

USO DE BENTONITAS ORGANOFÍLICAS EM FLUÍDOS DE PERFURAÇÃO BASE ÓLEO

Heber S. Ferreira¹, Gelmires A. Neves² & Heber C. Ferreira²

RESUMO

Os fluidos base água são amplamente utilizados em operações de perfuração de poços, entretanto, em perfurações sensíveis ao contato com a água, (folhelhos arenosos), e ultra profundas podem-se utilizar fluidos de perfuração base óleo. Nestes casos, a argila bentonítica, usada como agente viscosificante, não pode ser usada sem um prévio tratamento orgânico para que suas superfícies se tornem hidrofóbicas e possam ser dispersas em meios orgânicos. Estas argilas depois de tratadas são chamadas de argilas organofílicas, e são geralmente obtidas através da adição, em meio aquoso, de um sal quaternário de amônio cujo cátion substitui na estrutura do argilomineral, o cátion presente disponível que geralmente é o sódio. O processo de organofilização é composto de várias etapas, que estão detalhadas no decorrer deste trabalho. Os organofilizados obtidos são utilizados para confecção de dispersões base óleo, sendo dispersos em óleo diesel, ésteres e parafinas, sendo as dispersões controladas através da normalização prevista pela Petrobrás. Este trabalho tem como objetivo estudar as variáveis de processo na organofilização de argilas bentoníticas de Boa Vista, PB, para uso como agente viscosificante na obtenção de fluidos de perfuração base óleo. Os resultados evidenciaram a importância das variáveis de processo no processo de organofilização e na reologia das dispersões para uso em fluido de perfuração.

Palavras-chave: Argilas bentoníticas, organofilização, fluidos não aquosos, perfuração

ABSTRACT

The water base fluids are widely used in the drilling of wells, however, some drilling operations are sensitive to contact of water like shales and ultra deep and no aqueous fluids are used for drilling. In these cases, the bentonite clay, used as a viscosifier agent can not be used without treatment for their organic surfaces become hydrophobic and it can be dispersed in organic ways. These clays after treatment are called organophilic clays, and are usually obtained by adding, in water, a quaternary ammonium salt where its cation replaces on the clay mineral structure the present cation that is generally sodium. The process of organofilization is composed of several steps, may not produce organophilic clay of high quality, and the importance of process variables and the choice of raw materials to be used is very important. This work have objective to study of the

¹ UFCG – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia, Unidade Acadêmica de Engenharia de Materiais, Av. Aprígio Veloso, 882, Bairro de Bodocongó
CEP-58428-900, Campina Grande, PB-Brasil

Email: heber@dema.ufcg.edu.br

² UFPB - Universidade da Paraíba, Centro de Tecnologia, Departamento de Engenharia de Materiais. Campus Universitário, CEP 58051-900 - João Pessoa, PB – Brasil.

variables involved in the process in organophilization of bentonite clays from Boa Vista, PB, to use oil base drilling fluids. This work shows that the variables involved in the process of organofilization have influence in rheological properties been influent too the type of clay and surfactant, of oil base drilling fluids.

Key-words: Organophilic clays, non-aqueous fluids, drilling.

1. INTRODUÇÃO

As argilas bentoníticas são resultantes da decomposição de cinzas vulcânicas em ambientes alcalinos de circulação restrita e são constituídas principalmente pelo argilomineral montmorilonita que pertence ao grupo das esmectitas (SOUZA SANTOS, 1992; PEREIRA, 2003). Posteriormente, a bentonita foi definida como “uma argila esmectítica que tenha ou que nela possam ser desenvolvidas propriedades, que as permita ter usos tecnológicos análogos às bentonitas tradicionais estrangeiras ou, mais precisamente, que já sejam utilizadas comercialmente para essa finalidade, pode ser chamada bentonita, não importando se é ou não originária de cinzas vulcânicas ácidas” (SOUZA SANTOS, 1992). Portanto, pode-se definir bentonita como sendo uma argila constituída essencialmente por um ou mais argilominerais do grupo das esmectitas especialmente a montmorilonita, não importando qual seja a origem geológica (VALENZUELA DÍAZ, SOUZA SANTOS & SOUZA SANTOS, 1992).

Estes argilominerais são caracterizados por uma camada octaédrica entre duas camadas tetraédricas podendo haver, nas posições tetraédricas, substituição isomórfica de Si por Al e, nas posições octaédricas, o cátion de Al por Mg ou Fe (vide Fig. 1). Quaisquer que sejam os cátions, as camadas estarão desequilibradas eletricamente, com uma deficiência de aproximadamente 0,66 carga negativa por célula unitária. Essa deficiência é equilibrada principalmente por cátions, geralmente Na⁺ e Ca²⁺, fixados reversivelmente às camadas, podendo assim, serem trocados por outros cátions (SOUZA SANTOS,1992).

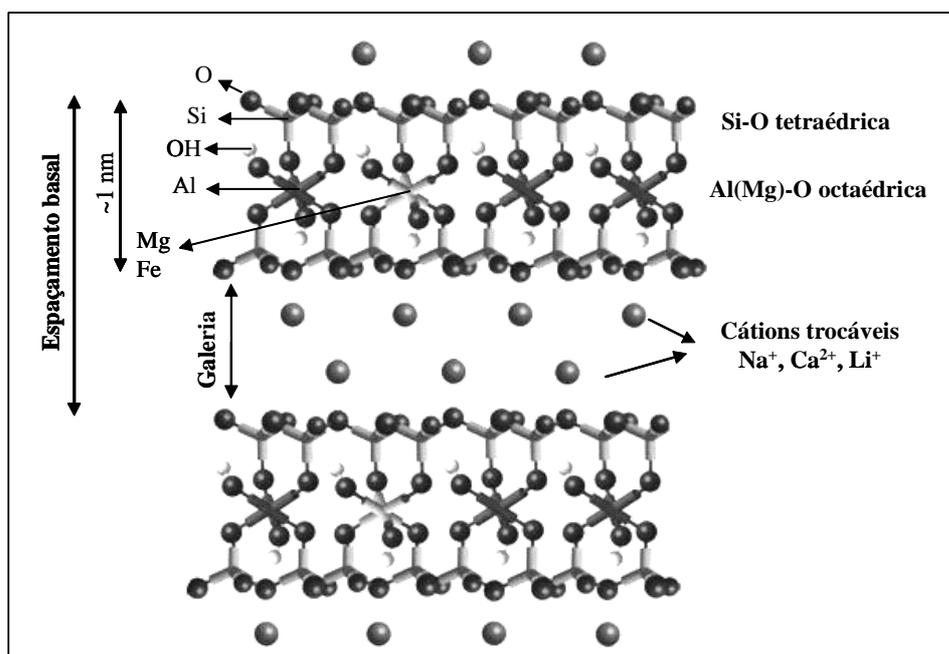


Figura 1 - Estrutura da montmorilonita. Fonte: PAIVA & MORALES, 2007

Nos fluidos base água, as argilas bentoníticas são usadas como agente disperso na composição de fluidos de perfuração de poços de petróleo e água desempenhando diversas funções durante todo o processo (CAENN & CHILLINGAR, 1996). Suas propriedades físico-químicas e reológicas devem ser cuidadosamente controladas como forma de garantir o seu bom desempenho durante todas as operações de perfuração.

Em situações especiais, como abertura de poços em altas pressões e temperaturas ou em perfurações de folhelhos arenosos que são sensíveis ao contato com a água, torna-se necessária a utilização de fluidos de perfuração base óleo (MAHTO & SHARMA, 2004). Nestes casos, as argilas bentoníticas não podem ser usadas sem um prévio tratamento orgânico para que suas superfícies se tornem hidrofóbicas, pois naturalmente seu estado é hidrofílico (SOUZA SANTOS, 1992). Uma vez tratadas, somente podem ser dispersas em meios orgânicos, não interagindo com água. Estas argilas depois de tratadas são chamadas de argilas organofílicas, e são obtidas tradicionalmente através de dois métodos, a adição, em meio aquoso, de um tensoativo, geralmente iônico, que substitui o íon Na^+ na estrutura do argilomineral (VAN OLPHEN, 1991) ou por adsorção, também em meio aquoso, de um tensoativo, geralmente não iônico, na superfície do argilomineral (SHEN, 2001).

As argilas organofílicas, além de sua aplicação em fluidos de perfuração, tem sido objeto de estudo por grupos que visam sua incorporação em matrizes poliméricas na produção de compósitos nanoativados, produtos de limpeza, cosméticos, etc., assuntos estes que não farão parte deste trabalho.

Apenas o tratamento de organofilização não produz argilas organofilizadas de qualidade em virtude de diversos fatores, devendo-se a destacar: a escolha correta do tensoativo compatível com a superfície dos argilominerais e o fato das argilas naturais possuírem uma grande

quantidade de elementos contaminantes, geralmente na forma de minerais acessórios (SINGH, PANDEY & CHARMA, 1992), minerais estes, dificultam a interação entre a superfície dos argilominerais e os tensoativos (VALENZUELA DIAZ, 1999 e 2001), como também influenciam maleficamente os fluidos de perfuração, reduzindo suas propriedades a níveis abaixo dos normatizados (AMORIM, 2003).

A importância desse trabalho está baseada no desenvolvimento de uma tecnologia nacional que viabilizará, através do estudo das variáveis envolvidas em todo o processo de organofilização, a produção de argilas organofílicas e conseqüente substituição dessas argilas importadas por um produto nacional de custo menor e de qualidade similar. Os resultados obtidos também servirão de subsídio para modificação pela Petrobrás da atual normatização existente que se refere somente ao óleo diesel marítimo, que está em desuso em razão dos sérios danos causados ao meio ambiente (NORMAN et al,2002; BERNIER et al,2003; MAHTO & SHARMA, 2004; BYBEE, 2004; NWEKE & OKPOKWASILI, 2003).

Este trabalho tem como objetivo principal estudar variáveis de processo no desenvolvimento de argilas organofílicas obtidas através da adição de tensoativos não iônicos visando seu uso em fluidos de perfuração base óleo.

2. EXPERIMENTAL

2.1. Materiais

As amostras de argilas bentoníticas utilizadas neste trabalho foram: Cloisite Na⁺, Chocolate e Brasgel PA (proveniente da Empresa Bentonit União Nordeste – BUN, localizada no município de Campina Grande, PB); argilas organofílicas Cloisite 20 Na⁺ (argila bentonítica industrializada importada, naturalmente sódica, proveniente da empresa “Southern Clay” localizada em Gonzáles-TX nos Estados Unidos) fornecida pela Empresa Oxiteno S.A, Indústria e Comércio. O sal orgânico utilizado foi o Praepagem WB (provenientes da empresa fabricante CLARIANT, localizada em São Paulo, SP). Os meios líquidos orgânicos dispersantes foram óleo diesel marítimo, éster e parafina (cedidos pela Empresa Oxiteno S.A, Indústria e Comércio).

2.2. Métodos

Todas as amostras de argilas foram submetidas a ensaios de caracterização, destacando-se, capacidade de troca de cátions (azul de metileno), análise química por fluorescência de raios X (equipamento Shimadzu, EDX 720), análises térmicas (equipamento BP 3000) e difração de raios X (equipamento Shimadzu XRD 6000). As amostras representativas foram secas ao ar até a umidade adequada ao processo de desagregação primária em peneira ABNT n° 200 (0,074 mm). A seguir as argilas, Cloisite Na⁺ e Brasgel PA juntamente com a chocolate tanto na forma policatiônica como na forma sódica, foram organofilizadas com tensoativo iônico praepagem WB (FERREIRA, 2005; FERREIRA et al, 2006; FERREIRA et al., 2008a, 2008b, 2008c). As variáveis de processo estudadas estão resumidas na Tabela 1. Após a preparação das argilas organofilizadas foi estudado sua compatibilidade com os meios líquidos dispersantes. Um vez produzidas, as

argilas organofílicas foram ensaiadas para verificar adequação dessas argilas em fluídos base óleo de acordo com as normas da Petrobrás N-2258 (1997) e N-2259 (1997) Deve ser mencionado que essas normas prevêem como agente dispersante, o óleo diesel marítimo que em razão dos sérios problemas ambientais causados tem sido recentemente substituído por parafinas e ésteres, em perfurações marítimas (CAEN & CHILLINGAR, 1996; NORMAN et al., 2002; BERNIER, 2003; MAHTO & SHARMA,2004; BYBEE & COLABORADORES,2004; NWEKE & OKPOKWASILI, 2005).

Tabela 1 – Variáveis de processos estudadas para dispersão e organofilização.

	Argilas	Temperatura de Preparação (°C)	Velocidade de Preparação (rpm)	Tempo de Cura (h)	Presença de Defloculante (*)	Tensoativo	Temperatura de Cura da Organofilização (°C)	Tempo de Cura da Organofilização (h)
Variáveis	Chocolate(a)	TA**	1500	0	CD***	Praepagem WB	TA	24
	Brasgel PA (b)		17000	24	SD****		60	96
	Cloisite Na(c)	80						

*apenas para chocolate **temperatura ambiente ***com defloculante **** sem defloculante

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2 estão apresentados os resultados de capacidade de troca de cátions das argilas bentonitas estudadas nesta pesquisa.

Tabela 2 – Capacidade de troca de cátions das amostras de argilas bentonitas

Amostra	Capacidade de troca de cátions (meq/100g)
Chocolate	56
Brasgel PA	72
Cloisite Na	92

Podemos observar que as amostras industrializadas, por serem sódicas, apresentaram maior capacidade de dispersão e conseqüente maior capacidade de adsorver o azul de metileno. A CTC da argila chocolate apresentou-se dentro dos valores típicos de argilas não sódicas (SOUZA SANTOS, 1992; AMORIM, 2003; CAMPOS, 2007 e FERREIRA et al, 1972).

Na Tabela 3 estão apresentadas as composições químicas das argilas chocolate, Brasgel PA e Cloisite Na.

Tabela 3 – Composição química das argilas Chocolate, Brasgel PA e Cloisite Na⁺

Amostra Óxidos	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	CaO (%)	MgO (%)	Na ₂ O (%)	K ₂ O (%)	Outros Óxidos (%)	PR (%)
Chocolate	59,77	17,31	10,37	0,30	2,21	-	0,21	1,07	8,72
Brasgel PA	62,33	16,45	7,76	1,26	2,09	1,65	0,52	1,18	6,61
Cloisite Na ⁺	60,14	23,34	4,10	0,40	2,05	2,37	0,03	0,71	6,82

PR – Perda ao rubro determinada por calcinação em amostras secas à 110°

Analisando os resultados da Tabela 3 observou-se que o teor de SiO₂ é similar em todas as amostras de argilas, para o teor Al₂O₃ as argilas chocolate e Brasgel PA apresentaram teores similares, já a cloisite Na⁺ apresentou um teor mais elevado evidenciando a maior concentração da fração argila. Para o teor de Fe₂O₃, observou-se grandes diferenças, as argilas chocolate e Brasgel apresentaram elevado teor, já a cloisite Na⁺ apresentou um teor significativamente menor, essa redução, deve-se provavelmente ao processo de industrialização, das amostra Brasgel e Cloisite Na⁺. Para o teor de CaO as argilas chocolate e Cloisite Na⁺ apresentaram teor baixo, a Brasgel apresentou um teor mais elevado evidenciando a origem geológica policatiônica da argila. Os teores de MgO apresentaram-se similares evidenciando a presença do magnésio em todas as amostras. Para o teor de Na₂O, observamos que a argila chocolate, de natureza policatiônica, não apresentou o sódio na sua composição, já as argilas Brasgel e Cloisite Na⁺, a primeira tornada sódica industrialmente e a segunda naturalmente sódica, apresentaram o sódio em sua composição (PAIVA & MORALES 2007). O K₂O e outros óxidos apresentaram-se em baixos teores e presentes em todas as amostras de forma similar. A PR apresentou teores similares em todas as amostras. De maneira global verificou-se que as argilas possuem composição química típica das argilas bentoníticas (SOUZA SANTOS, 1992; AMORIM, 2003; CAMPOS, 2007).

Na Figura 2 estão apresentados os resultados de difração de raios X das argilas: chocolate (a), Brasgel PA (b) e Cloisite Na⁺ (c).

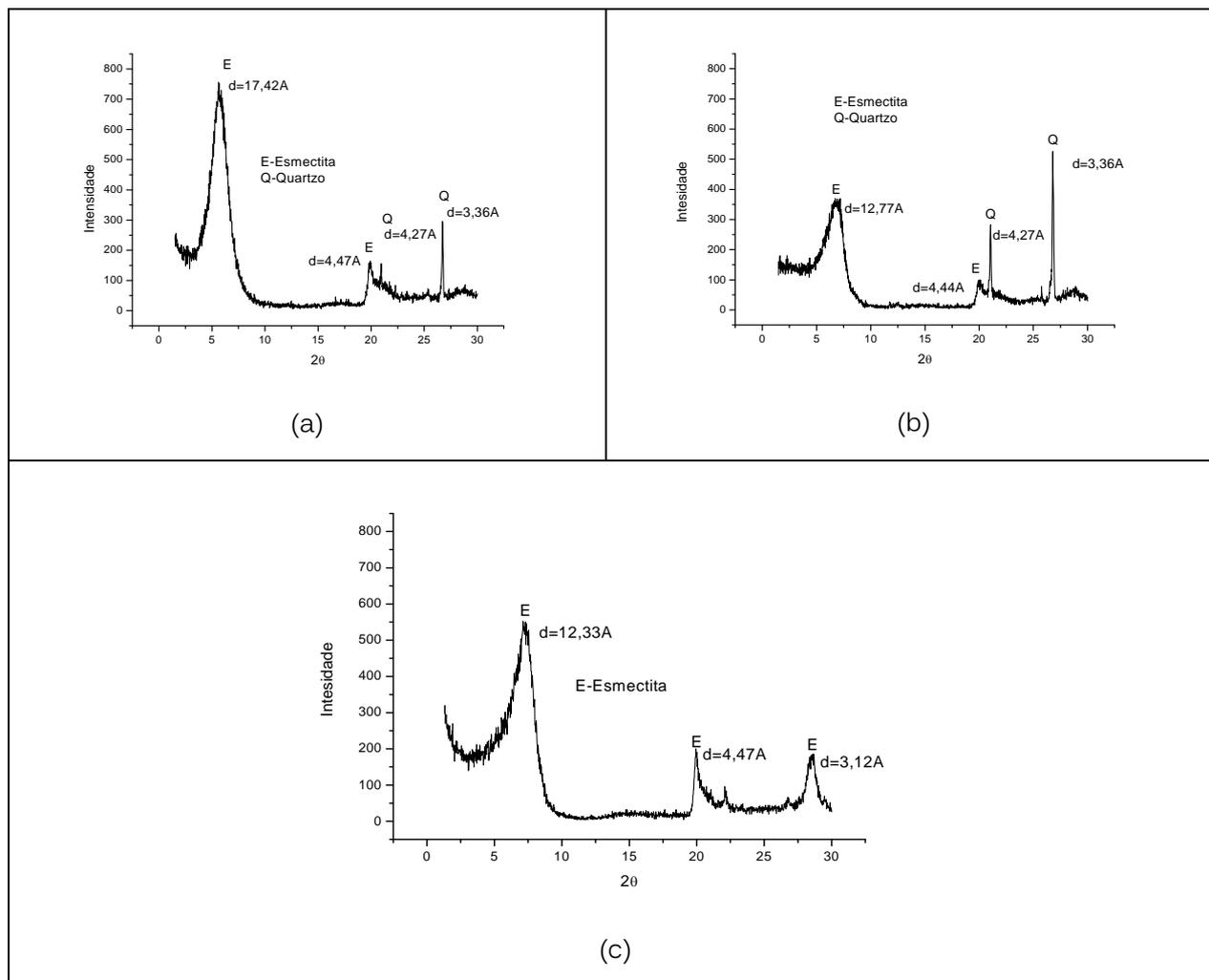


Figura 2 - Difração de raios X das argilas: chocolate (a), Brasgel PA (b) e Cloisite Na⁺ (c)

Analisando-se o difratograma da Figura 2 (a), observou-se presença do argilomineral esmectítico, caracterizado pela distância interplanar de $17,42\text{\AA}$ e $4,47\text{\AA}$, presença de quartzo, caracterizado pelas distâncias interplanares de $4,27\text{\AA}$ e $3,36\text{\AA}$. No difratograma da Figura 2 (b), observou-se presença do argilomineral esmectítico, caracterizado pela distância interplanar de $12,77\text{\AA}$ e $4,44\text{\AA}$ presença de quartzo, caracterizado apenas pelas distâncias interplanares de $4,27\text{\AA}$ e $3,36\text{\AA}$. No difratograma da Figura 2 (c) verificou-se, a presença do argilomineral esmectítico, caracterizada pela distância interplanar de $12,33\text{\AA}$, $4,47\text{\AA}$ e $3,12\text{\AA}$. De maneira global verificou-se que as argilas possuem difratogramas típicos das argilas bentoníticas (SOUZA SANTOS, 1992; AMORIM, 2003; CAMPOS, 2007).

Na Tabela 4 estão relacionadas as condições de processamento escolhidas para este trabalho, que comparam basicamente métodos extremos de preparação das dispersões, como forma de se obter uma maior diferença entre as viscosidades, visto que as demais variáveis apresentaram-se pouco influentes. Destaque também para a presença do defloculante sódico na amostra

chocolate nas mesmas condições.

Tabela 4 – Condições de processamento das amostras tratadas com o Praepagem WB

Condição de Processo	Variáveis de Processo
1	B_1500_TA_0h_60%_WB_0h_TA_24h
2	CL_1500_TA_0h_60%_WB_0h_TA_24h
3	C_1500_TA_0h_60%_WB_0h_TA_24h_CD
4	C_1500_TA_0h_60%_WB_0h_TA_24h_SC
5	B_17000_80_24h_60%_WB_0h_TA_24h
6	CL_17000_80_24h_60%_WB_0h_TA_24h
7	C_17000_80_24h_60%_WB_0h_TA_24h_CD
8	C_17000_80_24h_60%_WB_0h_TA_24h_SC

Legenda: B) Bragel PA; CL) Closite Na+; C) Chocolate; TA) Temperatura Ambiente; WB) Tensoativo Praepagem WB; CD) Com Defloculante e SD) Sem Defloculante.

Nas Figuras 3(a), 3(b) e 3(c) estão apresentados os resultados de viscosidade aparente dos fluidos preparados com a parafina, diesel e ésteres e as amostras tratadas com o praepagem WB.

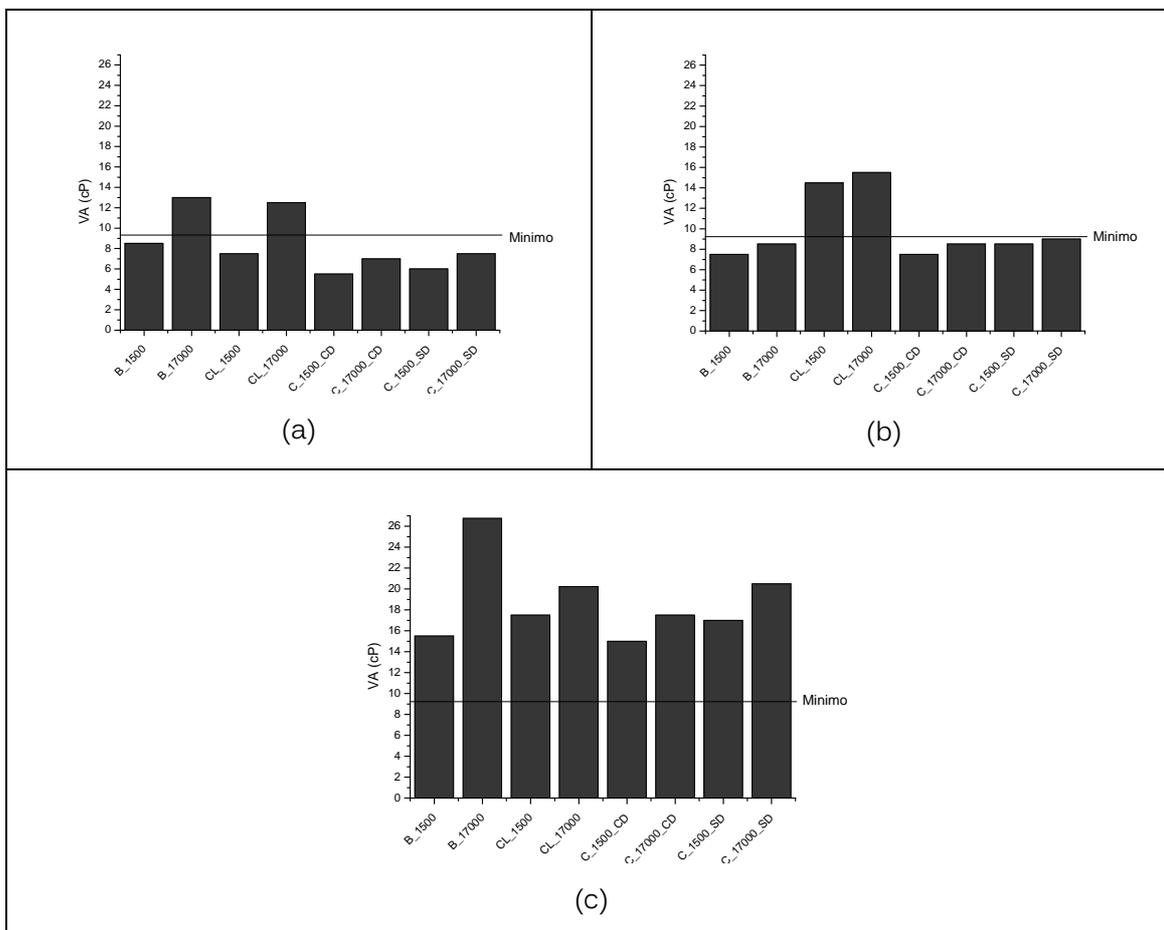


Figura 3- Viscosidade aparente dos fluidos preparados com a parafina (a), diesel (b) ésteres (c) e tratadas com o Praepagem WB

Analisando a Figura 3(a), podemos observar que apenas algumas amostras atingiram o limite mínimo normatizado. Segundo FERREIRA (2009), embora os resultados de inchamento indiquem baixa afinidade, existe uma afinidade um pouco melhor entre o praepagem WB e a parafina, refletido nos valores mais elevados de VA. Para o caso da Brasgel e Cloisite, onde houve sensível melhora dos resultados de VA, obtidos com as amostras preparadas B_17000_80_24h_60%_WB_0h_TA_24h (Condição 5) e CL_17000_80_24h_60%_WB_0h_TA_24h (Condição 6). Segundo FERREIRA (2009), praticamente não houve diferença de intensidade nem de distância d_{90} nas amostras, indicando, que as variáveis de preparação da dispersão que tem relação com a viscosidade do sistema antes da organofilização, tem influência na VA dos fluidos. Este fato se deve provavelmente, a maior delaminação das partículas do sistema antes de organofilização e maior intercalação do tensoativo no interior das lamelas, o que não pode ser observado através dos ensaios de caracterização efetuados neste trabalho. Para a Chocolate não houve influência de nenhuma variável. Em relação à Figura 3 (b), podemos observar que apenas as amostras da Cloisite Na atingiram o limite mínimo normatizado. Para o caso da Cloisite Na, praticamente não houve diferença de intensidade nem de distância d_{90} nas amostras determinada por FERREIRA (2009) indicando, que houve influência do tipo de argila nos valores de VA dos fluidos, provavelmente devido a maior pureza da argila em relação as outras amostras estudadas. Para a Chocolate e Brasgel verificou-se uma tendência ao aumento da VA com a modificação das condições de preparação para a Chocolate 3, 4, 7 e 8 e para amostra Bragel condições 1 e 5, provavelmente, devido a maior delaminação das partículas do sistema antes de organofilização e maior intercalação do tensoativo no interior das lamelas. Em relação a Figura 3(c), podemos observar que todas as amostras ultrapassaram o limite mínimo normatizado. Verificou-se novamente uma tendência à melhores resultados nas amostras preparadas à 17000_80_24h, e através dos difratogramas FERREIRA (2009), verificou-se que praticamente não houve alterações de intensidade e d_{90} nas amostras, indicando novamente que, uma maior delaminação das partículas provocada pela alta energia de agitação, maior temperatura e maior tempo de cura, promovem uma maior intercalação do tensoativo no interior das lamelas, o que resulta em maiores valores de VA.

4. CONCLUSÕES

Com base nos resultados apresentados neste trabalho, pode-se chegar às seguintes conclusões: a) as argilas, após caracterização, foram consideradas amostras de argilas com argilominerais do grupo da esmectita, podendo ser denominados de bentonitas, pelo seu potencial usos tecnológicos, provavelmente com predominância do argilomineral montmorilonita, com presença dos minerais acessórios, tais como quartzo e caulinita, em pequenas quantidades, com exceção da Cloisite Na, que não contem acessórios, e adequadas para organofilização; b) as melhores viscosidade, tanto aparente quanto plástica, foram obtidas na maioria dos casos à 17000 rpm, 80°C, com 24h de repouso; c) os resultados de organofilização com o tensoativo praepagem WB demonstrados através da difração de raios X, mostraram que não há significativa influência de nenhuma variável, sendo significativas as mudanças que ocorrem com as diferentes amostras de argila; d) a presença do carbonato de sódio, na amostra chocolate, teve influência negativa, mostrando novamente, que o aumento da viscosidade, provocado pelo Na_2CO_3 , não traz nenhuma melhora, ficando evidente que o tensoativo iônico, foi capaz de efetuar troca com qualquer cátion presente, e não apenas com o sódio como descrito na literatura; e) os resultados de reologia (VA) dos fluidos, indicam que existe influência do método de preparação das dispersões argilosas, mesmo quando os métodos de caracterização não são capazes de detectar tais diferenças, que existe também influência do tipo de tensoativo, do tipo de argila, e que não existe influência da presença do defloculante.

A partir destas conclusões, verifica-se que foi possível otimizar o processo de organofilização, evidenciando a importância das variáveis de processo nos resultados reológicos (VA), e de

maneira geral, a importância do tipo de argila, do tipo de tensoativo e da presença ou não de defloculante sódico, para a obtenção de argilas organofílicas para fluidos de perfuração não aquosos com os dispersantes óleo diesel, ésteres e parafinas que satisfazem as especificações vigentes para perfuração de poços de petróleo.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Amorim, L. V., Melhoria, proteção e recuperação da reologia de fluidos hidroargilosos para uso na perfuração de poços de petróleo, Tese de Doutorado apresentada ao Curso de Engenharia de Processos/CCT/UFCG, Dezembro de 2003.
- Araújo, P.E.R., Raposo, C. M. O., Silva, S. M. L., Síntese de nanocompositos PET/silicatos em camadas, III Congresso de Iniciação Científica da UFCG, Outubro - 2006
- Bernier, R., Garland, E., Glickman, A., Jones, F., Mairs, H., Melton, R., Ray, J., Smith, J., Thomas, D. & Campbell, J., Environmental aspects of the use and disposal of non aqueous drilling fluids associated with offshore oil & gas operations, International Association of Oil & Gas Producers Report No: 342, Inglaterra, Londres, 2003.
- Bybee, K. Environmental aspects of the use and disposal of nonaqueous drilling fluids, Drilling and Completion Fluids, USA, 2004.
- Caenn, R., Chillingar, G. V., Drilling fluids: state of the art, Journal of Petroleum Science and Engineering 14 p.221- 230, 1996.
- Campos, L. F. A., Composições de argilas bentoníticas para utilização em fluidos de perfuração de poços de petróleo, Tese de Doutorado apresentada ao Curso de Engenharia de Processos/CCT/UFCG, 2007.
- Ferreira, H.C., Chen, T., Zandonadi, A.R. e Souza Santos, P., Correlações lineares entre áreas específicas de caulins determinadas por diversos métodos – aplicação a alguns caulins do Nordeste brasileiro (Estados da Paraíba e Rio Grande do Norte), Cerâmica 18 (71) 333 (1972).
- Ferreira, H. S., Otimização do Processo de Organofilização de Bentonitas Visando seu Uso em Fluidos de Perfuração não Aquosos, Tese de Doutorado Apresenta ao Programa de Pós Graduação em Engenharia de Processos, CCT/UFCG, 2009.
- Ferreira, H. S., Obtenção de argilas organofílicas purificadas para uso em fluidos de perfuração base óleo, Dissertação de Mestrado Apresenta ao Programa de Pós Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais, CCT/UFCG, 2005.
- Ferreira, H.S., Branquinho, A.M., Neves, G. A., Ferreira, H.C., Uso da difração de raios X para controle do processo de organofilização, Revista Eletrônica de Materiais e Processos v.1, 1 (2006) 28-36.
- Ferreira, H. S., Martins, A. B., Costa, D. L., Ferreira, H.C., Neves, G. A., Melo, T. J. A. e Teixeira Neto, É., Otimização do processo de organofilização para aplicações em fluidos de perfuração base óleo, Rio Oil & Gas Expo and Conference 2008, 15 a 18 de setembro de 2008, Rio de Janeiro, RJ, 2008a
- Ferreira, H. S., Martins, A. B., Costa, D. L., Ferreira, H.C., Neves, G. A., Melo, T. J. A. e Teixeira Neto, É., Produção em escala piloto de argilas organofílicas visando uso em fluidos de perfuração base

- óleo, Rio Oil & Gas Expo and Conference 2008, 15 a 18 de setembro de 2008, Rio de Janeiro, RJ, 2008b
- Ferreira, H. S., Menezes, R. R., Ferreira, H. S., Martins, A. B., Neves, G. A., e Ferreira, H. C., Análise da influência do tratamento de purificação no comportamento de inchamento de argilas organofílicas em meios não aquosos, *Cerâmica* 54 (2008c) 77-85.
- Mahto, V., Sharma, V.P., Rheological study of a water based oil well drilling fluid, *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 45 123 – 128, 2004.
- Norman, M., Ross, S., McEwen, G. e Getliff, J., Minimizing environmental impacts and maximising hole stability – The significance of drilling with syntetic fluids in New Zeland, *New Zeland Petroleum Conference Proceedings*, 24 to 27, February, 2005.
- Nweke, C.O. e Okpokwasili, G.C., Drilling fluid base oil biodegradation potencial of a soil staphylococcus species, *African Journal of Biotechnology*, 29, 293-295, September, 2003.
- Paiva, L.B., Morales, A.R., Avaliação de argilas bentonitas nacionais e argentinas quanto ao potencial de obtenção de argilas organofílicas visando à aplicação em nanocompósitos poliméricos, *Anais do 51º Congresso Brasileiro de Cerâmica*, 3 a 7 de junho de 2007, Salvador, BA
- Pereira, K. R. O., Ativação ácida e preparação de argilas organofílicas partindo de argila esmectita proveniente do estado da Paraíba, *Dissertação de Mestrado apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Química, Universidade Federal de Campina Grande, PB, 2003.*
- Petrobras, Ensaio de argila organofílica para fluidos de perfuração à base de óleo, N-2259, 1997a.
- Petrobras, Argila organofílica para fluidos de perfuração à base de óleo, N-2258, 1997b.
- Shen, Y, Preparations of Organobentonite using Noionic Surfactans, *Chemosphere*, 41 (2001) 989-995.
- Singh, P;K., Pandey, A., Charma, V.P., Evaluation of oil well drilling fluid using yield-point and plastic viscosity correlation, *Research and Industry*, Vol. 37, 1992.
- Souza Santos, P., *Tecnologia de argilas*, Ed. Edgard Blücher, Vol 3, São Paulo, 1992.
- Valenzuela Díaz, F. R., Obtenção de argilas organofílicas partindo-se de argila esmectita e do sal quaternário de amônio "ARQUAD 2HT-75", *Anais do 43º Congresso Brasileiro de Cerâmica, Florianópolis, SC, 2 a 5 de julho de 1999.*
- Valenzuela Díaz, F. R., Preparation of organophilic clays from a Brazilian smectitic clay, *Key Engineering Materials* v. 189-191, p. 203-207, 2001.
- Valenzuela Díaz, F. R., Souza Santos, P.; Souza Santos, H., A Importância das argilas industriais brasileiras, *Química Industrial*, 42, 33-37, 1992.
- Van Olphen, H., *An introduction to clay colloid chemistry*, Krieger Publishing Company, Second Edition, Malabar, Florida, 1991.