

CERÂMICAS A BASE DE ALUMINA COM POROSIDADE CONTROLADA

F. H. S. Reis⁽¹⁾, D. Camargo-Vernilli^(1, 2), P. A. Bellon⁽¹⁾, F. Vernilli Jr⁽¹⁾

⁽¹⁾ Universidade de São Paulo - Escola de Engenharia de Lorena, USP-EEL/DEMAR
Pólo Urbo-Industrial, Gleba AI-6, s/n, Lorena-SP, CEP:12600-000, Brasil

⁽²⁾ Faculdade de Pindamonhangaba - FAPI

danielacv@fapi.br, daniela.cv@demar.eel.usp.br

RESUMO

Cerâmicas porosas utilizadas como suporte para incorporação de biovidros têm sido estudadas como alternativa para ancoramento de próteses cerâmicas durante o processo de osseointegração. Neste trabalho estudou-se o efeito da adição de hidróxido de alumínio como precursor para controle da porosidade em cerâmicas a base de alumina. Para tanto, preparou-se amostras de Al_2O_3 com adição de $Al(OH)_3$ nas proporções volumétricas de 100:0, 90:10, 80:20. Corpos de prova foram prensados isostaticamente a 200 MPa e sinterizados a 1550°C com isoterma de 240 minutos. Os corpos de prova foram caracterizados quanto às propriedades mecânicas, porosidade, massa específica aparente e microestrutura. Os resultados demonstraram que é possível ajustar as características das cerâmicas à base de alumina a partir do controle do volume de precursor de porosidade adicionado.

Palavras-Chave: Alumina, propriedades mecânicas, biomateriais.

INTRODUÇÃO

Com o passar dos anos, a qualidade de vida tem melhorado significativamente; as pessoas passaram a ter um tempo de vida cada vez maior. Com o aumento da expectativa de vida as doenças relacionadas à velhice, como a osteoporose e a perda de massa óssea têm sido causa de um grande desconforto para a população em geral. Outro fato importante está relacionado com acidentes não só os de trabalho, mas principalmente os automobilísticos, que mutilam as pessoas. Este problema tem levado muitos pesquisadores, a trabalhar com o desenvolvimento de materiais que possam vir a substituir as partes perdidas^(1, 2), dando alguma

esperança de uma vida melhor para aqueles que necessitam substituir total ou parcialmente algum membro.

Estes materiais são denominados biomateriais⁽³⁾ e devem apresentar características físicas e biológicas bem próximas a dos tecidos vivos, ou seja, têm que ser compatíveis com as células ósseas^(4, 5). Estas propriedades são denominadas de biocompatibilidade. Os materiais utilizados para este fim, podem ser os mais diversos, como por exemplo: metais, cerâmicas, polímeros, vidros e compósitos.

As cerâmicas utilizadas para este propósito são denominadas biocerâmicas. As biocerâmicas podem substituir várias partes do corpo humano, como mostrado na Figura 1 e podem ser aplicadas sob diversas formas, Tabela 1⁽⁶⁾.

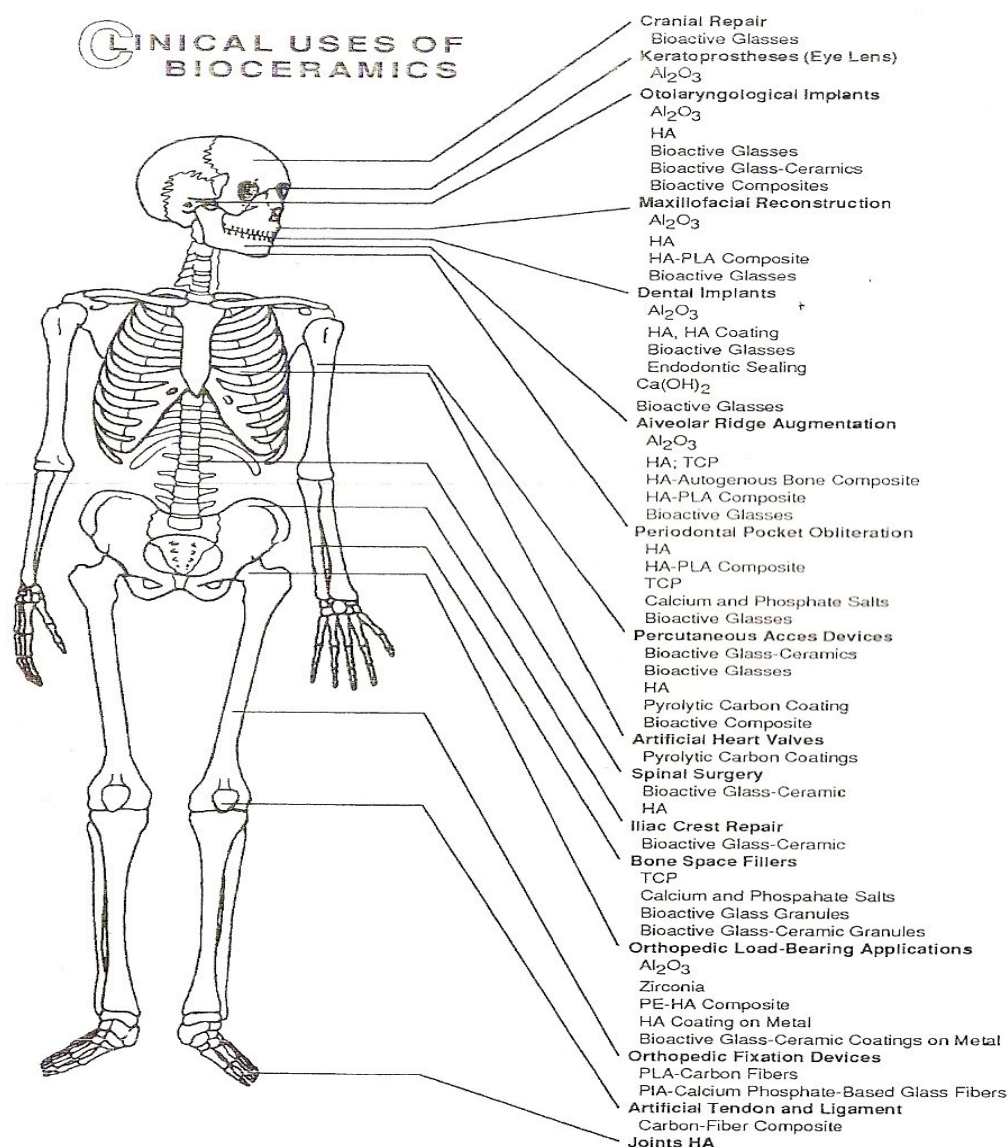


Figura 1 – Aplicações das biocerâmicas no corpo humano⁽⁶⁾.

Tabela 1 – Forma de Aplicação e Aplicação de Biocerâmicas⁽⁶⁾

Forma de Aplicação	Aplicação
Pó	Restauração dentária, Tratamento terapêutico, Regeneração de tecidos
Recobrimento	Ligação de tecidos, Proteção contra corrosão
Corpo formado	Substituição de tecidos, Substituição de partes funcionais

As biocerâmicas são constituídas de diferentes fases: monocristalinas (safiras), policristalinas (alumina ou hidroxiapatita), vidro (Biovidro[®]), vitro-cerâmicas ou compósitos (polietileno-hidroxiapatita). As fases usadas dependem das propriedades e aplicações exigidas. Por exemplo, um monocristal de safira pode ser utilizado como implante dentário devido à sua elevada resistência mecânica. Um material vitro-cerâmica pode ser utilizado como reparo de vértebra devido à sua elevada resistência mecânica e afinidade óssea⁽⁷⁾.

Cerâmicas e vidros têm sido utilizados há muito tempo em partes do corpo humano e na indústria da área de saúde. Olhos de vidro, instrumentos de diagnóstico, produtos químicos, termômetros, recipientes de cultura de tecidos, colunas cromatográficas, lasers e fibras óticas para endoscopia são produtos comuns na indústria bilionária da saúde⁽¹⁾.

O processo de biointegração é fortemente influenciado pelo processo inicial de ancoramento, o qual normalmente ocorre em função da rugosidade da biocerâmica, neste sentido o controle da rugosidade e conseqüentemente da porosidade dos materiais utilizados como biomateriais torna-se fator preponderante no tempo e no processo de biointegração.

O objetivo deste trabalho foi estudar o efeito da adição de hidróxido de alumínio como precursor de porosidade em cerâmicas de alumina para utilização como biomaterial.

MATERIAIS E MÉTODOS

Inicialmente foram preparadas misturas de alumina com o hidróxido de alumínio, nas seguintes proporções: 100:0, 90:10, 80:20, todos em porcentagem volumétrica.

As misturas foram homogeneizadas em moinho de atrito com velocidade de 1.000 rpm, durante 10 minutos, utilizando álcool absoluto como veículo. Em seguida, as misturas foram secas em evaporador rotativo a 80°C.

Estudos da compressibilidade dos pós foram realizados em máquina universal de ensaio a fim de determinar a influência da adição de hidróxido de alumínio nesta propriedade.

Corpos de prova nas dimensões de 5 x 5 x 65 mm foram preliminarmente prensados uniaxialmente e posteriormente prensados isostaticamente a 200 MPa.

Na Figura 2 são apresentadas as imagens da matriz utilizada, o esquema de prensagem e os corpos de prova obtidos na prensagem uniaxial.

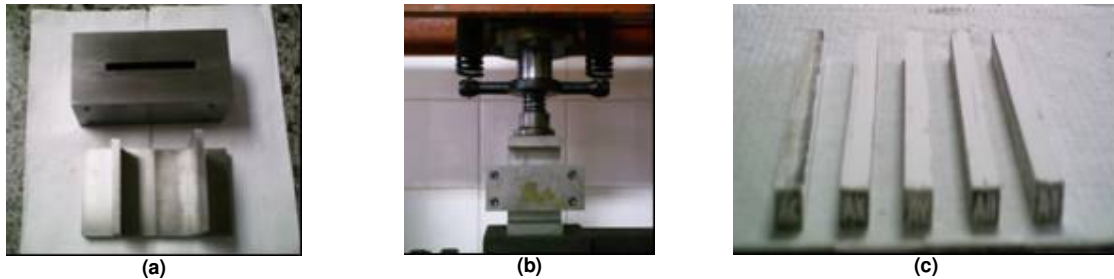


Figura 2 – Imagens da prensagem uniaxial: (a) matriz; (b) esquema de prensagem, (c) corpos de prova.

Antes do processo de sinterização os corpos de prova foram mensurados quanto a dimensões e massa. A sinterização foi realizada a 1550 °C com isoterma de 4 horas ao ar atmosférico, utilizando uma razão de aquecimento de 10 °C/min e de resfriamento de 10 °C/min da temperatura de isoterma até 900°C; a partir desta temperatura o resfriamento obedeceu a inércia do forno até a temperatura ambiente.

Os corpos de prova foram caracterizados quanto à massa específica aparente, porosidade, resistência mecânica à flexão em 3 pontos e microestrutura.

A massa específica aparente (MEA) e a porosidade aparente foram determinadas utilizando-se o princípio de Archimedes e calculadas de acordo com as equações (A), (B) e (C):

$$MEA = \frac{m_s}{V_a} \dots\dots\dots(A)$$

$$V_a = m_u - m_i \dots\dots\dots(B)$$

$$\% P_a = \left(\frac{m_u - m_s}{m_u - m_i} \right) \times 100 \dots\dots\dots(C)$$

onde: m_s é massa seca, V_a é volume aparente, m_u é massa úmida e m_i é massa imersa.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O gráfico da Figura 3 apresenta os resultados dos testes de compressibilidade, no qual se observa que a presença de $\text{Al}(\text{OH})_3$ facilita o processo de empacotamento da alumina, o qual deve facilitar a mobilidade das partículas de Al_2O_3 .

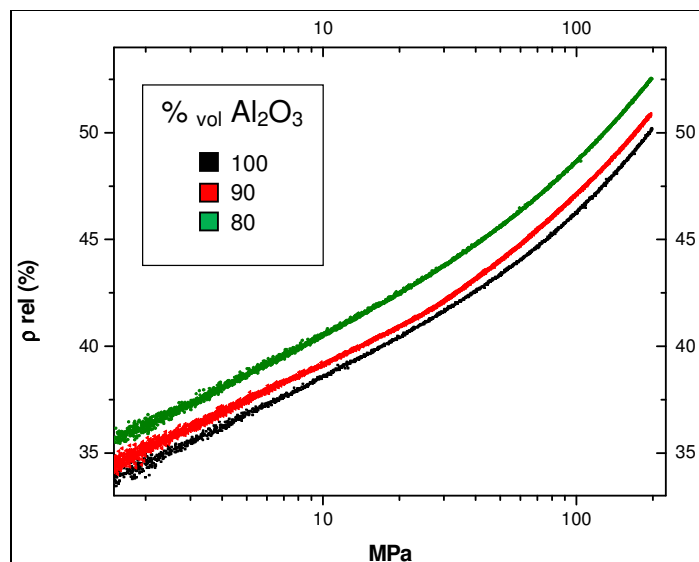


Figura 3 - Massa específica relativa (%) em função da pressão (MPa)

Os gráficos das Figuras 4 e 5 apresentam a variação da massa específica aparente e da porosidade aparente em função da concentração inicial de Al_2O_3 após a sinterização a 1500 °C, nos quais é possível observar que a adição de $\text{Al}(\text{OH})_3$ aumenta a porosidade e conseqüentemente diminui a massa específica aparente dos corpos de prova sinterizados, pois durante o processo de decomposição do hidróxido em óxido são gerados poros adicionais nos corpos cerâmicos, resultando em materiais com maior porosidade após o processo de sinterização; no entanto o tamanho e o volume dos poros podem ser controlados em função do tamanho inicial das partículas e do volume de hidróxido de alumínio adicionado.

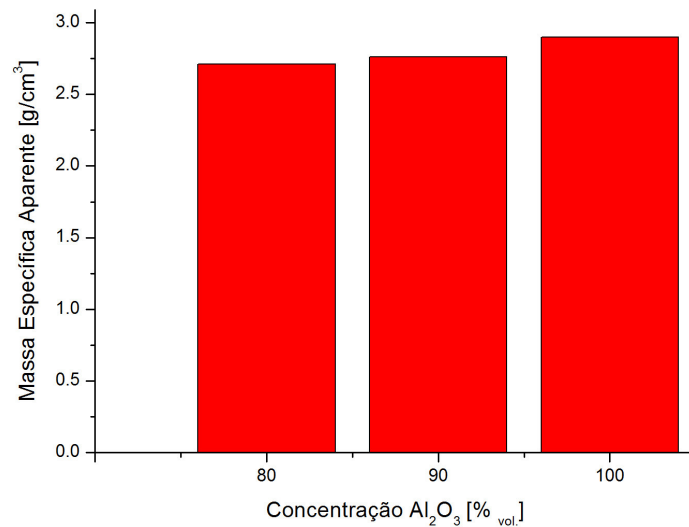


Figura 4 - Massa específica aparente em função da concentração de Al₂O₃.

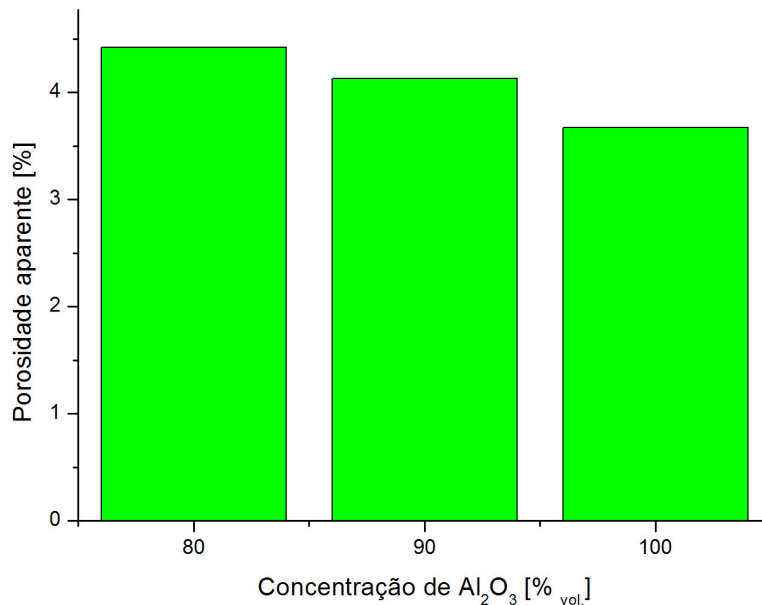


Figura 5 - Porosidade aparente em função da concentração de Al₂O₃.

Na Figura 6 estão apresentados os resultados obtidos após a realização do ensaio de resistência à flexão em 3 pontos e se observa em corroboração aos resultados anteriormente apresentados que a resistência mecânica à flexão diminui com a adição de hidróxido de alumínio, fenômeno diretamente correlacionado com a concentração e tamanho de poros dos corpos de prova.

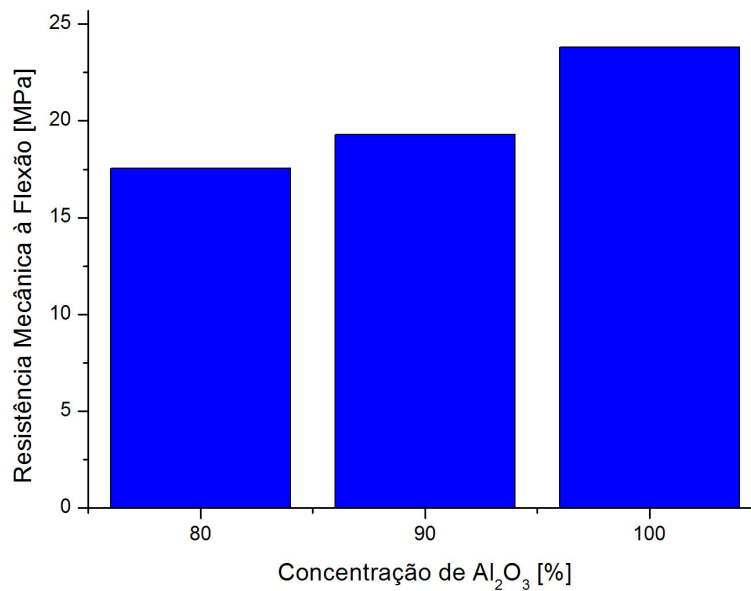


Figura 6 – Resistência mecânica à flexão em função da concentração de Al₂O₃.

Para a análise microestrutural foi conformado um corpo de prova com as misturas de 100:0 e 90:10 utilizando os mesmos procedimentos experimentais, simulando um material com gradiente de composição de poros. A imagem da Figura 7 apresenta a distribuição de poros na interface entre as duas misturas após sinterização, na qual se observa a nítida variação de poros entre as duas misturas e ainda que não apareceu nenhuma trinca na interface, sinalizando a possibilidade em produzir materiais com gradiente de composição, conhecidos como FGMs (Functionally Gradient Materials).

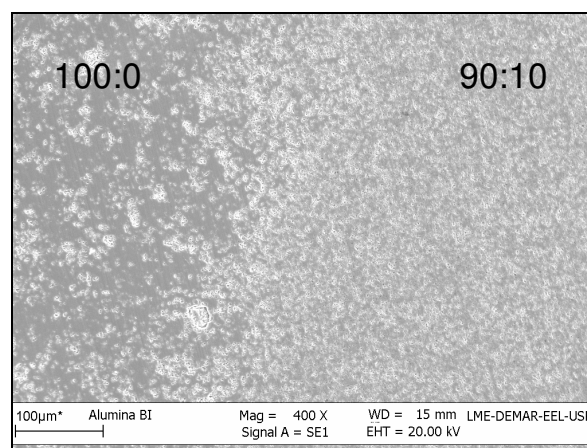


Figura 7 – Micrografia do corpo de prova conformado com as misturas 90:10 e 100:0, gerando um FGM.

CONCLUSÕES

A adição de $\text{Al}(\text{OH})_3$ como precursor de porosidade controlada facilita o processo de conformação por prensagem em função do aumento na mobilidade das partículas.

Pode-se controlar a porosidade e a massa específica e conseqüentemente a resistência mecânica de cerâmicas a base de alumina através do controle da adição de $\text{Al}(\text{OH})_3$.

A análise da microestrutura sinalizou a possibilidade de obter cerâmicas com gradiente de composição através do controle da adição de precursores de porosidade.

REFERÊNCIAS

1. HULBERT, S.F.; BOKROS, J.C.; HENCH, L.L.; WILSON, J.; HEIMKE, G. Ceramics in clinical applications, past, present and future. In: Proceedings of the World Congress on High Tech Ceramics, 6th CIMTEC; ed. P. Vincenzini, Milan, Italy, 1986, p.189-213.
2. OKUDERA, H.; KOBAYASHI, S.; TAKEMAE, T. Neurosurgical applications of alumina ceramic implants. In: Bioceramics, Proceedings of the 1st Internat'l. Symp. on Ceramics in Medicine; eds. H. Oonishi, H. Aoki and K. Sawai (Ishiyaku EuroAmerica, Inc., 1988), p. 320-325.
3. WILLIAMS, D.F. In: Definitions in biomaterials, Ed. Elsevier, Amsterdam, 1987, p. 66-71.
4. WILLIAMS, D.F. In: Concise encyclopedia of medical & dental materials; Ed. Pergamon Press, Oxford, 1990, p. 52.
5. RATNER, B.D. Biomaterials Science: An Introduction to Materials in Medicine, 2004.
6. HENCH, L.L.; WILSON, J. An Introduction to Bioceramics. In: Advanced Series in Ceramics, v.1, World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd, 1993, p.1-24.
7. PARK, J. Bioceramics – Properties, Characterizations and Applications, Ed. Springer Science, 2008, p.117-136.

ALUMINA CERAMICS WITH CONTROLLED POROSITY

ABSTRACT

The last years with the technological progress, the life expectation of the population increased significantly. Became then, for the Materials Engineering a great challenge to develop and to produce new materials to supply the current needs. For so much, they get ready samples mixing Al_2O_3 with $\text{Al}(\text{OH})_3$ in the proportions of 100:0, 90:10, 80:20, all in volume percentage. Mechanical properties and specific mass were determined. The porosity and microstructure were also investigated. The results showed that with the addition of $\text{Al}(\text{OH})_3$ the initial specific mass of the samples increases, this is due to a larger drainage of the particles resulting in a better fluidity and grouping of the same ones. The objective of this work was to verify the mechanical behavior, porosity and microstructure of the alumina ceramic with the addition of hydroxide of aluminum.

Key-words: Alumina, mechanical properties, biomaterials.