

Estudo da ativação ácida e tratamento térmico de bauxita extraída de jazidas em Minas Gerais, Brasil

(Study of acid activation and thermal treatment of bauxite extracted from deposits in Minas Gerais, Brazil)

C. M. R. Prado¹, M. I. R. Alves¹, M. I. G. Leles¹, R. I. Medeiros¹, C. R. N. Otto¹, F. C. Damasceno¹,
C. H. H. Brait², P. I. B. M. Franco¹, N. R. Antoniosi Filho

¹Instituto de Química, Universidade Federal de Goiás, Campus II, Samambaia, Goiânia, GO 74001-970

²Laboratório Exata, R. 100 173, Jd. Rio Claro, Jataí, GO 75802-005

cinaramrp@hotmail.com

Resumo

O Brasil é um dos maiores produtores mundiais de bauxita, contudo pouco se conhece sobre as características químicas e mineralógicas desse mineral. Assim sendo, este trabalho tem por objetivo dar prosseguimento à caracterização de bauxita, estudando as transformações ocorridas nesse material quando submetido à ativação ácida e ao tratamento térmico. Os resultados demonstraram que a bauxita “*in natura*” é composta basicamente pelo mineral gibbsita, seguido de semicristalitos de goethita e óxido de silício, apresentando característica de sólido com ausência de mesoporosidade, com baixos valores de área superficial total, diâmetro e volume de poros. As modificações químicas e físicas que ocorrem no material durante a calcinação são governadas, principalmente, pela desidratação das fases de hidróxidos de alumínio presentes, levando à formação das fases boehmita, hematita e alfa alumina, além de resultar em aumento na porosidade e na área superficial da bauxita. As bauxitas ativadas em meio ácido mostraram que as transformações sofridas no sólido estão diretamente relacionadas com a concentração da solução ácida utilizada e resultam em aumento da área superficial total, diâmetro e volume de poros.

Palavras-chave: ativação ácida, bauxita, calcinação.

Abstract

Brazil is one of the world's leading producers of bauxite. Little is known, however, about the chemical and mineralogical characteristics of Brazilian bauxite. The objective of this paper is to characterize bauxite in both natural and thermally and chemically activated forms. The transformations occurring during these two processes are described. The results show that the raw bauxite is basically composed of the mineral gibbsite, followed by semicrystallites of goethite and silicon oxide. Its characteristics are those of a solid without mesoporosity, with small total surface area and pore diameter and volume. The chemical and physical modifications that occur in the material during the calcination process are governed mainly by the dehydration of the aluminum hydroxides phases, leading to the formation of the boehmite, hematite and alpha alumina phases. Calcination results in an increase in the porosity and surface area of the bauxite as well as the appearance of the characteristics of mesoporous and thermally stable materials. The activation of bauxites in an acid medium showed that the transformations in the solid are directly related to the concentration of the acid solution used and result in an increase in the total surface area and pore diameter and volume.

Keywords: acid activation, bauxite, calcination.

INTRODUÇÃO

A bauxita é uma rocha residual composta, principalmente, de um ou mais tipos de hidróxido de alumínio (gibbsita, boehmita, diásporo), óxidos e hidróxidos de ferro, sílica, argilominerais, óxidos de titânio e traços de outros elementos [1]. Mais de 90 % da produção mundial de bauxita é utilizada para produção de alumina pelo processo Bayer; visando, principalmente, à redução ao alumínio metálico (85%). O restante da produção (10%) destina-se a vários setores de produtos não metálicos como: refratários, abrasivos, cimentos, químicos e fabricação de aço [2]. A concentração dos minerais de alumínio presentes na bauxita

varia dependendo da localização geográfica do minério. As bauxitas ricas em boehmita são encontradas em depósitos europeus (França e Grécia), enquanto que aquelas ricas em diásporos, na China, Hungria e Romênia. As bauxitas geologicamente mais novas possuem alto conteúdo de gibbsita, ocorrem em grandes depósitos em áreas de clima tropical como Jamaica, Brasil, Austrália, Guiné, Guiana, Suriname e Índia, e são as que apresentam maior interesse comercial [3]. As principais reservas de bauxita, perfazendo um total de 55 a 75 bilhões de toneladas, são encontradas na América do Sul (33%), África (27%), Ásia (17%) e Oceania (13%), sendo que as três maiores localizam-se na Guiné (1^a), no Brasil (2^a) e na Austrália (3^a) [4].

As bauxitas em seu estado natural não têm sido consideradas satisfatórias para a aplicação industrial. Desta forma faz-se necessário uma etapa de calcinação da bauxita “*in natura*” com os seguintes objetivos: obter a completa eliminação da água presente no minério e formar as fases alumina alfa e mulita, que aumentam a refratariedade, densidade e consistência do material [5].

Outro tratamento que pode ser empregado a fim de melhorar as propriedades químicas e texturais dos argilominerais é o tratamento químico, realizado por meio da ativação com ácidos inorgânicos. Esse tipo de tratamento de uma forma geral propicia o aumento da área específica do sólido, devido à desorganização da estrutura, pela eliminação de diversas impurezas minerais e pela criação de mesoporos. Além disso, ocorre a substituição de cátions alcalinos e/ou alcalinos-terrosos, presentes na estrutura cristalina ou como cátions intercalados trocáveis, por cátions hidroxônio, H_3O^+ [2, 6-7].

Estudos avaliaram o potencial catalítico da bauxita calcinada na reação de craqueamento termo-catalítico para produção de biocombustíveis a partir de óleo de soja [8]. Os resultados mostraram altos rendimentos em biocombustíveis líquidos e gasosos, que variaram de 77% a 79%, sendo a mistura formada composta por hidrocarbonetos, tais como alcanos, alcenos e aromáticos.

O objetivo deste trabalho é a caracterização da bauxita *in natura* de Poços de Caldas, MG, após ter sido submetida ao processo de calcinação e ao tratamento ácido, a fim de analisar as modificações químicas e físicas desenvolvidas na bauxita.

MATERIAIS E MÉTODOS

Foram estudadas as amostras de bauxitas *in natura* e calcinada fornecidas pela empresa Mineradora Curimbaba, Poços de Caldas, MG. No processo de calcinação realizado pela mineradora para obtenção da bauxita calcinada, emprega-se forno rotativo a aproximadamente 1100 °C. O tratamento ácido foi realizado na amostra de bauxita calcinada. Para os ensaios de ativação tratou-se uma quantidade de bauxita em ácido clorídrico a 10% (m/v) sob refluxo a 90 °C, durante 2 h. Utilizou-se solução de ácido clorídrico nas concentrações de 1,0 mol.L⁻¹ e 4,0 mol.L⁻¹. Os sólidos obtidos após esse tratamento foram lavados e posteriormente colocados para secar a 110 °C por 6 h.

Para efetuar quantificação dos principais metais nas bauxitas, utilizou-se a técnica de ICP-OES. As amostras foram processadas via úmida por digestão ácida e analisadas num espectrômetro de emissão ótica com visualização radial e axial (ICP-OES Perkin Elmer Optima 5300 DV). As linhas de emissão utilizadas (nm) foram escolhidas considerando sua maior sensibilidade e a ausência de interferências: Al (396,153), Si (251,611), Fe (238,204), Na (589,592), K (766,490), Ca (317,933) e Mg (285,213).

Os espectros de absorção na região do infravermelho foram obtidos em um espectrômetro de infravermelho com transformada de Fourier Bomen MB-Series. As amostras foram prensadas em pastilhas de KBr e analisadas em comprimentos de onda na faixa de 4000 a 400 cm⁻¹.

As curvas TG foram obtidas no equipamento Mettler Toledo, TGAS/DTA 851° de 25 °C até 1400 °C, massa de amostra de ~7 mg, cadinho de α -alumina de 140 μ L, e taxa de aquecimento de 15 °C.min⁻¹ em atmosfera de nitrogênio com um fluxo de 50 mL.min⁻¹.

As análises por difração de raios X foram feitas em um difratômetro Shimadzu DRX6000, com radiação K_{α} do cobre, varredura contínua em teta-2teta, com velocidade de 2 graus/min em intervalos de 0,02 grau e o intervalo de medida, em 2 θ , de 10° a 80°. Para interpretação dos resultados utilizou-se o banco de dados JCPDS para identificação das fases.

A área superficial específica, o volume total de poros, o diâmetro médio dos poros e a distribuição de tamanho de poros foram determinados por meio de dados de adsorção e dessorção de nitrogênio a diferentes pressões relativas na temperatura do nitrogênio líquido, em aparelho Micromeritics ASAP-2010.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela I apresenta a composição química das bauxitas estudadas obtida através das análises por ICP-OES.

A análise da bauxita *in natura* mostra que o percentual de alumínio é predominante sobre os outros elementos presente, indicando um material com boas propriedades refratárias [9]. O nível de Fe presente confere à bauxita coloração vermelha. Os demais compostos presentes apresentam concentração abaixo de 1%. Ca, Mg, Na e K são agentes fundentes e tendem a baixar a refratariedade. Para a amostra de bauxita calcinada verifica-se aumento nos percentuais de Al, Si e

Tabela I - Composição percentual dos principais elementos químicos presentes nas amostras de bauxita.
[Table I - Percentages of the chemical composition present in the bauxites samples.]

Amostra	Percentual em massa						
	Al	Si	Fe	Ca	Mg	K	Na
Bauxita “ <i>in natura</i> ”	28,32	5,07	4,90	0,04	0,01	0,23	0,11
Bauxita calcinada	35,88	6,01	5,77	0,08	0,02	0,32	0,10
Bauxita ativada com HCl 1 mol.L ⁻¹	35,31	6,48	5,97	0,08	0,02	0,36	0,11
Bauxita ativada com HCl 4 mol.L ⁻¹	33,77	9,78	0,47	0,11	0,02	0,32	0,13

Fe; isto se deve à eliminação de toda água de hidratação e constituição presente na bauxita *in natura* após o processo de calcinação. Os resultados da composição química das bauxitas ativadas com ácido mostram que a percentagem de dissolução de ferro e alumínio presente na bauxita depende da concentração da solução de ácido clorídrico utilizada. Como pode ser observado na Tabela I, a dissolução de ferro e de alumínio foram respectivamente de 91,85% e 5,88%, para a bauxita ativada em HCl 4 mol.L⁻¹, sendo que para a bauxita ativada em HCl 1 mol.L⁻¹ a dissolução de ferro não foi observada, ocorrendo apenas para o alumínio na proporção de 1,59%. Observa-se aumento do percentual de óxido de silício de 8,07% para a bauxita ativada em HCl 4 mol.L⁻¹ devido a alta solubilidade do ferro comparado ao silício.

Na remoção de ferro e alumínio presentes na bauxita tratada com ácido clorídrico, a percentagem de dissolução do ferro aumenta gradualmente de 10% a 98% com o aumento da concentração da solução ácida de 1,0 a 4,0 mol.L⁻¹, e alcança 100% numa concentração de 5 mol.L⁻¹ [10]. Em relação ao percentual de alumínio dissolvido a faixa encontra-se entre 5,2 a 6,9%.

As Figs.1 e 2 apresentam os espectros na região do infravermelho das bauxitas em estudo.

O espectro de infravermelho da bauxita *in natura* (Fig. 1a) apresenta bandas finas e de pequenas intensidades que aparecem nas frequências de 3696, 3624, 3533, 3455 e 3387 cm⁻¹. Tais bandas são atribuídas à deformação axial do grupo hidroxila de água adsorvida [ν_s (O-H)] e por ligação de hidrogênio fisicamente [ν (Al-OH)]. As bandas situadas em 1023, 968 e 913 cm⁻¹ são atribuídas à deformação angular do grupo hidroxila da fase gibbsita. No espectro da bauxita calcinada (Fig. 1b) verifica-se uma banda larga acima de 3000 cm⁻¹ referente às frequências vibracionais do grupo hidroxila da fase boehmita e as bandas de deformação angular da hidroxila em 1070, 768 e 589 cm⁻¹ dessa mesma fase [11-13].

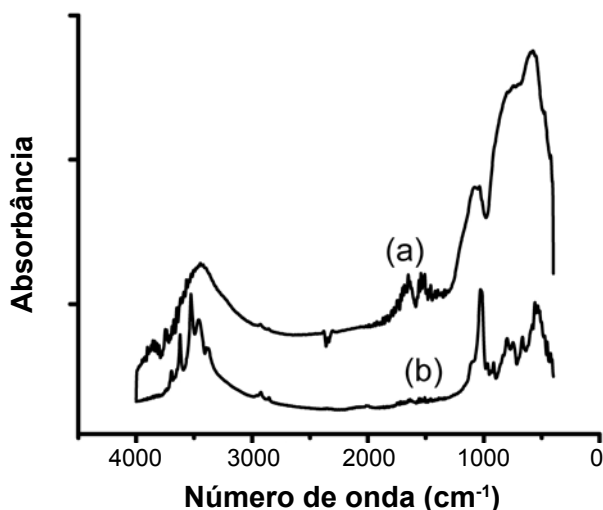


Figura 1: Espectros na região do infravermelho da bauxita *in natura* (a) e da bauxita calcinada (b).

[Figure 1: FTIR spectra of: raw bauxite (a) and calcined bauxite (b).]

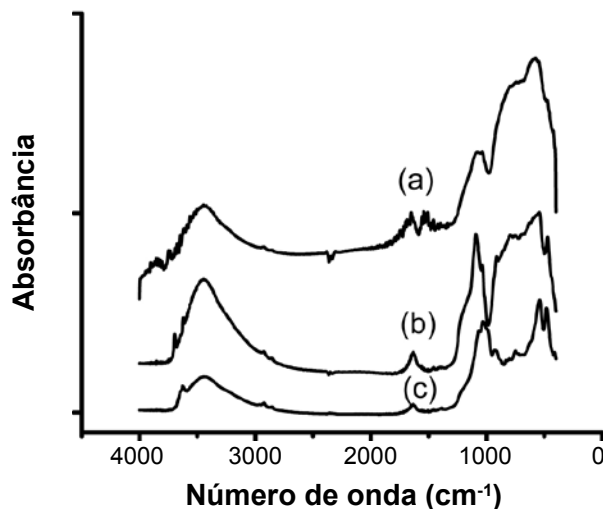


Figura 2: Espectros na região do infravermelho da bauxita calcinada (a) e das bauxitas ativadas em solução de ácido clorídrico 1,0 mol.L⁻¹ (b) e 4,0 mol.L⁻¹ (c).

[Figure 2: Infrared spectra of calcined bauxite (a) and bauxites activated in 1.0 mol.L⁻¹ (b) and 4.0 mol.L⁻¹ (c) HCl solutions.]

Nos espectros de absorção de infravermelho para bauxitas ativadas em solução de ácido clorídrico 1,0 mol.L⁻¹ e 4,0 mol.L⁻¹ (Fig. 2) observam-se as bandas intensas e largas referentes às frequências vibracionais do grupo hidroxila da fase boehmita em 1091, 783, 555 cm⁻¹ e acima de 3000 cm⁻¹ para a bauxita ativada com HCl 1,0 mol.L⁻¹, e para a bauxita ativada com HCl 4 mol.L⁻¹ em 1024, 743, 541 cm⁻¹ e acima de 3000 cm⁻¹. Essas bandas foram semelhantes às verificadas na amostra da bauxita calcinada sem tratamento ácido. Logo, a ativação ácida não promove modificações químicas em relação aos hidróxidos de alumínio da fase boehmita.

A Fig. 3 mostra as curvas TG da bauxita *in natura* (d), da bauxita calcinada (a) e das bauxitas ativadas em ácido clorídrico 1,0 mol.L⁻¹ (b) e 4,0 mol.L⁻¹ (c). Na curva TG da bauxita *in natura* observam-se três etapas de perda de massa. A primeira etapa, de 19,26%, na faixa de temperatura de 220

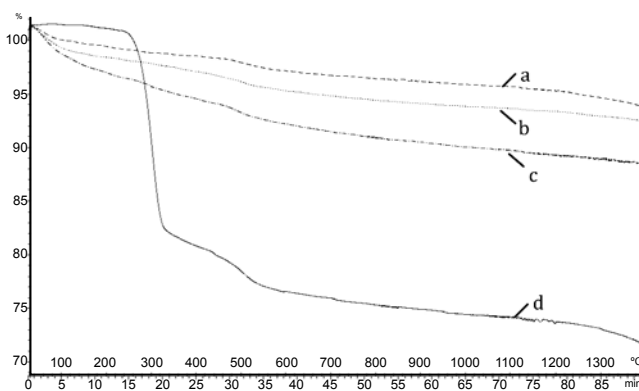


Figura 3: Curvas TG da bauxita calcinada (a), das bauxitas em solução de ácido clorídrico 1,0 mol.L⁻¹ (b) e 4,0 mol.L⁻¹ (c) e da bauxita *in natura* (d).

[Figure 3: TG curves of calcined bauxite (a), of bauxites in 1.0 mol.L⁻¹ (b) and 4.0 mol.L⁻¹ (c) HCl solutions, and of raw bauxite (d).]

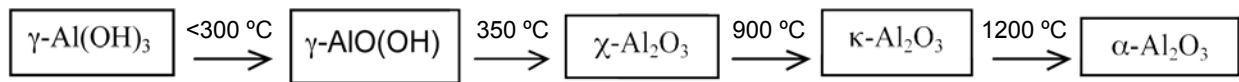


Figura 4: Etapas que acompanham a transformação da fase gibbsita em alumina alfa.

[Figure 4: The transformation of the gibbsite into alpha alumina phase occurs via solid state reactions.]

a 330 °C, corresponde ao início da transformação da fase gibbsita em boehmita através das perdas de hidroxilas na forma de água. Entre 330 e 520 °C, ocorre a segunda etapa de perda de massa de 3,83%, a qual se refere à desidroxilação da fase boehmita levando a formação de óxidos de alumínio metaestáveis. Na terceira etapa de perda de massa 5,40% ocorre a transformação destes óxidos de transição em alfa alumina via reações de estado sólido [11-13].

A sequência de reações que acompanham a transformação da fase gibbsita em alfa-alumina pode ser observada na Fig. 4. A bauxita calcinada e as bauxitas ativas com ácido clorídrico apresentam nas curvas TG pequena perda de massa de 2%, entre 460 a 500 °C, referente à conversão da fase boehmita - $\gamma\text{-AlO(OH)}$ - em óxido de alumínio metaestáveis através da desidroxilação. Acima de 950 °C os cristais de $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ aumentam de tamanho conduzindo à formação de $\delta\text{-Al}_2\text{O}_3$ e $\theta\text{-Al}_2\text{O}_3$ [9]. Aquecimento superior a 1000 °C produz $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$.

A Fig. 5 apresenta o difratograma de raios X da bauxita *in natura*. A análise mineralógica por difração de raios X da bauxita *in natura* revela que este material é bem cristalizado e constituído, principalmente, pela fase cristalina de gibbsita ($\gamma\text{-Al(OH)}_3$, JCPDS 07-0324), seguida de outras duas minoritárias de goethita ($\alpha\text{-FeO(OH)}$, JCPDS 17-0536) e óxido de silício (SiO_2 - JCPDS 87-2096). Assim sendo, a bauxita presente em Poços de Caldas, MG, corresponde a bauxita tipo gibbsítica, a qual é encontrada em regiões de clima tropical, como o Brasil, sendo a que apresenta maior interesse comercial [2-3, 10].

Os difratogramas de raios X da bauxita calcinada e das bauxitas ativada em ácido clorídrico 1,0 mol.L⁻¹ e 4,0 mol.L⁻¹,

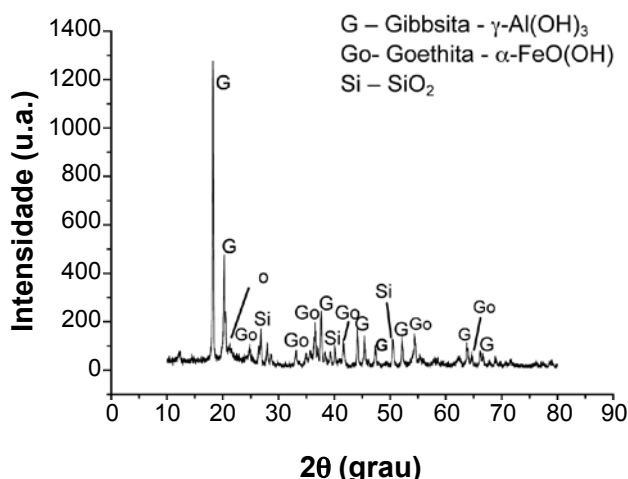


Figura 5: Difratograma de raios X da bauxita *in natura*.

[Figure 5: X-ray diffraction pattern of raw bauxite.]

estão representados na Fig. 6.

No difratograma da bauxita calcinada observam-se os picos referentes às fases boehmita ($\gamma\text{-AlO(OH)}$, JCPDS 83-2384) e alfa-alumina ($\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$, JCPDS 42-1468). Essas fases são formadas durante o processo de calcinação da bauxita *in natura*, no qual ocorrem transformações dos hidróxidos de alumínio presentes no minério através das perdas das hidroxilas levando a formação de óxidos de alumínio metaestáveis, e posteriormente formação da fase alfa alumina via reações de estado sólido [2]. No caso da bauxita calcinada presente em Poços de Caldas, MG, o material é composto principalmente pela fase boehmita em detrimento da fase alfa-alumina. Isto ocorre devido ao processo de calcinação utilizado pela empresa, que apesar da bauxita *in natura* ser calcinada em forno rotativo a temperatura de cerca de 1100 °C, essa temperatura é alcançada somente na superfície do sólido, enquanto que no interior deste a temperatura fica em torno de 600 °C. Observam-se os picos referentes ao óxido de ferro (Fe_2O_3 , JCPDS 85-0599), os quais se devem a transformação da fase goethita - $\alpha\text{-FeO(OH)}$ - em hematita - Fe_2O_3 - também pela eliminação das hidroxilas presentes. Verificam-se também os picos referentes ao óxido de silício (SiO_2 , JCPDS 87-2096). Acima de 1100°C começa a formar uma fase líquida, rica em SiO_2 e Fe_2O_3 [2]. Evidencia-se também que após a ativação ácida a bauxita sofre reduções das intensidades dos picos referentes aos óxidos de ferro e alumínio, o que é mais intenso para a amostra de bauxita ativada em ácido clorídrico 4,0 mol.L⁻¹, no qual os picos localizados em 2θ igual a 33°; 36°; 49°; 54°;

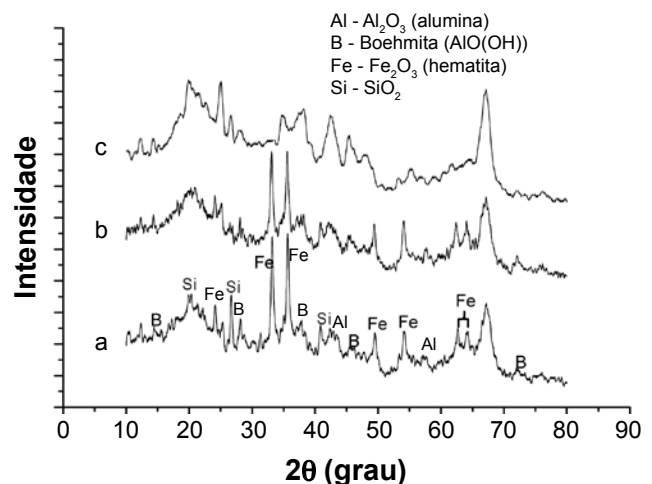


Figura 6: Difratogramas de raios X da bauxita calcinada (a) e das bauxitas ativada em solução de ácido clorídrico 1,0 mol.L⁻¹ (b) e 4,0 mol.L⁻¹ (c).

[Figure 6: X-ray diffraction patterns of: calcined bauxite (c), and of bauxites activated in 1.0 mol.L⁻¹ (b) and 4.0 mol.L⁻¹ (a) HCl.]

62° e 64°, correspondentes a fase hematita (Fe_2O_3 , JCPDS 85-0599), e os picos localizados em 2θ igual 28°, 37° e 72°, correspondentes a fase boehmita ($\gamma\text{-AlO(OH)}$, JCPDS 83-2384), reduziram significativamente. Isso ocorre devido à dissolução de ferro e do alumínio em ácido clorídrico, diminuindo assim o teor destes óxidos no material após a lixiviação ácida.

A Fig. 7 ilustra as isotermas de adsorção/dessorção de N_2 obtidas das bauxitas estudadas. Observa-se que a isoterma de adsorção/dessorção de N_2 da bauxita “*in natura*” (Fig. 7a) apresentou comportamento de curva típico de sólido que não apresenta mesoporosidade. Enquanto que as isotermas obtidas para a bauxita calcinada e para as bauxitas tratadas com ácido clorídrico (Figs. 7b-d) apresentam comportamento de isoterma do tipo IV. Este tipo de isoterma é característico de materiais mesoporos (poros intermediários entre 2 a 50 nm). Observa-se o formato loop de histerese, fenômeno associado à condensação e evaporação capilar do gás nos poros, o que é observado neste tipo de isoterma. Verifica-se que a forma desta histerese é do tipo H3, a qual corresponde a materiais que apresentam poros com formato de cunha,

cones ou placas paralelas [14].

Algumas características texturais dos materiais como a área superficial, volume, área e tamanho de poros, podem ser obtidas através de isotermas de adsorção e dessorção de N_2 . O método BET foi utilizado para o cálculo de área superficial. Este método consiste em obter a capacidade da monocamada, isto é, a quantidade de substância que cobriria toda superfície com uma monocamada adsorvida, a partir das isotermas de adsorção física, determinadas experimentalmente [14]. Para determinação do volume de poros e diâmetro médio de poros foi empregado o modelo BJH. A Tabela II apresenta os resultados da análise textural das bauxitas em estudo.

Pelos valores encontrados na Tabela II observa-se que a bauxita *in natura* apresenta baixo valor de área superficial total (10,24 m^2/g), o qual está relacionado com o baixo volume de microporos. O resultado do valor de área superficial total calculado pelo modelo de BET da bauxita *in natura* é consistente com o valor de bauxitas encontradas em varias regiões do Brasil, que é em média 16,55 m^2/g [15]. Verifica-se aumento de doze vezes na área superficial total

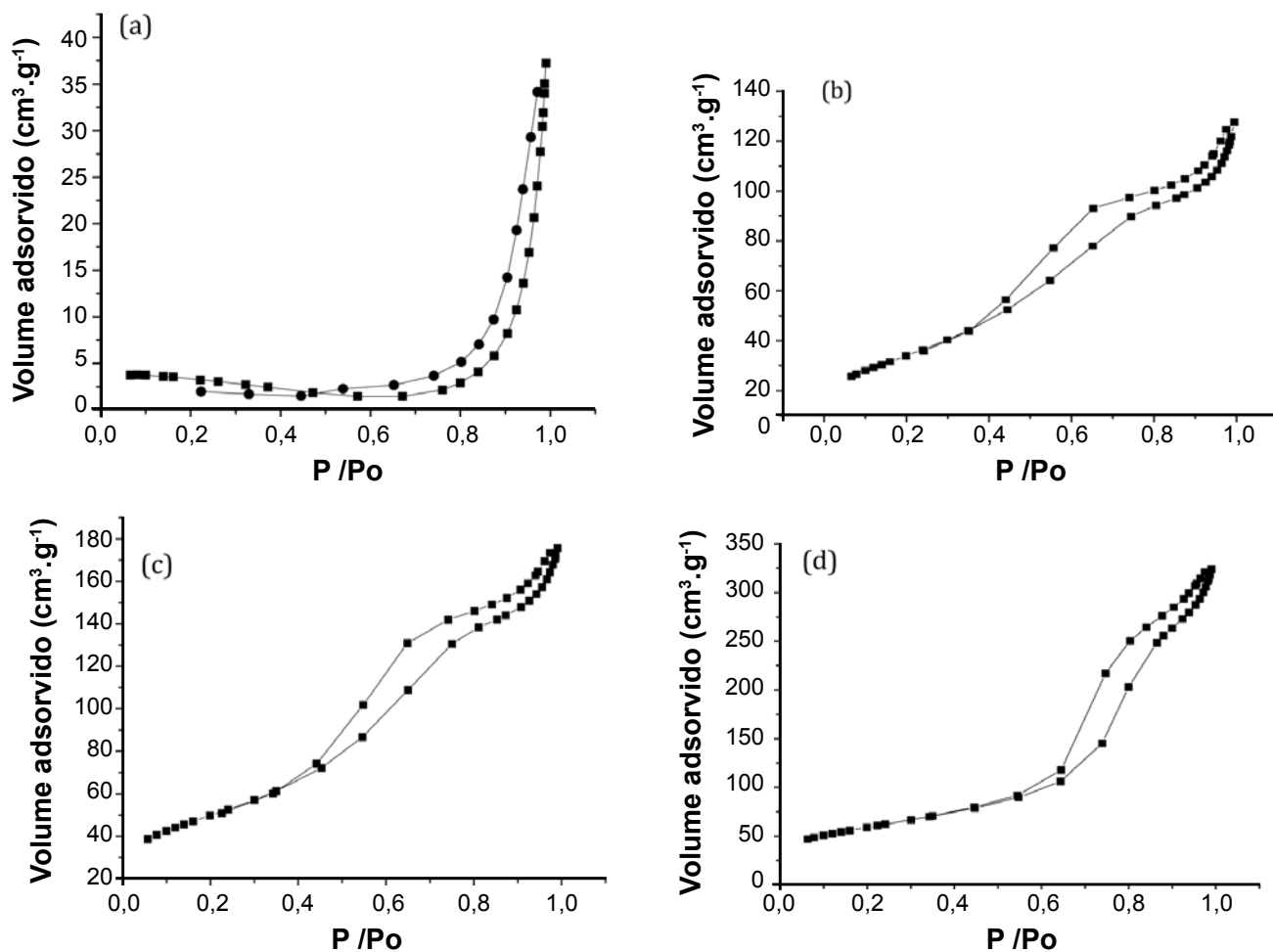


Figura 7: Isotermas de adsorção/dessorção de N_2 da bauxita “*in natura*” (a), da bauxita calcinada (b) e das bauxitas ativadas em solução aquosa de HCl 1,0 mol.L^{-1} (c) e 4,0 mol.L^{-1} (d).

[Figure 7: N_2 adsorption/desorption isotherms for raw bauxite (a), calcined bauxite (b) and for bauxites activated in an aqueous solution of 1.0 mol.L^{-1} (c) and 4.0 mol.L^{-1} HCl (d).]

Tabela II - Resultados de análise textural da bauxita “*in natura*”, bauxita calcinada e das bauxitas ativadas com ácido clorídrico.

[Table II - Results of the textural analysis of raw bauxite, thermally activated calcined bauxite and of the bauxites activated with hydrochloric acid.]

Amostra	Área superficial total (m ² /g)	Diâmetro de poros (nm)	Volume de poros (cm ³ /g)
Bauxita “ <i>in natura</i> ”	10,24	0,03	0,06
Bauxita calcinada	124,77	5,64	0,21
Bauxita ativada com HCl 1 mol.L ⁻¹	178,75	5,85	0,29
Bauxita ativada com HCl 4 mol.L ⁻¹	211,28	9,21	0,51

e de aproximadamente quatro vezes no volume de poros da bauxita calcinada em relação à bauxita *in natura*. No processo de ativação térmica da bauxita as modificações físicas e químicas que ocorrem na estrutura do sólido são governadas principalmente pela desidratação das fases de hidróxidos de alumínio presentes [gibbsita γ -Al(OH)₃ e boemita γ -AlO(OH)₃] [11], que resulta na formação de finos capilares na estrutura do sólido causando um aumento na porosidade e na área superficial. A partir dos resultados pode-se observar que o tratamento ácido imposto à bauxita calcinada aumentou a área superficial total das bauxitas tratadas, sendo que o aumento para a bauxita ativada com HCl 1 mol.L⁻¹ e 4 mol.L⁻¹ foi de, respectivamente, 43% e 69%. Também se verifica aumento no diâmetro e volume de poros, e este aumento é mais pronunciado na ativação em solução ácida mais concentrada. Estas modificações na característica textural da bauxita, observada após a ativação ácida, deve-se à desorganização da estrutura, pois ocorre substituição dos íons interlamelares por íon H₃O⁺, provável dissolução de impurezas e quebra de ligações químicas [10, 16]. Todas estas modificações causam o aumento da área superficial e do volume de poros.

CONCLUSÕES

O estudo de caracterização da bauxita presente em Poços de Caldas, MG, na região sudeste do Brasil, mostrou que o sólido apresenta altos teores de alumínio, acima de 50% para bauxita *in natura* e teor próximo de 70% para bauxita calcinada, indicando um material com boas propriedades refratárias. Ferro e silício estão presentes em baixos percentuais; e cálcio, magnésio, potássio e sódio foram determinados em níveis de traços. O alumínio está presente na bauxita *in natura* na fase cristalina de gibbsita [γ -Al(OH)₃] e o ferro na fase cristalina de goethita [α -FeO(OH)], os quais são convertidos em fases de óxido metaestáveis de alumínio e ferro com o processo de calcinação. Em relação ao silício, esse se encontra na forma de óxido de silício (SiO₂), tanto

para a bauxita *in natura* quanto para a bauxita calcinada. Com relação às propriedades texturais da bauxita *in natura* verifica-se característica de sólido com ausência de mesoporosidade, com baixos valores de área superficial total, diâmetro e volume de poros. Entretanto, o processo de calcinação proporcionou aumento considerável de área superficial, tamanho e volume de poros, além de mudanças na característica do sólido para mesoporoso, com poros no formato de cunhas, cones ou placas paralelas. O processo de ativação ácida da bauxita calcinada proporcionou aumento da área superficial total e do volume e diâmetro dos poros, sendo que esse acréscimo foi proporcional ao aumento da concentração de ácido, pois em concentrações mais altas de ácido maiores proporções de íons ferro são trocados por H⁺. Assim, a ativação ácida da bauxita pode ser aplicada em sínteses ou processos de adsorções que requeiram melhores características de poros.

AGRADECIMENTOS

À FINEP pelo suporte financeiro, à FUNAPE pela gestão dos recursos financeiros e à Mineradora Curimbaba Ltda. pela concessão das bauxitas.

REFERÊNCIAS

- [1] P. S. Santos, Ciência e Tecnologia de Argilas, Editora Edgar Blücher Ltda, 2nd Ed., vol. 1, S. Paulo, SP (1989) 45.
- [2] C. Pascoal, V. C. Pandolfelli, Cerâmica **46**, 298 (2000) 76.
- [3] V. R. L. Constantino, K. Araki, D. O. Silva, W. Oliveira, Química Nova **25**, 3 (2002) 490.
- [4] IBRAM - Instituto Brasileiro de Mineração - < <http://www.ibram.org.br> >, acessado em 04/03/2008.
- [5] T. F. Aquino, Beneficiamento químico da bauxita de Santa Catarina, Diss. Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, SC (2007) 125.
- [6] M. J. C. Rezende, Uso de argila brasileira como catalisador na produção de biodiesel, Tese Dr., Universidade Federal do Rio de Janeiro, RJ (2006) 129.
- [7] C. Fernandes, C. Catrinescu, P. Castilho, P. A. Russo, M. R. Carrott, C. Breen, Appl. Catalysis A: Gen. **318** (2007) 108.
- [8] C. M. R. Prado, N. R. Antoniosi Filho, J. Anal. Appl. Pyrolysis **86** (2009) 338.
- [9] J. E. A. Piluski, D. Hotza, Química Nova **31**, 3 (2008) 1165.
- [10] B. R. Reddy, S. K. Mishra, G. N. Banerjee, Hydrometallurgy **51**, 1 (1999) 131.
- [11] H. S. Altundogan, F. Tümen, J. Chem. Technol. and Biotechnol. **78**, 7 (2003) 824.
- [12] S. S. Baral, S. N. Das, P. Rath, G. R. Chaudhury, Biochem. Eng. J. **34**, 1 (2007) 69.
- [13] J. T. Klopogge, H. D. Ruan, R. L. Frost, J. Mater. Sci. **37**, 6 (2002) 1121.
- [14] F. Rouquerol, J. Rouquerol, K. Sing, Adsorption by Powders & Porous Solids – Principles, Methodology and Applications, Academic Press, Londres, Inglaterra (1999) 155.

[15] L. R. S. Villar, *Estudo do adensamento e ressecamento de resíduos de mineração e processamento de bauxita*, Tese Dr., PUC-Rio de Janeiro, RJ (2002) 133.

[16] F. R. D. Dias, P. S. Santos, Química Nova **24**, 3 (2001) 345.
(Rec. 14/12/2010, Rev. 08/08/2011)