

# CARACTERIZAÇÃO MINERALÓGICA E ESTUDOS DE BENEFICIAMENTO DA BENTONITA DE PEDRA LAVRADA - PB

Luiz Carlos Bertolino<sup>1</sup>; Adão Benvindo da Luz<sup>1</sup>; Dayse Mirella Oliveira Timóteo<sup>1,2</sup>; Diego Araujo Tonnesen<sup>1,3</sup>  
& Elayne Rohem Peçanha<sup>1</sup>

## RESUMO

No estado da Paraíba ocorre um dos maiores depósitos de bentonita do Brasil, especialmente na região de Boa Vista. Recentemente foram descobertos novos depósitos na região de Cubatí e Pedra Lavrada-PB, criando uma grande expectativa de ampliação da produção mineral na região. A bentonita é uma argila plástica originada frequentemente da alteração química de cinzas vulcânicas depositadas sobre lagos ou rios de baixa turbulência. Dentre os principais usos industriais da bentonita podemos citar: como viscosificante mineral nos fluidos de perfuração de poços de petróleo, aglomerantes de areia de moldagem usadas em fundição, pelletização de minério de ferro, absorvente sanitário para animais de estimação, decoloramento de óleos, entre outros. O objetivo deste trabalho é a caracterização do depósito de argila bentonítica do município de Pedra Lavrada - PB e o beneficiamento visando o seu uso como componente mineral nos fluidos de perfuração. Foram realizadas análises mineralógicas utilizando as técnicas de difratometria de raios X, microscopia eletrônica de varredura, lupa binocular e classificação granulométrica. A etapa de beneficiamento consistiu na ativação da argila com barrilha ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) e na análise da influência do tempo de cura e do percentual de carbonato adicionado, sobre a viscosidade das suspensões. Os resultados obtidos até o momento atendem apenas parcialmente aos requisitos de viscosidade da norma N-2605 Petrobras.

Palavras-chave: Bentonita, caracterização mineralógica, caracterização tecnológica, beneficiamento.

## ABSTRACT

In the state of Paraíba there are the main deposits of bentonite of Brazil, especially in Boa Vista. Recently, new occurrences were discovered in the region of Cubatí and Pedra Lavrada, creating great expectations for the expansion of mineral production in the region. Bentonite is a plastic clay often originated from the chemical alteration of volcanic ash deposited on lakes or rivers with low turbulence. Among the main industrial uses of bentonite it can be cited as oil wells drilling fluids, binders for molding sand used in casting, pelletizing iron ore, pet litter, oil bleaching, among others. The aim of this study is to characterize the deposit of bentonite clay from Pedra Lavrada – Paraíba state and processing it, aiming its use as a mineral component in drilling fluids. Mineralogical

<sup>1</sup> CETEM – Centro de Tecnologia Mineral, Ministério de Ciência e Tecnologia  
Av. Pedro Calmon, 900 - Cidade Universitária, CEP: 21941-908, Rio de Janeiro/RJ – Brasil.  
E-mail: lcbertolino@cetem.gov.br

<sup>2</sup> UFRJ – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Departamento de Geologia. Av. Athos da Silveira Ramos, 274. CEP: 21.949-900, Rio de Janeiro, RJ – Brasil

<sup>3</sup> UFRJ – Universidade Federal do Rio de Janeiro, CT, Escola Politécnica, Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais. Av. Athos da Silveira Ramos, 149. CEP: 21941-972, Rio de Janeiro, RJ – Brasil.

analyses were performed using the techniques of X-ray diffraction, scanning electron microscope, binocular microscope and particle size analysis. The processing step consisted in the activation of the clay with sodium carbonate ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) and analysis of the influence of curing time and the percentage of sodium carbonate addition, on the viscosity of clay suspension. The results obtained so far meet just partially the requirements of the standard viscosity Petrobras

Key-words: Bentonite, clay, mineralogical characterization, clay beneficiation, clay activation

## 1. INTRODUÇÃO

Argilominerais são essencialmente silicatos hidratados de alumínio geralmente cristalinos, podendo conter ferro e magnésio. A bentonita é o nome genérico dado ao material composto principalmente pelo argilomineral montmorillonita  $((\text{Na},\text{Ca})_{0.5}(\text{Al},\text{Mg})_2\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2 \cdot n\text{H}_2\text{O})$ , contendo ainda illita  $(\text{K}, \text{H}_3\text{O})(\text{Al},\text{Mg},\text{Fe})_3(\text{Si},\text{Al})_4\text{O}_{10}[(\text{OH})_2, \text{H}_2\text{O}]$ , caulinita e quartzo. A bentonita geralmente possui a estrutura interestratificada entre membros do grupo das esmectitas e outros filossilicatos. A estrutura dos filossilicatos é composta por unidades estruturais: uma folha de tetraedro de sílica, ligados pelos oxigênios localizados nos vértices da base, e uma folha de octaedros de alumina ligados pelas faces laterais (PORTO e ARANHA, 2010).

As reservas brasileiras de bentonita correspondem aproximadamente a 83 milhões de toneladas, onde os principais depósitos ocorrem nos estados da Paraíba, São Paulo, Bahia e Piauí. O Estado da Paraíba é um dos maiores produtores, onde atuam nessa área cerca de nove empresas, que estão concentradas no município de Boa Vista. Entretanto, recentemente foram descobertos novos depósitos na região de Cubatí e Pedra Lavrada (Figura 1), criando uma grande expectativa de ampliação da produção mineral na região.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

Foram coletadas duas amostras de bentonita (Clara e Cinza) em uma cava aberta para desenvolvimento da pesquisa geológica no município de Pedra Lavrada (Figura 2). No CETEM, as amostras de bentonita foram secas ao ar por um período de aproximadamente 8 horas e cominuídas. Após a cominuição, o material seguiu para a etapa de homogeneização e quarteamento. A homogeneização foi realizada através da confecção de pilha cônica e pilha prismática. Dessa foram retiradas alíquotas para as diferentes etapas de caracterização mineralógica e beneficiamento.

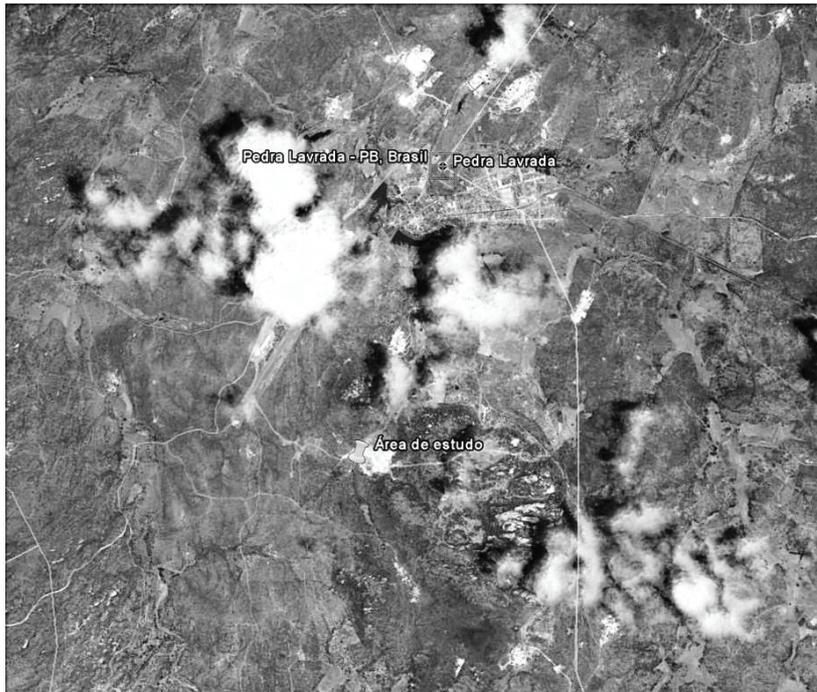


Figura 1. Localização da área de estudo. Fonte: Google Earth, coordenadas: 24 M, UTM: 779878.52 L/9251206.61S, altitude do ponto de visão: 6,03 km.



Figura 2. Afloramento de bentonita onde foram coletadas as amostras, município de Pedra Lavrada, PB.

## 2.1. Caracterização Mineralógica

A identificação dos constituintes minerais das amostras foi realizada por difratometria de raios X (DRX), lupa binocular e microscópio eletrônico de varredura (MEV).

Os difratogramas de raios x foram obtidos em um equipamento BRUKER-D4 ENDEAVOR, nas seguintes condições de operação: radiação  $\text{Co K}\alpha$  (40 kv/40 ma); velocidade do goniômetro de  $0,02^\circ 2\theta$  por passo com tempo de contagem de 0,5 segundos por passo e coletados de  $4 \text{ A } 80^\circ 2\theta$ , com detector sensível à posição lynxeye. As interpretações qualitativas de espectro foram efetuadas por comparação com padrões contidos no banco de dados PDF02 (ICDD, 2006) em software bruker diffracplus. esse foi o principal método utilizado na caracterização mineralógica das amostras de bentonita.

As análises no microscópio eletrônico de varredura (MEV) foram realizadas em um equipamento modelo Quanta 400 da Bruker. As amostras foram metalizadas com prata e analisadas nos módulos elétrons secundários, elétrons retroespalhados e EDS.

## **2.2. Ativação da Bentonita com $\text{Na}_2\text{CO}_3$**

As amostras foram ativadas com carbonato de sódio ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) com 1, 2, 3, 4 e 5% da massa total da alíquota. Essas amostras foram disponibilizadas em bandeja, vedadas para evitar a perda de umidade, posteriormente foram realizadas três coletas com intervalos de 24 horas (48, 72 e 96). Em seguida, as amostras foram desagregadas no moinho analítico, por 40 segundos, até obter a massa de 24,3 g, de acordo com as normas da Petrobras, granulometria inferior a 0,074 mm.

## **2.3. Preparação da Suspensão**

Após o procedimento da ativação das amostras, o material foi transferido para o agitador Hamilton Beach, para a preparação da suspensão, juntamente com 500 ml de água destilada, e com velocidade máxima de 17000 rpm e duração de 20 minutos, depois desse procedimento o material foi transferido para um becker fechado, ficando em repouso por 24 horas. No dia seguinte, foi levado ao agitador Hamilton Beach, por 5 minutos, em velocidade de 17000 rpm, logo em seguida foi aferido o pH, com pHmetro Digimed DM-20, o método seguiu as normas da Petrobras.

## **2.4. Ensaio de Viscosidade**

Os ensaios de viscosidade foram realizados utilizando-se o viscosímetro FANN modelo 35A, de acordo com os seguintes procedimentos: a suspensão é preparada 24 horas antes, após esse procedimento, as amostras foram novamente agitadas durante 5 minutos, com uma velocidade de 17000 rpm e posteriormente transferidas para o copo do viscosímetro, onde foi realizada a leitura em 600 rpm durante 2 minutos e em seguida 300 rpm durante 15 segundos; o método seguiu a norma Petrobras N-2605 (1998).

## **2.5. Fluorescência de Raios X**

Os teores de  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{MnO}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{SiO}_2$  e  $\text{TiO}_2$  das amostras foram determinados pela análise de fluorescência de raios X. Essas determinações foram obtidas por uma varredura semiquantitativa utilizando um espectrômetro modelo S4-Explorer da BRUKER-AXS, equipado com um tubo de ródio.

### 3 – RESULTADOS e DISCUSSÕES

#### 3.1. Caracterização Mineralógica

Inicialmente, as amostras foram analisadas em lupa binocular com objetivo de avaliar os constituintes mineralógicos e a liberação do mineral de interesse. Seguem abaixo as fotografias (Figura 3) da amostra Clara.

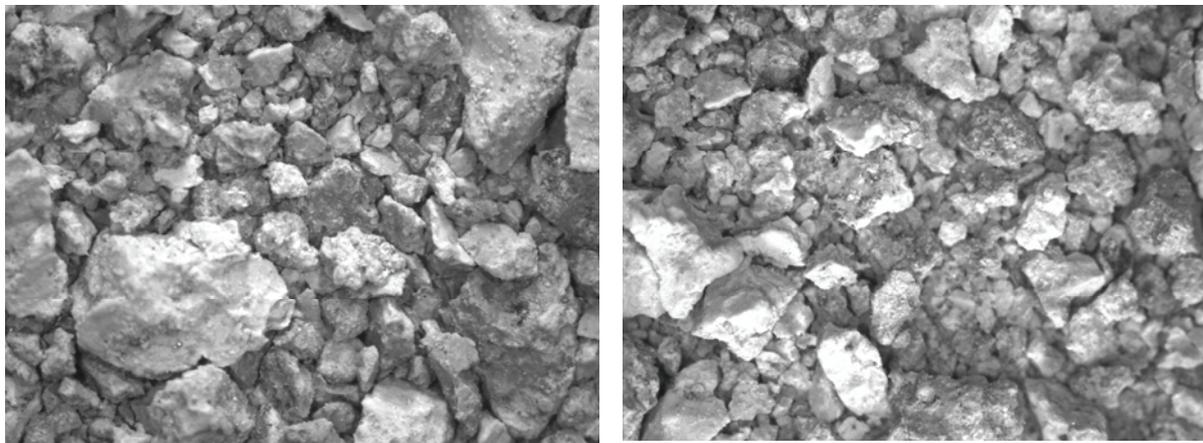


Figura 3. Fotografias da amostra de bentonita Clara. Lupa binocular.

Os difratogramas de raios X indicam que as amostras brutas são constituídas essencialmente por montmorillonita, caulinita e quartzo, secundariamente ocorrem picos característicos de illita e muscovita (Figura 4). As duas amostras (Cinza e Clara) apresentam composição mineralógica semelhante, embora a bentonita Clara apresente picos de montmorillonita mais intensos.

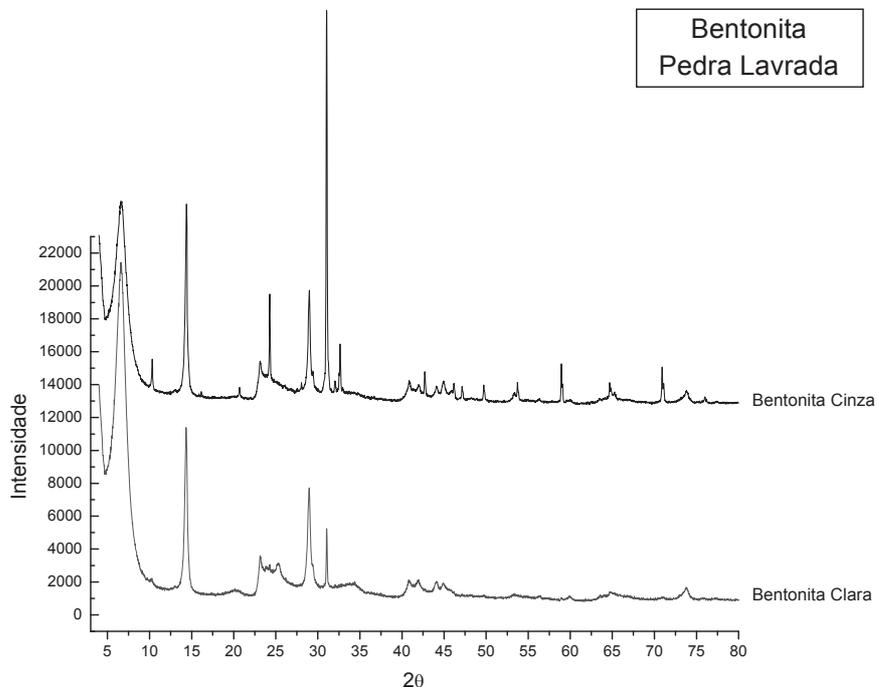


Figura 4. Difratogramas de raios X das amostras. Radiação Co K $\alpha$  (40 kV/40 mA).

As amostras foram analisadas no microscópio eletrônico de varredura (MEV), conforme observa-se na Figura 5, as amostras são constituídas por aglomerados de argilominerais e quartzo. O quartzo está distribuído na forma de pequenos grãos e dispersos na amostra. Na Figura 6 é apresentada a imagem de um grão de quartzo e o EDS do mineral.

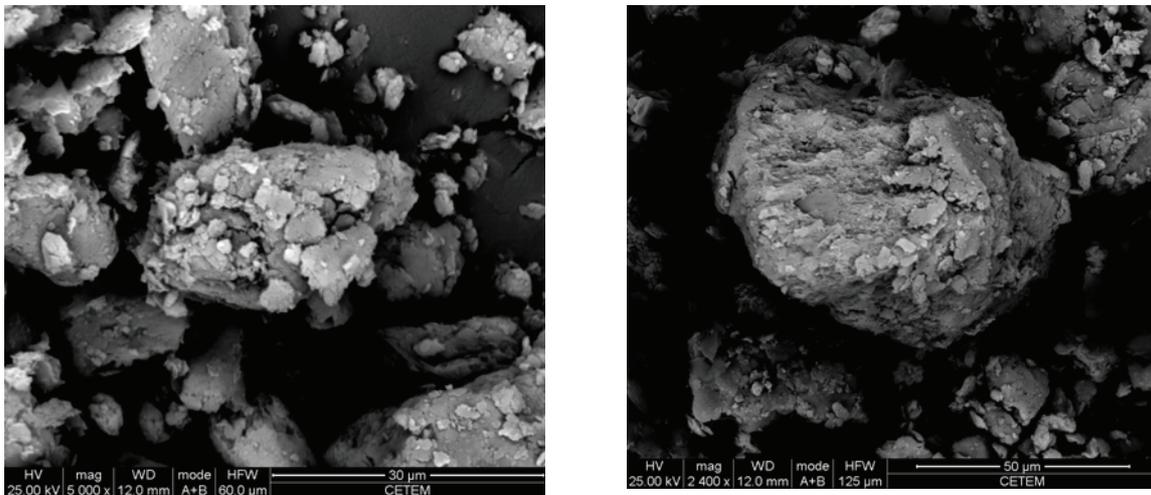


Figura 5. Imagens de aglomerados de argilominerais, elétrons retroespalhados.

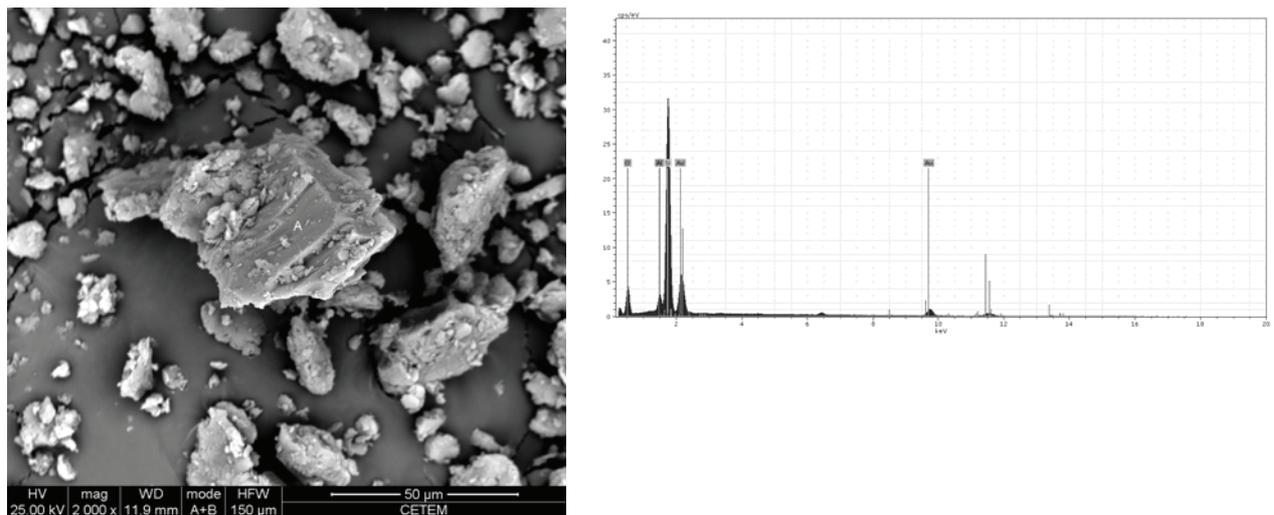


Figura 6. Imagem de grão de quartzo, elétrons retroespalhados. EDS do grão de quartzo.

### 3.2. Caracterização Tecnológica

#### Fluorescência de raios X

Na Tabela 1 são apresentados os resultados das análises por fluorescência de raios X da fração granulométrica < 20 µm (635#) e da fração argila. As duas amostras apresentam composição química semelhante, a concentração de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> varia de 27,1 a 25,5%, de SiO<sub>2</sub> varia 52,0 a 54,4%, nas amostras Cinza e Clara respectivamente.

Tabela 1. Composição química das amostras por fluorescência de raios X (% em peso).

Amostras	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	MgO	MnO	Na <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	P.F.
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Bentonita Cinza <20µm	27,1	0,29	4,9	0,566	1,55	0,029	0,235	0,045	52	1,58	10,7
Bentonita Cinza Argila	27,6	0,27	4,97	0,454	1,6	0,017	0,226	0,029	50,1	1,37	11,25
Bentonita Clara <20µm	25,5	0,65	3,72	0,442	1,77	0,012	0,158	0,037	54,4	1,06	11,25
Bentonita Clara Argila	23,6	0,7	3,38	0,539	1,81	0,01	2,58	3,85	51,7	0,96	10,5

## Capacidade de troca catiônica (CTC)

Os resultados da análise de capacidade de troca catiônica são apresentados na Tabela 2.

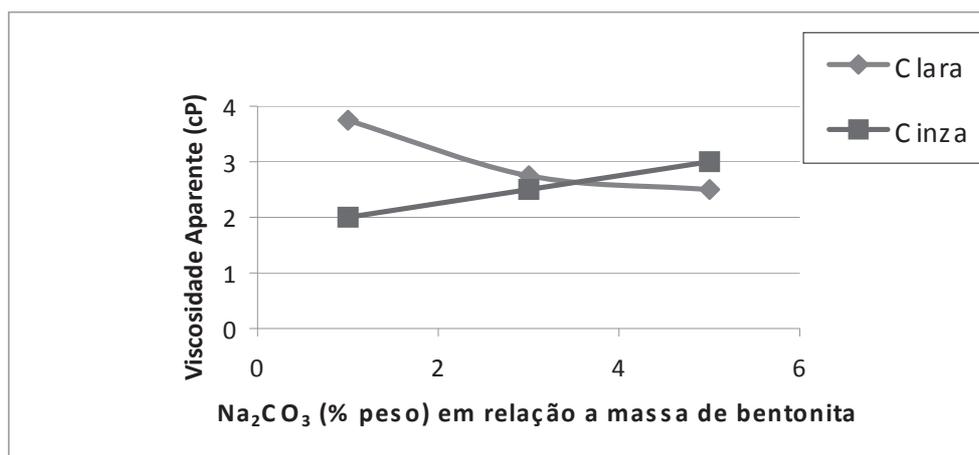
Tabela 2. Resultados da análise de troca catiônica (CTC) das bentonitas estudadas.

Amostra	CTC (meq/100g)
Cinza	43
Clara	65

CTC das Bentonitas: 60 – 170 meq/100g (Baltar *et al.*, 2003)

## Ensaio de viscosidade

Na Figura 7 são apresentados os resultados dos testes de viscosidade aparente em função do % peso de Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> adicionadas em relação ao das amostras, na etapa de ativação.

Figura 7. Viscosidade aparente em função da % em peso de Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>.

#### 4. CONCLUSÃO

As duas amostras de bentonita estudadas neste trabalho, Clara e Cinza, apresentam composição mineralógica semelhantes, com predominância de montmorillonita, caulinita e quartzo, secundariamente ocorrem muscovita e illita.

Os resultados dos testes de viscosidade aparente variaram entre 2 e 4 cP. Esses valores estão abaixo do requisito de viscosidade aparente exigida pela norma N-2605 da Petrobras (15 cP).

Essa baixa viscosidade pode ser atribuída ao elevado teor de quartzo ou caulinita nas amostras estudadas. Os resultados encontrados não são conclusivos, uma vez que as amostras não são representativas do depósito. Recomenda-se estudar um processo de beneficiamento a seco, visando à remoção do quartzo. Outra sugestão é aprofundar a cava ou realizar uma campanha de sondagem para o melhor entendimento da disponibilidade das camadas estratigráficas ao longo do depósito.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BALTAR, C. A. M.; LUZ, A. B.; OLIVEIRA, C. H.; ARANHA, I. B. *Caracterização, ativação e modificação superficial de bentonitas brasileiras*. In: Insumos minerais para perfuração de poços de petróleo. Baltar, C.A.M.; Luz, A.B. (Editores), UFPE/CETEM-MCT, 2003. p. 21-46.
- GOOGLE EARTH. Disponível em: <<http://earth.google.com/>>. Acesso em: 8 de setembro de 2010.
- ICDD, International Centre for Diffraction Data. PDF-2 dataset, 2006.
- MOORE, D. M.; REYNOLDS JR, R. C. *X-Ray Diffraction and the Identification and Analysis of Clay Minerals*. Oxford University Press. Oxford, 1989. 332 p.
- OLIVEIRA, C. H. de; ARANHA, I. B. *Avaliação Preliminar de Técnicas para Caracterização de Bentonitas*. Disponível em: <[www.cetem.gov.br/publicacao/serie\\_anais\\_X\\_jic./Joao.pdf](http://www.cetem.gov.br/publicacao/serie_anais_X_jic./Joao.pdf)>. Rio de Janeiro: CETEM, 2001.
- PETROBRAS. *Ensaio de Viscosificante para Fluido de Perfuração Base de Água na Exploração e Produção de Petróleo*. Método, N-2605, Rio de Janeiro, Brasil, 1998.
- PORTO, J. P. P.; ARANHA, I. B. *Caracterização Cristalográfica Preliminar de Bentonitas Brasileiras*. Anais da JIC, 2010. Disponível em: <[http://www.cetem.gov.br/html/serie\\_anais\\_X\\_jic\\_2002.html](http://www.cetem.gov.br/html/serie_anais_X_jic_2002.html)>. Anais da JIC, 2010.
- SANTOS, C. P. F. dos; MELO, D. M. A.; MELO, M. A. F.; SOBRINHO, E. V. *Caracterização e usos de argilas bentonitas e vermiculitas para adsorção de cobre (II) em solução*. Número 48. Cerâmica, 2002.