



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA QUÍMICA**

***INFLUÊNCIA DE UMECTANTE ANIÔNICO NA REOLOGIA E
ESPESSURA DO REBOCO DE FLUIDOS HIDROARGILOSOS***

KÁSSIE VIEIRA FARIAS

Dissertação de Mestrado

**Campina Grande – Paraíba
Novembro de 2005**

INFLUÊNCIA DE UMECTANTE ANIÔNICO NA REOLOGIA E ESPESSURA DO REBOCO DE FLUIDOS HIDROARGILOSOS

Kássie Vieira Farias

Dissertação apresentada ao Curso de
Mestrado em Engenharia Química da
Universidade Federal de Campina Grande,
em cumprimento às exigências para obtenção
do Grau de Mestre.

Área de Concentração: Tecnologia de Materiais Não-Metálicos

Prof. Dr. Heber Carlos Ferreira, Dr.
Orientador

Profa. Luciana Viana Amorim, Dra.
Orientadora

Campina Grande, Paraíba, Brasil
Novembro de 2005

653-0114
FACULDADE
DE ENGENHARIA
QUÍMICA

2005



FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCC

F224i Farias, Kássie Vieira
2005 Influência de Umectante Aniônico na Reologia e Espessura do Reboco de Fluidos Hidroargilosos / Kássie Vieira Farias. — Campina Grande, 2005. 68p.: il.

Inclui bibliografia
Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia.
Orientadores: Heber Ferreira e Luciana Amorim.

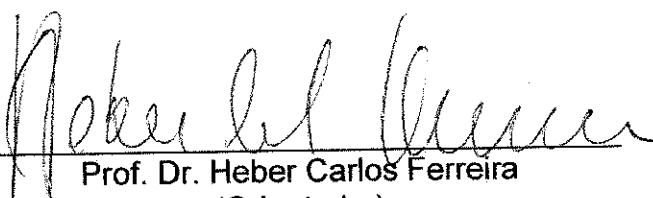
1— Fluidos hidroargilosos 2— Dispersantes 3— Umectante 4— Reologia
5— Reboco

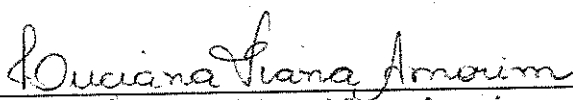
CDU: 661.184.2

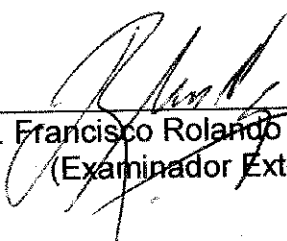
TÍTULO: INFLUÊNCIA DE UMECTANTE ANIÔNICO NA REOLOGIA E
ESPESSURA DO REBOCO DE FLUIDOS HIDROARGILOSOS


Kássie Vieira Farias

Dissertação defendida e aprovada em 17 de novembro de 2005, pela banca
examinadora:


Prof. Dr. Heber Carlos Ferreira
(Orientador)


Prof.^a Dra. Luciana Viana Amorim
(Orientadora)


Prof. Dr. Francisco Rolando Valenzuela Díaz
(Examinador Externo)


Prof. Dr. Hélio de Lucena Lira
(Examinador Interno)

CAMPINA GRANDE – PARAÍBA
NOVEMBRO DE 2005

Dedico esta conquista aos meus pais, Zey e Maria, que sempre sonharam e almejaram meu sucesso me acompanhando desde o início com seus ensinamentos e apoiando meus esforços com palavras e atitudes de amor, dedicação, coragem, carinho e atenção.

Ao mais novo membro da família, Maria Fernanda, que vem alegrando ainda mais a minha vida.

À amiga Luciana V. Amorim, por toda dedicação, amizade e ensinamentos passados e pela honra de ser sua "Primeira Mestre".

Agradecimentos

Mais um obstáculo vencido! Agradecer a todos que colaboraram direto e indiretamente para realização deste trabalho é uma tarefa difícil.

Primeiramente, um agradecimento especial a Deus, que sempre me deu forças diante de qualquer dificuldade e sempre iluminou o meu caminho.

Aos meus pais, Zey e Maria, que sempre se esforçaram pra me proporcionar uma boa formação pessoal e profissional; aos meus irmãos, Késsia, Kíssia e Zey Filho, que muitas vezes em silêncio, incentivaram-me a seguir em frente e acreditaram na minha perseverança; ao Prof. Heber, pela orientação e ensinamentos passados; ao Prof. Hélio, pela obtenção da norma API; ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, professores e funcionários, pela colaboração e organização do curso de mestrado; à família LABDES – Laboratório de Referência em Dessanilização, por oferecer toda estrutura física necessária para a realização deste trabalho; aos amigos e colegas de curso e laboratório, em especial Ingrid, Josiane, Heber Júnior (Mister Jr), Lízandra, Renata, André e Isabel, por toda contribuição concedida e bons momentos vividos durante a parte experimental do trabalho e as disciplinas do curso; aos meus amigos, em especial Adriana, Luziana e Mariana, que sempre me incentivaram e estiveram ao meu lado em momentos difíceis e de descontração.

Um agradecimento especial à minha amiga e orientadora Luciana, a quem tenho uma enorme admiração e gratidão por todas oportunidades oferecidas, os puxões de orelha dados, os conselhos, ensinamentos e orientação que contribuíram diretamente para minha formação. Sempre a tive como um exemplo de uma grande profissional e amiga.

À Empresa BUN – Bentonit União Nordeste, pelo fornecimentos das amostras de argilas bentoníticas; à Empresa System Mud Indústria e Comércio Ltda., pelo fornecimento das amostras dos aditivos e ao Diretor Técnico Eugênio Pereira, pela a orientação, sugestões e informações que engrandeceram este trabalho.

A todos os professores, alunos, funcionários e pesquisador visitante do Programa de Recursos Humanos PRH-25, em especial a Profa. Wilma, Aninha e Anchieta.

A ANP – Agência Nacional do Petróleo, ao CNPq/ CTPETRO, a FINEP e ao MCT, pelo suporte financeiro.

A todos vocês, o meu MUITO OBRIGADA!

“Determinação, coragem e auto confiança são fatores decisivos para o sucesso. Não importa quais sejam os obstáculos e as dificuldades. Se estamos possuídos de uma inabalável determinação, conseguiremos superá-los. Independentemente das circunstâncias, devemos ser sempre humildes, recatados e despidos de orgulho.”

Dalai-Lama

Simbologia e Abreviaturas

API – *American Petroleum Institute*

BUN – Bentonit União Nordeste

DNPM – Departamento Nacional de Produção Mineral

LABDES – Laboratório de Referência em Dessalinização

CMC – Carboximetilcelulose

DBS - dodecilbenzenosulfonato de sódio

TBS - tetrapropileno alquilbenzeno

HLB - *Hydrophile – Lypophile Balance*

c.m.c. – Concentração micelar crítica

VA – Viscosidade aparente

VP – Viscosidade plástica

VF – Volume de filtrado

ER – Espessura do reboco

Resumo

Influência de Umectante Aniônico na Reologia e Espessura do Reboco de Fluidos Hidroargilosos

Kássie Vieira Farias

A falta de controle de algumas propriedades físicas e químicas dos fluidos hidroargilosos, ou seja, viscosidade, consistência de gel, controle de filtrado e reboco, pode causar diversos problemas durante a perfuração de poços, a exemplo do processo de prisão diferencial que consiste na prisão da coluna de perfuração à parede do poço e para ser liberada é necessário um tratamento local com dispersantes e umectantes. Este trabalho tem como objetivo avaliar a influência de aditivos dispersantes e umectante aniônico nas viscosidades aparente e plástica, no volume de filtrado e na espessura do reboco de fluidos hidroargilosos para perfuração de poços. Para tanto, foram estudadas duas amostras de argilas bentoníticas na forma sódica denominadas de Brasgel PA e Verde-lodo, três aditivos dispersantes denominados de Hexa (sem umectante), Hexa T (com umectante) e Spersene e o umectante aniônico isolado. A preparação dos fluidos e o estudo reológico, antes e após aditivação, foram realizados segundo normas da Petrobras, sendo determinadas as viscosidades aparente e plástica e o volume de filtrado. Foi desenvolvida uma metodologia para determinar a espessura do reboco baseada na norma API, utilizando o papel de filtro após determinação do volume de filtrado com auxílio de um extensômetro. Observou-se através dos resultados que a aditivação dos fluidos e o aumento da concentração dos aditivos conduziram a redução da viscosidade aparente, do volume de filtrado e da espessura do reboco. Os resultados evidenciaram também a importância da utilização conjunta de agentes dispersantes e umectantes na formulação de aditivos a serem empregados em fluidos hidroargilosos na prevenção ou solução de problemas causados pela presença de rebocos muito espessos.

Palavras-chave: fluidos hidroargilosos, dispersantes, umectante, reologia e reboco.

Abstract

Influence of Anionic Surfactant in the Rheology and Filter-Cake Thickness of the Drilling Fluids

by

Kássie Vieira Farias

Absence of monitoring physical and chemical properties of drilling fluids such as viscosities, gel strength, water loss and filter-cake, may cause problems during well perforation, e.g., differential sticking (defined as the stuck pipe). To solve this problem it is necessary to treat the drilling fluid with dispersant and surfactant. The aim of this work is to study the influence of dispersant additives and an anionic surfactant over the rheological properties and filter-cake thickness of the drilling fluids. Two samples of sodium bentonite clays called Brasgel PA and Verde-Iodo, three samples of dispersant additives, called Hexa (without surfactant), Hexa T (with surfactant) and Spersene, and one sample of anionic surfactant were studied. Determination of apparent and plastic viscosities and the water loss before and after treatment with additives of the drilling fluids were performed according to the Petrobras standard. A new methodology to measure filter-cake thickness, based on API standard, and using an extensometer equipment were development. The results show that values of the apparent viscosity, water loss and filter-cake thickness were reduced when additives concentration was increased. Besides that it is shown the importance of using dispersant and surfactant agents simultaneously in formulating additives for drilling fluids to prevent or solve thick filter-cake problems.

Key-words: drilling fluids, dispersant, surfactant, rheology and filter-cake.

Lista de Figuras

Figura 01	Reservatório Contendo Fluido de Perfuração Hidroargiloso	5
Figura 02	Perfuração Giratória a Partir de uma Plataforma em Alto Mar.....	6
Figura 03	Estrutura e Hidratação da Montmorilonita Cálcica e Sódica.....	10
Figura 04	Broca e Detritos de Perfuração em Suspensão no Fluido	14
Figura 05	Representação Esquemática do Aprisionamento da Coluna de Perfuração.....	16
Figura 06	Perfil Esquemático de um Envoltório de um Fluido Rotativo.....	17
Figura 07	Molécula do Tensoativo	19
Figura 08	Representação de Tensoativos com Baixo e Alto HLB	20
Figura 09	Estrutura do Alquilbenzenosulfonato	23
Figura 10	Distribuição Uniforme numa Solução Aquosa, Efeito na Tensão Superficial e Formação de Micelas	24

Figura 11	Representação de uma (a) Micela Aquosa e sua (b) Representação Esquemática	25
Figura 12	Efeito da Molhabilidade dos Umectantes	26
Figura 13	Representação Esquemática da Adsorção de Umectante Catiônico por Partículas de Bentonita em Função da Concentração de Umectante	27
Figura 14	Efeito de Dispersão dos Umectantes ou Tensoativos.....	28
Figura 15	Etapas da Metodologia Utilizada para Determinação da Espessura do Reboco (ER).....	33
Figura 16	Fluxograma das Etapas Realizadas no Desenvolvimento do Trabalho de Dissertação	34
Figura 17	Avaliação Preliminar do Hexa: (a) Propriedades Reológicas e (b) Espessura do Reboco dos Fluidos Preparados com a Argila Brasgel PA Tratados com o Hexa.....	36
Figura 18	Avaliação Preliminar do Hexa: (a) Propriedades Reológicas e (b) Espessura do Reboco dos Fluidos Preparados com a Argila Brasgel PA Tratados com o Hexa T	36
Figura 19	Avaliação Preliminar do Hexa: (a) Propriedades Reológicas e (b) Espessura do Reboco dos Fluidos Preparados com a Argila Brasgel PA Tratados com o Spersene	37

Figura 20	(a) Propriedades Reológicas e (b) Espessura do Reboco dos Fluidos Preparados com a Argila Brasgel PA Tratados com o Hexa.....	40
Figura 21	(a) Propriedades Reológicas e (b) Espessura do Reboco dos Fluidos Preparados com a Argila Brasgel PA Tratados com o Hexa T.....	42
Figura 22	(a) Propriedades Reológicas e (b) Espessura do Reboco dos Fluidos Preparados com a Argila Brasgel PA Tratados com o Spersene.....	44
Figura 23	(a) Propriedades Reológicas e (b) Espessura do Reboco dos Fluidos Preparados com a Argila Brasgel PA Tratados com o Umectante Aniônico.....	46
Figura 24	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.....	47
Figura 25	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.....	48
Figura 26	(a) Propriedades Reológicas e (b) Espessura do Reboco dos Fluidos Preparados com a Argila Verde-lodo Tratados com o Hexa.....	51

Figura 27	(a) Propriedades Reológicas e (b) Espessura do Reboco dos Fluidos Preparados com a Argila Verde-lodo Tratados com o Hexa T.....	53
Figura 28	(a) Propriedades Reológicas e (b) Espessura do Reboco dos Fluidos Preparados com a Argila Verde-lodo Tratados com o Spersene	55
Figura 29	(a) Propriedades Reológicas e (b) Espessura do Reboco dos Fluidos Preparados com a Argila Verde-lodo Tratados com o Umectante Aniônico.....	57
Figura 30	Fluidos Preparados com a Argila Verde-lodo e Tratados com: (a) 0g; (b) 0,010g; (c) 0,150g e (d) 0,300g de Umectante Aniônico.....	58

Lista de Tabelas

Tabela 01	Avaliação Preliminar do Hexa: (a) Propriedades Reológicas e (b) Espessura do Reboco dos Fluidos Preparados com a Argila Brasgel PA Tratados com o Hexa.....	35
Tabela 02	Avaliação Preliminar do Hexa T: (a) Propriedades Reológicas e (b) Espessura do Reboco dos Fluidos Preparados com a Argila Brasgel PA Tratados com o Hexa T.....	35
Tabela 03	Avaliação Preliminar do Spersene: (a) Propriedades Reológicas e (b) Espessura do Reboco dos Fluidos Preparados com a Argila Brasgel PA Tratados com o Spersene.....	37
Tabela 04	Propriedades Reológicas e Espessura do Reboco dos Fluidos Preparados com a Argila Brasgel PA Tratados com o Hexa.....	39
Tabela 05	Propriedades Reológicas e Espessura do Reboco dos Fluidos Preparados com a Argila Brasgel PA Tratados com o Hexa T...	41
Tabela 06	Propriedades Reológicas e Espessura do Reboco dos Fluidos Preparados com a Argila Brasgel PA Tratados com o Spersene	43
Tabela 07	Propriedades Reológicas e Espessura do Reboco dos Fluidos Preparados com a Argila Brasgel PA Tratados com o Umectante Aniônico.....	45

Tabela 08	Propriedades Reológicas e Espessura do Reboco dos Fluidos Preparados com a Argila Verde-lodo Tratados com o Hexa.....	50
Tabela 09	Propriedades Reológicas e Espessura do Reboco dos Fluidos Preparados com a Argila Verde-lodo Tratados com o Hexa T...	52
Tabela 10	Propriedades Reológicas e Espessura do Reboco dos Fluidos Preparados com a Argila Verde-lodo Tratados com o Spersene	54
Tabela 11	Propriedades Reológicas e Espessura do Reboco dos Fluidos Preparados com a Argila Verde-lodo Tratados com o Umectante Aniônico.....	56

Sumário

CAPÍTULO 1

Introdução	1
1.1 Justificativa	2
1.2 Objetivo Geral	3
1.2.1 Objetivos Específicos	3
1.3 Organização do Trabalho	4

CAPÍTULO 2

Revisão Bibliográfica	5
2.1 Fluidos de Perfuração	5
2.2 Tipos de Fluidos	7
2.2.1 Fluidos Hidroargilosos	8
2.2.1.1 Argilas Bentoníticas: Definição, Estrutura e Hidratação.....	9
2.3 Funções dos Fluidos de Perfuração	13
2.4 Controle das Propriedades dos Fluidos	15
2.5 Aditivos	17
2.5.1 Tensoativos	19
2.5.1.1 Umectantes	20

CAPÍTULO 3

Materiais e Métodos	29
3.1 Materiais	29
3.1.1 Argilas Bentoníticas.....	29
3.1.2 Aditivos Dispersantes	29
3.2 Métodos	30
3.2.1 Avaliação Preliminar dos Aditivos	30
3.2.2 Preparação dos Fluidos	30
3.2.3 Aditivação	31
3.2.4 Estudo Reológico e Determinação do Volume de Filtrado	31

3.2.5 Determinação da Espessura do Reboco	32
CAPÍTULO 4	
Resultados e Discussão	35
4.1 Avaliação Preliminar dos Aditivos	35
4.2 Influência do Umectante na Reologia, Filtrado e Reboco	38
4.2.1 Fluidos Preparados com a Argila Brasgel PA	38
4.2.2 Fluidos Preparados com a Argila Verde-lodo	49
CAPÍTULO 5	
Conclusões	61
CAPÍTULO 6	
Referências Bibliográficas.....	63
CAPÍTULO 7	
Sugestões Para Trabalhos Futuros.....	68

Segundo Pereira (2003), 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.

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 substâncias capazes de reduzir a tensão superficial entre superfícies (água/óleo, água/sólido, água/ar, etc.). Suas moléculas são formadas por dois grupos: um polar (hidrófilo), com afinidade pela água, e outro apolar (hidrófobo) com afinidade pela argila. Dentre os grupos apolares estão alguns polímeros e dentre os grupos polares, podem estar grupos não iônicos, aniônicos e catiônicos, que irão classificar os umectantes (Conde, 2003).

Embora se tenha conhecimento dos benefícios conseguidos com esses materiais, poucos são os estudos sistemáticos que apresentam as vantagens de cada um deles e a relação da sua composição com a redução do filtrado e da espessura do reboco.

1.1 Justificativa

A falta de controle na espessura do reboco formado durante a perfuração de poços de petróleo pode conduzir a diversos problemas, como mencionado na introdução deste trabalho, podendo-se, em casos extremos, haver perda total do poço perfurado. Recentemente, estudos em campo, efetuados pela Empresa System Mud Indústria e Comércio Ltda., evidenciaram que aditivos contendo umectantes são de grande valia no controle da espessura do reboco e apresentam influências nas propriedades reológicas dos fluidos. Esse estudo empírico necessita ser confirmado através de estudos em escala de laboratório, onde as variáveis de controle serão determinadas, devendo posteriormente os estudos em

campo serem repetidos para que se tenham resultados confiáveis sobre a introdução dos umectantes, justificando assim a importância deste trabalho. Além disso, até o presente não foram desenvolvidos estudos sobre a espessura do reboco, sendo portanto este trabalho inédito.

1.2 Objetivo Geral

Este trabalho tem como objetivo avaliar a influência de aditivos dispersantes e umectante aniônico na reologia e na espessura do reboco de fluidos de perfuração hidroargilosos.

1.2.1 Objetivos Específicos

De forma específica, este trabalho objetiva:

- i) desenvolver uma metodologia para medição da espessura do reboco de fluidos de perfuração;
- ii) avaliar a influência de aditivos dispersantes nas propriedades reológicas (viscosidades aparente e plástica), de filtração (volume de filtrado) e na espessura do reboco de fluidos à base de água e argila bentonítica;
- iii) avaliar o efeito do umectante aniônico alquilbenzenosulfonato em aditivos dispersantes nas propriedades reológicas (viscosidades aparente e plástica), de filtração (volume de filtrado) e na espessura do reboco de fluidos à base de água e argila bentonítica;
- iv) estudar o efeito do umectante aniônico, em diferentes concentrações, nas propriedades reológicas (viscosidades aparente e plástica), de filtração (volume de filtrado) e na espessura do reboco de fluidos à base de água e argila bentonítica e

- v) correlacionar a ação isolada do umectante aniônico com a ação conjunta com o dispersante na reologia e espessura do reboco de fluidos hidroargilosos.

1.3 Organização do Trabalho

O presente trabalho está organizado em sete (7) capítulos. No Capítulo 1, é apresentada uma introdução, descrevendo a motivação para a realização deste estudo e os seus objetivos.

No Capítulo 2, encontra-se a revisão bibliográfica, apresentando algumas definições, classificação e funções dos fluidos de perfuração, definições relevantes do tema em questão (como as argilas bentoníticas de Boa Vista, PB), controles das propriedades dos fluidos, aditivos empregados nos fluidos de perfuração, com destaque para os umectantes.

No Capítulo 3, encontram-se os materiais selecionados e a metodologia utilizada para o desenvolvimento deste trabalho. A metodologia contém a avaliação preliminar dos aditivos, a preparação dos fluidos, a aditivação, os ensaios para a determinação das propriedades reológicas (viscosidade aparente (VA) e plástica (VP)), de volume de filtrado (VF) e determinação da espessura do reboco (ER).

No Capítulo 4, são apresentados e discutidos os resultados de determinação das propriedades reológicas, de filtração e espessura do reboco.

No Capítulo 5, estão apresentadas as conclusões parciais e a conclusão final.

No Capítulo 6, encontram-se as referências e normas utilizadas para a realização deste trabalho.

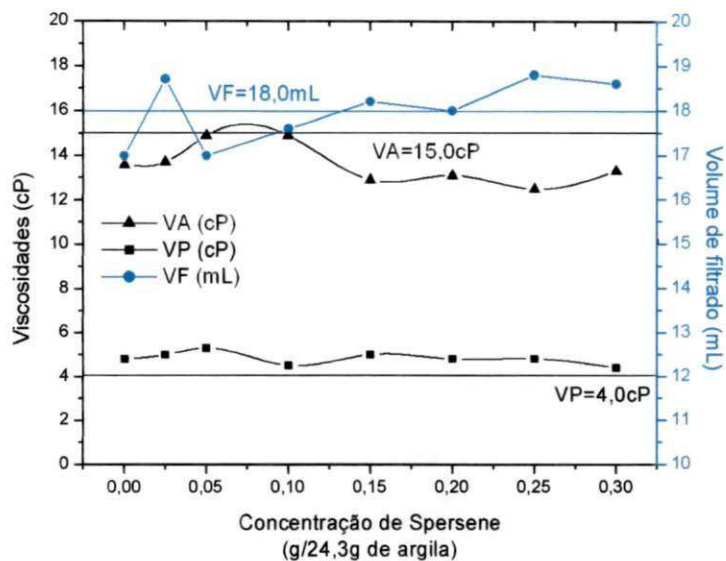
Por fim, no Capítulo 7, estão apresentadas algumas sugestões para trabalhos futuros.

Para os fluidos preparados com a argila Brasgel PA, observou-se que a redução da espessura do reboco (ER) 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 umectante aniônico se ligam às arestas das partículas de argila carregadas positivamente por interações eletrostáticas (Oliveira et al., 2000), fazendo com que haja a repulsão entre as partículas de argilas e com isso, elas sejam dispersas do reboco, reduzindo sua espessura.

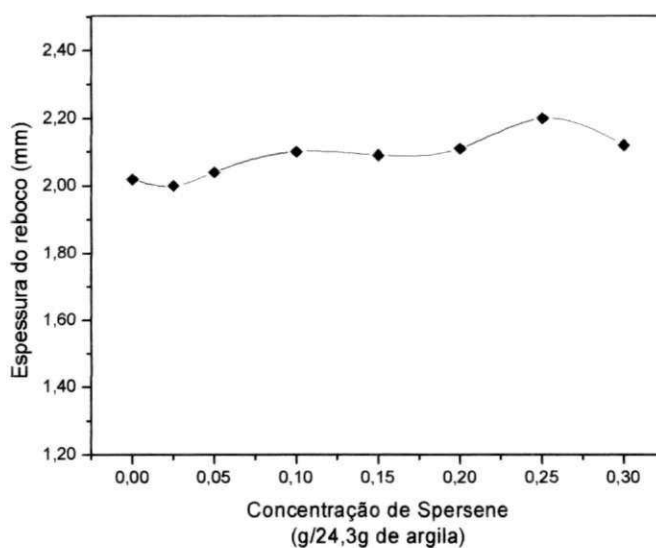
Tabela 06: Propriedades Reológicas e Espessura do Reboco dos Fluidos Preparados com a Argila Brasgel PA Tratados com o Spersene.

Teor do Aditivo (g/24,3 g de argila)	VA (cP)	VP (cP)	VF (mL)	ER (mm)
0	13,6	4,8	17,0	2,02
0,025	13,7	5,0	18,7	2,00
0,050	14,9	5,3	17,0	2,04
0,100	14,9	4,5	17,6	2,10
0,150	12,9	5,0	18,2	2,09
0,200	13,1	4,8	18,0	2,11
0,250	12,5	4,8	18,8	2,20
0,300	13,3	4,4	18,6	2,12
Especificação N-2604 (Petrobras, 1998a)	≥15,0	≥4,0	≤18,0	NE

Sendo: VA - viscosidade aparente; VP - viscosidade plástica; VF - volume de filtrado; ER – espessura do reboco e NE - não especificado.



(a)



(b)

Figura 22: (a) Propriedades Reológicas e (b) Espessura do Reboco dos Fluidos Preparados com a Argila Brasgel PA Tratados com o Spersene.

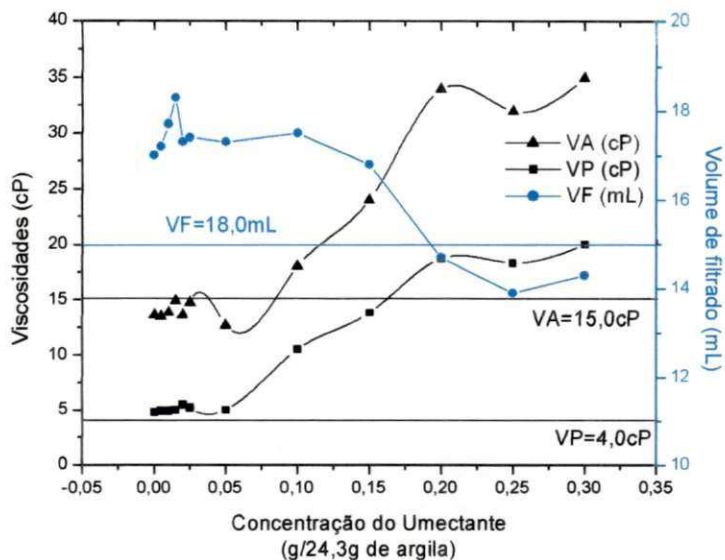
Para os fluidos preparados com a argila Brasgel PA e tratados com o umectante aniônico observou-se, a partir da Tabela 7 e Figura 23, que as

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 preparado com a argila Brasgel PA e 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 preparado com a argila Brasgel PA e tratado com 0,300 g do umectante.

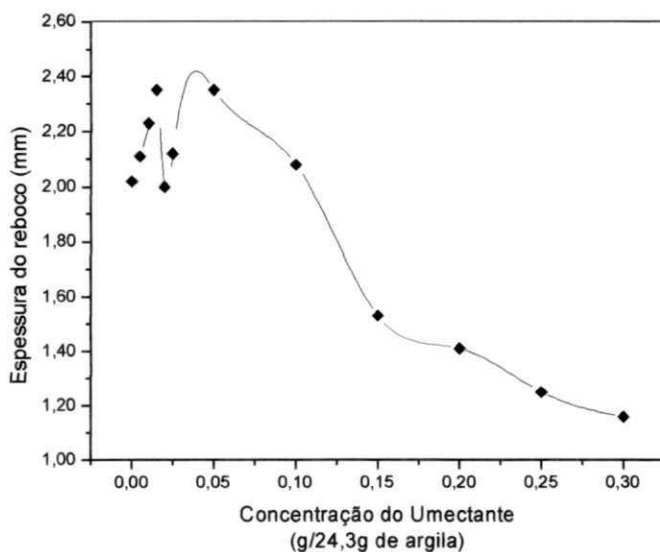
Tabela 07: Propriedades Reológicas e Espessura do Reboco dos Fluidos Preparados com a Argila Brasgel PA Tratados com o Umectante Aniônico.

Teor do Umectante (g/24,3 g de argila)	VA (cP)	VP (cP)	VF (mL)	ER (mm)
0	13,6	4,8	17,0	2,02
0,005	13,5	4,9	17,2	2,11
0,010	13,8	4,9	17,7	2,23
0,015	14,9	5,0	18,3	2,35
0,020	13,6	5,5	17,3	2,00
0,025	14,7	5,2	17,4	2,12
0,050	12,7	5,0	17,3	2,35
0,100	18,0	10,5	17,5	2,08
0,150	24,0	13,8	16,8	1,53
0,200	34,0	18,7	14,7	1,41
0,250	32,0	18,3	13,9	1,25
0,300	35,0	20,0	14,3	1,16
Especificação N-2604 (Petrobras, 1998a)	≥15,0	≥4,0	≤18,0	NE

Sendo: VA - viscosidade aparente; VP - viscosidade plástica; VF - volume de filtrado; ER – espessura do reboco e NE - não especificado.



(a)



(b)

Figura 23: (a) Propriedades Reológicas e (b) Espessura do Reboco dos Fluidos Preparados com a Argila Brasgel PA Tratados com o Umectante Aniônico.

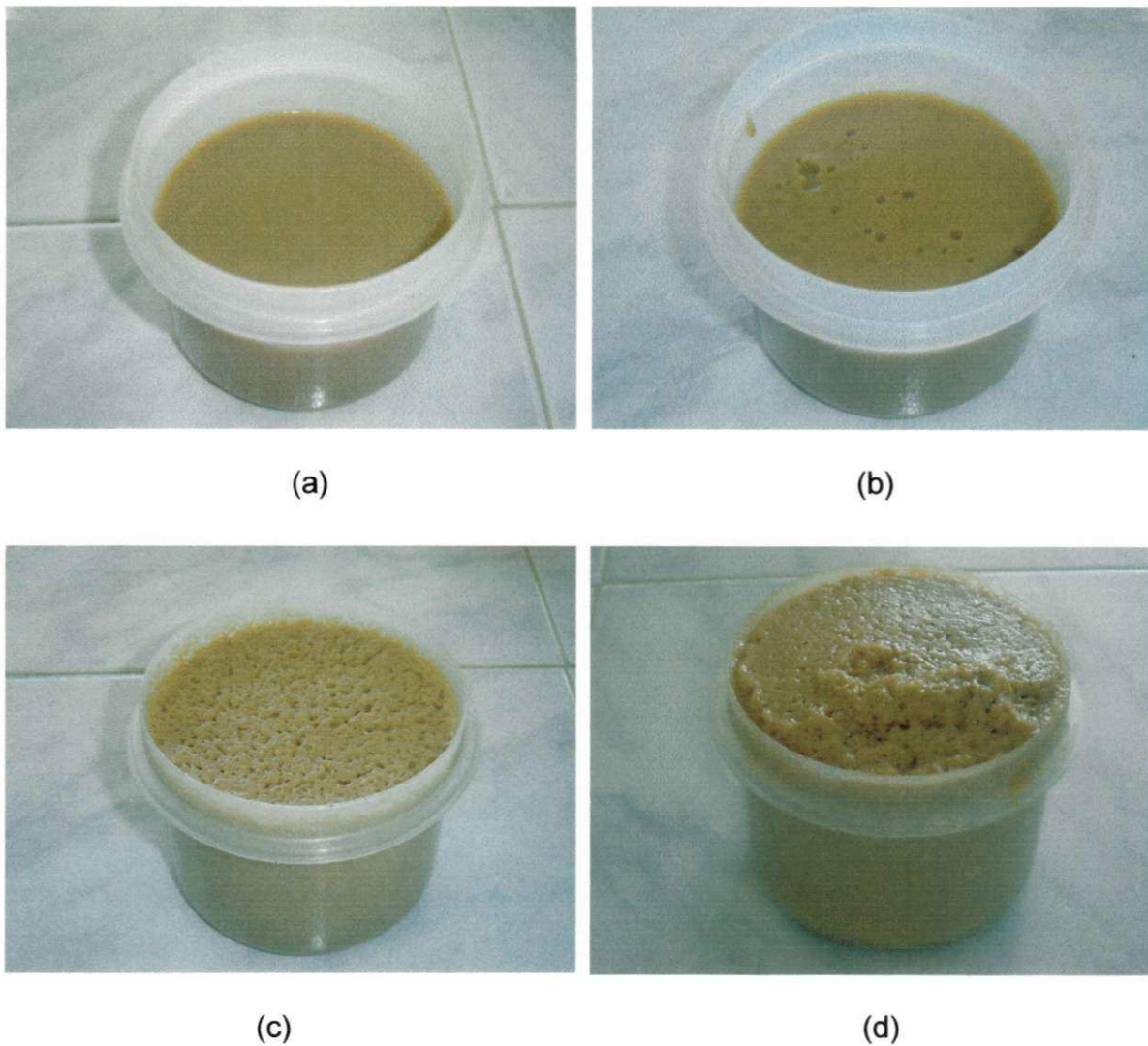


Figura 24: Fluidos Preparados com a Argila Brasgel PA e Tratados com: (a) 0 g; (b) 0,010 g; (c) 0,150 g e (d) 0,300 g de Umectante Aniônico.

Esse comportamento deve-se à presença de espuma, como é apresentado na Figura 24. 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 físico-químicas do fluido,

evidenciando assim a c.m.c. A presença da espuma mascara os valores de VA, VP, VF e ER obtidos, já que 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.

A redução da espessura do reboco (ER) foi bastante acentuada para os fluidos preparados com a argila Brasgel PA e tratados com umectante aniônico. Essa redução foi de aproximadamente 43% (de 2,02 a 1,16 mm) e deve-se ao fato do fluido tornar-se aerado com o aumento do teor do umectante, fazendo com que o reboco torne-se muito fino, como é observado na Figura 25.

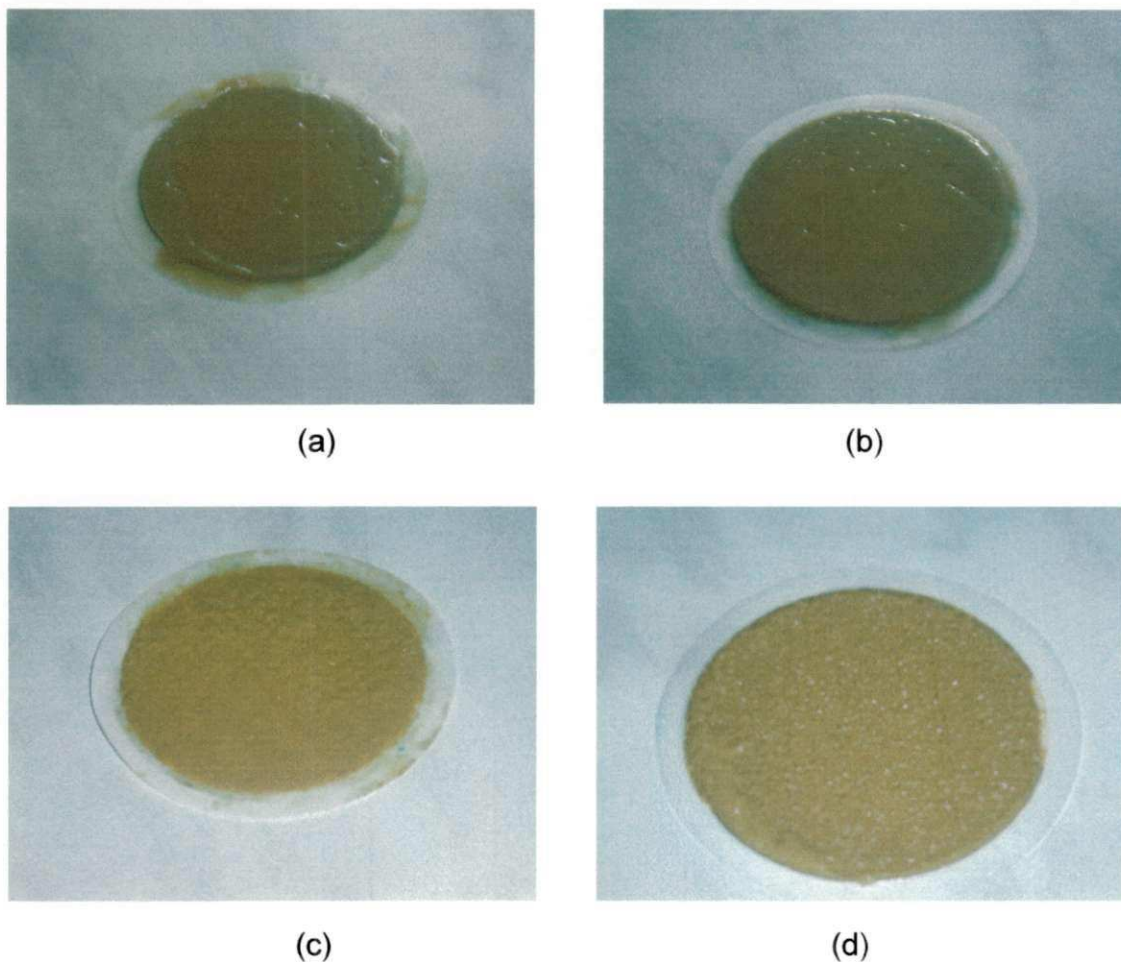


Figura 25: Rebocos Obtidos com os Fluidos Preparados com a Argila Brasgel PA e Tratados com: (a) 0 g; (b) 0,010 g; (c) 0,150 g e (d) 0,300 g de Umectante Aniônico.

4.2.2 Fluidos Preparados com a Argila Verde-Lodo

Para os fluidos preparados com a argila Verde-lodo tratados com o Hexa (Tabela 08 e Figura 26) observou-se redução de VA com o aumento do teor do aditivo de 13,1 cP a 8,3 cP para o fluido aditivado com 0,300 g de Hexa. A VP sofreu um acréscimo, atingindo o valor de 4,3 cP para o fluido aditivado com o mesmo teor (0,300 g), o qual está de acordo com o valor especificado pela Petrobras (1998a). O VF sofreu pouca alteração. A ER foi reduzida a partir da concentração de 0,100 g do aditivo, atingindo um mínimo de 1,44 mm para o fluido aditivado com 0,250 g de Hexa.

Os fluidos preparados com a argila Verde-lodo na forma sódica desenvolvem sistemas denominados floculado, altos valores de VA e VF e baixos valores de VP. Nesse estado as partículas de argila permanecem unidas através de interações elétricas e de massa, com associação do tipo face-a-face e aresta-a-aresta, deixando uma grande quantidade de água livre no sistema (altos valores de VF).

A Tabela 09 e a Figura 27 apresentam os resultados obtidos com os fluidos preparados com a argila Verde-lodo tratados com o Hexa T (com umectante). Observou-se comportamento semelhante aos fluidos preparados com a argila Verde-lodo e tratados com o Hexa, ou seja, redução de VA, aumento de VP, atingindo um valor de 4,5 cP (valor de acordo com o especificado pela Petrobras (1998a)) para os teores de 0,100 g e 0,250 g de Hexa T e variações pouco significativas de VF. A ER foi reduzida com o aumento do teor do aditivo, de 2,40 mm para o fluido sem aditivação até 1,50 mm para os fluidos aditivados com o teor de 0,300 g de Hexa T.

Esse comportamento evidencia mudança no grau de floculação do fluido, partindo de um sistema com características de um fluido floculado (altos valores de VA e VF e baixos valores de VP) para um sistema defloculado (diminuição nos valores de VA e VP e aumento nos valores de VP). A diminuição de VF é acompanhada da redução de ER.

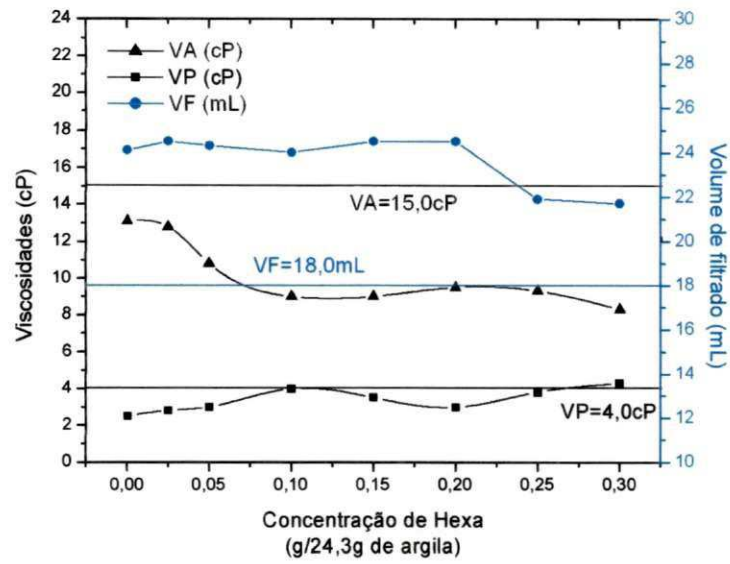
O comportamento observado já era esperado, visto que os aditivos Hexa e Hexa T são dispersantes, que tem como função reduzir VA e VF. Essa ação dispersante deve-se, provavelmente, à repulsão entre as partículas de argilas após a adsorção do dispersante (polifosfato de sódio) e do próprio umectante aniônico presente no Hexa T nas partículas de argila, ocorrendo também uma maior hidratação, evitando a quantidade de água livre do sistema.

Segundo Oliveira et al. (2000), para se obter fluidos dispersos, as forças repulsivas entre as partículas devem exceder as forças atrativas. As forças de repulsão podem-se originar basicamente através (a) do desenvolvimento de cargas elétricas na partícula em decorrência da interação da sua superfície e do meio líquido (eletrostática), (b) da adsorção superficial de polímeros de cadeias longas que dificultam a aproximação das partículas por impedimento mecânico (estérico), ou ainda (c) da adsorção específica de moléculas com grupos ionizáveis ou polieletrólitos na superfície das partículas (eletroestérico), no qual íons provenientes da dissociação desses grupos ionizáveis somam uma barreira eletrostática ao efeito estérico.

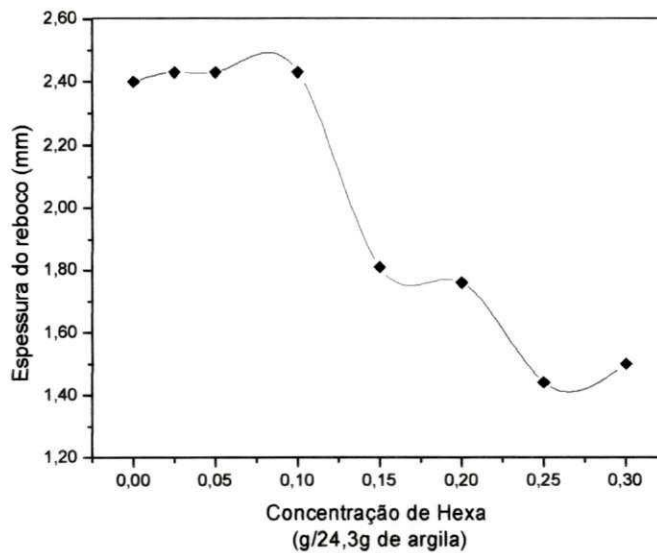
Tabela 08: Propriedades Reológicas e Espessura do Reboco dos Fluidos Preparados com a Argila Verde-lodo Tratados com o Hexa.

Teor do Aditivo (g/24,3 g de argila)	VA (cP)	VP (cP)	VF (mL)	ER (mm)
0	13,1	2,5	24,1	2,40
0,025	12,8	2,8	24,5	2,43
0,050	10,8	3,0	24,3	2,43
0,100	9,0	4,0	24,0	2,43
0,150	9,0	3,5	24,5	1,81
0,200	9,5	3,0	24,5	1,76
0,250	9,3	3,8	21,9	1,44
0,300	8,3	4,3	21,7	1,50
Especificação N-2604 (Petrobras, 1998a)	≥15,0	≥4,0	≤18,0	NE

Sendo: VA - viscosidade aparente; VP - viscosidade plástica; VF - volume de filtrado; ER – espessura do reboco e NE - não especificado.



(a)



(b)

Figura 26: (a) Propriedades Reológicas e (b) Espessura do Reboco dos Fluidos Preparados com a Argila Verde-Iodo Tratados com o Hexa.

Como o dispersante utilizado foi o polifosfato de sódio e o umectante foi o alquilbenzenosulfonato (aniônico), o mecanismo de dispersão proposto para os fluidos estudados foi, provavelmente, o eletroestérico, devido à presença de carga nos aditivos.

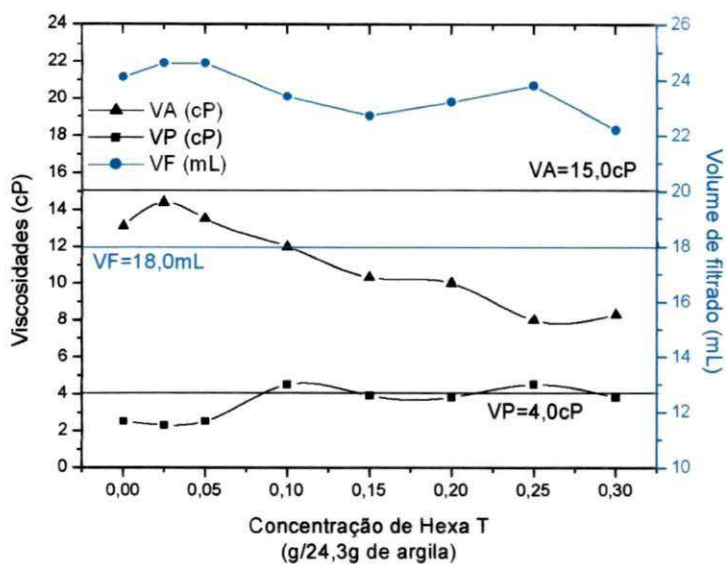
A Tabela 10 e a Figura 24 apresentam os resultados obtidos com os fluidos preparados com a argila Verde-lodo aditivados com o Spersene. Observou-se redução nos valores de VA e pouca variação nos valores de VP e VF. Ao contrário dos fluidos aditivados com o Hexa e Hexa T, a ER apresentou pouca variação, variando de 2,40 mm para o fluido sem aditivação a 2,10 mm para o fluido aditivado com 0,300g de Spersene. Esse comportamento evidencia um menor poder de defloculação do Spersene, pois este reduziu a VA dos fluidos, mas não aumentou VP e nem reduziu VF. Conseqüentemente, ocorreram poucas variações de ER.

Para os aditivos Hexa (sem umectante) e Hexa T (com umectante), a redução da espessura do reboco para os fluidos preparados com a argila Verde-lodo foi de 37,5%, atingindo um valor de 1,50 mm.

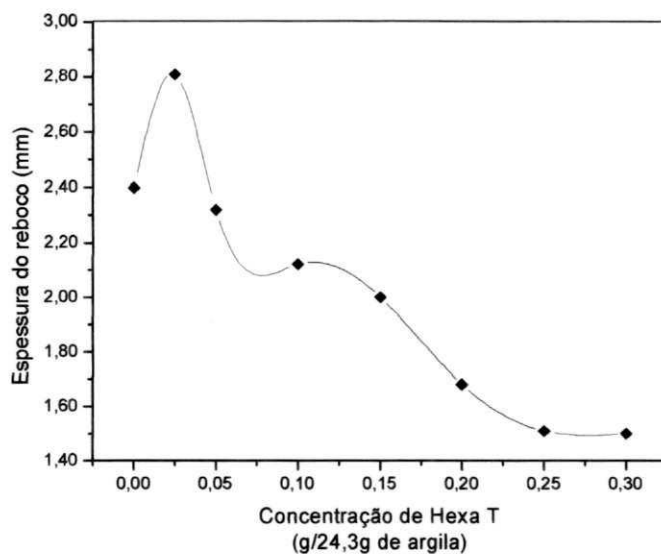
Tabela 09: Propriedades Reológicas e Espessura do Reboco dos Fluidos Preparados com a Argila Verde-lodo Tratados com o Hexa T.

Teor do Aditivo (g/24,3 g de argila)	VA (cP)	VP (cP)	VF (mL)	ER (mm)
0	13,1	2,5	24,1	2,40
0,025	14,4	2,3	24,6	2,81
0,050	13,5	2,5	24,6	2,32
0,100	12,0	4,5	23,4	2,12
0,150	10,3	3,9	22,7	2,00
0,200	10,0	3,8	23,2	1,68
0,250	8,0	4,5	23,8	1,51
0,300	8,3	3,8	22,2	1,50
Especificação N-2604 (Petrobras, 1998a)	≥15,0	≥4,0	≤18,0	NE

Sendo: VA - viscosidade aparente; VP - viscosidade plástica; VF - volume de filtrado; ER – espessura do reboco e NE - não especificado.



(a)



(b)

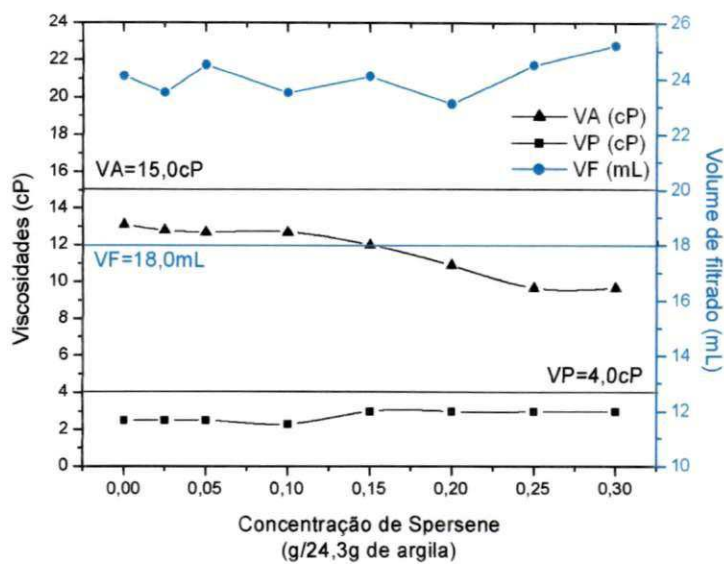
Figura 27: (a) Propriedades Reológicas e (b) Espessura do Reboco dos Fluidos Preparados com a Argila Vede-lodo Tratados com o Hexa T.

Para os fluidos preparados com a argila Verde-lodo e tratados com a presença apenas do umectante aniônico (Tabela 11 e Figura 29), observou-se comportamento semelhante ao dos fluidos preparados com a argila Brasgel PA, em que as viscosidades aparente e plástica (VA e VP) sofreram poucas alterações para os fluidos tratados até o teor de 0,050 g de umectante aniônico, permanecendo os valores de VA e VP em aproximadamente 13,0 cP e 2,5cP, respectivamente, sendo assim um fluido floculado (altos valores de VA e baixos valores de VP). A partir do teor de 0,100 g do aditivo, 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 30,8 cP para a VA e de 15,0 cP para a VP para o fluido preparado com a argila Verde-lodo e 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 21,3 a 24,9 mL. A espessura do reboco (ER) foi reduzida com o aumento do teor do umectante, chegando a um mínimo de 1,17 mm para o fluido preparado com a argila Verde-lodo e tratado com 0,300 g do umectante.

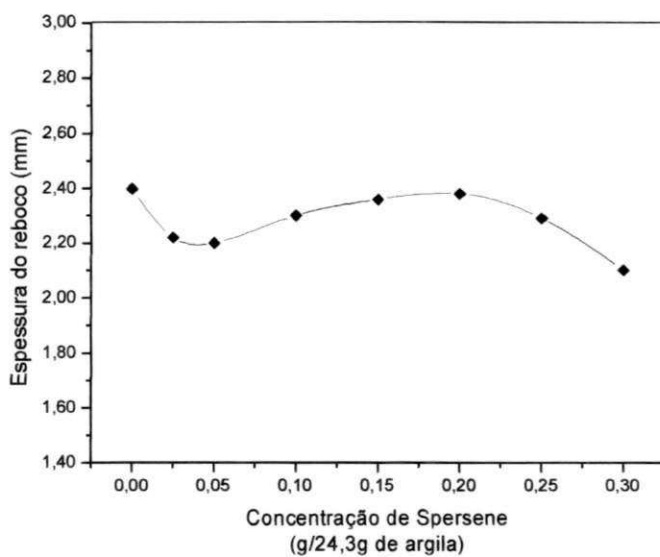
Tabela 10: Propriedades Reológicas e Espessura do Reboco dos Fluidos Preparados com a Argila Verde-lodo Tratados com o Spersene.

Teor do Aditivo (g/24,3 g de argila)	VA (cP)	VP (cP)	VF (mL)	ER (mm)
0	13,1	2,5	24,1	2,40
0,025	12,8	2,5	23,5	2,22
0,050	12,7	2,5	24,5	2,20
0,100	12,7	2,3	23,5	2,30
0,150	12,0	3,0	24,1	2,36
0,200	10,9	3,0	23,1	2,38
0,250	9,7	3,0	24,5	2,29
0,300	9,7	3,0	25,2	2,10
Especificação N-2604 (Petrobras, 1998a)	≥15,0	≥4,0	≤18,0	NE

Sendo: VA - viscosidade aparente; VP - viscosidade plástica; VF - volume de filtrado; ER - espessura do reboco e NE - não especificado.



(a)



(b)

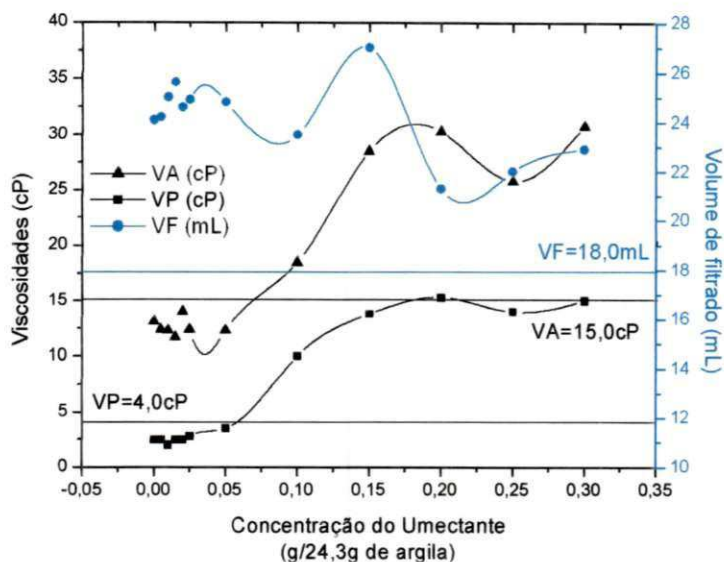
Figura 28: (a) Propriedades Reológicas e (b) Espessura do Reboco dos Fluidos Preparados com a Argila Verde-Iodo Tratados com o Spersene.

Tabela 11: Propriedades Reológicas e Espessura do Reboco dos Fluidos Preparados com a Argila Verde-lodo Tratados com o Umectante Aniônico.

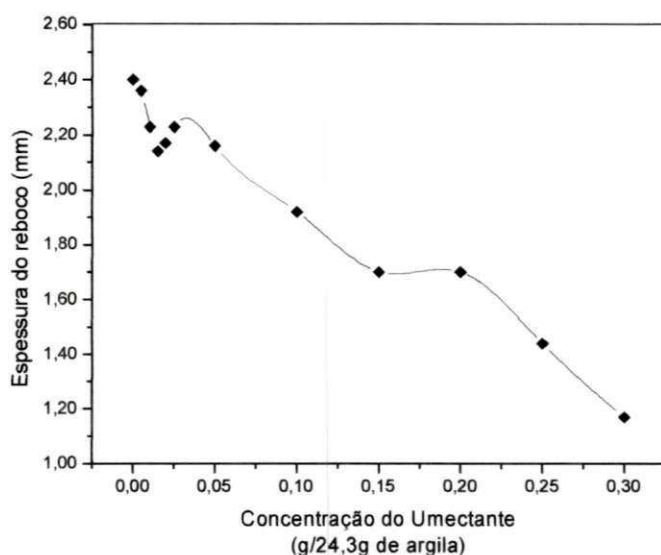
Teor do Umectante (g/24,3 g de argila)	VA (cP)	VP (cP)	VF (mL)	ER (mm)
0	13,1	2,5	24,1	2,40
0,005	12,4	2,5	24,2	2,36
0,010	12,3	2,0	25,0	2,23
0,015	11,7	2,5	25,6	2,14
0,020	14,0	2,5	24,6	2,17
0,025	12,4	2,8	24,9	2,23
0,050	12,3	3,5	24,8	2,16
0,100	18,5	10,0	23,5	1,92
0,150	28,5	13,8	27,0	1,70
0,200	30,3	15,3	21,3	1,70
0,250	25,8	14,0	22,0	1,44
0,300	30,8	15,0	22,9	1,17
Especificação N-2604 (Petrobras, 1998a)	≥15,0	≥4,0	≤18,0	NE

Sendo: VA - viscosidade aparente; VP - viscosidade plástica; VF - volume de filtrado; ER – espessura do reboco e NE - não especificado.

A redução de ER para os fluidos preparados com a argila Verde-lodo e tratados com o umectante aniônico foi de aproximadamente 51% (de 2,40 a 1,17 mm). Essa redução deve-se ao fato do fluido tornar-se aerado com o aumento do teor do umectante, fazendo com que esses baixos valores de ER sejam mascarados.



(a)



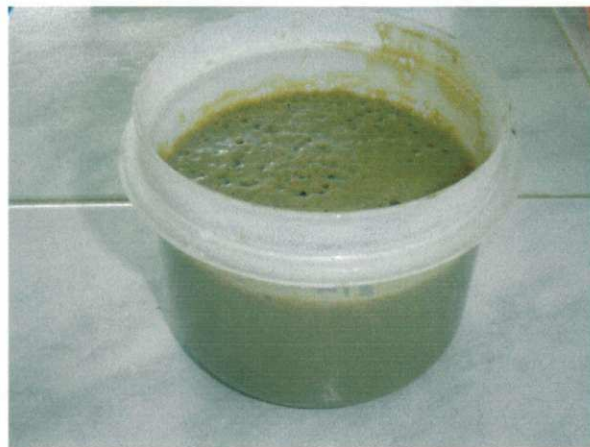
(b)

Figura 29: (a) Propriedades Reológicas e (b) Espessura do Reboco dos Fluidos Preparados com a Argila Verde-lodo Tratados com o Umectante Aniônico.

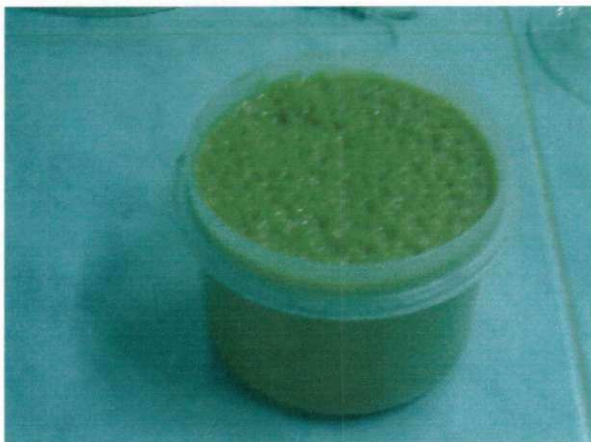
As aparências dos fluidos com o aumento da concentração do umectante podem ser observadas através da Figura 30. As bolhas presentes nos fluidos irão agir como barreiras e provocar um aumento nos valores de VA e VP e redução de VF e ER, a partir da concentração de 0,100 g de umectante, semelhante aos fluidos preparados com a argila Brasgel PA e tratados com umectante aniônico. Sendo, provavelmente, essa a concentração micelar crítica (c.m.c) do umectante estudado.



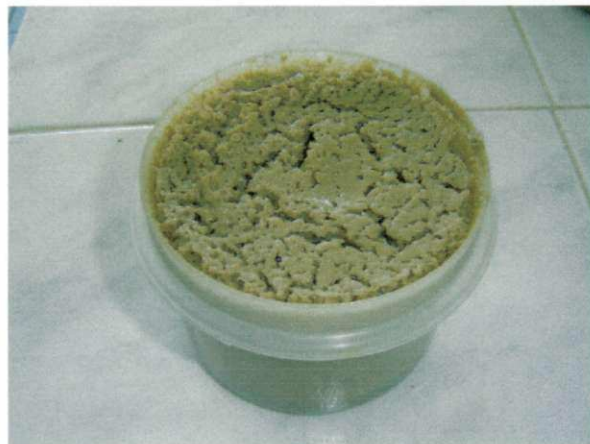
(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 30: Fluidos Preparados com a Verde-lodo e Tratados com (a) 0 g; (b) 0,010 g; (c) 0,150 g e (d) 0,300 g de Umectante Aniônico.

Uma análise conjunta dos resultados mostra que o tratamento dos fluidos preparados com as argilas Brasgel PA e Verde-lodo com os aditivos dispersantes Hexa e Hexa T proporciona redução na VA e na ER e variações pouco significativas no VF e na VP. A diminuição de VA deve-se à ação dispersante dos aditivos, que tem como função diminuir a viscosidade do sistema. Embora a aditivação tenha conduzido à diminuição de VA (sistema menos flocculado), o VF não apresentou variações significativas, ou seja, a aditivação com o Hexa e Hexa T proporciona também o controle do filtrado. Para os fluidos preparados com as argilas Brasgel PA e Verde-lodo e aditivados com o Spersene, aditivo tradicionalmente utilizado na indústria de petróleo como redutor de viscosidade e controlador de filtrado e reboco, não foram observadas alterações significativas em VA, VP, VF e na ER.

Uma análise conjunta dos resultados dos fluidos tratados com o umectante aniônico isolado indica que provavelmente este tem uma c.m.c de 0,100 g para os fluidos preparados com ambas argilas, no qual ocorre uma variação brusca nas propriedades físico-químicas do fluido com a formação de espuma, mascarando os dados de VA, VP, VF e ER. Além disto, observou-se que a diminuição de ER é decorrente da ação conjunta do dispersante com o umectante.

A redução de ER foi mais acentuada para os fluidos aditivados com o Hexa T, devido à elevação do poder de umectação que o tensoativo (umectante aniônico) proporciona. Este poder de umectação é obtido através da associação de dispersantes com os umectantes que são capazes de estabelecer ligações entre elementos polares e apolares, reduzindo sua incompatibilidade. Segundo Pereira (2003), os umectantes são moléculas longas com uma extremidade polar e outra apolar. O lado polar liga-se à molécula de água (bipolar) e o apolar liga-se normalmente ao ar, formando a mistura ar + água (espuma). Deste modo, a tensão interfacial existente é reduzida pela incompatibilidade entre os dois meios. A ligação pode-se estabelecer também entre a água e o meio poroso constituído de partículas minerais (argilas). A redução da tensão interfacial permite uma maior umectação do meio poroso, pela elevação da molhabilidade da solução, o

que facilita sua penetração em meios porosos e a ação efetiva dos dispersantes utilizados.

Como citado no Capítulo 2, segundo Yalçin et al (2002), existem três possibilidades de interações das partículas de argilas carregadas negativamente com os umectantes aniônicos. Primeiro, é possível que o íon trocável ocupe o lugar entre íons OH^- na superfície da argila e a parte aniônica do umectante. Segundo, ligações de H podem ser formadas entre as partículas de argilas e as moléculas de umectantes. Uma terceira possibilidade é a existência de cátions polivalentes nas bentonitas, os quais podem servir como atração eletrostática entre superfícies de argilas e poliânions.

CAPÍTULO 5

Conclusões

Com objetivo de avaliar a influência de aditivos dispersantes e umectante aniônico na reologia e na espessura do reboco de fluidos de perfuração hidroargilosos e através dos resultados obtidos, conclui-se que:

- foi desenvolvida com êxito uma metodologia para determinação da espessura do reboco (ER) de acordo com a norma API (2003), com a qual se obtêm valores de ER com a precisão de quatro casas decimais;

- o ensaio de avaliação preliminar dos aditivos Hexa, Hexa T e Spersene comprovaram que os aditivos agem como defloculantes reduzindo a VA dos fluidos, contudo apenas o Hexa e o Hexa T controlam VF e reduzem ER, sendo esta redução mais acentuada para o Hexa T, evidenciando a importância do umectante;

- a aditivação com o Hexa T (com umectante) e com o Hexa (sem umectante) reduziu a VA dos fluidos preparados com as argilas Brasgel PA e Verde-lodo, sem alterar a VP e o VF;

- para os fluidos preparados com a argila Brasgel PA, a aditivação com o Hexa reduziu ER em aproximadamente 18%, enquanto que na aditivação com o Hexa T esta redução foi de aproximadamente 30%;

- a redução da espessura do reboco para os fluidos preparados com a argila Verde-lodo foi de 37,5% para os dois aditivos estudados;

- para os fluidos preparados com as argilas Brasgel PA e Verde-lodo tratados com o Spersene, não foram observadas variações significativas na VA e VP. Embora o Spersene seja o aditivo mais tradicionalmente utilizado, ele não controla o volume de filtrado (VF) e assim, não apresenta ação efetiva na redução da espessura do reboco nas concentrações utilizadas e

- para os fluidos preparados com as argilas Brasgel PA e Verde-lodo e 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 0,100g do umectante aniônico, sendo esta, provavelmente, a concentração micelar crítica (c.m.c) 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 das dispersões estudadas. 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.

CAPÍTULO 6

Referências Bibliográficas

Accioly, C.V., *Uso de Argilas Esmectíticas em Lamas para Execução de Paredes de Diafragma*, Dissertação de Mestrado, DEQ/UFPB, Campina Grande, PB, 1994. Orientador: Prof. Dr. Heber Carlos Ferreira.

Alderman, N. J., *The Rheological Properties of Water – Based Drilling Fluids*, The Royal society of Chemical Conference, Proceedings of the 3th International Symposium on Chemical in Oil Industry, 1998.

Alemdar, A., Atici, O., Gungor, N. *The Influence of Cationic Surfactants on Rheological Properties of Bentonite-Water Systems*. Materials Letters 43 (57-61) (2000).

Amorim, L.V., *Melhoria, Proteção e Recuperação de Fluidos Hidroargilosos para Uso na Perfuração de Poços de Petróleo*, Tese de Doutorado em Engenharia de Processos, CCT/UFPB, Campina Grande, 2003. Orientadores: Prof. Dr. Heber Carlos Ferreira, Prof. Dr. Hélio de Lucena Lira e Prof. Dr. Kepler Borges França.

Anônimo, *Classifications os Fluids Systems*, World Oil, june, p. 87-90, 2000.

Anônimo, *Micelas e Surfactantes – Uma Aula Virtual*, disponível em <<http://quark.qmc.ufsc.br/qmcweb/micela/>> Acesso em : fevereiro de 2005.

API, *Norma API – American Petroleum Institute - Recommended Practice 13B-1*, novembro, 2003.

- Barbosa, M. I. R., *Desenvolvimento de Aditivos Poliméricos para Formulação de Compósitos com Bentonita*, Seminário de Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais, UFCG, Campina Grande, PB, novembro de 2005.
- Barboza, K. R. A., *Estudo de Compostos Poliméricos para Uso em Fluidos Hidroargilosos*, Projeto Pibic, Orientadora: Dra. Luciana Viana Amorim, 2005.
- Burke C.J. e Veil, J.A., *Synthentic – Based Drilling Fluids Have Many Environmental Pluses*, Oil & Gás Journal 27, 59-64, 1995.
- Campos, L. F. A., *Reologia de Misturas de Esmectitas Tratadas com Aditivos Primários e Secundários para Obtenção de Fluidos de Perfuração*, Plano de Tese, Doutorado em Engenharia de Processos, CCT/ UFCG, Campina Grande, PB, 2003. Orientador: Prof. Dr. Heber Carlos Ferreira e Dra. Luciana Viana Amorim.
- Conde, A. L., Ponzeto, E. e Rosa, F., *Tensoativos: Conceitos Gerais e Suas Aplicações em Tintas*. Oxiteno, Artigos Técnicos ART TV007 – 08/03, 2003.
- Conde, A. L., *Tensoativos e Suas Aplicações em Couros*. Oxiteno, Couros Artigos Técnicos, 2003. Disponível em <<http://www.oxiteno.com.br>> Acesso em: janeiro de 2005.
- Darley, H.C.H. e Gray, G. R., *Composition and properties of drilling and completion fluids*, Fifth Edition, Gulf Publishing Company, Houston, Texas, 1988.
- Fachini, A. *Crisotila na Degradação de Dodecilbenzenosulfonato de Sódio*, Tese de Doutorado, Unicamp, Campinas, SP, 1999. Orientadora: Profa. Dra. Inés Joeques.

- Farias, K. V., *Influência de Umectante Aniônico na Reologia e Espessura do Reboco de Fluidos Hidroargilosos*, Seminário de Mestrado em Engenharia Química, UFCG, Campina Grande, PB, abril de 2005.
- Ferraz, A. I. *Manual de engenharia dos fluidos de perfuração*, Divisão Magcobar Grupo Oilfield Products Dresser Industries, 1977.
- Ferreira, H. S. *Obtenção de Argilas Organofílicas Purificadas para Uso em Fluidos de Perfuração Base Óleo*, Seminário de Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais, UFCG, Campina Grande, PB, agosto de 2005.
- Getliff, J. e Oliver, J. *Fluido de Perfuração: a Força Vital do Poço*, disponível em <www.slb.com/seed/pt/watch/mud/char.htm> Acesso em: dezembro de 2002.
- Gungor, N. e Ece, I. O. *Effect of the Adsorption of Non-Ionic Polymer Poly(vinylpyrrolidone) on the Rheological Properties of Na- Activated Bentonite*. Materials Letters 39 (1-5) (1999).
- Gungor, N., Alemdar, A., Atici, O, Ece, I. O. *The Effect of SDS Surfactant on the Flow and Potencial of Bentonite Suspensions*. Materials Letters 51 (250-254) (2001).
- Gungor, N. e Karaoglan, S.. *Interactions of Polyacrylamide Polymer With Bentonite in Aqueous Systems*. Materials Letters 48 (168-175) (2001).
- Lummus, J.L. e Azar, J.J., *Drilling fluids optimization A practical field approach*, PennWell Publishing Company, Tulsa, Oklahoma, 1986.
- Oliveira, I.R., Studart, A.R., Pileggi, R.G. & Pandolfelli, V.C., *Dispersão e Empacotamento de Partículas*, Fazenda Arte Editorial, São Paulo, SP, Cap. 3, 2000.

- Oliveira, M. L., *Bentonita*, <www.dnrm.gov.br> , Acesso em: outubro de 2005.
- Pedroso, M.A.S., *Modificações de Propriedades Reológicas de Dispersões de Esmectíticas Sódicas*, Dissertação de Mestrado – DEQ/UFPB, Campina Grande, PB, 1991. Orientador: Prof. Dr. Heber Carlos Ferreira.
- Pereira, E., *Química dos Polímeros e Aplicações – Parte IV*, Disponível em <www.systemmud.com.br>. Acesso em: 25 de maio de 2003.
- Pereira, E., *Uso de Inibidores de Argilas como Solução de Problemas em Sondagem*, Disponível em <www.systemmud.com.br>. Acesso em: 18 de junho de 2003a.
- Petrobras, *Ensaio de Viscosificante para Fluidos de Perfuração Base de Água na Exploração e Produção de Petróleo*, Método, N-2605, 1998.
- Petrobras, *Viscosificantes para Fluido de Perfuração Base de Água na Exploração e Produção de Petróleo*, Especificação, N-2604, 1998a.
- Pires, A. R. P., *Síntese e Propriedades de Soluções de Tensoativos Catiônicos Derivados de (3-Dimetilaminopropil)amidas de Ácidos Carboxílicos*, Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, 2002. Orientador: Dr. Omar A. El Seoud.
- Souza Santos, P., *Estudo Tecnológico de Argilas Montmoriloníticas do Distrito de Boa Vista, Município de Campina Grande, Paraíba*, Tese de Doutorado, DEQ, EPUSP, São Paulo, 1976.
- Souza Santos, P., *Ciência e Tecnologia de Argilas*, vol. 1, Editora Edgard Blucher Ltda., São Paulo, 1989.

Souza Santos, P., *Ciência e Tecnologia de Argilas*, vol. 2, Editora Edgard Blucher Ltda., São Paulo, 1992.

Yalçin, T., Alemdar, A., Ece, O. I., Gungor, N., Çoban, F. *By Particle Interactions and Rheological Properties of Bentonite + ALS Suspensions*. *Materials Letters* 53 (211-215) (2002).

Yalçin, T., Alemdar, A., Ece, O. I., Gungor, N., Çoban, F. *The Viscosity and Zeta Potential of Bentonite Dispersions in Presence of Anionic Surfactants*. *Materials Letters* 57 (420-424) (2002a).

Zandonadi, A.R., *Estudos Tecnológicos de Argilas Montmoriloníticas Brasileiras*, Tese de Doutorado, IQ, USP, São Paulo, 1972. Orientador: Prof. Dr. Pêrsio de Souza Santos.

CAPÍTULO 7

Sugestões Para Trabalhos Futuros

Abaixo, encontram-se relacionadas algumas perspectivas de estudos futuros, que se dispõem como extensão deste trabalho de dissertação.

1 – Estudo de diferentes umectantes, sejam eles aniônicos, catiônicos ou não-iônicos em diferentes concentrações para avaliar a reologia e a espessura do reboco de fluidos de perfuração hidroargilosos.

2 – Estudo de dispersantes com diferentes formulações de concentrações diferentes para avaliar a reologia e a espessura do reboco de fluidos de perfuração hidroargilosos.

3 – Obter fluidos de alto desempenho, com propriedades reológicas e de filtração adequadas, que possam ser utilizados não somente nas primeiras etapas da perfuração e que sejam ambientalmente seguros.

4 – Estudar a filtração dinâmica e sob condições de altas temperaturas e pressão.

5 - Avaliar a estabilidade dos aditivos e as propriedades dos fluidos, antes e após aditivação, sob condições de altas temperatura e pressão, visando obter fluidos de alto desempenho.