

Copyright 2004, Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás - IBP

Este Trabalho Técnico Científico foi preparado para apresentação no 3º Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo e Gás, a ser realizado no período de 2 a 5 de outubro de 2005, em Salvador. Este Trabalho Técnico Científico foi selecionado e/ou revisado pela Comissão Científica, para apresentação no Evento. O conteúdo do Trabalho, como apresentado, não foi revisado pelo IBP. Os organizadores não irão traduzir ou corrigir os textos recebidos. O material conforme, apresentado, não necessariamente reflete as opiniões do Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás, Sócios e Representantes. É de conhecimento e aprovação do(s) autor(es) que este Trabalho será publicado nos Anais do 3º Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo e Gás

ESTUDO DA AÇÃO DE ADITIVOS PROTETORES CONTRA O ATAQUE ALCALINO AO FLUIDO DE ÉSTER DURANTE O CORTE DO CIMENTO.

Michelle Ivo dos Santos¹, Rodrigo Matos da Costa², Telma Lúcia Pitanga³, Marta Costa⁴,
Rosângela Balaban Garcia⁵, Joaquim Hélder Saraiva Girão⁶

^{1, 2, 3, 4, 5, 6} Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Laboratório de Pesquisa em
Petróleo – Departamento de Química – CP 1662 – CEP: 59078-970,
michele_ivo@yahoo.com.br, c.rodrigo2003@ig.com.br, tpitanga@samnet.com.br,
martacosta@quimica.ufrn.br, balaban@digi.com.br, heldergirao@hotmail.com

Resumo

Um dos grandes desafios dos fluidos de perfuração é atender aos requisitos de altas temperaturas e pressões de alguns poços, sem causar danos ao ambiente. Seus componentes devem ser selecionados de forma que a descarga de fluido ou cascalhos cause o mínimo impacto ambiental. Formulações a base de éster atendem às exigências legais, em termos de meio ambiente, mas apresentam sensibilidade ao cimento. Durante o condicionamento do poço, após a cimentação dos revestimentos, ocorre a contaminação do fluido de perfuração. Dependendo da sensibilidade deste aos componentes do cimento, a contaminação pode alterar significativamente algumas propriedades, principalmente, viscosidade, volume de filtrado e estabilidade elétrica. O fluido de éster é atacado pelas hidroxilas, nas faixas de pH que ocorrem durante o corte do cimento. Este trabalho visa avaliar a eficiência de dois produtos para minimizar esta hidrólise: um redutor de viscosidade (RV) e um redutor de pH (RpH). A técnica consiste em adicionar os produtos ao fluido, separadamente, e antes da contaminação, para verificar que concentração é mais apropriada para preservar a fase éster de fluidos submetidos ao cisalhamento contínuo por 16 horas a uma temperatura de 230 °F. Os resultados foram comparados com os valores obtidos para as formulações não contaminadas.

Palavras-Chave: Fluido de Perfuração; Contaminação; filtrado.

Abstract

Currently, the main challenge of the drilling fluids is to stand extreme temperatures and pressures, without causing environmental damages. The drilling fluid components must be selected in such a way that fluid and drilled solids disposal cause the minimum environmental impact. Ester-based formulations attend to the legal environmental requirements, but present sensitivity to the cement. The drilling fluid contamination occurs during well conditioning, after casing cementing. Depending on fluid sensitivity to the basic components of the cement, this contamination can significantly modify some fluid properties, such as: viscosity, filtrate volume and electric stability. The ester-based fluid presents high sensitivity to hydroxyl groups at the pH range that occurs during cement cutting. This study aims to evaluate the efficiency of two products to minimize ester sensitivity to hydroxyl groups: a viscosity reducer and a pH reducer. The method consists of addition of different amounts of these products, separately, before fluid contamination, in order to verify which concentration is more appropriate to preserve the ester phase of fluids submitted to continuous shearing for 16 hours at 230 °F. The results were compared with the values obtained for the non-contaminated fluids.

Keywords: Drilling fluid; Contamination; filtrate.

1. Introdução

Os fluidos de perfuração são misturas de líquidos e sólidos, cuja composição depende principalmente dos tipos de formações a serem perfuradas e da profundidade do poço. Muitos outros fatores, tais como: custo, resistência à contaminação e disponibilidade de água são significantes na escolha do fluido de perfuração.

Sendo o fluido de perfuração um dos itens de grande relevância para o êxito das operações de perfuração, necessitam-se estudos minuciosos para torná-lo mais adequado ao poço e ao meio ambiente, ao mais baixo custo possível. O tema é extenso e polêmico nas suas variedades e aplicações, o que faz necessário certa experiência prática para conhecer seus múltiplos envolvimento e/ou soluções, no que diz respeito aos problemas que venham a ocorrer durante as operações nos campos petrolíferos [Lummus, 1971].

Durante a perfuração de um poço de hidrocarbonetos, utiliza-se um fluido de perfuração a fim de transportar para a superfície os cascalhos triturados pela broca e garantir a segurança operacional do poço, além de limpar, resfriar e lubrificar a broca e a coluna de perfuração. O fluido deve apresentar: valores reológicos que sejam adequados à operação; baixo volume de filtrado - de preferência inerte em relação às rochas perfuradas; capacidade de formar um reboco fino, plástico e consistente, prevenindo desmoronamentos das paredes do poço; baixa corrosividade; elevada lubricidade e custos compatíveis, uma vez que esta é uma operação cara e de alto risco.

As propriedades de controle dos fluidos podem ser físicas ou químicas. As propriedades físicas são mais genéricas e são medidas em qualquer tipo de fluido, enquanto que as químicas são mais específicas e são determinadas para distinguir certos tipos de fluidos [Thomas, 2001].

A composição de um fluido de perfuração, em geral, é uma mistura de aditivos químicos, água, óleo e sais. As propriedades físicas mais importantes e frequentemente medidas no laboratório são a densidade, os parâmetros reológicos, as forças géis, os parâmetros de filtração e o teor de sólidos. As propriedades químicas determinadas com maior frequência são: o pH, os teores de cloretos e de bentonita e as alcalinidades.

Para desempenhar satisfatoriamente suas funções, diversos produtos tais como: tensoativos, viscosificantes, afinantes, controladores de filtrado, sais, adensantes, entre outros, são adicionados à fase contínua dos fluidos de perfuração, dependendo da natureza da mesma. Neste trabalho são avaliados os danos causados ao fluido à base de éster durante um corte de cimento e proposto um tratamento com base no estudo da variação dos parâmetros de um fluido contaminado com cimento, na presença ou não de um agente protetor.

A contaminação mais frequente ocorre devido ao corte de cimento, normalmente após as operações de cimentação. Com base nos produtos de hidratação e nas concentrações dos componentes do cimento seco, o principal componente químico é o $\text{Ca}(\text{OH})_2$. O efeito da contaminação é identificado através de um aumento da viscosidade aparente, do limite de escoamento, dos géis, do pH e do filtrado. A intensidade da contaminação depende da natureza do fluido e do agente causador da contaminação, bem como do tratamento anterior, da natureza e da concentração dos sólidos presentes nos fluidos [Stefan, 1981].

Os fluidos a base de éster, além de apresentarem melhores propriedades lubrificantes que os fluidos a base de água, apresentam as seguintes vantagens:

- ❖ As argilas não hidratam e nem aderem à ferramenta molhada por éster;
- ❖ As reações de corrosão deixam de se processar na superfície metálica molhada por éster, tendo em vista que o éster não é bom condutor de eletricidade;
- ❖ O filme formado, pelo emulsificante em torno das partículas de água presentes no fluido de éster, funciona como membrana semipermeável, através da qual podem ocorrer fenômenos osmóticos.
- ❖ O éster representa uma alternativa real para aplicação em fluido de perfuração, e como substituto do óleo diesel e da parafina.

A sensibilidade do fluido de éster frente a uma contaminação com cimento é avaliada neste trabalho. Dois aditivos são propostos para efetuar tratamentos prévios ao corte do cimento, a fim de manter o mais estável possível a fase éster e as propriedades físico-químicas do fluido. Atenção especial é dada aos valores de leitura a 3 rpm (L3), uma vez que o valor desta variável é compatível com as velocidades praticadas nos anulares de poços, indicando juntamente com o limite de escoamento, a capacidade do fluido para limpar o poço. Outra propriedade de suma importância para o poço e que também é considerada neste trabalho é o volume de filtrado, uma vez que altos valores de filtrados e a presença de água nos mesmos, podem levar um poço ao colapso.

2. Parte Experimental

2.1 – Aditivos e contaminantes

Os componentes do fluido à base de éster e a ordem de adição estão mostrados na Tabela 1. As concentrações do contaminante e dos aditivos protetores estão listados na Tabela 2.

Tabela 1 - composição do fluido de éster

Aditivos	Concentração	Quantidade	Tempo preparação (min)
Éster	bbl/bbl	0,7	
Emulsificante	lb/bbl	6,0	5
Controlador de Filtrado	lb/bbl	1,0	10
Salmoura 40.000 ppm	bbl/bbl	0,3	30
Viscosificante	lb/bbl	3	10
Adensante	lb/bbl	85,0	20

Tabela 2 – Contaminação com cal e tratamento com redutor de viscosidade

		Branco	F1	F2	F3	F4	F5	
Ca(OH) ₂	lb/bbl	0	3	3	3	3	3	-
RpH	lb/bbl	0	4,2	4,7	5,2	5,7	6,2	
			F6	F7	F8	F9	F10	F11
Ca(OH) ₂	lb/bbl	0	0	0	2	2	3	3
RV	lb/bbl	0	5	10	5	10	5	10

2.2 – Metodologia

- As formulações à base de éster foram fabricadas de acordo a Tabela 1, utilizando agitador do tipo Hamilton Beach. e aplicando 20.000 rpm ao eixo do mesmo.
- Algumas formulações foram contaminadas com cal, após prévia adição dos aditivos protetores, em separado, tal como mostrado na Tabela 2. Os fluidos foram envelhecidos em estufa rotativa Fann, por 16 horas a 230 °F.
- Para medidas dos valores reológicos, utilizou-se um viscosímetro rotativo Fann, modelo 35-A. Para cada amostra foram efetuadas as leituras a 600, 300, 200, 100, 6 e 3 rotações por minuto, a 135 °F. A partir dessas leituras foi possível calcular as viscosidades plásticas e os limites de escoamento.
- Os volumes de filtrados foram obtidos em filtro prensa ATAP, marca Fann, após agitação da amostras por cinco minutos em agitador Hamilton Beach. O experimento foi realizado a uma temperatura igual a 230 °F e um diferencial de pressão de 500 psi.

3. Resultados e discussões

Como mostrado na Figura 1, a adição de 5,0 lb/bbl de RV ao fluido contaminado com 2,0 lb/bbl de Ca(OH)₂ resultou em valores de L3, limite de escoamento (LE) e viscosidades plásticas (VP) e aparentes (VA) próximos aos dos fluidos não contaminados. Para uma concentração de RV igual 10,0 lb/bbl, observou-se que os valores de VA e VP cresceram ou mantiveram-se no mesmo patamar, enquanto que os valores de L3 e LE voltaram a cair, sendo o valor de L3 comparável ao do fluido contaminado e sem tratamento. Isto evidencia que para uma contaminação com 2,0 lb de cal o RV deve ser adicionado na concentração igual 5,0 lb/bbl a fim de manter os valores reológicos próximos aos do fluido não contaminado. Para contaminações com 3,0 lb/bbl de cal, como se vê na Figura 2, ocorre um comportamento similar para o valor de L3, mas a viscosidade aparente do fluido contaminado eleva bastante, o que sugere que o efeito protetor do aditivo RV depende fortemente do grau de contaminação.

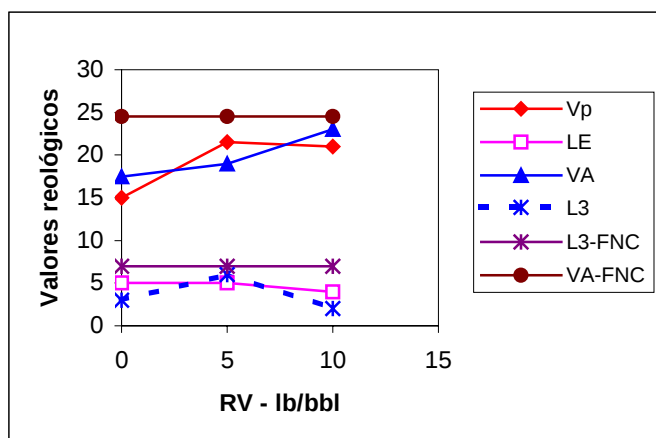


Figura 1 - Influência do RV sobre um fluido de éster contaminado com 2,0 lb/bbl de cal, leituras a 135°F.

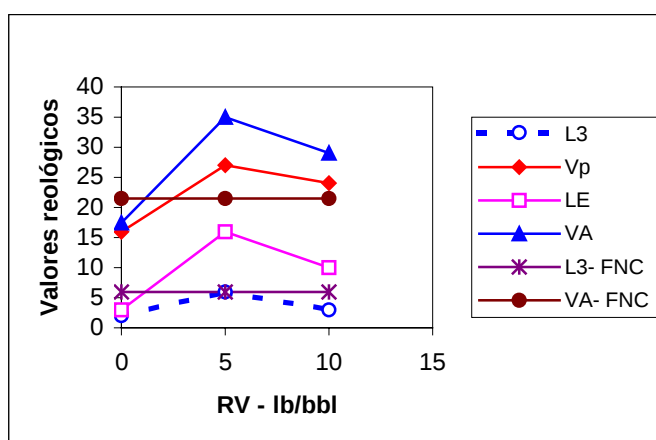


Figura 2 - Influência do RV sobre um fluido de éster contaminado com 3,0 lb/bbl de cal, leituras a 135°F

Em termos de filtrado, as Figuras 3 e 4 mostram que a contaminação com 2 ou 3 lb/bbl de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ resultou em volumes muito acima dos valores apresentados por um fluido não contaminado, e que adição de 5 ou 10 lb/bbl de RV produziu volumes inferiores aos exibidos por um fluido não contaminado. Entretanto não se justifica a adição de 10,0 lb/bbl de RV uma vez que 5,0 lb/bbl, além de implicar em um tratamento mais econômico, é capaz de proteger satisfatoriamente o sistema.

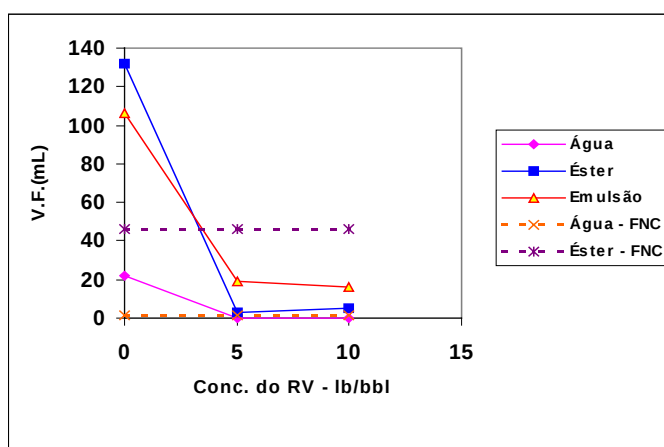


Figura 3 - Influência do RV no filtrado de fluidos de éster, na presença de 2,0 lb/bbl de cal - 230°F e 500psi.

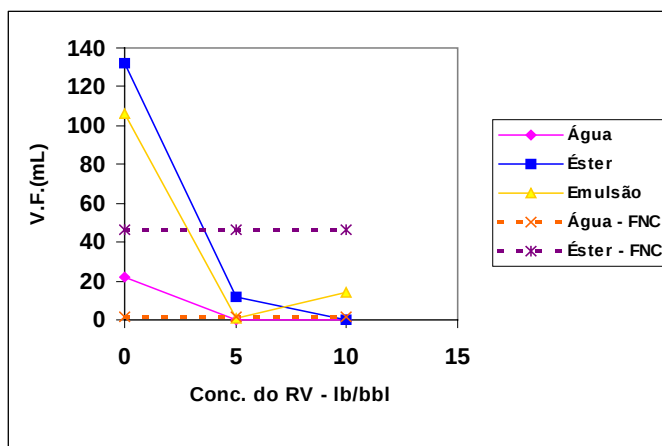


Figura 4 - Influência do RV no filtrado de fluidos de éster, na presença de 3,0 lb/bbl de cal - 230°F e 500psi.

O efeito do tratamento com RpH, de um fluido a base de éster contaminado com Ca(OH)_2 , é mostrado nas Figuras 5 e 6. Conforme se vê na Figura 5, a contaminação com cal provocou o aumento do volume total de filtrado, o qual se manteve acima dos 200 mL para concentrações de cal acima e 1,0 lb/bbl. Para testar o efeito protetor do RpH, contaminou-se algumas amostras com 3,0 lb/bbl de cal, as quais foram previamente tratadas com o RpH, nas concentrações variando entre 4,2 a 6,2 lb/bbl. Observe na Figura 5, que nas concentrações de 4,7 e 5,2 lb/bbl de RpH houve uma redução dos valores de filtrado e um correspondente aumento da estabilidade elétrica, indicando que a concentração ideal para tratar um fluido de éster contaminado com 3,0 lb/bbl de cal varia entre 4,7 a 5,2 lb de RpH (o cálculo estequiométrico indicou o valor de 5,2 lb/bbl). Em termos de valores reológicos, como se vê na Figura 6, houve um aumento de L600 e de L3, quando o fluido contaminado com 3,0 lb/bbl de cal foi tratado com RpH, sendo a concentração igual a 4,7 lb/bbl a que resultou em melhor valor de L3. Mesmo que o L600 tenha aumentado bastante, isto não impede a utilização do fluido (valores reportados no campo para perfuração da fase III de um poço, variaram de 85 a 187).

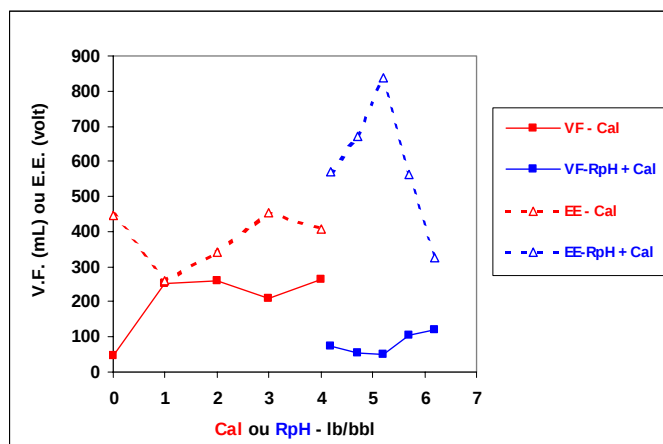


Figura 5: Efeito do RpH no volume de filtrado e na estabilidade elétrica de fluidos de éster contaminados com cal – 230 °F e 500 psi

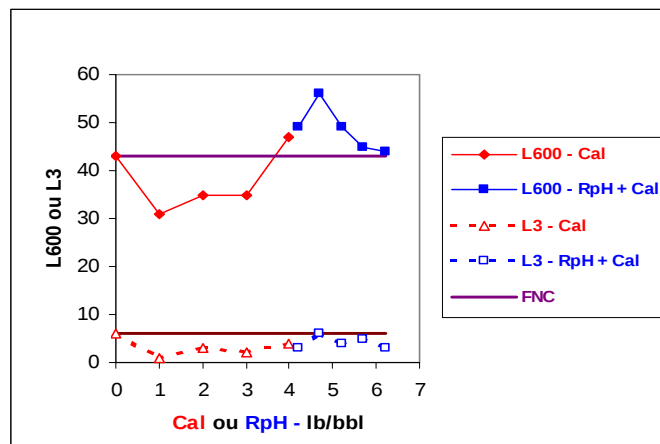


Figura 6: Efeito do RpH na reologia de fluidos de fluidos e éster contaminados com cal – 230 °F e 500 psi.

É importante ressaltar que as leituras de reologia foram realizadas a 135 °F e que os fluidos contaminados, tratados com RV ou RpH apresentaram viscosidades muito elevadas na temperatura ambiente. Por outro lado, deve-se levar em conta que um alto grau de contaminação e tempo de exposição foi aplicado ao fluido, em comparação com as situações vigentes no campo, onde após a contaminação, o fluido é continuamente submetido a tratamentos para separação dos sólidos perfurados nos extratores de sólidos. Desse modo, as condições aplicadas nos testes desse trabalho são mais rígidas que os presentes no campo. Uma sugestão importante é realizar levantamentos para determinar o tempo total de exposição do fluido ao contaminante e a concentração média do mesmo em situações reais.

7. Conclusões

O tratamento prévio com 5,0 lb/bbl de RV elevou os valores reológicos de fluidos contaminados com cal a patamares próximos aos dos fluidos não contaminados, principalmente para concentrações de cal em torno de 2,0 lb/bbl. Para uma contaminação com 3,0 lb/bbl de cal, os valores reológicos dos fluidos tratados com RV elevaram-se acima do patamar para os fluidos não contaminados, mas não atingindo valores superiores aos praticados em campo. Em ambos os casos, o valor de L3 aproximou-se bastante do L3 original para uma concentração de RV igual a 5,0 lb/bbl. Nesta mesma concentração, o fluido contaminado com cal apresentou volumes de filtrados muito abaixo dos resultados apresentados por um fluido contaminado e sem tratamento, indicando que a adição prévia de RV a um fluido éster pode ser uma possibilidade quando se espera uma contaminação com cimento, principalmente em sondas com remoção de sólidos deficiente.

A utilização do RpH, em concentrações entre 4,7 e 5,2 lb/bbl, atenuou significativamente os efeitos causados pela cal, mantendo os valores de filtrado e de reologia a 135 °F, compatíveis com os de um fluido não contaminado.

Os tratamentos não foram suficientes o bastante para evitar a hidrólise do éster, nas condições drásticas aplicadas neste trabalho, uma vez que os fluidos com concentrações de cal superiores a 2,0 lb/bbl adquiriram viscosidades muito elevadas à temperatura ambiente. Vale ressaltar que no campo onde existe continua remoção de sólidos, os tempos de exposição aos agentes agressivos do cimento são provavelmente inferiores aos tempos praticados nesta investigação.

7. Agradecimentos

Os autores agradecem ao Programa de Formação de Recursos Humanos da ANP (PRH-ANP/MCT), à FINEP-CTPETRO, CNPq e PETROBRAS pelo apoio financeiro.

8. Referências bibliográficas

- STEFAN, PETRU. Manual de fluidos de perfuração. PETROBRÁS – MATERIAL INSTRUCIONAL, Salvador, Bahia p. 101, 1981.
- THOMAS, JOSÉ EDUARDO, Fundamentos de engenharia de petróleo – Rio de Janeiro: Interciência: PETROBRAS, p. 81, 2001
- LUMMUS, J.L. Acquisition and Analysis of Data for Optimized Drilling. Journal of Petroleum Technology, Novembro 1971.