

Estudo da reologia e espessura do reboco de fluidos de perfuração: influência de dispersantes e umectante aniônicos

(Study of rheology and filter-cake thickness of drilling fluids: influence of anionic dispersants and surfactant)

K. V. Farias¹, L. V. Amorim¹, H. C. Ferreira¹, E. Pereira²

Universidade Federal de Campina Grande, UFCG, Av. Aprígio Veloso 882, Bodocongó
Campina Grande, PB 58109-970

²System Mud Indústria e Comércio Ltda.
luciana@cct.ufcg.edu.br

Resumo

Este trabalho teve como objetivo avaliar a influência de aditivos dispersantes e umectante aniônicos nas viscosidades aparente (VA) e plástica (VP), no volume de filtrado (VF) e na espessura do reboco (ER) de fluidos de perfuração à base de água e argila bentonítica. Os fluidos foram preparados com 4,86% em massa de argila bentonítica e os aditivos estudados nas concentrações de 0,025 g a 0,300 g/24,3 g de argila seca para os dispersantes e de 0,005 g a 0,300 g/24,3 g de argila seca para o umectante aniônico. Os resultados mostraram que a espessura do reboco foi significativamente reduzida pela presença do umectante aniônico, sem, contudo, alterar as taxas de filtração dos fluidos estudados. Como era esperado, observou-se a redução nos valores de VA e VP após a aditivização dos fluidos com os aditivos dispersantes. Além disso, a mudança brusca nos valores de VA, VP e ER dos fluidos aditivados com o umectante aniônico na concentração de 0,100 g/24,3 g de argila seca evidenciou que esta é muito provavelmente a concentração micelar crítica deste aditivo.

Palavras-chave: fluidos de perfuração, viscosidades aparente e plástica, espessura do reboco, dispersante, umectante aniônico.

Abstract

The aim of this work is to evaluate the influence of dispersants additives and anionic surfactants in the apparent viscosity (AV), plastic viscosity (PV), water loss (WL) and filter-cake thickness (FT) of the water based drilling fluids with bentonite clay. The fluids were prepared with 4.86 wt % of bentonite clay and the additives studied in the concentrations of 0.025 g to 0.300 g/24.3 g of dry clay for the dispersants and 0.005 g to 0.300 g/24.3 g of dry clay for the anionic surfactant. The results had shown the filter-cake thickness was significantly reduced by the presence of the anionic surfactant, without, however, to modify the taxes of filtration of studied fluids. As it was waited, it was observed the reduction in the values of AV and PV after treating the fluids with dispersants additives. Also, the abrupt change in the values of AV, PV and FT of fluids treated with the anionic surfactant in the concentration of 0.100 g/24.3 g of dry clay evidenced that this is very probably the critical concentration micelar of this additive.

Keywords: drilling fluids, apparent and plastic viscosities, filter-cake thickness, dispersants, anionic surfactant.

INTRODUÇÃO

Os fluidos de perfuração são definidos como fluidos ou lamas de circulação utilizados para auxiliar a operação de perfuração de poços. Desempenham várias funções, como: resfriar e lubrificar a broca; limpar o fundo do poço dos detritos de perfuração; estabilizar as pressões de subsuperfície; permitir uma adequada avaliação da formação geológica; reduzir o atrito entre a haste de perfuração e as paredes do poço; formar um filme de baixa permeabilidade (reboco) nas paredes do poço prevenindo processos de filtração e impedir o inchamento de argilas hidratáveis da

formação. Essas funções fazem com que os fluidos sejam indispensáveis à indústria de petróleo, sendo o elemento mais importante na operação de perfuração [1].

Dependendo das formações geológicas a serem perfuradas, o fluido utilizado pode ser constituído apenas por água, e à medida que os sólidos resultantes da perfuração vão sendo incorporados à água, é produzido um fluido à base de água e argila, denominado fluido natural. Em outras formações, é necessário incorporar argila à água formando um fluido antes do início da perfuração, esses são chamados de fluidos convencionais à base de água aditivados com argila ou hidroargilosos.

A bentonita é a argila comercial mais utilizada em fluidos à base de água doce. De acordo com levantamento do DNPM, a Paraíba apresenta-se como o principal Estado produtor de bentonita, perfazendo 88,1% da produção nacional, seguido por São Paulo (7,3%), Rio de Janeiro (4,4%) e Paraná (0,2%) e, atualmente, nove empresas de mineração atuam no estado, concentradas no município de Boa Vista, PB [2].

A bentonita vem sendo adicionada aos fluidos de perfuração para desempenhar uma ou várias das funções já citadas: aumentar a capacidade de limpeza do poço; reduzir as infiltrações nas formações permeáveis; formar uma membrana de baixa permeabilidade (reboco); promover a estabilidade do poço e evitar ou superar a perda de circulação. As quantidades de argila adicionadas ao fluido variam de acordo com as formações geológicas a serem perfuradas [3].

O desempenho destas funções depende diretamente das propriedades físicas, químicas e reológicas dos fluidos, ou seja, viscosidade, consistência de gel, controle de filtrado e reboco. O filtrado e o reboco se não controlados adequadamente poderão causar diversos problemas, como: invasões excessivas de filtrado nas formações geológicas; desmoronamento de formações hidratáveis; avaliações equivocadas da formação que está sendo perfurada; redução do diâmetro do poço e aprisionamento da coluna de perfuração, que contribui fortemente para o processo de prisão diferencial. Grande parte desses problemas é causada principalmente pela espessura elevada do reboco; os únicos problemas causados pelo excesso de perda de fluido são os erros de avaliação da formação e os danos sofridos pela formação. E acrescenta que, o controle do reboco é a solução para os problemas gerados pelas características inadequadas de filtração [4].

A prisão diferencial se constitui em um dos mais graves problemas durante a perfuração de poços e ocorre devido o aprisionamento da ferramenta de perfuração. A coluna de perfuração uma vez presa à parede do poço terá que ser liberada através de um tratamento prévio local com dispersantes e umectantes [5].

Os dispersantes são substâncias que têm como principal função reduzir a atração entre as partículas de argila tornando-as dispersas no meio líquido, com conseqüente

redução na viscosidade e no limite de escoamento. Exemplos de dispersantes são os lignosulfonatos, os lignitos e vários fosfatos.

Os umectantes são moléculas anfifílicas, isto é, possuem na mesma estrutura duas regiões de polaridade opostas: uma polar (ou hidrofílica) com afinidade pela água e outra apolar (ou hidrofóbica) com afinidade por outros solutos (Fig. 1), fazendo com que a tensão superficial entre superfícies (água/óleo, água/sólido, água/ar, etc) seja reduzida. Os umectantes têm sido adicionados ao sistema bentonita-água para interagir com as partículas de argila, de acordo com sua característica iônica (aniônicos e catiônicos) ou não-iônica. Os umectantes iônicos induzem interações eletrostáticas, enquanto os umectantes não-iônicos são adsorvidos na superfície por interações estéricas. As moléculas de umectantes podem atrair ou repelir as partículas de argila e penetrar entre as camadas, podendo assim aumentar ou diminuir a estabilidade do sistema [6].

A ação de um umectante, sua distribuição numa solução aquosa e o efeito na tensão superficial, estão apresentadas na representação esquemática da Fig. 2. A adição de umectantes à água tende a saturar todas as interfaces (situações B e C), de modo que a partir de uma concentração denominada concentração micelar crítica (c.m.c.) há a saturação do meio e a formação de micelas (situação D) [7].

A micela é a forma que o umectante assume para melhorar a estabilidade na solução deixando as cadeias hidrofóbicas juntas e as cadeias hidrofílicas voltadas para a água [7].

Quando a c.m.c. do umectante é atingida, ocorre uma

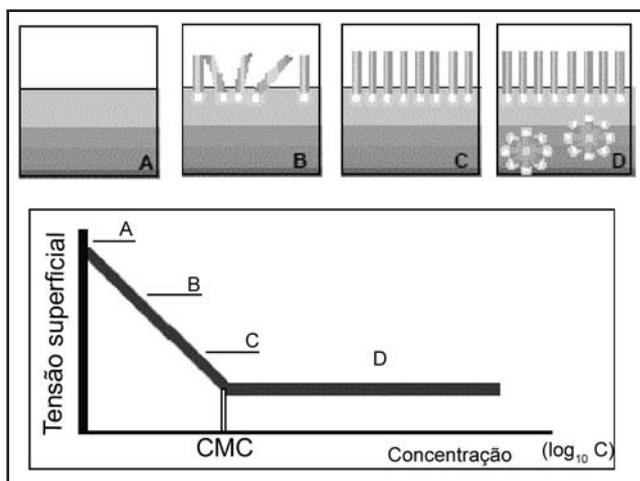


Figura 2: Distribuição do umectante numa solução aquosa, efeito na tensão superficial e formação de micelas.

[Figure 2: Distribution of the surfactant in a water solution, effect in the surface tension and formation of micelles.]

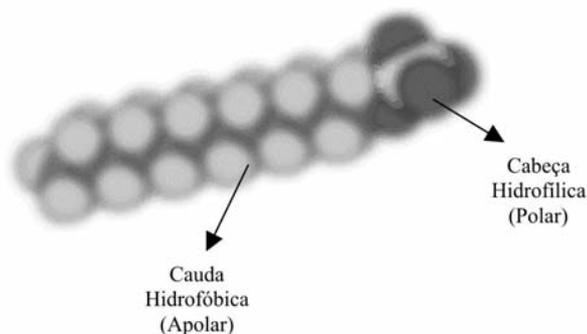


Figura 1: Molécula do umectante.

[Figure 1: Molecule of the surfactant.]

variação brusca nas propriedades físico-químicas da solução. O seu valor é determinado analisando a variação de propriedades físico-químicas da solução, tais como: tensão superficial, condutividade, deslocamento químico dos vários núcleos da molécula do umectante, em função da

concentração do umectante [6].

O objetivo deste trabalho é avaliar a influência de aditivos dispersantes e umectante aniônicos nas viscosidades aparente (VA) e plástica (VP), no volume de filtrado (VF) e na espessura do reboco (ER) de fluidos de perfuração á base de água e argila bentonítica.

MATERIAIS E MÉTODOS

Argilas bentoníticas

Foi estudada uma amostra de argila bentonítica na forma sódica industrializada em Campina Grande, PB, pela Empresa Bentonit União Nordeste, comercialmente conhecida como Brasgel PA. As argilas que compõem a amostra Brasgel PA são provenientes das jazidas de Boa Vista, PB.

Aditivos

Foram estudadas duas amostras de aditivos dispersantes: uma amostra com formulação normal com a presença do umectante, comercialmente conhecida por Hexa T e outra amostra do mesmo aditivo que foi confeccionada sem a presença do umectante, denominada de Hexa. Foi também estudado o umectante aniônico alquilbenzenosulfonato isolado. O Hexa e o Hexa T são dispersantes constituídos por um *blend* (mistura) de polifosfatos de sódio aniônicos.

As amostras de aditivos foram fornecidas pela Empresa System Mud Indústria e Comércio Ltda., Itajaí, SC.

Preparação dos fluidos hidroargilosos

Os fluidos foram preparados com concentração de 4,86% em massa de argila (24,3 g de argila em 500 mL de água deionizada), de acordo com a norma N-2605 [8].

Aditivação

Após preparação dos fluidos, os aditivos Hexa e Hexa T foram incorporados individualmente aos fluidos sob agitação em agitador mecânico Hamilton Beach, modelo 936 durante 5 min nas seguintes concentrações: 0,025 g/24,3 g, 0,050 g/24,3 g, 0,100 g/24,3 g, 0,150 g/24,3 g, 0,200 g/24,3 g, 0,250 g/24,3 g e 0,300 g/24,3 g de argila seca. Após 24 h foi realizado o estudo reológico e determinada a espessura do reboco como descrito nos itens a seguir.

A aditivação com o umectante aniônico foi realizada nas seguintes concentrações: 0,005 g/24,3 g, 0,010 g/24,3 g, 0,015 g/24,3 g, 0,020 g/24,3 g, 0,025 g/24,3 g, 0,050 g/24,3 g, 0,100 g/24,3 g, 0,150 g/24,3 g, 0,200 g/24,3 g, 0,250 g/24,3 g e 0,300 g/24,3 g de argila seca. A metodologia de aditivação empregada foi a mesma descrita acima.

No texto, essas concentrações serão indicadas como 0,005 g, 0,010 g, 0,015 g, 0,020 g, 0,025 g, 0,050 g, 0,100 g, 0,150 g, 0,200 g, 0,250 g e 0,300 g.



Figura 3: Etapas da metodologia utilizada para determinação da espessura do reboco.

[Figure 3: Stages of the methodology used for determination of the filter-cake thickness.]

Estudo reológico

Foram determinadas as viscosidades aparente e plástica em viscosímetro Fann 35A e o volume de filtrado em filtro prensa Fann, segundo norma N-2605 [8].

Determinação da espessura do reboco

Para a determinação da espessura do reboco foi desenvolvida no Laboratório de Referência em Dessalinização uma metodologia baseada na norma API 13B-1 [9]. Essa metodologia 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 (Fig. 3a). Em seguida, esse papel de filtro é lavado por três vezes a uma vazão de aproximadamente 110 L/h com o auxílio de um recipiente de nível constante com vazão regulável (Figs. 3b e 3c), a 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 com o reboco é colocado entre duas lâminas de vidro confeccionadas com o mesmo diâmetro do papel de filtro (Figs. 3d e 3e). 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 (Figs. 3f) 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 (Fig. 3g). São feitas cinco medidas das espessuras das lâminas de vidro e do papel de filtro com o reboco em pontos distintos, como mostra a Fig. 3h. 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.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos antes e após a incorporação dos aditivos Hexa, Hexa T e o umectante aniônico aos fluidos hidroargilosos preparados com a argila Brasgel estão apresentados nas Figs. 4 a 6.

Os resultados apresentados pelos fluidos preparados com a argila Brasgel PA, antes do seu tratamento com os aditivos estudados, apresentaram VP e VF de acordo com às especificações da Petrobras [10] para o uso em perfuração de poços (VP mínima de 4,0 cP e VF máxima de 18,0 mL), com exceção da VA de 13,6 cP, que esteve

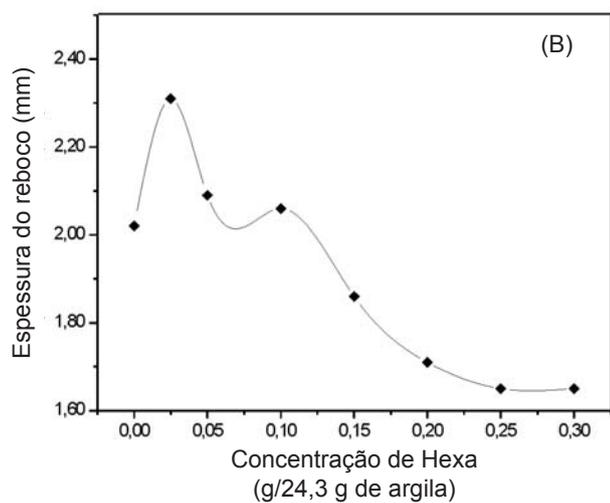
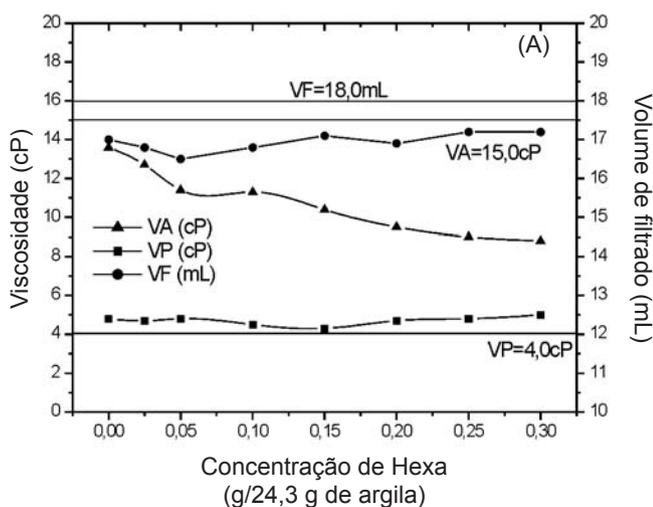


Figura 4: (a) Propriedades reológicas e (b) espessura do reboco dos fluidos preparados com a argila Brasgel PA tratados com o Hexa. [Figure 4: (a) Rheological properties and (b) filter-cake thickness of the drilling fluids prepared with Brasgel PA clay and treated with the Hexa.]

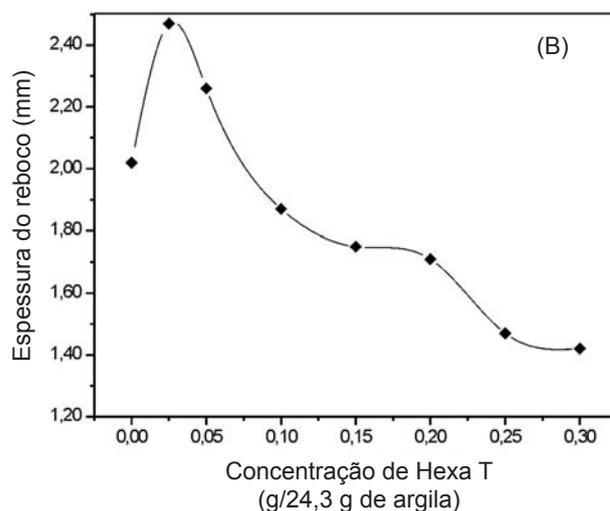
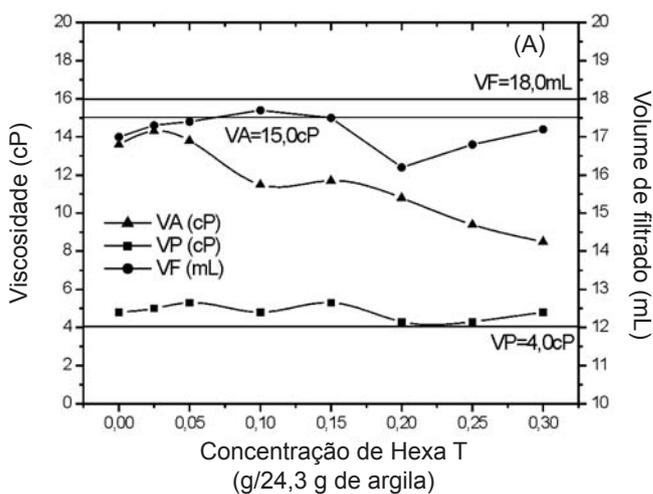


Figura 5: (a) Propriedades reológicas e (b) espessura do reboco dos fluidos preparados com a argila Brasgel PA tratados com o Hexa T. [Figure 5: (a) Rheological properties and (b) filter-cake thickness of the drilling fluids prepared with Brasgel PA clay and treated with the Hexa T.]

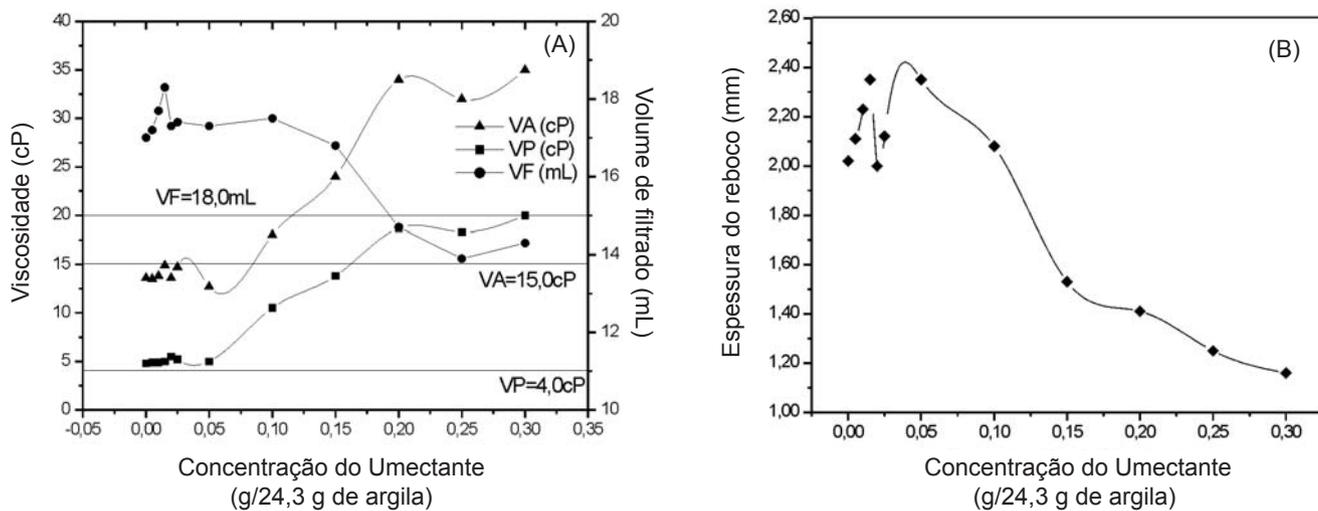


Figura 6: (a) Propriedades reológicas e (b) espessura do reboco dos fluidos preparados com a argila Brasgel PA tratados com o umectante aniônico.

[Figure 6: (a) Rheological properties and (b) filter-cake thickness of the drilling fluids prepared with Brasgel PA clay and treated with the anionic surfactant.]

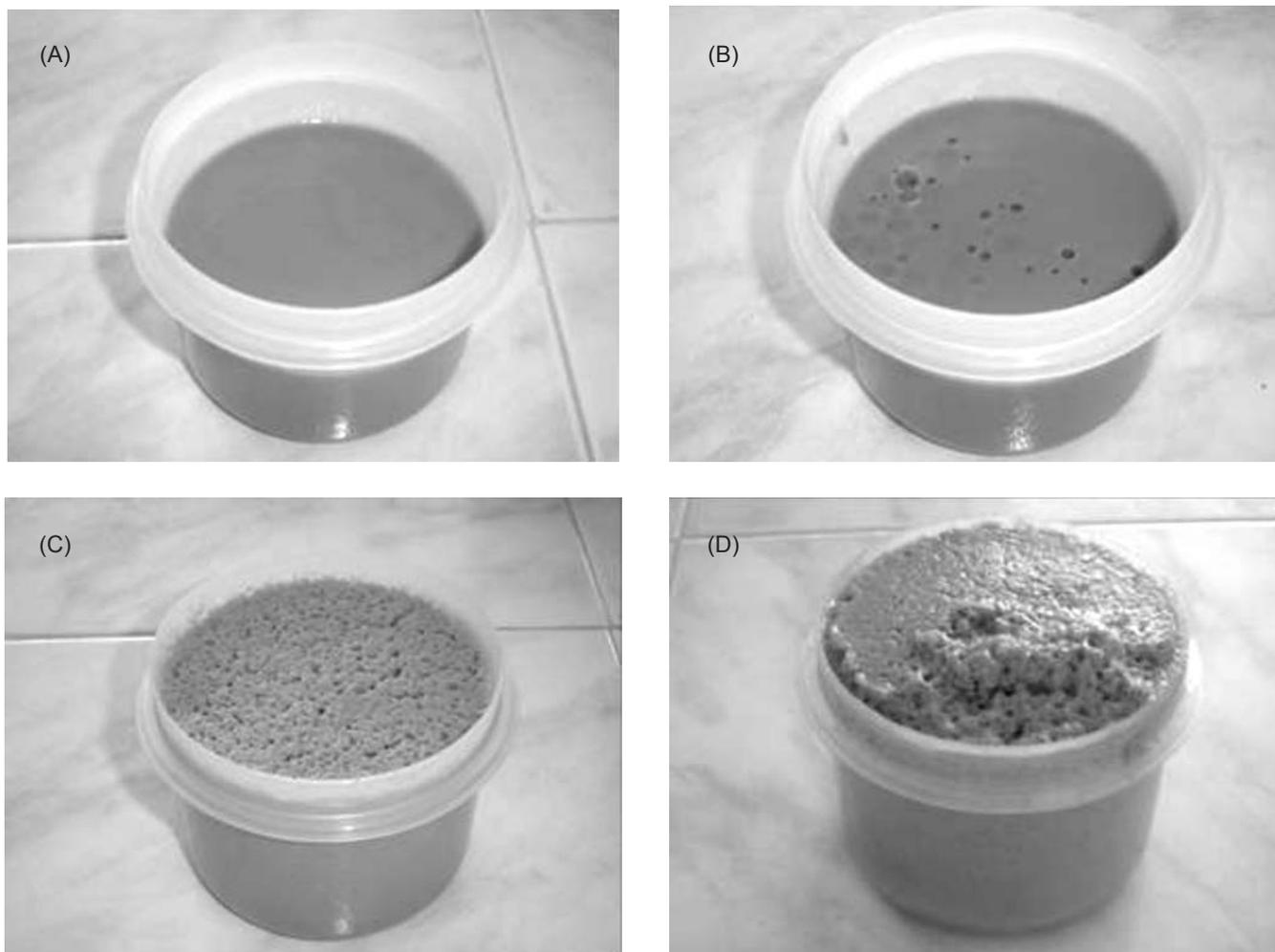


Figura 7: Fluidos preparados com a argila Brasgel PA e tratados com: (a) 0 g; (b) 0,010 g; (c) 0,150 g e (d) 0,300 g de umectante aniônico. [Figure 7: Drilling fluids prepared with Brasgel PA clay and treated with: (a) 0 g; (b) 0,010 g; (c) 0,150 g e (d) 0,300 g the anionic surfactant.]

muito próximo do valor especificado (VA mínima de 15 cP). A ER foi de 2,02 mm.

Para os fluidos tratados com o Hexa (Fig. 4) observou-se diminuição da VA; os valores de VA variaram de 13,6 cP para o fluido sem aditivação, a 8,8 cP para o fluido aditivado com 0,300 g de Hexa. A VP e o VF praticamente não sofreram alteração e apresentaram, para todos os teores estudados, valores de acordo com as especificações da Petrobras [10], mínimo de 4,0 cP para VP e máximo de 18,0 mL para VF. Apenas a VA não se enquadrou nos limites especificados, que é de no mínimo de 15,0 cP. A ER sofreu um aumento de 2,02 mm para 2,31 mm com a adição de 0,025 g de Hexa e com o aumento do seu teor, observou-se uma redução, atingindo um valor mínimo de 1,65 mm para os teores de 0,250 g e 0,300 g.

Para os fluidos tratados com o Hexa T (com umectante) (Fig. 5) observou-se comportamento semelhante ao apresentado pelos fluidos aditivados com o Hexa (sem

umectante), ou seja, queda nos valores de VA, pouca variação de VP e de VF e redução nos valores de ER com o aumento do teor do aditivo. A VP e o VF apresentaram valores de acordo com as especificações da Petrobras [10] para todos os teores de Hexa T. Para os fluidos tratados com 0,025 g de Hexa T, a VA foi de 14,3 cP, valor mais próximo ao mínimo especificado (15,0 cP). A ER foi reduzida com o aumento do teor do aditivo, de 2,02 mm para o fluido sem aditivação a 1,42 mm para o fluido aditivado com 0,300 g de Hexa T.

Observou-se que a redução da espessura do reboco foi mais acentuada para os fluidos tratados com o Hexa T (com umectante). Essa redução foi de aproximadamente 30% (de 2,02 a 1,42 mm), enquanto que a aditivação com o Hexa (sem umectante) proporcionou uma redução de aproximadamente 18% (de 2,02 a 1,65 mm). Esse comportamento evidencia a ação do umectante na redução da ER. Provavelmente, as moléculas do

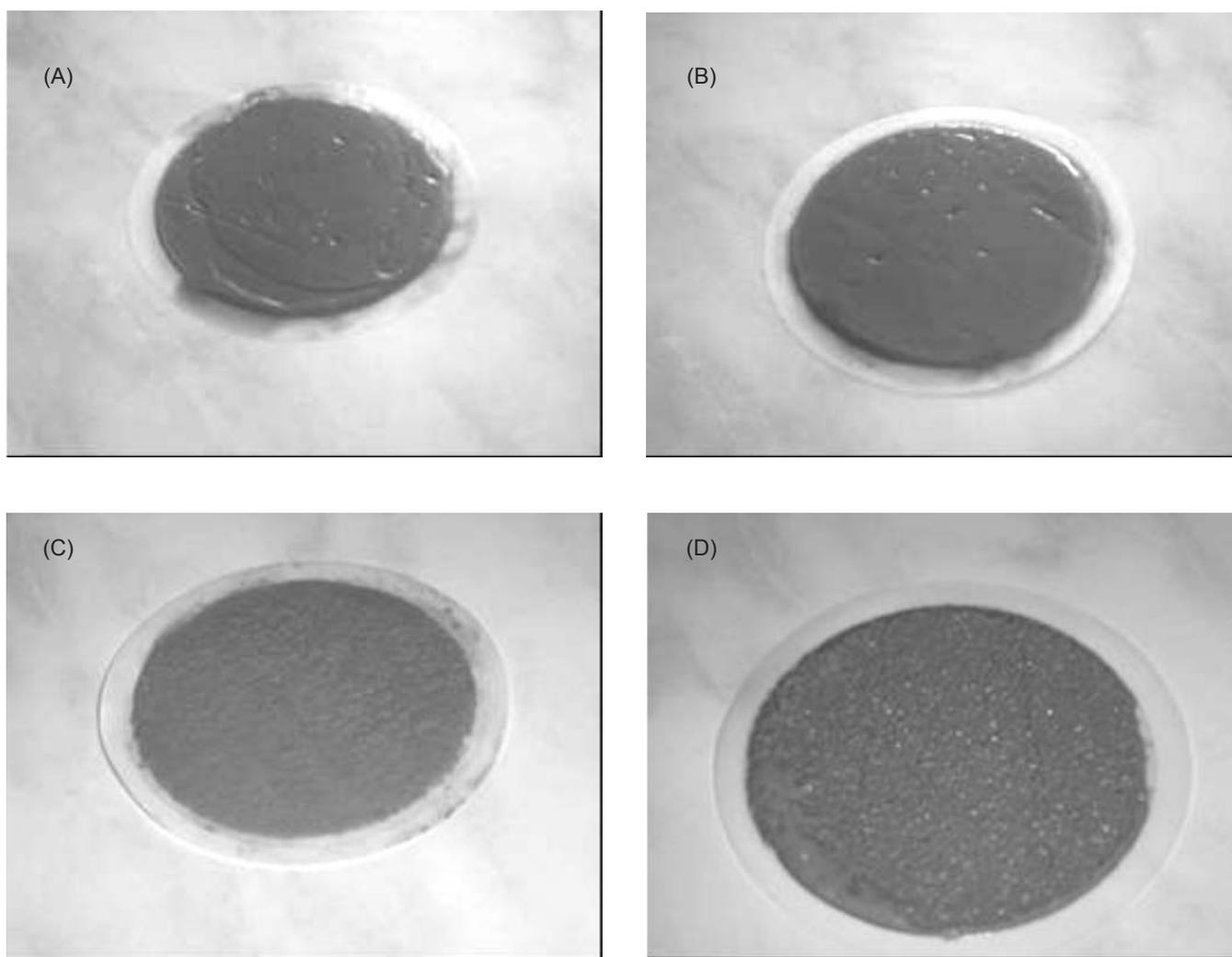


Figura 8: Rebocos obtidos com os fluidos preparados com a argila Brasgel PA e tratados com: (a) 0 g; (b) 0,010 g; (c) 0,150 g e (d) 0,300 g de umectante aniônico.

[Figure 8: Filter-cake prepared with the drilling fluids prepared with Brasgel PA clay and treated with: (a) 0 g; (b) 0,010 g; (c) 0,150 g e (d) 0,300 g the anionic surfactant.]

umectante aniônico se ligam às arestas das partículas de argila carregadas positivamente por interações eletrostáticas [11], fazendo com que haja a repulsão entre elas e com isso, sejam dispersas do reboco, reduzindo sua espessura.

Para os fluidos preparados com a argila Brasgel PA e tratados com o umectante aniônico observou-se (Fig. 6), que as viscosidades aparente e plástica (VA e VP) sofreram pouca alteração para os fluidos tratados até o teor de 0,050 g do umectante aniônico, permanecendo os valores de VA e VP próximos de 14,0 cP e 5,0 cP, respectivamente. A partir do teor de 0,100 g do umectante, ocorreu um grande acréscimo nos valores de VA e VP. Esse comportamento continuou a ser observado com o aumento do teor do aditivo, chegando ao máximo de 35,0 cP para a VA e de 20,0 cP para a VP para o fluido tratado com 0,300 g de umectante aniônico. O volume de filtrado (VF) sofreu variações pouco significativas até o teor de 0,150 g do umectante, variando entre os valores de 16,8 a 18,3 mL. A partir do teor de 0,200 g do umectante, VF foi reduzido, chegando a 13,9 mL para o fluido tratado com 0,250 g de umectante. A espessura do reboco (ER) sofreu um acréscimo e teve seu valor reduzido a partir do teor de 0,150 g do umectante, chegando a um mínimo de 1,16 mm para o fluido tratado com 0,300 g do umectante.

Esse comportamento deve-se à presença de espuma, como é apresentado na Fig. 7. Observa-se um fluido altamente aerado e a formação de espuma (presença de bolhas de ar) com o aumento do teor do umectante. As bolhas presentes nos fluidos irão agir como barreiras e provocar um aumento nos valores de VA e VP, a partir da concentração de 0,100 g de umectante. Provavelmente, sendo essa a concentração micelar crítica (c.m.c) do umectante, na qual é observada uma variação brusca nas propriedades reológicas do fluido, evidenciando assim a c.m.c. A presença da espuma mascara os valores de VA, VP, VF e ER; o ar cria uma barreira dificultando a passagem da fase líquida do fluido durante o ensaio para determinação do VF e, conseqüente o reboco obtido apresenta uma espessura muito pequena, como se pode observar na Fig. 8. A redução da espessura do reboco (ER) foi bastante acentuada para os fluidos tratados com umectante aniônico. Essa redução foi de aproximadamente 43% (de 2,02 a 1,16 mm) e deve-se, como mencionado, ao fato do fluido tornar-se aerado com o aumento do teor do umectante, fazendo com que o reboco torne-se muito fino.

CONCLUSÕES

Com objetivo de avaliar a influência de aditivos dispersantes e umectante aniônicos nas viscosidades aparente (VA) e plástica (VP) no volume de filtrado (VF) e na espessura do reboco (ER) de fluidos de perfuração à base de água e argila bentonítica, conclui-se que: a aditivação com o Hexa T (com umectante)

e com o Hexa (sem umectante) reduziu a VA dos fluidos preparados com a argilas Brasgel PA, sem alterar a VP e o VF; a aditivação dos fluidos com o Hexa reduziu ER em aproximadamente 18%, enquanto que na aditivação com o Hexa T esta redução foi de aproximadamente 30%; e para os fluidos tratados com o umectante aniônico isolado observou-se aumento significativo das VA e VP e redução significativa de ER dos fluidos tratados a partir da concentração de 0,100 g do umectante aniônico, sendo esta, provavelmente, a concentração micelar crítica do umectante estudado.

Em resumo, a ação reativa do umectante presente no Hexa T foi evidenciada por meio da redução significativa do ER e controle de VF dos fluidos estudados. Esta constatação mostra a importância da utilização conjunta de agentes dispersantes e umectantes aniônicos na formulação de aditivos a serem empregados em fluidos hidroargilosos na prevenção ou solução de problemas causados pela presença de rebocos muito espessos.

AGRADECIMENTOS

À Agência Nacional do Petróleo, ao MCT, a FINEP, ao CTBRASIL, ao CNPq/CTPETRO e ao PRH-25 pelo apoio financeiro; à Empresa System Mud Indústria e Comércio Ltda., pelo fornecimento dos aditivos e ao LABDES pelo o uso de suas instalações e incentivo à pesquisa.

REFERÊNCIAS

- [1] H. C. H. Darley, G. R. Gray, *Composition and Properties of Drilling and Completion Fluids*, 5th Ed., Gulf Publishing Company, Houston, Texas (1988) 553.
- [2] M. L. Oliveira, Bentonita, disponível em <www.dnpm.gov.br>, acesso em outubro de 2005.
- [3] K. V. Farias, *Influência de Umectante Aniônico na Reologia e Espessura do Reboco de Fluidos Hidroargilosos*, Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Campina Grande (2005) 11.
- [4] A. I. Ferraz, *Manual de Engenharia dos Fluidos de Perfuração*, Divisão Magcogar Grupo Oielfeld Products Industries (1998) 156.
- [5] E. Pereira, *Química dos Polímeros e Aplicações - Parte IV*, Disponível em <www.systemmud.com.br>, acesso em: 25/052003.
- [6] A. R. P. Pires, *Síntese e Propriedades de Soluções de Tensoativos Catiônicos Derivador de (3-Dimetilaminipropil) Amidas de Ácidos Carboxílicos*, Tese de Doutorado, Universidade de S. Paulo (2002) 80.
- [7] A. L. Conde, E. Ponzeto, F. Rosa, *Tensoativos: Conceitos Gerais e suas Aplicações em Tintas*. Oxiten, Artigos Técnicos ART TV007-08/03 (2003).
- [8] Petrobras, *Ensaio de Viscosificante para Fluido de Perfuração Base de Água na exploração e Produção de*

Petróleo, Método, N-2605 (1998).

[9] API, Norma API Recommended Practice 13B-1 (2003).

[10] Petrobras, Viscosificantes para Fluido de Perfuração Base de Água na Exploração e Produção de

Petróleo, Especificação, N-2604 (1998).

[11] I. R. Oliveira, A. R. Studart, R. G. Pileggi, V. C. Pandolfelli, Dispersão e Empacotamento de Partículas, Fazendo Arte Editorial, S. Paulo, SP (2000).

(*Rec.* 25/05/2006, *Ac.* 29/07/2006)