

## O SISTEMA $Al_2O_3 - Al(OH)_3$ E SUA UTILIZAÇÃO NA PREPARAÇÃO DE ESTRUTURAS POROSAS: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A. Damasceno, L. Fernandes, L. Sousa, V. Arantes, R. Salomão.

G. Pesquisa “Soluções Integradas em Manufatura e Materiais Cerâmicos”(SIMMaC)  
Departamento de Engenharia de Materiais, Escola de Engenharia de São Carlos  
Avenida Trabalhador São-Carlense 400, 13560-970 São Carlos, SP, Brasil.  
[anne.damasceno@usp.br](mailto:anne.damasceno@usp.br) ou [rafaelasalomao@sc.usp.br](mailto:rafaelasalomao@sc.usp.br)

### RESUMO

*A combinação de óxido e hidróxido de alumínio ( $Al_2O_3$  e  $Al(OH)_3$ , respectivamente), apresenta grande interesse tecnológico, devido seu potencial de uso em diversas aplicações. Dentre elas, destacam-se: i) produção de alumina reativa; ii) fabricação de suportes catalíticos e iii) estruturas porosas para isolamento térmico e filtração. O interesse nesse sistema tem crescido nas últimas décadas também por possuir matérias primas com custo competitivo e facilidade de processamento, utilizando as rotas baseadas em suspensões coloidais. Este trabalho apresenta uma revisão da literatura sobre o sistema  $Al_2O_3-Al(OH)_3$ , enfatizando suas principais vantagens para uso em estruturas porosas e seu potencial de aplicação em outras áreas. São explorados também os mecanismos de decomposição térmica do hidróxido de alumínio e das variáveis envolvidas na obtenção de diferentes fases da alumina, através do processo Bayer. As principais limitações encontradas no uso deste sistema em estruturas porosas para isolamento térmico em temperaturas acima de 1200°C também são exploradas.*

*Palavras-chave: Óxido de Alumínio, Hidróxido de Alumínio, Estruturas porosas, Decomposição de hidróxido de alumínio.*

### 1.0 INTRODUÇÃO

#### 1.1 O sistema $Al_2O_3-Al(OH)_3$ : Considerações Gerais

O sistema  $Al_2O_3-Al(OH)_3$  é de grande importância tecnológica, pois apresenta potencial para ser empregado em várias áreas. Dentre as diversas aplicações encontradas na literatura destacam-se: i) A produção de aluminas de alta reatividade por meio da calcinação controlada do hidróxido de alumínio <sup>(1)</sup>; ii) estruturas porosas para filtração de gases e líquidos em altas temperaturas <sup>(2)</sup> e iii) estruturas porosas para isolamento térmico <sup>(3)</sup>. Outra consideração importante é que esses compostos

apresentam aplicações técnicas isoladamente. O hidróxido de alumínio, por exemplo, é utilizado como antichama para polímeros <sup>(4)</sup> e o óxido de alumínio pode ser usado em refratários abrasivos e como Microesferas para fraturas hidráulicas (ou propantes) na prospecção de petróleo e gás natural <sup>(5)</sup>.

Esse sistema desperta grande interesse, especialmente para a produção de cerâmicas porosas e com alta área superficial. Tal interesse se deve à facilidade de processamento (quando se utiliza rotas baseadas em suspensões coloidais), à alta refratariedade da fase  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ , custos competitivos e uma variedade de produtores. Além disso, quando o  $\text{Al}(\text{OH})_3$  é submetido a altas temperaturas ( $> 200^\circ\text{C}$ ), a intensa desidroxilação do hidróxido de alumínio leva à formação de diversos compostos de transição ( $\chi$ -;  $\kappa$ -;  $\eta$ -;  $\gamma$ -;  $\delta$ -;  $\theta$ -  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), que também apresentam aplicações técnicas <sup>(6-7)</sup>. Essas transformações de fases são acompanhadas de contração volumétrica, que são responsáveis pela geração de poros na estrutura.

## 1.2 O beneficiamento das matérias primas

Existem três fontes naturais de alumínio, a bauxita, o feldspato e a mica, entretanto a bauxita é a mais explorada, já que não existem métodos simples ou economicamente viáveis para extração de alumínio do feldspato e da mica. A bauxita é um mineral rico em alumínio, constituída por uma mistura de minerais de alumínio, onde os mais importantes são a gibsitita  $\gamma\text{-Al}(\text{OH})_3$ , e os polimorfos diásporo ( $\alpha\text{-AlO}(\text{OH})$ ) e boemita ( $\gamma\text{-AlO}(\text{OH})$ ), também conhecidos como oxi-hidróxidos de alumínio <sup>(8-10)</sup>. É encontrada em grandes depósitos em áreas de clima tropical, sendo que as principais reservas são encontradas na América do Sul (33%) e perfazem um total de 55 a 75 bilhões de toneladas. Cerca de 85 a 90% da produção mundial da bauxita é usada na obtenção da alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) que é, então, destinada à indústria do alumínio metálico. Os 10 a 15% restantes têm ampla aplicação industrial para a manufatura de materiais refratários, abrasivos, produtos químicos, cimento com alto teor de alumina e outros <sup>(8-10)</sup>. Além da demanda, a facilidade de exploração devido as jazidas serem encontradas próximas da superfície torna a extração de hidróxido de alumínio da bauxita um dos processos mais viáveis industrialmente:

O beneficiamento do hidróxido para fins comerciais é feito principalmente por meio do processo Bayer, mas existem outras rotas, como: I) Reações entre soluções

aquosas de sais de alumínio com hidróxidos alcalinos; II) Hidrólise de soluções aquosas supersaturadas de aluminato de sódio ou potássio; III) Precipitação de sais de alumínio em meio homogêneo, por substâncias que consomem cátions  $H_3O^+$  do meio ou liberam ânions  $OH^-$  por hidrólise a quente; IV) V) Hidrólise de compostos organometálicos de alumínio (Ex: isopropóxido de alumínio e VI) Reação de alumínio amalgamado com água ou com solução aquosa de alguns compostos orgânicos <sup>(8)</sup>.

A alumina também existe de forma natural na Bauxita, mas também pode ser obtida artificialmente através da calcinação controlada do hidróxido de alumínio. O processo de transformação é irreversível, e dependendo do tratamento térmico, diferentes fases de aluminas sintéticas podem ser formadas <sup>(6-7)</sup>.

### 1.2.1 Processo Bayer na obtenção de Hidróxido e óxido de alumínio

No processo Bayer, o estágio inicial é denominado digestão e envolve a moagem da bauxita, seguida pela digestão com uma solução cáustica de hidróxido de sódio (NaOH) sob condições moderadas de pressão e temperatura (~70-90°C) (Equação A) Os constituintes gibbsita ( $\gamma-Al(OH)_3$ ), boehmita ( $\gamma-AlO(OH)$ ) e diaspório ( $\alpha-AlO(OH)$ ), presentes na bauxita, então se dissolvem em solução de hidróxido de sódio (NaOH), diferentemente da maioria dos demais constituintes (Impurezas como  $SiO_2$ ,  $Fe_2O_3$ , e  $TiO_2$ ) <sup>(9-10)</sup>.

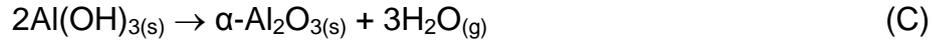


Após a digestão, inicia-se a clarificação. Esta é uma das etapas mais importantes do processo, pois é nela que a solução de NaOH é filtrada para a remoção das impurezas solidas. Em seguida, a solução é resfriada para promover a precipitação do  $Al(OH)_3$  (Equação B).



A calcinação é a etapa final do processo e geralmente é feita em fornos rotativos com elementos de moagem. Nessa etapa o hidróxido é submetido a

temperaturas próximas de 1200°C, para desidroxilar os cristais e formar cristais de  $\alpha$ -alumina (Equação C) <sup>(9)</sup>.



A Figura 1 ilustra o esquema simplificado desse processo.

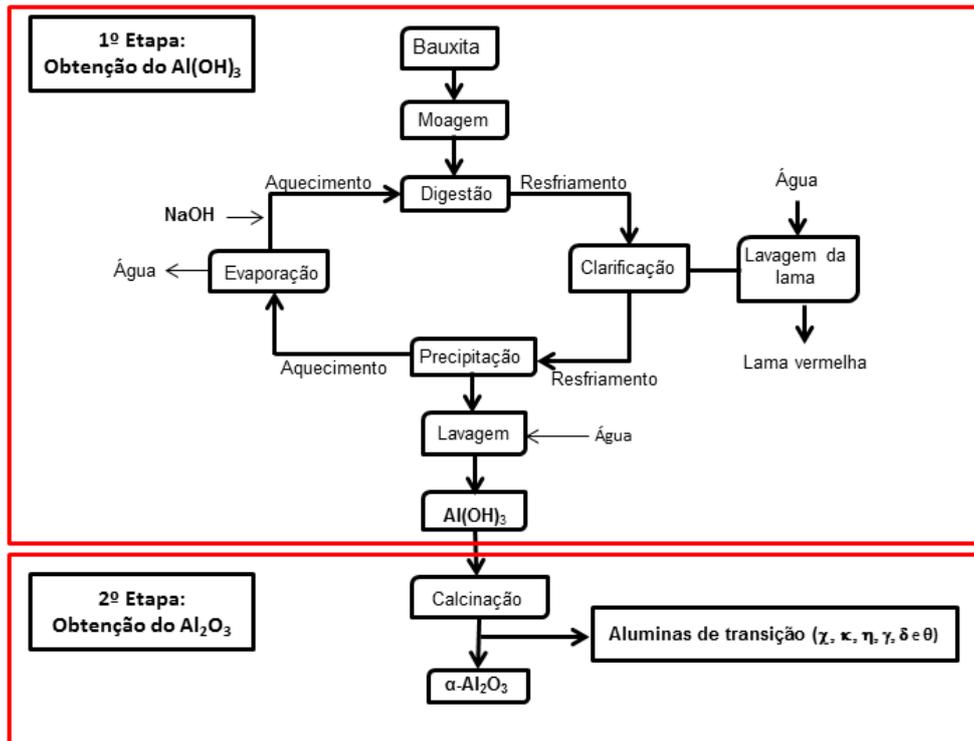


Figura 1: Diagrama simplificado do processo Bayer para obtenção de hidróxido de alumínio e alumina a partir da bauxita. Adaptado da referência 10.

### 1.3 Características das matérias primas

#### 1.3.1 Hidróxido de Alumínio ( $\text{Al}(\text{OH})_3$ )

São conhecidos na literatura cinco tipos de hidróxidos de alumínio cristalino que podem ser encontrados na natureza ou obtidos artificialmente. Desses hidróxidos, três possuem três hidroxilas: gibsite, baierita e nordstrandita e dois possuem apenas uma hidroxila: diásporo e boemita. Existem dois sistemas de nomenclatura para identificar cada um desses hidróxidos: o sistema Alcoa, que é usado nos Estados Unidos e o sistema Weiser-Milligan que é adotado na literatura

européia <sup>(11)</sup>. A Tabela 1 identifica as diferentes formas do hidróxido de alumínio segundo os dois sistemas de nomenclatura.

Tabela 1: Nomenclatura dos hidróxidos de alumínio.

Mineral	Sistema Alcoa	Sistema Weiser e Milligan
Gibbsite	$\alpha\text{-Al(OH)}_3$	$\gamma\text{-Al(OH)}_3$
Baierite	$\beta\text{-Al(OH)}_3$	$\alpha\text{-Al(OH)}_3$
Nordstrandite	-	-
Diaspore	$\alpha\text{-AlO(OH)}$	$\gamma\text{-AlO(OH)}$
Boehmite	$\beta\text{-AlO(OH)}$	$\alpha\text{-AlO(OH)}$

### 1.3 A -Tri-hidróxidos de alumínio

Os três tri-hidróxidos de alumínio possuem fórmula química  $\text{Al(OH)}_3$ , porém com estruturas cristalinas diferentes, como será visto a seguir.

#### I - Gibbsite

Foi encontrado no século XIX por Dawey <sup>(12)</sup> e denominado gibbsite em homenagem ao mineralogista americano George Gibbs. É um dos principais constituintes da bauxita e constitui um importante produto industrial, utilizado como produto intermediário na manufatura de alumina, além de outras aplicações. Sua obtenção comercial é feita sinteticamente por meio do processo Bayer, como já discutido anteriormente. Possui estrutura cristalina monoclinica com parâmetros de rede  $a = 8,62 \text{ \AA}$ ,  $b = 5,06 \text{ \AA}$  e  $c = 9,73 \text{ \AA}$ , ângulos  $\alpha=\gamma=90^\circ$  e  $\beta=94,23^\circ$ , densidade igual a  $2,45 \text{ g.cm}^{-3}$  e o empilhamento das camadas de O-H pode ser descrito como AB-BA <sup>(6,13-17)</sup>.

#### II- Baierite

Produto sintético, raramente encontrado na natureza, descoberto em 1925 por Bohm e denominada de baierite por Frick em 1928. Essa denominação foi dada por acreditar que a baierite era um produto proveniente do processo Bayer. Esse engano foi posteriormente reconhecido, porém o nome persiste até os dias atuais. Normalmente a baierite é usada na manufatura de catalizadores e em outras

aplicações que necessitam de hidróxido de alumínio de alta pureza e isento de sódio. Apresenta estrutura cristalina monoclinica com parâmetros de rede  $a = 5,062 \text{ \AA}$ ,  $b = 8,671 \text{ \AA}$  e  $c = 4,713 \text{ \AA}$ , ângulos  $\alpha=\gamma=90^\circ$  e  $\beta=90,27$  e densidade igual a  $2,5 \text{ g.cm}^{-3}$ . Nesse caso, a coordenação dos oxigênios é similar aquela da gibsitita, mas a distribuição dos átomos de hidrogênio é diferente, resultando em uma sequencia de empilhamento AB-AB das camadas de O-H <sup>(6,13)</sup>.

### III- Nordstrandita

Van Nordstrand e colaboradores mostraram em um experimento de difração de raios X que este tri-hidróxido apresenta padrão de difração diferente da baierita e da gibsitita. Desta forma, esse mineral foi denominado de Nordstrandite em homenagem ao seu descobridor <sup>(18)</sup>. Apresenta estrutura cristalina triclinica com parâmetros de rede  $a = 5,082 \text{ \AA}$ ,  $b = 5,127 \text{ \AA}$  e  $c = 4,980 \text{ \AA}$  e ângulos  $\alpha=93,67^\circ$ ;  $\gamma=70,27^\circ$  e  $\beta=118,92^\circ$  <sup>(18)</sup>.

### 1.3B - Mono-hidróxidos de alumínio

Os dois mono-hidróxidos são descritos pela fórmula química  $\text{AlO(OH)}$ .

#### I – Diásporo

É um dos componentes da Bauxita, presente principalmente nos depósitos mais antigos formados sob altas pressões e elevadas temperaturas. Sinteticamente, é produzido por meio de síntese hidrotérmica acima de  $400^\circ\text{C}$ , o que torna a sua produção de pouco interesse industrial, devido ao custo elevado. Apresenta estrutura cristalina ortorrômbica com parâmetros de rede  $a = 4,396 \text{ \AA}$ ,  $b = 9,426 \text{ \AA}$  e  $c = 2,844 \text{ \AA}$  e densidade igual a  $3,38 \text{ g.cm}^{-3}$  <sup>(6,19)</sup>.

#### II – Boemita

É normalmente encontrado na natureza como um dos principais constituintes da Bauxita do mediterrâneo. É frequentemente usada como precursor de aluminas empregadas na manufatura de catalizadores. Sua estrutura cristalina consiste no

empacotamento cúbico das camadas de íons oxigênio com cátions de alumínio intercalados entre as camadas adjacentes. A distribuição de átomos de hidrogênio resulta em uma célula unitária ortorrômbica. Os parâmetros de rede são  $a=2,861\text{Å}$ ,  $b=3,696\text{Å}$  e  $c=12,26\text{Å}$  e densidade igual a  $3,08\text{ g.cm}^{-3}$  (6-7).

### 1.3.2 Alumina calcinada ( $\alpha$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$ )

A forma mais estável do óxido de alumínio em todas as temperaturas é a  $\alpha$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$  ou coríndon. Ela possui densidade da ordem de  $4\text{ g.cm}^{-3}$  e apresenta estrutura cristalina romboédrica, com parâmetros de rede  $a = b = 4,759\text{ Å}$  e  $c = 1,299\text{ Å}$  (6-7), compreendendo uma rede hexagonal de empacotamento onde os íons  $\text{Al}^{3+}$  estão ordenados simetricamente em dois terços dos interstícios octaedrais. Por ser um material de dureza elevada é bastante utilizado como abrasivo e sua natureza refratária faz com que esse material seja um dos mais utilizados em cerâmicas de engenharia.

### 1.3.3 Aluminas metaestáveis ou de transição

As aluminas metaestáveis, também conhecidas como aluminas de transição, são obtidas a partir da desidroxilação parcial ou muito rápida do  $\text{Al}(\text{OH})_3$  em temperaturas acima de  $200^\circ\text{C}$  (6-7). Existem vários mecanismos para obtenção de alumina, dependendo do material precursor (6). A Tabela 2 apresenta algumas seqüências de transformações visando a obtenção de diferentes fases da alumina.

Tabela 2: Sequência de transformação de fases de alguns precursores para obtenção de diferentes fases da alumina.

Precursores	Mecanismos de transformação
$\alpha$ -AlOOH (diásporo)	$\alpha$ -AlOOH $\xrightarrow{700-800\text{ }^\circ\text{C}}$ $\alpha$ -Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
$\gamma$ -Al(OH) <sub>3</sub> (gibbsita)	$\gamma$ -Al(OH) <sub>3</sub> $\xrightarrow{150-300\text{ }^\circ\text{C}}$ $\chi$ $\xrightarrow{650-750\text{ }^\circ\text{C}}$ $\kappa$ $\xrightarrow{1000\text{ }^\circ\text{C}}$ $\alpha$ -Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
5Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .H <sub>2</sub> O (tohdite)	5 Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . H <sub>2</sub> O $\xrightarrow{700-800\text{ }^\circ\text{C}}$ $\kappa'$ $\xrightarrow{750\text{ }^\circ\text{C}}$ $\kappa$ $\xrightarrow{900\text{ }^\circ\text{C}}$ $\alpha$ -Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
$\gamma$ -AlOOH (boemita)	$\gamma$ -AlOOH $\xrightarrow{300-500\text{ }^\circ\text{C}}$ $\gamma$ $\xrightarrow{700-800\text{ }^\circ\text{C}}$ $\delta$ $\xrightarrow{900-1000\text{ }^\circ\text{C}}$ $\theta$ $\xrightarrow{1000-1100\text{ }^\circ\text{C}}$ $\alpha$ -Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
$\alpha$ -Al(OH) <sub>3</sub> (bayerite)	$\alpha$ -Al(OH) <sub>3</sub> $\xrightarrow{200-300\text{ }^\circ\text{C}}$ $\eta$ $\xrightarrow{600-800\text{ }^\circ\text{C}}$ $\theta$ $\xrightarrow{1000-1100\text{ }^\circ\text{C}}$ $\alpha$ -Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>

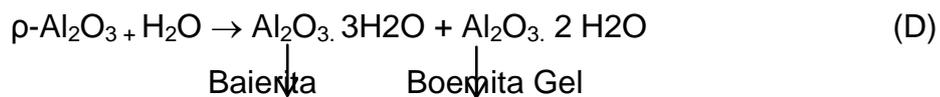
As diferenças nas sequências de transformação de fases são normalmente atribuídas às variações na estrutura dos precursores. Vale destacar que as faixas de temperaturas de transformação das fases são aproximações e dependem, entre outros fatores, da granulometria, quantidade de impurezas, tamanho do cristal e do tratamento térmico realizado no precursor <sup>(6)</sup>. A Tabela 3 apresenta as características físico-químicas das aluminas de transição.

Tabela 3: Estruturas cristalinas e densidades das aluminas de transição.

Fase Cristalina	Estrutura cristalina	Eixo a (Å)	Eixo b (Å)	Eixo c (Å)	Ângulos (°)	Densidades (g.cm <sup>-3</sup> )
Chi ( $\chi$ )	Hexagonal	5,57	5,57	8,64	90 e 120	3,98
Eta ( $\eta$ )	Cúbica	7,90	7,90	7,90	90	3,65-3,67
Gama ( $\gamma$ )	Tetragonal	5,62	5,62	7,80	90	3,6-3,65
Delta ( $\delta$ )	Tetragonal	7,94	7,94	23,5	90	3,6-3,65
Kapa ( $\kappa$ )	Hexagonal	9,70	9,70	1,78	90 e 120	3,98
Teta ( $\theta$ )	Monoclínica	11,24	5,72	11,74	103,33	3,6-3,65

As aluminas de transição também apresentam grande interesse tecnológico. Devido apresentar partículas finas, com alta área superficial e atividade catalítica, tem potencial de aplicação em revestimentos, abrasivo suave e como material absorvente. Essas propriedades têm motivado o estudo e caracterização dessas aluminas com relação ao mecanismo de desidroxilação e transformação de fases, porosidade, área superficial específica, reatividade química e estrutura de defeitos cristalinos <sup>(6)</sup>.

Outra alumina de transição bastante utilizada em concretos refratários é a  $\rho$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$ , também chamada de alumina hidratável e algumas vezes considerada como uma mesofase da alumina. Ela pode ser produzida ou pela desidratação da gibsita em  $600^\circ\text{C}$  em vácuo ou pela desidratação da gibsita em curto contato com um jato de ar quente em temperaturas entre  $600$  e  $900^\circ\text{C}$ . Sua principal aplicação é como ligante hidráulico em concretos refratários ou matrizes cerâmicas, preparadas como suspensões aquosas, através da equação D <sup>(20-21)</sup>.



## 2. CERÂMICAS POROSAS NO SISTEMA $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Al}(\text{OH})_3$

Estruturas porosas podem ser obtidas a partir da sinterização de misturas de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  e  $\text{Al}(\text{OH})_3$ . Devido a vários fenômenos de desidroxilação, retração volumétrica e sinterização simultâneos, diversos níveis de porosidade, resistência mecânica e área superficial específica podem ser obtidos variando-se essas condições. A elevada refratariedade e resistência química desse sistema tem grande apelo tecnológico e motivou diversos estudos, descritos a seguir.

### 2.1 Influência da concentração de hidróxidos na porosidade total e resistência mecânica

Diversos pesquisadores tem estudado o efeito da concentração de hidróxidos para geração de poros em uma matriz cerâmica <sup>(1,22-24)</sup>. A maioria observou que o aumento da concentração de hidróxido pode gerar altos níveis de porosidades (> 50%). A temperatura de sinterização também influencia na porosidade total, Pois para um mesmo teor de  $\text{Al}(\text{OH})_3$ , amostras sinterizadas em temperaturas diferentes apresentam níveis de porosidade totais distintos. A  $1500^\circ\text{C}$  níveis inferiores de porosidade são alcançados, já que nessa temperatura ocorre uma sequência de transformação de fases da alumina. Uma dessas transformações origina a alumina alfa, que possui maior densidade que suas precursoras, gerando uma diminuição na área superficial específica e conseqüentemente diminuição da porosidade.

A porosidade é fundamental na fabricação de cerâmicas para isolamento térmico, pois possui como característica principal a capacidade de inibir a troca de calor entre duas regiões submetidas a temperaturas diferentes. Porém, usualmente essas cerâmicas são materiais frágeis, e suas propriedades mecânicas são inferiores os seus materiais densos correspondentes <sup>(1)</sup>. Desta forma, melhorar a resistência mecânica das cerâmicas porosas se tornou um grande desafio para aumentar sua confiança em aplicações estruturais. As propriedades mecânicas das cerâmicas porosas estão relacionadas com fatores como: i) fração volumétrica de poros, ii) estrutura dos poros e iii) ligação entre os grãos da matriz. Portanto, aprimorar a estrutura dos poros representa uma maneira efetiva de melhorar as propriedades mecânicas de uma cerâmica porosa <sup>(1)</sup>.

Estudos realizados em estruturas porosas de alumina mostraram que a resistência à fratura tende a diminuir com o aumento da concentração de hidróxidos sempre que a porosidade for aberta. Isso acontece porque o aumento da concentração de hidróxido leva a uma maior porosidade devido à mudança de volume que ocorre durante sua decomposição. Essa mudança de volume pode reduzir a conectividade entre as partículas, o que impede a evolução do processo de sinterização e conseqüentemente diminui sua resistência mecânica <sup>(1,25)</sup>.

O módulo elástico também diminui com o aumento da concentração de hidróxido em uma mesma temperatura de sinterização, pelo mesmo motivo que varia a resistência à fratura. Resultados recentes mostraram que para o mesmo valor de porosidade total, níveis bastante distintos de E podem ser obtidos, variando-se a temperatura de sinterização. Esse comportamento sugere que o E sofra influência tanto do tamanho médio e forma dos poros e da microestrutura da parte densa da porosidade total propriamente dita <sup>(26)</sup>.

### 3. AGRADECIMENTOS

FAPESP (2010/19274-5), CNPq (132235/2010-2 - 140235/2012-4) e CAPES pelo suporte financeiro.

#### 4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Deng, Z. Y.; Fukasawa, T.; Ando, M.; Zhang, G. J.; Ohji, T. High-surface-area alumina ceramics fabricated by the decomposition of  $\text{Al}(\text{OH})_3$ . *Journal of the American Ceramic Society* v.84, n.3, p.485-491, 2001.
- [2] Jo, Y.M. Characterization of ceramic composite membrane filters for hotgas cleaning. *Power Technol*, v.91, n.1, p.55-62, 1997.
- [3] Salomão, R.; Vilas Bôas, M.O.C.; Pandolfelli, V.C. Cerâmicas porosas para aplicações em altas temperaturas. *Cerâmica*, v.53, n.328, p.361-367, 2007.
- [4] Jorge B. G.; José A. M. A. Aspectos do comportamento de polímeros em condições de incêndio. *Polímeros*, v.8, n.1, p. 23-38, 1998.
- [5] Walter, G. L.; John, R. H.; Barry, E. S. Strength enhancement of aluminosilicate aggregate through modified thermal treatment. *International Journal Apply Ceramics Technology*, v.3, n.2, p.157-165, 2006.
- [6] Levin, I.; Brandon, D. Metastable polymorphs: crystal structures and transition sequences. *Journal of the American Ceramic Society*, v.81, n.8, p.1995-2012, 1998.
- [7] Zhou, R. S.; Snyder, R. L. Structure and transformation mechanisms of the  $\eta$ ,  $\gamma$  and  $\theta$  transition aluminas. *Acta Crystallography*, v.B47, n.1, p.617-630, 1991.
- [8] John, D.L. Química inorgânica: Não tão concisa. Editora: Edgard Blucher, ano 1999.
- [9] Sampaio, J.A.; Andrade, M. C.; Dutra, A. J. B. Bauxita. Rochas e minerais industriais-CETEM, Rio de Janeiro-2005, p.279-304.
- [10] Vera R.; Leopoldo, C.; Araki, K.; Silva, D. O.; Oliveira, W. Preparação de compostos de alumínio a partir da bauxita: considerações sobre alguns aspectos envolvidos em um experimento didático. *Química Nova*, v.25, n.3, p.490-498, 2002.
- [11] Wefers, K.; Misra, C. Oxides and hydroxides of aluminium. Alcoa technical paper. n.19, 1987.
- [12] Betejtin, A. Curso de mineralogia, Editorial Paz, Moscou (1974)
- [13] Cooney, F.; Dromgoole, R.; Sims, L.; Cotteral, S. F.; Courtney, B.; Curham, I.; Rudolf, E.; Learning. Bayerite, nordstrandite, gibbsite, brucite, and pseudoboehmite in discharged caustic waste from campbell island, southwest pacific. *Clays and Clay Minerals*, v.39, n.1, p.103-107, 1991
- [14] Souza, S. P. Óxidos e hidróxidos de alumínio naturais: Uma revisão. Parte II- Gibsita; Baierita; Nordstrandita. *Cerâmica*, v. 31, n. 182, p.29, 1985.
- [15] Mercury, J. M. R.; Pena, P.; Aza, A. H. On the decomposition of synthetic gibbsite studied by neutron thermodiffractometry. *Journal of the American Ceramic Society*, v.89, n.12, p.3728-3733, 2006.
- [16] Gan, B. K.; Madsen, I. C.; Hockridge, J. G. In situ X-ray diffraction Of the transformation of gibbsite to  $\alpha$ - alumina through calcination: effect of particle size and heating rate. *Journal of Applied Crystallography*, v.42, n.4, p.697-705, 2009.
- [17] Kogure, T. Dehydration sequence of gibbsite by electron-beam irradiation in a TEM. *Journal of the American Ceramic Society*, v.82, n.3, p.716-720, 1999.
- [18] Robert, A.; Nordstrand, V.; Hettenger, W. P.; Carl, D. A new alumina trihydrate. *Nature*, v. 177, n.1, p. 713-714, 1956.
- [19] Tsuchida, T.; Kodaira, K. Hydrothermal synthesis and characterization of diaspore. *Journal of the Materials Science*, v.25, n.1, p. 4423, 1990.
- [20] Hongo, Y.  $\rho$ - alumina bonded castable refractories. *Taikabutsu Overseas*, v. 9, n.1, p.35-38, 1988.
- [21] Weiping, M.; Paul, W. B. Mechanisms of Reaction of Hydratable Aluminas. *Journal of the American Ceramic Society*, v.82, n.2, p.453-56, 1999.

- [22] Deng, Z. Y.; Fukasawa, T.; Ando, M.; Zhang, G. J.; Ohji, T. Microstructure and mechanical properties of porous alumina ceramics fabricated by the decomposition of aluminum hydroxide. *Journal of the American Ceramic Society*, v.84, n.11, p. 2638-44, 2001.
- [23] Salomão, R.; Vilas Bôas, M.O.C.; Pandolfelli, V.C. Porous alumina-spinel ceramics for high temperature applications. *Ceramics international*, v.37, n.328, p.1393-1399, 2011.
- [24] Li, S.; Li, N. Effects of composition and temperature on porosity and pore size distribution of porous ceramics prepared from  $\text{Al}(\text{OH})_3$  and kaolinite gangue. *Ceramics International*, v.33, n.4, p.551-556, 2007.
- [25] Nanjangud, C. S.; Brezny, R.; Green, D. J. Strength and Young's Modulus Behavior of a Partially Sintered Porous Alumina. *Journal of the European Ceramic Society*, v.78, n.1, p. 266-268, 1995.
- [26] Salomão, R.; Souza, A. D.; Fernandes, L.; Sousa, L.L.; Arantes, V.L. Porous ceramics in the  $\text{Al}_2\text{O}_3$ - $\text{Al}(\text{OH})_3$  system. nos anais eletrônicos do Unitec'13, Victoria, Canadá, 2013.

## THE SYSTEM $\text{Al}_2\text{O}_3$ - $\text{Al}(\text{OH})_3$ : A LITERATURE REVIEW

### ABSTRACT

*The combination of aluminum and hydroxide ( $\text{Al}_2\text{O}_3$  and  $\text{Al}(\text{OH})_3$ , respectively) presents a huge technological interest due to their potential use in many applications. Among them: i) production of reactive alumina ii) manufacture of catalyst supports and iii) porous structures for insulation and filtration. The interest in this system has grown in recent decades because it also presents competitive raw material cost and straightforward processing, using the routes based on colloidal suspensions. This work presents a literature review on the  $\text{Al}_2\text{O}_3$ - $\text{Al}(\text{OH})_3$  system, emphasizing its main advantages for use in porous structures and their potential applications. The mechanisms of thermal decomposition of aluminum hydroxide and variables involved in obtaining different phases of alumina via the Bayer process were also reviewed, as well as the main limitations encountered in the use of this system in porous structures for thermal insulation at temperatures above 1200 °C.*

*Keywords: Aluminum Oxide, Aluminum Hydroxide, porous structures, decomposition of aluminum hydroxide.*