

ESTUDO DE CARACTERIZAÇÃO E BENEFICIAMENTO DA BAUXITA NODULAR DO NORDESTE DO PARÁ

Pedro Henrique Cardoso dos Santos

Aluno de Graduação da Escola de Química, 6º período, UFRJ

Período PIBIC/CETEM: julho de 2011 a julho de 2012,

phsantos@cetem.gov.br

João Alves Sampaio

Orientador, Eng. De Minas, D.Sc.

jsampaio@cetem.gov.br

Fernanda Arruda Nogueira Gomes da Silva

Co-orientadora, Química, D.Sc.

fnogueira@iq.ufrj.br

1. INTRODUÇÃO

A bauxita constitui uma mistura impura de minerais de alumínio, chamados de oxihidróxidos, cujas proporções destes na rocha variam muito entre os depósitos, assim como o tipo e a quantidade de impurezas. O Estado do Pará detém cerca de 90% das reservas de bauxita do Brasil. O perfil geológico deste minério no NE do Pará é constituído pelas camadas nodular (BN), nodular cristalizada (BNC), cristalizada (BC), cristalizada amorfa (BCA) e amorfa (BA). Assim, apenas a BC, que corresponde a 30% do perfil geológico, é explorada comercialmente. As demais camadas, ditas marginais, possuem elevado teor de impurezas e seu aproveitamento carece de tecnologias especiais (KRONBERG *et al.*, 1982; KOTSCHOUBEY *et al.*, 2005).

2. OBJETIVOS

Este trabalho consiste em um estudo de caracterização mineralógica da camada de bauxita nodular associado aos ensaios de beneficiamento para remoção das principais impurezas, de modo a tornar parte deste bem mineral economicamente aproveitável.

3. METODOLOGIA

A amostra global, *run of mine*, da camada nodular foi preparada de acordo com as especificações do processo Bayer seguindo estágios de britagem, classificação, peneiramento para remoção da fração fina (abaixo de 37 μm), homogeneização e quartejamento, obtendo-se amostras de 1,0 kg, intituladas BNAT (amostra de trabalho).

Amostras de 1,0 kg provenientes da preparação foram submetidas a ensaios de moagem a úmido, nos quais foi utilizado um moinho de barras de aço inoxidável, contendo 10 barras de 20 mm de diâmetro, com 1,0 L de água, operando a 75 rpm, nos tempos de 5, 10, 15, 20 e 25 min.

Ensaios de separação magnética a úmido foram conduzidos com as amostras BNAT, advindas da preparação, e com a amostra BNPB, resultante da moagem da amostra BNAT por 20 min. Os ensaios foram realizados no separador BOXMAG RAPID com campo de alta intensidade, da ordem de 18 kGauss, utilizando-se cerca de 100 g para cada amostra. As aberturas das matrizes ferromagnéticas foram de 2x4 mm para a BNAT e de 1x2 mm para a BNPB. Após separação do concentrado magnético, as amostras obtidas foram caracterizadas segundo as técnicas de difratometria de raios X

(DRX), microscopia eletrônica de varredura (MEV) e espectrometria de fluorescência de raios X (FRX). As amostras global (BN), BNAT e BNPB também foram submetidas às mesmas técnicas de caracterização citadas.

O método do pó foi utilizado nos ensaios por DRX (Bruker-AXS D5005) com radiação Co K α (35 kV/40 mA); velocidade do goniômetro de 0,02° (2 θ) por passo com tempo de contagem de 1,0 s por passo e coletados de 5 a 80° (2 θ).

Nos ensaios de FRX utilizou-se amostras preparadas por fusão a 1.100°C, utilizando como fundente tetraborato de sódio na razão 1:6 (amostra:fundente). A pérola fundida foi analisada em espectrômetro de fluorescência de raios X por energia dispersiva (BRUKER-AXS), equipado com tubo de Rh.

Para a MEV foi utilizado um FEI, modelo QUANTA 400, equipado com um sistema de microanálise por espectrometria de raios X (EDS) Oxford link ISIS 300, com análise por meio de imagens adquiridas pelo detector de elétrons retroespalhados.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pela análise dos difratogramas, determinaram-se as fases mineralógicas que compõem esta rocha. Assim, esta bauxita é essencialmente gibbsítica e encontra-se associada aos minerais caulinita e hematita (Figura 1). Observa-se que nas frações mais grossas, os picos associados à gibbsita são mais intensos quando comparados aos picos relacionados aos minerais caulinita e hematita. À medida que a amostra se torna mais fina, a intensidade dos picos relacionados à caulinita aumentam significativamente. Já a intensidade dos picos relacionados à hematita varia pouco entre as frações, indicando a distribuição deste mineral por todas as frações.

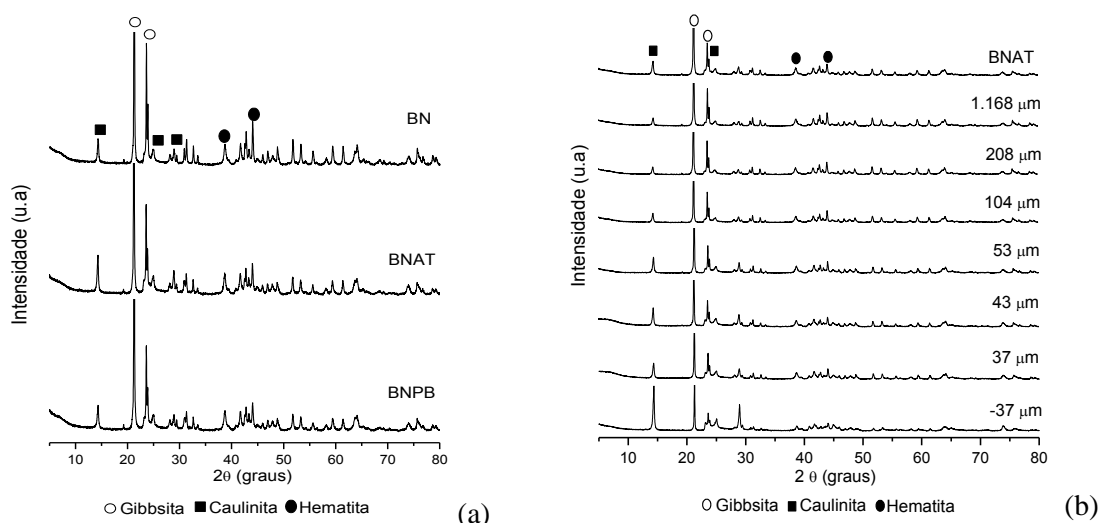
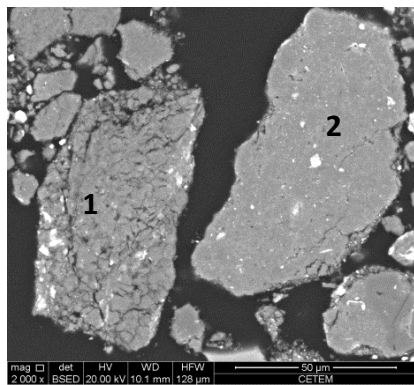
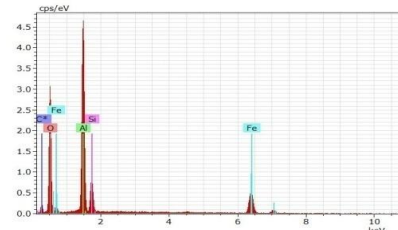


Figura 1: Em (a), DRX das amostras BN, BNAT e BNPB e, em (B), BNAT e suas frações.

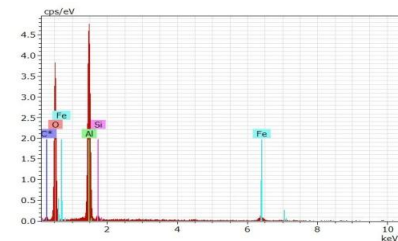
A análise dos resultados da MEV (Figura 2) revelou para a BN e as diversas frações da BNAT, picos intensos associados ao Al e menos intensos ao Si, O, Fe e Ti. Observou-se que nas partículas de superfície mais lisa, os picos associados ao Al são mais intensos que os de Si, indicando predomínio da fase mineral gibbsita, ao passo que as partículas mais rugosas, cuja ocorrência aumenta conforme a granulometria da fração diminui, são atribuídas a maiores intensidades de Si, indicando predomínio da fase mineral caulinita. Em todas as amostras analisadas, foram identificados Fe e Ti associados às partículas minerais.



(a)



(1)

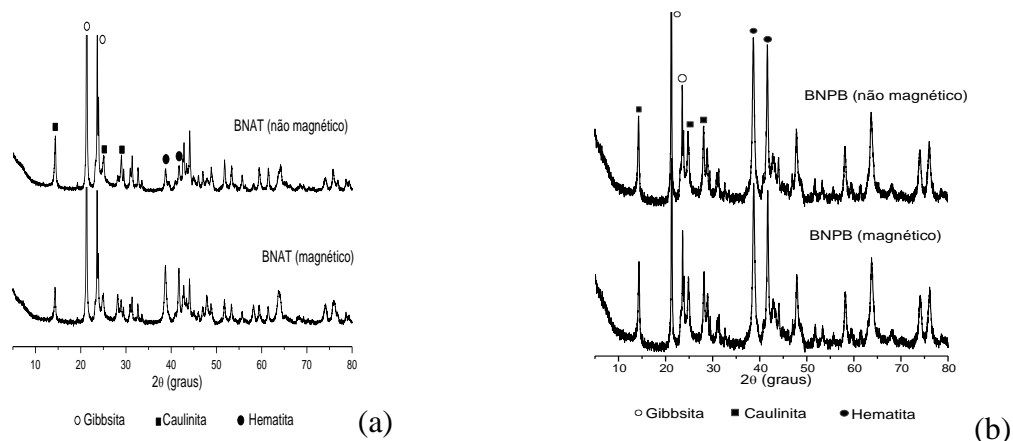


(2)

Figura 2: Em (a), MEV de fração da BNAT acima de 106 μm . Em (1), espectro obtido por meio da análise da partícula 1 (rugosa), e em (2), espectro da partícula 2 (lisa).

Para a determinação da composição química da BN, foi realizada a análise química por FRX. A análise dos resultados, para a amostra BNAT e suas frações granulométricas, denota que os teores (%) de Al_2O_3 , SiO_2 e Fe_2O_3 , variam de 39,2 a 49,7; 6,2 a 25,8; e 15,9 a 20,2, respectivamente, indicando que as frações mais grossas ($>208 \mu\text{m}$) possuem maior teor de alumina enquanto as mais finas ($<104 \mu\text{m}$) maiores teores de sílica. O teor de Fe_2O_3 varia pouco entre as frações, indicando que a hematita, possivelmente, encontra-se associada à gibbsita e a caulinita. Os resultados obtidos por meio da DRX estão de acordo com aqueles advindos de FRX e MEV.

A separação magnética teve por finalidade a remoção da hematita. Ao analisar os difratogramas dos produtos magnético e não magnético da BNAT e da BNPB (Figura 3), observa-se, para a amostra BNAT, menor intensidade dos picos associados à caulinita e a gibbsita no concentrado magnético quando comparado ao não magnético, ao passo que o pico associado à hematita é maior no produto magnético, indicando a separação deste mineral da amostra original. Tal fato, entretanto, não é tão significativo nos difratogramas da BNPB, o que indica menor rendimento no processo de separação. Portanto, o maior teor de partículas finas na amostra moída influenciou menor retenção de material na matriz ferromagnética.



(a)

(b)

Figura 3: DRX dos produtos da separação magnética. Em (a), BNAT, e, em (b), BNPB.

Pela análise da FRX (Tabela 1), observou-se que a eficiência da separação da hematita é maior para a amostra BNAT, uma vez que neste ensaio o teor de Fe_2O_3 no produto magnético foi maior que no não magnético, 56,46% no ensaio 1 contra 43,21 e 41,58% nos ensaios 2 e 3, respectivamente. Apesar do menor rendimento dos ensaios 2 e 3, o Al_2O_3 é mais afetado no ensaio 1. Este fato, também é observado em menor grau para o SiO_2 e é explicado pelo maior teor de gibbsita nas frações mais grossas e menor nas frações mais finas (maiores teores de SiO_2). Ou seja, o Al_2O_3 é mais afetado quando a separação é realizada com a amostra mais grossa, BNAT. Depois de moída, tanto o Al_2O_3 quanto o Fe_2O_3 são menos afetados, uma vez que as partículas encontram-se com uma granulometria muito fina, que desfavorece o processo de separação. Isto é, aquelas partículas de propriedades paramagnéticas que deveriam ser aprisionadas no interior da matriz podem ser carregadas pelo fluxo da água, diminuindo assim o rendimento do processo.

Tabela 1: Balanço metalúrgico de acordo com os resultados de FRX e das porcentagens mássicas dos óxidos retidos por meio de peneiramento a úmido.

Amostras	Ensaio 1: BNAT			Ensaio 2: BNPB			Ensaio 3: BNPB		
FRX									
	Al_2O_3	SiO_2	Fe_2O_3	Al_2O_3	SiO_2	Fe_2O_3	Al_2O_3	SiO_2	Fe_2O_3
Não Magnética	50,4	12,3	13,3	48,6	11,5	16,8	49,5	10,3	13,3
Magnética	42,1	9,2	28,3	26,9	11,1	43,3	33,5	11,3	31,9
% Óxidos Retidos após a Separação Magnética									
	Al_2O_3	SiO_2	Fe_2O_3	Al_2O_3	SiO_2	Fe_2O_3	Al_2O_3	SiO_2	Fe_2O_3
Não Magnética	66,26	68,69	43,54	85,95	77,82	56,79	83,34	76,01	58,52
Magnética	33,74	31,31	56,46	14,05	22,18	43,21	16,66	23,99	41,48

Os resultados de MEV com as amostras resultantes desta separação ainda indicam uma associação entre as três fases minerais, gibbsita, caulinita e hematita, de modo que não ocorre liberação suficiente da hematita para sua melhor remoção.

5. CONCLUSÕES

A BN é composta de gibbsita, que se concentra nas frações mais grossas do minério, associada à caulinita e hematita. A separação magnética foi mais eficiente para a amostra BNAT, porventura devido à sua granulometria mais grossa. A caulinita concentra-se nas frações mais finas, ao passo que a hematita não se encontra totalmente liberada, mas sim distribuída por todas as frações associada aos demais minerais. Ensaios de moagem geram produção de finos que dificultam a separação magnética. Em função disto, torna-se evidente estudos adicionais para validar este processo.

6. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq, pela concessão da bolsa, ao CETEM e ao IQ/UFRJ.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- KRONBERG, B.I., FYFE, W.S., MCKINNON, B.J., COUSTON, J.F., FILHO, B.S., NASH, R.A. **Model for Bauxite Formation**. Chemical Geology, 35, p. 311-320, 1982.
- KOTSCHUBEY, B.; *et al.* Caracterização e Gênese dos Depósitos de bauxita da Província Bauxitífera de Paragominas, Noroeste da bacia do Grajaú, Nordeste do Pará/Oeste do Maranhão”. In: MARINI, O.J., QUEIROZ, E.T., RAMOS, B.W. (Eds) Caracterização de Depósitos Minerais em Distritos Mineiros da Amazônia. Cap. 11, p. 691-782, Brasília, 2005.