

# Estudo do Tratamento Mecanoquímico da Bauxita do Nordeste do Pará

**Rachel Dias dos Santos**

Estagiária de Nível Superior, Instituto de Química, UFRJ.

**João Alves Sampaio**

Orientador, Eng. Minas, D. Sc.

**Fernanda Arruda Nogueira Gomes da Silva**

Co-orientadora, Licenciada em Química, M.Sc.

**Francisco Manuel dos Santos Garrido**

Co-orientador, Químico, D. Sc.

**Marta Eloísa Medeiros**

Co-orientadora, Química, D.Sc.

## Resumo

Neste trabalho, a bauxita do Nordeste do Pará foi submetida a ensaios de britagem e moagem com a finalidade de adequá-la as especificações da indústria de produção de alumina. Após a preparação da amostra, com 90% abaixo de 0,21 mm e teores de  $\text{SiO}_{2\text{reativa}}$  e  $\text{Al}_2\text{O}_{3\text{disponível}}$  próximos a 5,9 e 47,5%, respectivamente, foi moída com diferentes concentrações de CaO por um período de até 210 min. Este tratamento mecanoquímico teve por finalidade converter os componentes de sílica reativa (caulinita), da bauxita, em um hidrossilicato de cálcio e alumínio (*hidrogarne*), fase não reativa e estável, com a proposta de reduzir o consumo de hidróxido de sódio na etapa de digestão do processo Bayer.

## 1. Introdução

Bauxita é uma rocha composta por uma mistura impura de minerais de alumínio onde se pode destacar a gibbsita ( $\text{Al}(\text{OH})_3$ ), diásporo ( $\text{AlO}(\text{OH})$ ) e boehmita ( $\text{AlO}(\text{OH})$ ). Esses minerais são conhecidos como oxihidróxidos de alumínio e suas proporções na rocha variam de acordo com os depósitos, bem como o tipo e a quantidade das impurezas do minério, tais como: caulinita, quartzo, hematita, goethita, rutilo e anatásio.

As bauxitas economicamente aproveitáveis possuem um teor de alumina entre 50 e 55%, contudo para que seja aproveitável pelo processo Bayer, o teor mínimo de alumina é de 30%. A produção anual de bauxita é superior a 120 milhões de toneladas, onde 95% é utilizada na produção de alumínio metálico pelo processo Bayer seguido do processo Hall-Héroult (Sampaio *et al.*, 2005).

No processo Bayer a bauxita, inicialmente moída, é misturada a uma solução de hidróxido de sódio (NaOH), onde é dissolvida formando uma solução de aluminato de sódio ( $\text{Na}_2\text{OAl}_2\text{O}_3$ ) enquanto as impurezas permanecem na fase sólida e são conhecidas como lama vermelha (Sampaio *et al.*, 2005). A digestão do minério ocorre num período de lixiviação de até cinco horas, cuja faixa operacional de pressão dependerá da temperatura do processo, que pode variar de 100 - 250°C de acordo com a concentração de gibbsita, boehmita e diásporo. A lixiviação dissolve a maior parte da bauxita e também da sílica que pode ocorrer como sílica reativa, caulinita ou quartzo. A caulinita reage com a solução de  $\text{Na}_2\text{OAl}_2\text{O}_3$  formando um composto insolúvel, o silico

aluminato de sódio ( $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ ), ocasionando perdas de alumina e NaOH, já que este é descartado com a lama vermelha. O quartzo só se dissolve em temperaturas elevadas, condições necessárias para a dissolução de bauxitas com concentrações elevadas de diásporo e boehmita.

Após a digestão, a polpa segue para o processo de redução em uma série de reatores a pressão, de espessadores e de filtros prensa. A solução resultante segue para torres de resfriamento e daí aos precipitadores onde a alumina trihidratada é cristalizada. O produto obtido é lavado, filtrado, secado e calcinado, dando origem a uma alumina pura. A produção do alumínio metálico é feito pelo processo *Hall- Héroult*, que consiste na redução eletrolítica da alumina fundida em criolita.

O tratamento mecanoquímico de bauxita com óxido de cálcio (CaO) é uma proposta inovadora no que diz respeito a redução da sílica reativa contida em bauxitas. A moagem da bauxita com CaO tem por finalidade a formação de um composto insolúvel, o hidrosilicato de cálcio e alumínio, que converte os componentes de sílica reativa da bauxita em um composto não reativo e estável antes da adição de NaOH, na etapa de digestão do processo Bayer, desse modo se reduz o consumo de NaOH e  $\text{Na}_2\text{OAl}_2\text{O}_3$  (McCormick, *et al.*, 2002).

## 2. Objetivo

O objetivo deste estudo foi o de determinar as condições de moagem para adequar a amostra de bauxita às condições do processo Bayer e estudar o comportamento mecanoquímico deste minério durante a moagem com CaO.

## 3. Materiais e Métodos

### 3.1. Preparação da Amostra

A primeira etapa do trabalho constou da preparação da amostra de bauxita do nordeste do Pará. Assim, toda a amostra de bauxita, com granulometria inferior a 100 mm, foi homogeneizada em pilha prismática. De início, procedeu-se o quarteamento da amostra em pilha de homogeneização, da qual foram coletadas amostras de 20 kg. Na etapa seguinte, procedeu-se a cominuição da amostra, com o auxílio do britador de mandíbulas onde a granulometria do minério foi reduzida para aproximadamente 6 mm. Em seguida, foi feito um peneiramento da alíquota numa peneira de abertura de 1,65 mm e foram separadas frações acima e abaixo desta granulometria (grossa e fina respectivamente). Após o peneiramento, seguem-se dois processos um para a fração fina e outro para a fração grossa. Com a fração fina fez-se uma deslamagem com o objetivo de remover a fração menor que 37  $\mu\text{m}$  composta principalmente por argilominerais.

O produto da britagem, acima de 1,65 mm, foi rebitado em um britador de rolos, operando em circuito fechado com uma peneira de abertura 1,65 mm. A fração proveniente da deslamagem, maior que 37  $\mu\text{m}$ , foi homogeneizada com o produto do britador de rolos. Com a fração menor que 1,65 mm fez-se uma nova pilha de homogeneização, onde a amostra foi dividida em alíquotas de 20 kg. Com essas alíquotas, foi feita uma pilha de homogeneização para quarteamento em alíquotas de 1,0 kg cada.

### 3.2. Ensaios de moagem

Amostras de 1 kg proveniente do produto final da preparação foram submetidas ao processo de moagem, no qual foi utilizado um moinho de barras de aço inoxidável, contendo 10 barras de 20 mm de diâmetro, com 1 L de água, onde variou-se o tempo de moagem (0 – 40 min). Após a moagem foram realizados ensaios de análise granulométrica a úmido. Para tanto, utilizou-se um peneirador vibratório (684,5 rpm), equipado com um conjunto de peneiras de aberturas desde 3,350 mm até 37  $\mu\text{m}$ , segundo a série Tyler. Todas as frações das análises granulométricas obtidas nos ensaios foram secadas em estufa (aproximadamente 100°C) e pesadas.

### 3.3. Ensaio Mecanoquímico

Após a determinação das condições necessárias para adequar a amostra ao processo Bayer, foram realizados ensaios de moagem (bauxita + água + CaO) no moinho descrito no item 3.2. Desta forma, o ensaio mecanoquímico foi iniciado moendo a amostra durante 30 min, seguida da adição de CaO em diferentes concentrações (4% e 7% m/m). A moagem foi realizada por 210 min e a cada 30 min foram retiradas alíquotas para verificação do pH da polpa, filtragem, secagem e posteriores estudos de caracterização.

### 3.4. Técnicas de Caracterização

A análise química da amostra preparada, isto é, alimentação do ensaio mecanoquímico, foi feita por espectrometria de absorção atômica no equipamento AA6 *Varian*, com comprimento de onda de 248,3 nm, fenda de 0,5 nm e com ar/acetileno para determinação de  $\text{SiO}_2$  reativa e determinação titrimétrica para  $\text{Al}_2\text{O}_3$  disponível.

Os difratogramas de raios-X (DRX) das amostras foram obtidos pelo método do pó, no equipamento *Bruker-AXS D5005*, radiação  $\text{Co K}\alpha$  (35 kV/40 mA);  $2\theta$  variando de 5 a 80°.

A análise por espectroscopia vibracional no infravermelho (IV) foi realizada no espectrofotômetro com transformada de Fourier, marca *Nicolet Magna*, com registros de 4000 a 400  $\text{cm}^{-1}$ , resolução de 4  $\text{cm}^{-1}$ , em pastilhas de KBr.

## 4. Resultados e Discussões

O estudo de moagem evidenciou que a bauxita moída, por um período de 30 min, adequa-se ao processo Bayer. Pode-se observar pela curva de moagem, Figura 1, que aproximadamente 90% das partículas estão com granulometria inferior a 0,21 mm. O teor de sílica reativa e alumina aproveitável, encontrada para esta polpa, foi de 5,9 e 47,5% respectivamente.

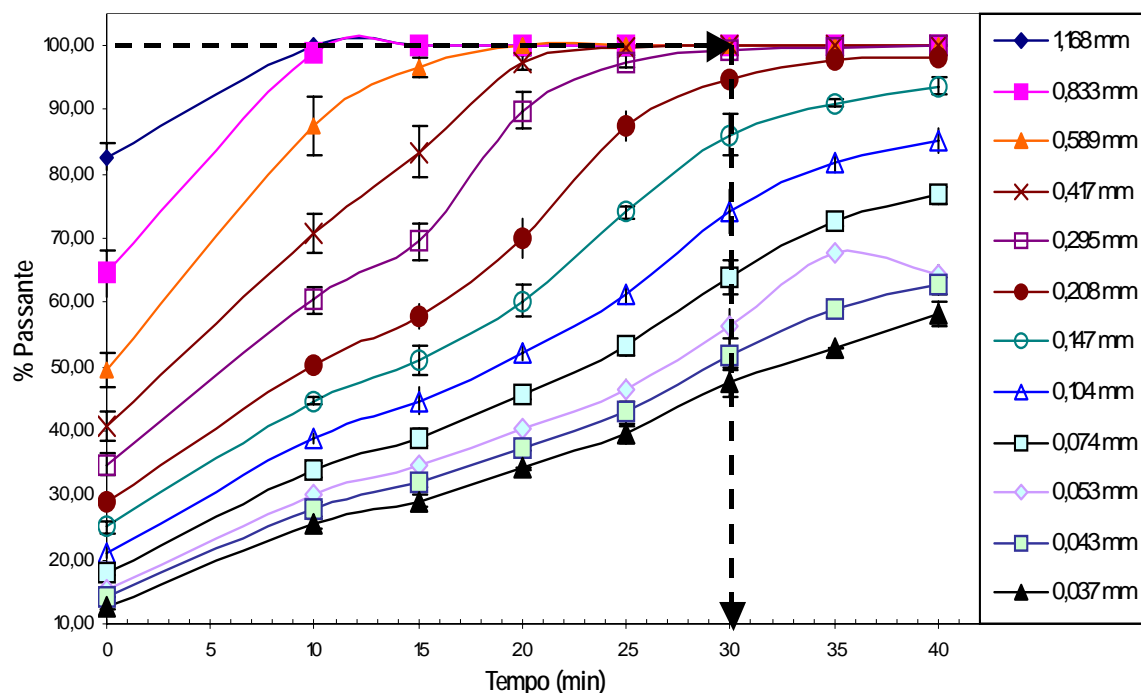


Figura 1. Curva de moagem da bauxita do nordeste do Pará.

Pode-se observar que os difratogramas de raios-X para as amostras de bauxita moída, Figura 2A, denotam que a bauxita, desta região, é essencialmente gibbsítica, uma vez que não apresentam picos de bohemita e diásporo. A análise dos difratogramas com 30 (Polpa Bayer) e 210 min de moagem, sem adição de CaO, são semelhantes, indicando não haver mudança mineralógica ou alterações significativas na estrutura cristalina das principais fases desta bauxita, durante a moagem.

Os difratogramas da moagem de bauxita com adição de CaO (Figuras 2B e 2C) mostram picos do composto *hidrogarnet*, onde o mais intenso está próximo a  $20^\circ$  ( $2\theta$ ), indicando que a reação da caulinita com o CaO para formação deste composto ocorre nos primeiros 30 minutos de moagem após a adição de CaO.

A espectroscopia vibracional no infravermelho foi utilizada como técnica complementar à difração de raios-X. Os resultados de caracterização por DRX elucidaram a ocorrência dos minerais gibbsita e caulinita e do composto *hidrogarnet*.

A Figura 3 mostra o perfil de IV da amostra de bauxita moída com e sem adição de CaO, bem como da gibbsita e da caulinita puras. Nestes espectros podem ser observadas bandas características da gibbsita, caulinita e do *hidrogarnet*.

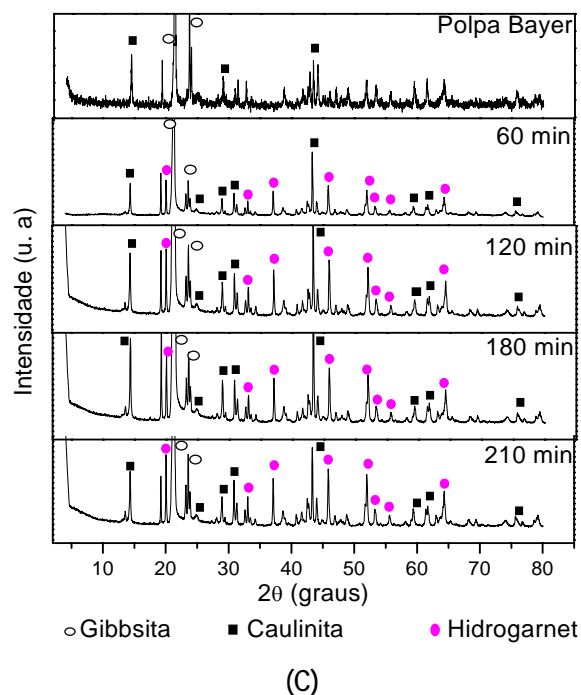
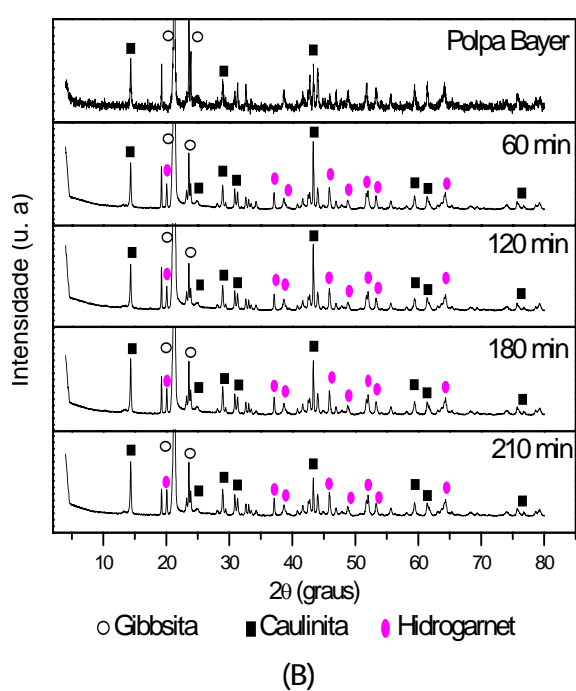
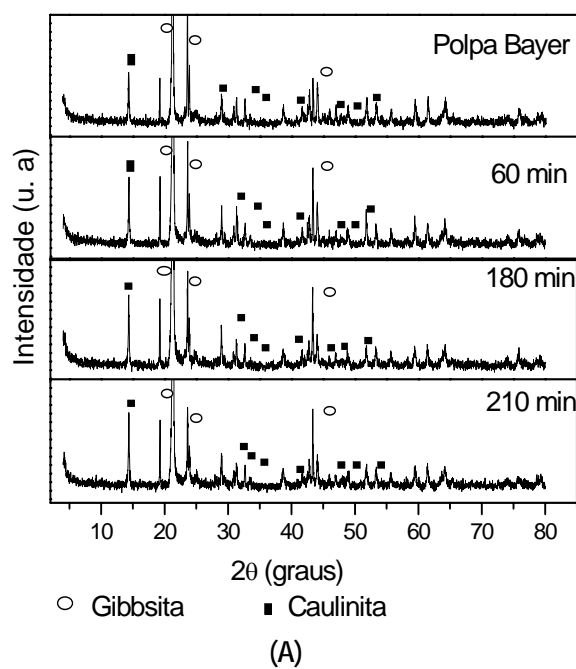


Figura 2. Difratoformas de raios-X da moagem de bauxita com e sem adição de CaO. Em (A) moagem da bauxita, em (B) bauxita com 4% (m/m) de CaO e em (C) bauxita com 7% (m/m) CaO.

Na região de  $3600\text{ cm}^{-1}$  ocorre a presença de uma banda próxima a  $3620\text{ cm}^{-1}$ , correspondente ao estiramento Al – O – H que pode pertencer tanto a gibbsita quanto a caulinita. Bandas próximas a  $3526$ ,  $3460$  e  $3390\text{ cm}^{-1}$  são características da gibbsita e correspondem ao estiramento do grupo OH.



## 5. Conclusão

As etapas de britagem e moagem utilizadas na preparação da amostra de bauxita foram consideradas satisfatórias uma vez que os resultados obtidos estão próximos dos dados industriais, isto é, 90% das partículas com granulometria inferior à 0,21 mm e 40% estão abaixo de 43 µm.

O tratamento mecanoquímico da bauxita com o CaO resultou na formação do composto *hidrogarnet*, nos primeiros 30 min de moagem, para ambas concentrações (4 e 7% m/m – 80 e 140 kg/t ), no entanto, quando a concentração de CaO utilizada foi 7% (m/m) foram observados, pelas técnicas de DRX e IV, picos e bandas mais intensas para este composto.

Para avaliar a potencialidade de conversão da sílica reativa em um composto insolúvel e não reativo no processo Bayer é necessária a análise química das amostras, estudos estes que estão sendo realizados em paralelo com novos ensaios de moagem onde a concentração de CaO adicionada será variada.

## 6. Agradecimentos

Os autores agradecem ao CETEM pela oportunidade do estágio bem como o seu financiamento, as coordenações de tratamento de minérios, usina piloto e análise química, e aos técnicos Jackson Telino, Luiz Carlos e Gilvan Vanderly e à pesquisadora Carla Napoli Barbato.

## 7. Bibliografia Consultada

KOTSCHOUBEY, B.; CALAF, J. M. C.; LOBATO, A. C. C.; LEITE, A., S. E AZEVEDO, C. H. D. 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; Brasília, DF, Brasil: VGArte, 2005, Cap. 11, p. 691-782.

MCCORMICK, P. G., PÍCARO, T. E SMITH, P. A. I. Mechanochemical treatment of high silica bauxite with lime. **Minerals Engineering**, v. 15, p.211-214, 2002.

SAMPAIO, J. A.; ANDRADE, M. C. E DUTRA, A.J. B. BAUXITA. IN: LUZ. A. B.; SAMPAIO, J. A. E ALMEIDA; S. L. M. Rochas e minerais industriais, Rio de Janeiro, RJ, Brasil: Centro de Tecnologia Mineral, 2005, Cap. 13, p 279-304.

SHUMSKAYA, L. G. Directional Changes in the Properties of Aluminum Hydroxide-Oxides for Increase in Bauxite Reactivity in Hidrometallurgical; Processing. **Journal of Mining Science**, v. 38, nº 03, p.299-304, 2002.