

# EFEITO DA TEMPERATURA E PRESSÃO EM SUSPENSÕES DE BENTONITA

Aureo O.D.V. Machado & Aloízio F. Marcelino Filho

Departamento de Engenharia de Minas – Centro de Tecnologia e Geociências – Universidade Federal de Pernambuco.  
Rua Acadêmico Hélio Ramos, s/n. 3º andar CEP 50.740-530- Recife-PE; E-mail: aureo@ufpe.br

## RESUMO

As propriedades reológicas e a capacidade de formar uma camada que estabiliza as paredes dos furos de perfuração fazem com que a bentonita seja um material de grande uso nas atividades de perfuração de poços. O conhecimento das propriedades de filtração e, em particular, a permeabilidade da torta pode determinar se uma argila é adequada ao uso em fluidos de perfuração. O objetivo deste trabalho foi estudar o efeito da temperatura e pressão nas propriedades de filtração e viscosidade, em suspensões de bentonita. As amostras de bentonitas foram provenientes dos estados da Paraíba e Bahia. Nos testes de filtração foi aplicada uma pressão constante de 690 kPa (100 psi), por 30 minutos. Nos processos de filtração e envelhecimento, as suspensões das argilas foram estudadas nas temperaturas ambiente (27°C) e 90°C. Os testes de filtração foram realizados nos filtros-prensa Fann, modelos 12B e HPHT, série 387. Para se avaliar o efeito da temperatura na viscosidade, as suspensões foram condicionadas em estufa, com rolos rotativos, por períodos que variaram entre 6 e 12 horas. As leituras de viscosidade, após o condicionamento, foram realizadas em temperatura ambiente, usando um viscosímetro Fann 35-A. As normas da API foram usadas nos testes de filtração e de viscosidade. As suspensões com amostras provenientes da Paraíba apresentaram melhores propriedades impermeabilizantes que as amostras da Bahia. Com relação à temperatura, verificou-se um aumento da viscosidade com o aumento do tempo e da temperatura de condicionamento. O aumento na temperatura e a diminuição da concentração de bentonita nas suspensões aumentaram a permeabilidade da torta de filtração.

**PALAVRAS-CHAVE:** bentonita; filtração; viscosidade.

## ABSTRACT

Bentonite clays are materials of great use in the activity of drilling wells due to the rheological properties and the ability to form a layer that stabilizes the walls of the holes for drilling. The knowledge of filtration properties and particularly, of permeability, can determine if a clay is suitable for use in drilling fluids. The objective of this work was to study the effect of temperature and pressure in the filtration and viscosity properties of aqueous suspensions of crude bentonites. Samples of bentonite clay were issued from the states of Paraíba and Bahia (Brazil). Filtration tests were carried out at a constant pressure of 690 kPa (100 psi), for 30 minutes. In the processes of filtration and aging, the clay suspensions were studied at room temperature (27°C) and 90°C. The tests were performed in the Fann filter-presses, models 12B and HPHT, series 387. The suspensions were conditioned in the oven with rotating rollers, for periods ranging from 6 to 12 hours in order to evaluate the effect of temperature on viscosity. After the conditioning, the readings of viscosity were carried out at room temperature using a Fann viscometer, model 35-A. The API standards were used in tests of filtration and viscosity. The suspensions with bentonite samples from Paraíba showed better waterproofing properties than the samples of Bahia. An increase of the viscosity was observed with the increase of the time and the temperature of conditioning. The increase of the temperature and the decrease of the concentration of bentonite in the suspensions increased the permeability of the filter cake.

**KEY WORDS:** bentonite; filtration; viscosity.

## 1. INTRODUÇÃO

As bentonitas são constituídas, principalmente, por argilominerais do grupo das esmectitas. Suas estruturas são compostas basicamente de duas camadas tetraédricas de sílica envolvendo uma camada octaédrica de alumina (Grim, 1968). São usadas comumente em fluidos de perfuração, devido às suas propriedades tixotrópicas (Darley e Gray, 1988). Quando expostas à água, expandem consideravelmente e formam uma camada impermeável na parede do furo (Benna e outros, 2001). Assim, as bentonitas são usadas, como aditivos em fluidos de perfuração, para controles de viscosidade e filtragem.

A adição de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  é usada para aumentar a viscosidade e melhorar as propriedades tixotrópicas de suspensões de bentonita (Odon, 1984). Machado e Araújo (2002) estudaram a influência do carbonato de sódio em dispersões de diversos tipos de bentonitas brasileiras. A adição de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  aumentou a viscosidade e a tixotropia para todas as amostras estudadas. As suspensões de bentonita também são afetadas por outros fatores como, por exemplo: concentração de argila, tamanho e forma das partículas, propriedades eletrostáticas, íons trocáveis e tipo de bentonita (Luckham e Rossi, 1999).

Uma das propriedades desejadas em um fluido de perfuração é a minimização da perda de fluido do furo para a vizinhança. Isto é obtido pela formação de uma camada de baixa permeabilidade na superfície das paredes do furo. A perda de fluido através de tal camada (filtercake) é geralmente medida em laboratório a uma pressão simples (frequentemente 100 psi). Entretanto, durante a perfuração, as variações de pressão e composição do fluido influenciam no comportamento da camada formada (Sherwood e Meeten, 1997).

Em perfurações de pequena profundidade, onde há pouca variação de temperatura e pressão, as propriedades reológicas dos fluidos são consideradas independentes dessas variáveis (Rommetviet e Bjorkevoll, 1997). Quando a perfuração atinge maiores profundidades, o comportamento reológico do fluido varia com as mudanças de temperatura e pressão. Nessas condições, pode ocorrer uma viscosidade excessiva do fluido, especialmente em sistemas de alta densidade, então a quantidade de bentonita deve ser minimizada (Plank e outros, 1992).

O objetivo deste trabalho foi estudar o efeito da temperatura e pressão nas propriedades de filtragem e viscosidade, em suspensões de vários tipos de bentonitas brasileiras.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

Neste estudo foram usadas bentonitas provenientes dos municípios de Boa Vista-PB (CH, VL e CB) e Anagé-BA (A, B e C). As caracterizações dessas amostras foram apresentadas em trabalhos anteriores (Aranha e outros, 2002; Baltar e outros, 2002; Machado e Araújo, 2002). A preparação das amostras foi feita através de secagem, desagregação e peneiramento a 74 micrometros (200 #).

Nos testes para estudo da viscosidade, as amostras foram tratadas com 5,0% em peso de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , p.a. As suspensões foram preparadas com água bidestilada e 6,9% em peso de bentonita. Após 24 horas de repouso, foram realizadas as medidas de viscosidade, no viscosímetro Fann, mod. 35A. Em seguida, as suspensões foram transferidas para um cilindro (190ml) e agitadas na estufa Fann, modelo Rolen Oven. Os tempos de envelhecimento variaram de 6 a 12 horas. Após o envelhecimento, as suspensões foram resfriadas por 30 minutos e, a seguir, realizadas novas medidas de viscosidade. Os testes de envelhecimento foram realizados nas temperaturas ambiente ( $\sim 27^\circ\text{C}$ ) e  $90^\circ\text{C}$ .

Nos ensaios de filtragem simples foram utilizadas suspensões com 3,0 e 5,0% em peso de bentonita. Foi estudada a influência da quantidade de argila na permeabilidade da torta. O processo consistiu de agitação das suspensões por 20 minutos, repouso por 24h, nova agitação por 5 minutos e filtragem por 30 minutos. Os testes foram realizados com 280ml de suspensão usando um filtro-prensa Fann, modelo 12B. As filtrações ocorreram em temperatura ambiente, sob uma pressão de 690KPa (100psi). A pressão foi obtida com o auxílio de cilindros de dióxido de carbono. A água recolhida na filtragem foi expressa como porcentagem de perda de água. Após o término dos testes de filtragem, as tortas obtidas foram medidas em suas espessuras centrais com o auxílio de um paquímetro.

Para os ensaios onde foi estudada a influência da temperatura na filtragem, foram usadas suspensões com 6,9% em peso de bentonita. O processo de filtragem foi o mesmo já descrito acima. O volume de suspensão em cada teste foi de 140 ml. Os testes foram realizados na temperatura ambiente ( $27^\circ\text{C}$ ) e a  $90^\circ\text{C}$ . Foi usado o filtro-prensa HPHT (high pressure high temperature) Fann, série 387, para 175ml.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 Influência da Temperatura na Viscosidade

A influência da temperatura na viscosidade aparente foi estudada em apenas dois tipos de bentonita da Paraíba (CH e VL). As suspensões de bentonita que foram submetidas a aquecimento por intervalos de tempo de 6, 8, 10 e 12 horas. A Figura 1 apresenta os resultados obtidos nos testes.

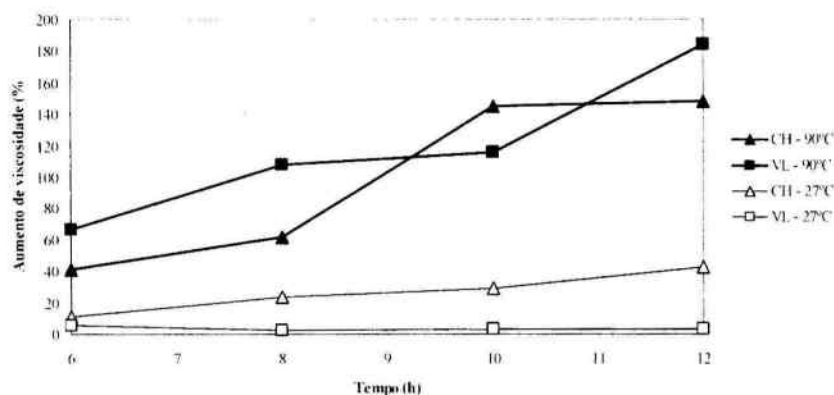


Figura 1: Efeito da temperatura e envelhecimento na viscosidade aparente das suspensões de bentonita.

A suspensão da bentonita VL teve um aumento de viscosidade aparente superior a 60,0%, em apenas 6 horas de aquecimento na estufa, chegando a mais de 180%, após 12 horas. Quando a suspensão foi envelhecida na temperatura ambiente, a variação da viscosidade foi inferior a 6 %. A suspensão da bentonita CH apresentou um aumento na viscosidade aparente superior a 40%, em 6 horas, chegando próximo de 140,0%, após 12 horas na estufa a 90°C. No envelhecimento em temperatura ambiente, a variação de viscosidade aparente foi superior a 40% após 12 horas.

Nas condições estudadas, a temperatura influenciou marcadamente a viscosidade. O tempo de contato também influenciou na viscosidade das soluções. Nas duas amostras, esse aumento na viscosidade deve estar relacionado à continuação de troca de cátions, pois as bentonitas estudadas são policatiónicas. O aumento da temperatura favorece o processo de troca dos íons. No caso de uma bentonita do Wyoming (alta qualidade, montmorilonita sódica), a variação na viscosidade não é significativa.

### 3.2 Estudos de Filtragem

Nos resultados dos ensaios de filtragem, em temperatura ambiente, pode-se comparar o comportamento da filtragem em função do tempo, para suspensões com 3 e 5 % em peso de bentonita (Figura 2). As suspensões com bentonitas da Paraíba (CB, VL e CH) apresentaram menor perda de água durante todo o processo de filtragem.

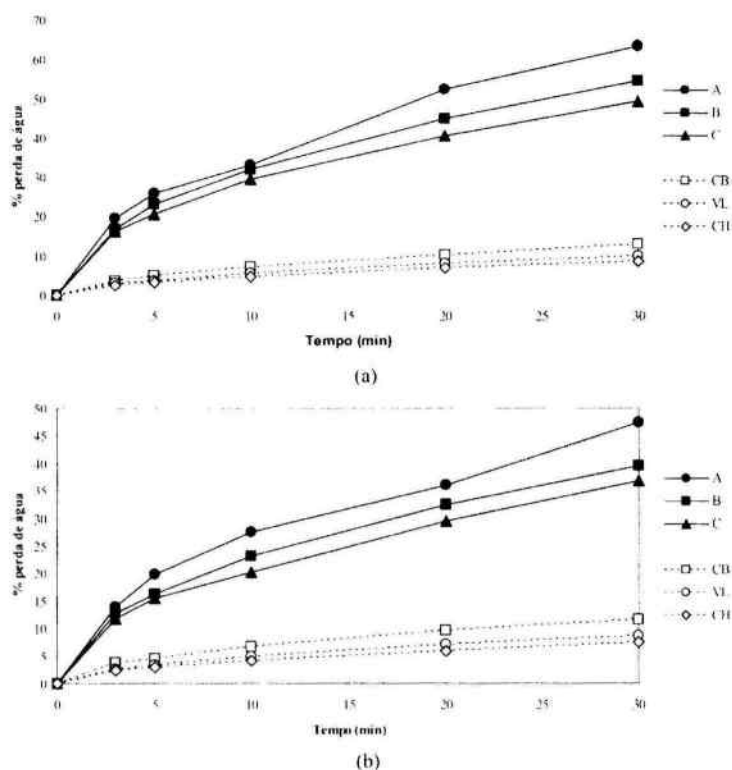
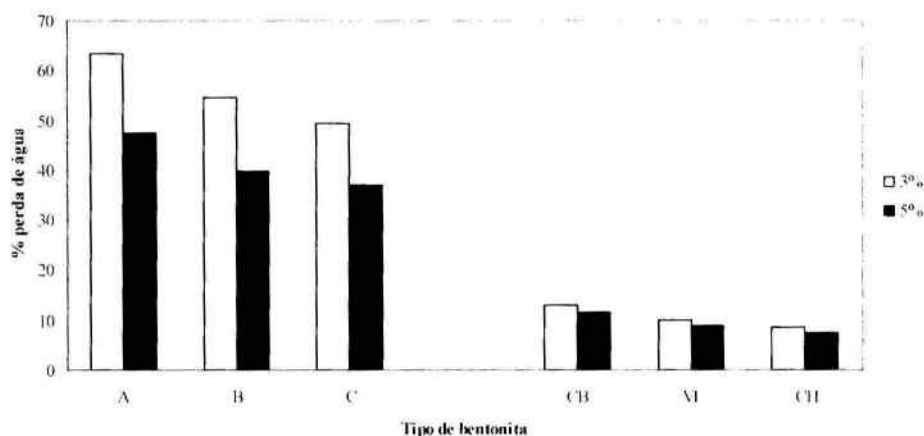


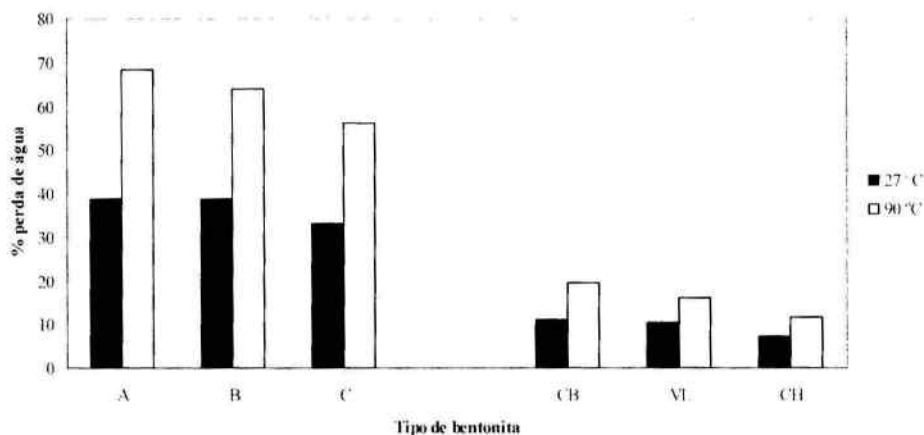
Figura 2: Perda de água em função do tempo de filtragem para suspensões com diferentes quantidades de argila; (a) 3% em peso e (b) 5% em peso.

Na Figura 3 é apresentada uma comparação entre as suspensões com diferentes quantidades de bentonita, após filtração por 30 minutos. Segundo Sherwood e Meeten (1997), a lama de perfuração deve evitar perdas de fluido. Por isso, as suspensões de bentonita da Bahia tiveram um desempenho inferior às da Paraíba, devido a maior perda de água obtida nos testes. As suspensões de bentonita da Paraíba chegaram a filtrar 3 vezes menos, comparando seu maior volume de filtrado com o menor volume filtrado das suspensões de bentonita da Bahia. Para bentonitas do Wyoming a perda de água é 2,5 vezes menor que o melhor resultado obtido com as bentonitas estudadas.

No estudo da influência da temperatura no processo de filtração (Figura 4), podemos verificar que em todas as amostras houve um aumento na permeabilidade da torta com o aumento da temperatura. O aumento na temperatura reduz a viscosidade do filtrado, e, assim, o volume do filtrado aumenta proporcional à raiz quadrada da relação entre as viscosidades do filtrado nas temperaturas estudadas (Darley e Gray, 1988).



**Figura 3:** Perda de água em função do tipo e da quantidade de argila (% em peso), para um tempo de filtração de 30 minutos.



**Figuras 4:** Efeito da temperatura nos processos de filtração para um tempo de 30 minutos, em suspensões com 6,9% em peso de bentonita.

As espessuras das tortas de filtrações simples variaram de acordo com o tipo de amostra (Tabela 1). As tortas obtidas com amostras da Bahia foram as mais permeáveis e apresentaram maiores espessuras, 1,75 mm (B). Com o aumento da % em peso das suspensões houve um aumento na espessura da camada. As amostras da Paraíba apresentaram a formação de tortas com pequenas espessuras, 0,15mm (VL e CH). Bentonitas do Wyoming apresentam espessuras de 0,08mm.

**Tabela 1:** Espessuras das tortas das suspensões de bentonita após secagem de 72h.

Tipo de bentonita	Espessura (mm)	
	3% em peso	5% em peso
A	1,15	1,50
B	0,50	1,75
C	1,15	1,6
CB	0,15	0,25
CH	0,15	0,15
VL	0,15	0,15

## 4. CONCLUSÕES

Nos testes de envelhecimento, a temperatura e o tempo de contato com o carbonato de sódio modificaram a viscosidade aparente das suspensões de bentonita.

A quantidade de bentonita na suspensão e a temperatura influenciaram no processo de filtração. Houve uma diminuição na permeabilidade da torta com o aumento da porcentagem em peso de bentonita na solução. Por outro lado, a elevação da temperatura aumentou a permeabilidade.

A espessura da torta tendeu a ser maior quanto maior o volume de filtrado. As suspensões das amostras de bentonita provenientes da Paraíba foram mais eficientes que as amostras da Bahia, por apresentarem menor volume de filtrado e menores espessuras da torta.

## 5. REFERÊNCIAS

- Aranha, I. B., Oliveira, C. H., Neumann, A., Alcover Neto, A. & Luz, A. B. Caracterização Mineralógica de Bentonitas Brasileiras. Anais do XIX Encontro Nacional de Tratamento de Minérios e Metalurgia Extrativa, v. 1, p.554- 561, Recife, Brasil, 2002.
- Baltar, C. A. M., Cunha, A. S. F. da & Maia, A. B. L. M. Caracterização de Bentonitas Brasileiras com Vistas à Possibilidade de Modificação Superficial. Anais do XIX Encontro Nacional de Tratamento de Minérios e Metalurgia Extrativa, v. 1, p.584- 590, Recife, Brasil, 2002.
- Benna, M., Kbir-Arğuib, N., Clinard, C. & Bergaya, F. Static filtration of purified sodium bentonite clay suspensions. Effect of clay content. Applied Clay Science, 19, p. 103-120, 2001.
- Darley, H. C. H. & Gray, G. R. Composition and Properties of Drilling and Composition Fluids. Fifth Edition, Gulf Publishing Company, Houston Texas, 1988.
- Grim, R. E. Clay Mineralogy. McGraw-Hill, New York, 1968, 596p.
- Luckham, P. F. & Rossi, S. The colloidal and rheological properties of bentonite suspensions. Advances in Colloid and Interface Science, 82, p. 43-92, 1999.
- Machado, A. O. D. V. & Araújo, J. M. M. Influência do Carbonato de Sódio em Dispersões de Bentonita. Anais do XIX Encontro Nacional de Tratamento de Minérios e Metalurgia Extrativa, v. 1, p.570- 573, Recife, Brasil, 2002.
- Odon, I. E. Smectite clay minerals: properties and uses. Phil. Trans. R. Soc. Lond. A 311, p. 391-409, 1984.
- Plank, J. P., Trostberg, S. K. W. & Trostberg, A. G. Water-based muds using synthetic polymers developed for high temperature drilling. Oil and Gas Journal, 2, p. 40-45, March 1992.
- Rommetveit, R. & Bjorkevoll, K. S. Temperature and pressure effects on drilling-fluid rheology. Journal of Petroleum Technology, p. 1212-1213, November 1997.
- Sherwood, J. D. & Meeten, G. H. The filtration properties of compressible mud filtercakes. Journal of Petroleum Science and Engineering, 18, p. 73-81, 1997.