apresentem propriedades adequadas. Segundo Argillier et al. [9], os fluidos à base de água podem substituir os fluidos à base de óleo, porém em perfurações que envolvem grandes profundidades, os fluidos à base de água ainda não atendem todas as exigências técnicas necessárias para desenvolver uma boa operação de perfuração, principalmente devido à sua baixa capacidade de lubrificação.

Os fluidos de perfuração à base de óleo e os de base sintética produzem menores e melhores coeficientes de lubridade (CL) do que os fluidos à base de água, contudo, sua utilização está cada vez mais limitada em virtude dos impactos ambientais, devido à sua toxicidade, e alto custo [9].

Segundo Darley e Gray [2], os fluidos de base oleosa são considerados como fluidos que possuem excelente lubridade, com CL em torno de 0,15. Por outro lado, os fluidos base água, apresentam

valores de CL entre 0,35 e 0,50 e os fluidos base água com 4,3 % de bentonita, valores de 0,44.

Diante deste contexto, este trabalho objetiva avaliar diferentes tipos e concentrações de lubrificantes para aplicação em fluidos de perfuração aquosos aditivados com bentonita e polímeros.

## 2. Materiais e métodos

### 2.1. Materiais

Foram estudados os seguintes materiais:

- uma amostra de argila bentonítica sódica industrializada da Paraíba (Brasgel PA) na concentração de 2,5 % em massa de argila;
- três aditivos poliméricos, sendo uma amostra de carboximetilcelulose de alta viscosidade (CMC AV), uma de carboximetilcelulose de baixa viscosidade (CMC BV) e uma de poliacrilamida

parcialmente hidrolisada (PAM) nas concentrações de 0,05 %, 0,01 % e 0,01 %, respectivamente e

- três aditivos lubrificantes, denominados de Lub 1, Lub 2 e Lub 3 nas concentrações 1,0 %, 1,5 % e 2,0 %.

Com os materiais citados foram estudados dez fluidos de perfuração, denominados de F1, F2, ..., F10, cujas composições estão apresentadas na Tabela 1, sendo variado o tipo e a concentração dos aditivos lubrificantes visando alcançar o objetivo deste trabalho.

As amostras de CMC foram fornecidas pela Empresa Denver-Cotia Indústria e Comércio de Produtos Químicos Ltda., localizada na Estrada Fernando Nobre, 600-A, Rio Cotia, Cotia, SP e as amostras de PAM, Lub 1, Lub 2 e Lub 3 foram fornecidas pela Empresa System Mud Indústria e Comércio Ltda., localizada na Rua Otávio Muller, 204, Carvalho, Itajaí, SC.

## 2.2. Métodos

### 2.2.1. Preparação dos Fluidos de Perfuração

Para a preparação dos fluidos, inicialmente, a argila foi misturada manualmente com o polímero em pó e, em seguida, esta mistura foi adicionada à água deionizada, sob agitação em agitador mecânico da marca Hamilton Beach, modelo 936 na velocidade de 13.000 rpm. Em seguida, a velocidade do agitador foi aumentada para 17.000 rpm e mantida por 20 min. A seguir, o fluido permaneceu em repouso durante 24 h em recipiente fechado e, após esse período, foi adicionado o lubrificante sob agitação constante no mesmo agitador mecânico a uma velocidade de 17.000 rpm durante 1 min.

Os fluidos de perfuração à base de água foram preparados com base na norma N-2605 da PETROBRAS[10].

### 2.2.2. Estudo reológico dos fluidos de perfuração

Após repouso de 24 h, foi realizado o estudo reológico dos fluidos de perfuração. Para isso, o fluido foi agitado durante 5 min em agitador mecânico Hamilton Beach, modelo 936, na velocidade de 17.000 rpm. Após a agitação, o fluido foi transferido para o recipiente do viscosímetro Fann modelo 35 A. Neste

equipamento, seis valores de torque foram lidos com taxas de cisalhamento variando de 5,1 a 1022 s<sup>-1</sup>. O viscosímetro foi acionado na velocidade de 600 rpm durante 2 min e efetuada a leitura. Logo após, a velocidade foi mudada para 300 rpm, efetuando a leitura após 15 s. Novamente, 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.

As curvas de fluxo dos fluidos de perfuração foram obtidas com o auxílio do tratamento matemático utilizando as leituras obtidas (L600, L300, L200, L100, L6, L3) no viscosímetro, as equações de viscosímetros rotativos e os parâmetros do viscosímetro Fann modelo 35 A

Para obtenção da força gel inicial, o fluido durante 15 s foi mantido no viscosímetro Fann 35A na velocidade de 600 rpm e, em seguida, permaneceu em repouso durante 10 s. Logo após, colocou-se na velocidade de 3 rpm, efetuando-se a leitura.

Para a obtenção da força gel final, o fluido foi deixado em repouso durante 10 min e, logo após, efetuada a leitura na velocidade de 3 rpm.

Com os dados das leituras obtidas no viscosímetro, calculou-se a viscosidade aparente (VA), a viscosidade plástica (VP), o limite de escoamento (LE) e a força gel (FG) segundo a norma da PETROBRAS N-2605 [10], utilizando as equações abaixo.

- Viscosidade aparente (VA):

$$VA = \frac{L_{600}}{2} \text{ (cP)} \quad (1)$$

- Viscosidade plástica (VP):

$$VP = L_{600} - L_{300} \text{ (cP)} \quad (2)$$

- Limite de escoamento (LE):

$$LE = L_{300} - VP \text{ (N / m}^2\text{)} \quad (3)$$

- Força gel (FG):

$$FG = FG_f - FG_i \quad (4)$$

### 2.2.3. Lubricidade dos fluidos de perfuração

O coeficiente de lubricidade dos fluidos foi determinado em lubrificímetro OFITE (*EP-Lubricity Tester*). Para tanto, agitou-se o fluido por 5 min em um agitador mecânico Hamilton Beach, modelo 936, na velocidade de 17.000 rpm. Em seguida, o fluido foi transferido para o recipiente do equipamento, com torque inicial zero e uma velocidade de 60 rpm; aplicou-se lentamente uma força de 150 in/lb (equivalente a uma pressão de 34.500 a 69.000 kPa) durante 5 min, efetuando-se a leitura do torque exercido pelo fluido. Com a leitura obtida pelo torque da água, calculou-se o fator de correção (FC) e o coeficiente de lubricidade (CL).

- Fator de Correção:

$$FC = \frac{34,0}{\text{Leitura}_{\text{água}}} \quad (5)$$

- Coeficiente de lubricidade:

$$CL = \frac{FC \cdot \text{Leitura}_{\text{obtida}}}{100} \quad (6)$$

### 2.2.4. Volume de filtrado

Para a determinação do volume de filtrado, os fluidos foram agitados durante 1 min, em um agitador mecânico Hamilton Beach, modelo 936, na velocidade de 17.000 rpm. Em seguida, o fluido foi transferido para o recipiente do filtro-prensa API, com aplicação de uma pressão da ordem de 7,0 kgf/cm<sup>2</sup> (100 psi). Após 30 min, o filtrado foi lido e obteve-se a medida do volume do filtrado, expresso em mL.

### 2.2.5. Espessura de reboco

Para determinar a espessura do reboco foi utilizada a metodologia desenvolvida por Farias [11] no LABDES (Laboratório de Referência de Dessalinização) baseada na norma API 13B-1 [12]. Essa metodologia consiste nas etapas apresentadas a seguir.

1. coletar o papel de filtro com o reboco após a realização do ensaio para determinação do volume do filtrado;

2. lavar o papel de filtro por três vezes a uma vazão de aproximadamente 110 l/h com o auxílio de um recipiente de nível constante com vazão regulável;
3. colocar papel de filtro com o reboco entre duas lâminas de vidro e aplicar uma pressão de aproximadamente 277,6 N/m<sup>2</sup> por um período de 2 min e
4. medir a espessura do reboco com o auxílio de um extensômetro.

Foram feitas cinco medidas das espessuras das lâminas de vidro e do papel com o reboco em pontos distintos. Após obtenção das medidas, é feita uma média aritmética das cinco determinações.

Todos os ensaios foram realizados em duplicata. Quando um dos valores obtidos diferia da média de 10 %, esse era automaticamente eliminado e o ensaio repetido.

## 3. Resultados

Nas Figuras 1, 2 e 3 estão traçadas as curvas de fluxo dos fluidos de perfuração F1, F2, F3, F4, F5, F6, F7, F8, F9 e F10 preparados com a argila, aditivos poliméricos e lubrificantes de acordo com as formulações apresentadas na Tabela 1.

Por meio das curvas de fluxo observou-se que os fluidos de perfuração apresentam comportamento pseudoplástico com limite de escoamento.

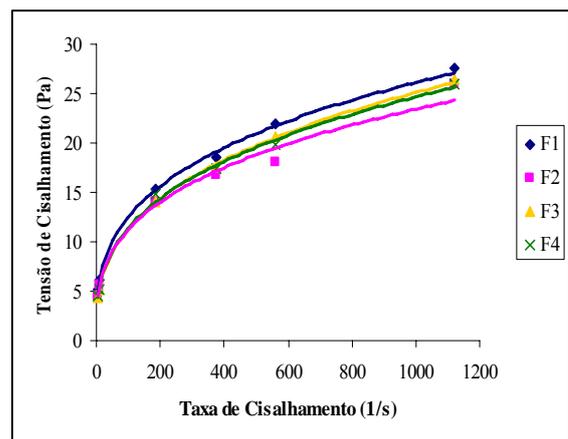


Figura 1- Curvas de fluxo dos fluidos F1, F2, F3 e F4

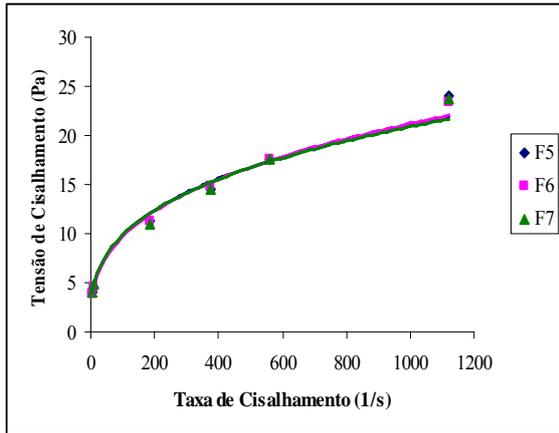


Figura 2 - Curvas de fluxo dos fluidos F5, F6 e F7

Na Tabela 2 estão apresentados os resultados das propriedades reológicas (viscosidade aparente (VA), viscosidade plástica (VP), limite de escoamento (LE) e força gel (FG)) e de filtração

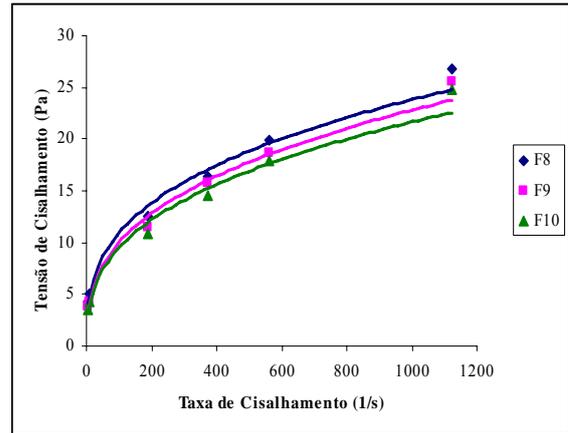


Figura 3 - Curvas de fluxo dos fluidos F8, F9 e F10

(volume do filtrado (VF) e espessura do reboco (ER)), dos fluidos preparados com argila bentonítica e aditivos poliméricos, bem como dos fluidos contendo também lubrificantes.

Tabela 2: Propriedades reológicas, volume de filtrado e espessura de reboco dos fluidos estudados

Fluidos	VA(cP)	VP(cP)	LE(N/m <sup>2</sup> )	FG	VF(mL)	ER(mm)
F1	27,0	11,0	32,0	1,5	15,6	1,091
F2	25,5	12,0	27,0	2,0	13,0	1,031
F3	26,0	11,5	25,5	1,0	13,4	1,098
F4	25,5	12,0	27,0	2,0	14,2	1,056
F5	23,5	12,5	23,5	1,0	14,5	0,989
F6	23,0	11,5	23,0	1,0	14,0	0,959
F7	23,3	12,0	22,0	0,0	14,2	1,056
F8	26,3	13,5	25,5	2,0	14,8	0,914
F9	25,0	13,5	23,0	3,0	12,6	1,042
F10	24,3	13,5	21,5	1,0	11,8	0,976
<b>Especificações da PETROBRAS [13]</b>	≥15,0	≥4,0	≤ 1,5 x VP	NE	≤ 18,0	NE

Sendo: VA – viscosidade aparente; VP – viscosidade plástica; LE – limite de escoamento; VF – volume filtrado; ER – espessura de reboco; NE – não especificado.

Observou-se que o fluido F1, sem lubrificante, apresentou todos os parâmetros reológicos e de filtração de acordo com os especificados pela PETROBRAS [13]. O elevado valor de VA é consequência da utilização conjunta do CMC AV e da PAM que age como viscosificante. Esse comportamento deve-se ao tamanho da cadeia dos polímeros

CMC AV e PAM; polímeros de cadeia longa age como viscosificante. O valor de VF (15,6 mL), considerado adequado para este tipo de fluido, deve-se a utilização do CMC BV, que possui cadeias poliméricas curtas, e assim, age como redutor de filtrado. Além da atuação dos poliméricos, há a presença da bentonita que

auxilia na viscosidade, no filtrado e também na formação do reboco.

Observou-se que após a adição e aumento no teor dos lubrificantes Lub 1, Lub 2 e Lub 3, houve redução nos valores de VA, sendo esta redução mais significativa nos fluidos aditivados com o lubrificante Lub 2 (F6, F7 e F8), enquanto que os valores de VP mantiveram-se praticamente constantes.

Para os fluidos aditivados com o Lub 1, a redução da VA deve-se, provavelmente, a interação entre o lubrificante e as partículas de argila; o Lub 1 é um lubrificante à base de óleo vegetal, solúvel em água e possui caráter tensoativo. Desta forma, quando adicionado a um fluido contendo argilas bentoníticas age como dispersante, pois neutraliza as cargas presentes nas superfícies das partículas de argila. Este comportamento também foi evidenciado em estudos desenvolvidos por Amorim *et al.* [14].

Para os fluidos aditivados com os lubrificantes Lub 2 e Lub 3, a redução da VA deve-se à ação dispersante destes aditivos, como já comprovada em estudos anteriores [14], [15].

Os lubrificantes Lub 2 e Lub 3 são compostos por uma mistura de óleos vegetais, que formam gotículas estabilizadas quimicamente pelos componentes dos fluidos.

Todos os fluidos apresentaram resultados de VA e VP de acordo com os padrões especificados pela PETROBRAS [13]. Os valores de LE apresentaram o mesmo comportamento que o observado para a VA; redução nos valores de LE com a presença e aumento no teor do lubrificante. Os valores de FG estiveram entre 0,0 (F7) e 3,0 (F9).

Ainda de acordo com a Tabela 1, observou-se que a adição do lubrificante aos fluidos contribuiu para reduzir as perdas por filtração, contudo o aumento no teor de lubrificante não conduz a maiores reduções em VF, ou seja, os valores de VF mantiveram-se praticamente inalterados com adições de 1,0; 1,5 e 2,0 % do lubrificante. De maneira pontual, o fluido F1 (preparado sem lubrificante) apresentou VF de 15,6 mL e o fluido F10 (preparado com 2,0 % do Lub 3), VF de 11,8 mL.

Comparando os resultados obtidos com os padrões especificados pela PETROBRAS [13], observou-se que todos os fluidos apresentaram

valores de VF inferiores ao máximo especificado (18,0 mL).

De acordo com Ferraz [16], o reboco é formado pela disposição das partículas de argila nas paredes do poço à medida que a fase líquida (água) do fluido penetra nos seus poros. A espessura do reboco aumenta enquanto o fluido ceder água para as formações geológicas com as quais está em contato. Ao alcançar determinada espessura e impermeabilizar o poço, impede a perda de água por filtração. Desta forma, em virtude da pouca variação nos valores de VF, observa-se uma pequena redução na ER. Para o fluido F3, a ER foi de 1,098 mm e para o fluido F8, 0,914 mm.

Na Figura 4 estão apresentados os resultados do coeficiente de lubrificidade dos fluidos de perfuração estudados.

Observou-se que o fluido F1 preparado sem a presença do lubrificante, apresentou CL de 0,30 e os demais fluidos (F2, F3, ..., F10, preparados com diferentes tipos e concentrações de lubrificantes) apresentaram valores próximos e inferiores a 0,10. Os fluidos F2, F4 e F8 foram os que apresentaram maior capacidade lubrificante, com CL de 0,08. Os fluidos F5, F6, F7 e F10 apresentaram CL de 0,10 e os fluidos F3 e F9 de 0,09.

A redução do coeficiente de lubrificidade está associada às características dos lubrificantes. O Lub 1, como já mencionado, é um lubrificante à base de um óleo vegetal e solúvel em água. É composto por um tensoativo de peso molecular elevado (em torno de 800 g/mol) e possui dipolos e cargas. Assim, ele forma um filme sobre as superfícies capaz de interações mais fortes que os óleos comuns e proporciona menores e melhores valores de CL.

Os lubrificantes Lub 2 e Lub 3 são misturas de óleos vegetais, que por sua vez, são gorduras extraídas de plantas. São ésteres insolúveis em água e que formam gotículas que se dispersam no meio líquido. Essas gotículas são extremamente pequenas, dando a impressão de que se trata de um produto solúvel, e são responsáveis pela lubrificidade dos fluidos. Como já mencionado, as microgotículas são estabilizadas quimicamente pelos demais componentes do fluido e possuem ação dispersante.

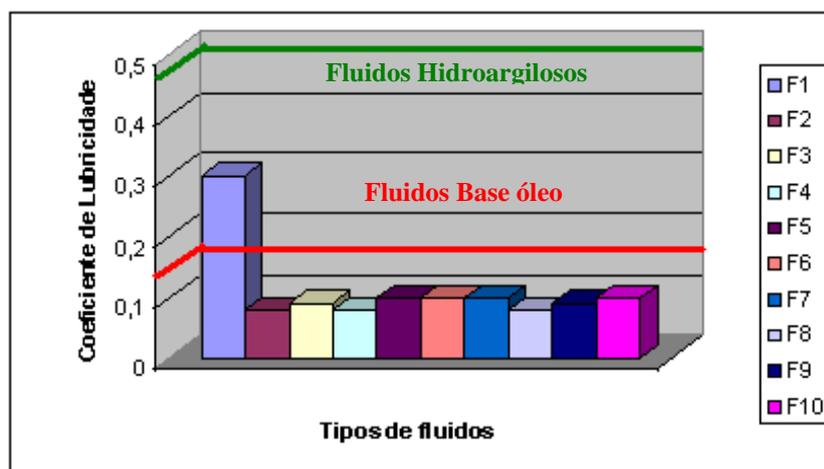


Figura 4 - Coeficiente de lubricidade dos fluidos de perfuração estudados

Comparando os resultados de lubricidade obtidos com os fluidos aditivados com os lubrificantes Lub 2 e Lub 3, observou-se que os menores e, portanto, melhores coeficientes de lubricidade foram alcançados com os fluidos aditivados com o Lub 3. Este resultado justifica-se pelo fato de que este lubrificante (Lub 3) é composto simplesmente por uma mistura de óleos vegetais, enquanto que o Lub 2, possui além de óleos vegetais, aditivos, os quais interferem, embora de maneira discreta, na sua capacidade de lubrificação.

Observou-se ainda que o aumento da concentração do lubrificante tem pouca influência no coeficiente de lubricidade dos fluidos, sendo o teor de 1,0 % suficiente para garantir ao fluido adequada capacidade de lubrificação. Segundo Growcock et al. [7], o desempenho relativo dos lubrificantes estão correlacionados inversamente com o teor de sólidos no fluido e com a atividade de superfície de outros componentes do fluido (quanto maior a quantidade de sólidos no fluido, menor é o desempenho de um lubrificante).

Segundo Darley e Gray [2], como mencionado anteriormente, fluidos base óleo apresentam CL de 0,15, enquanto os fluidos base água, valores entre 0,35 e 0,50 e fluidos base água com 4,3 % de bentonita apresentam CL de 0,44.

A lubricidade se faz importante visto que fluidos com esta propriedade tendem a reduzir o torque e o arraste presentes durante as operações de perfuração, além de reduzir o encrramento de brocas e os problemas causados por esse encrramento, como a redução da taxa de penetração, muito comum em perfurações de rochas contendo intercalações de lentes de argilas plásticas e folhelhos.

É importante ressaltar que os lubrificantes avaliados neste trabalho são ambientalmente corretos e biodegradáveis, apresentando enormes vantagens nos aspectos ambientais, sem agressões ao meio ambiente. E por serem compostos de óleos vegetais, considerados, por sua vez, fontes renováveis de energia, apresentam vantagens sociais e econômicas.

#### 4. Conclusões

Com o objetivo de avaliar diferentes tipos e concentrações de lubrificantes para aplicação em fluidos de perfuração, concluiu-se que:

- a adição de lubrificante nos fluidos reduz os parâmetros reológicos (VA e LE), porém não compromete o seu desempenho, apresentando valores de VA, VP e LE de acordo com os especificados pela PETROBRAS;
- houve pequenas variações nas propriedades de filtração (VF e ER) ao ser adicionado os lubrificantes, contudo não produz nenhum efeito adverso;
- os diferentes tipos de lubrificantes utilizados não apresentaram influencia significativa nas propriedades dos fluidos;
- embora pequenas variações no CL tenham sido observadas, os fluidos aditivados com os lubrificantes Lub 1 e Lub 2 apresentaram os menores, e portanto, melhores coeficientes de lubricidade;
- o teor mínimo de 1,0% de lubrificante é suficiente para adequar a capacidade lubrificante dos fluidos;
- os fluidos estudados apresentaram valores de CL compatíveis com os apresentados por fluidos base óleo, de acordo com dados da literatura.

Diante dos resultados obtidos, ficou evidenciada a eficiência dos três lubrificantes estudados, bem como que o teor de 1,0 % de lubrificante proporciona aos fluidos de perfuração de base aquosa aditivados com bentonita e polímeros adequada lubrificidade.

### Agradecimentos

À Agência Nacional do Petróleo - ANP, ao PRH-25, à FINEP, ao CTBRASIL, ao CTPETRO, ao CNPq (Processo No010592/2006-2) pelo apoio financeiro, à Empresa Bentonit União Nordeste Ltda – BUN pelo fornecimento da argila bentonítica, à Empresa System Mud Indústria e Comércio Ltda., pelo fornecimento dos lubrificantes e da PAM, à Empresa Denver-Cotia Indústria e Comércio de Produtos Químicos Ltda., pelo fornecimento dos CMCs e ao LABDES pelo uso de suas instalações físicas.

### Referências

- [1] Amorim, L.V. Melhoria, Proteção e Recuperação da Reologia de Fluidos Hidroargilosos para Uso na Perfuração de Poços de Petróleo. Tese (Doutorado em Engenharia de Processos), CCT, UFCG, Campina Grande, PB, 2003.
- [2] Darley, H.C.H; Gray, G.R. Composition and Properties of Drilling and Completion Fluids. Gulf Publishing Company, Fifth Edition, 1988.
- [3] Thomas, J.E. Fundamentos de Engenharia de Petróleo. Rio de Janeiro, Editora Interciência, 2001.
- [4] Lummus, J.L & Azar, J.J. Drilling Fluids Optimization A Practical Field Approach. PennWell Publishing Company, Tulsa, Oklahoma, 1986.
- [5] Dzlalowski, A. and Mahajan, S. Lubricity and Wear of Shale: Effects of Drilling Fluids and Mechanical Parameters. paper SPE/IADC 25730, 1993.
- [6] Gomes, H.O. & Filho, J.F.O. Metodologia de Avaliação da Lubrificidade de Óleo Diesel. Encontro para a Qualidade de Laboratórios. São Paulo, junho de 2005.
- [7] Growcock, F.B., Sinor, L.A., Reece, A.R., Powers, J.R. Innovative Additives Can Increase the Drilling Rates of Water Based Muds. paper SPE 28708, 1998.
- [8] Medeiros, R. C. A., Amorim, L. V., Santana, L. N. L. Influência da Concentração de Argila na Lubrificidade de Fluidos de Perfuração Base Água. Congresso Brasileiro de Engenharia Química, Recife, PE, 2008.
- [9] Argillier, J.F., Audibert, A. Development of a New Non-Polluting Ester Based Lubricant for Water Based Muds: Laboratory and Field Tests Results. Institut Francais Du Petrole & Janssen, M. & Demoulin, A., Fina Research S.A., 1996. SPE 36862.
- [10] PETROBRAS Argila Aditivada para Fluido de Perfuração à Base de Água na Exploração e Produção de Petróleo. Método, N-2605, 1998.
- [11] Farias, K. V. Influência do Umectante Aniônico na Reologia e Espessura de Reboco de Fluidos Hidroargilosos. Dissertação de Mestrado, CCT, UFCG, Campina Grande, PB, Novembro de 2005.
- [12] API, Norma API Recommended prac 13B-1, novembro 2003.
- [13] PETROBRAS Argila Aditivada para Fluido de Perfuração à Base de Água na Exploração e Produção de Petróleo. Especificação, N-2604, 1998.
- [14] Amorim, L. V., Pereira, M. S., Ferreira, H.C. Fluidos Hidroargilosos: Comportamento Reológico, de Filtração e Lubrificidade. Rio Oil e Gas Expo and Conference, Rio de Janeiro, RJ, 2008.
- [15] Medeiros, R. C. A., Amorim, L.V., Santana, L. N. L. Avaliação de Lubrificantes em Fluidos de Perfuração Base Água. XV Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas e XVI Encontro Nacional de Perfuradores de Poços Feira Nacional da Água, Natal, RN, 2008.
- [16] Ferraz, A.I. Manual de Engenharia dos Fluidos de Perfuração. Divisão Magcobar Grupo Oilfield Products Dresser Industries, 1977.