

# A ciência e tecnologia das **biocerâmicas**



Figura 1. Cristais de hidroxiapatita vistos através de imagem feita por microscopia eletrônica; no detalhe, implantes de alumina ( $Al_2O_3$ ).

**Biocerâmicas são usadas para reparar, reconstruir e substituir partes do corpo humano, pois se integram bem com o tecido ósseo vivo, estimulando seu crescimento. Estas, entre outras propriedades, fazem desses novos materiais produtos estratégicos no mercado atual.**

**Entre as biocerâmicas,** a hidroxiapatita, mais conhecida pela sigla HAP, ocupa posição de destaque por sua larga aplicação no campo da medicina e da odontologia, como um substituto ósseo e dentário em implantes.

A HAP é um fosfato cerâmico – ou biocerâmica – que tem composição e estrutura similares à fase mineral de ossos e dentes (figura 1). Dependendo de sua pureza, ela pode suportar aquecimentos superiores a 1.200 graus celsius, sem se decompor. Além disso, pode ser modelada como a maioria dos materiais cerâmicos.

Nas aplicações tecnológicas, a HAP é usada no preenchimento de cavidades, na forma de grãos densos ou porosos, bem como no revestimento de implantes metálicos, estes geralmente feitos com o metal titânio. Neste último caso, procura-se melhorar as características dos implantes, combinando-se a resistência mecânica do metal à biocompatibilidade e à atividade biológica do material cerâmico

As propriedades químicas da HAP podem ser modificadas através do método de sua preparação. Para implantes ósseos ou dentários, duráveis por muitos anos, utiliza-se um material pouco solúvel, constituído por hidroxiapatita pura. Quando se deseja que o implante seja reabsorvido pelo corpo, cedendo lugar ao tecido ósseo novo, usa-se uma cerâmica mais solúvel, geralmente constituída por uma mistura de hidroxiapatita com outros fosfatos.

Outra característica da HAP é sua capacidade de adsorção, isto é, de fixar em sua superfície moléculas de outra substância. Essa propriedade faz com que ela possa ser usada em implantes, como suporte para antibióticos e drogas anticancerígenas, além de poder ser empregada também em tratamentos prolongados de infecções e doenças ósseas – neste último caso, liberando aos poucos, na região afetada, as medicação necessária.

**DA QUÍMICA AO MEIO AMBIENTE.** A hidroxiapatita é formada por átomos dos elementos químicos cálcio, fósforo, oxigênio e hidrogênio, arranjados conforme mostra sua fórmula:  $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ . O fósforo forma com o oxigênio o grupo fosfato, sendo chamado de grupo hidroxila a ligação entre o oxigênio e o hidrogênio. Esses grupos, juntamente com o cálcio, distribuem-se espacialmente segundo um arranjo em forma hexagonal (figura 2).

Uma das características interessantes dessa estrutura é que ela permite que os grupos hidroxila (OH) sejam retirados com relativa facilidade, gerando canais vazios entre os hexágonos, formados pelos íons de cálcio, por onde podem ser

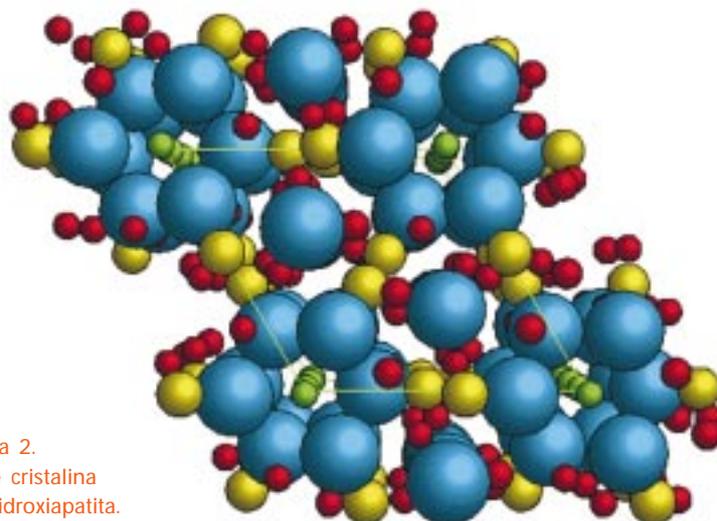


Figura 2.  
Rede cristalina da hidroxiapatita.

conduzidos, para dentro da estrutura do material cerâmico, outros íons e moléculas.

A estrutura dos fosfatos cerâmicos permite que seus constituintes sejam substituídos facilmente por uma grande variedade de complexos e metais, como chumbo ( $\text{Pb}^{+2}$ ), cádmio ( $\text{Cd}^{+2}$ ), cobre ( $\text{Cu}^{+2}$ ), zinco ( $\text{Zn}^{+2}$ ), estrôncio ( $\text{Sr}^{+2}$ ), cobalto ( $\text{Co}^{+2}$ ), ferro ( $\text{Fe}^{+2}$ ), flúor (F), cloro (Cl), bem como grupos carbonatos ( $\text{CO}_3$ ) e vanadatos ( $\text{VO}_4$ ).

Essa propriedade de substituição, somada ao pequeno tamanho dos cristais – que podem chegar a dimensões nanométricas (bilionésimos de metro) –, fazem com que esses materiais possam ser usados como absorvedores ambientais de metais pesados e tóxicos, capazes de descontaminar águas poluídas, rejeitos industriais ou solos poluídos.

Ao mesmo tempo, têm sido proposta aplicações dos fosfatos cerâmicos como catalisadores (substância empregada para acelerar a velocidade de reações químicas) para a decomposição de alcoóis.

**OUTRAS BIOCERÂMICAS.** Além da hidroxiapatita, outros fosfatos de cálcio são usados em aplicações médicas, como é o caso das cerâmicas alumina e zircônia. Estes últimos materiais são estáveis a altas temperaturas, tendo propriedades mecânicas superiores aos dos fosfatos de cálcio, tais como resistência à corrosão, baixo coeficiente de fricção, grande resistência ao desgaste, dureza e resistência ao crescimento de fraturas. Entretanto, não possuem a mesma eficiência na integração com o tecido ósseo que os fosfatos cerâmicos.

Vidros bioativos, que possuem em sua composição fosfato e óxidos de silício, cálcio, sódio, entre outros elementos, constituem também biomateriais com grande atividade biológica e compatibilidade com o tecido ósseo. Mais recentemente, tem-se procurado estimular a bioatividade e a biocompatibilidade dos fosfatos de cálcio, combinando-os com vidros bioativos e com substâncias orgânicas como o colágeno e as proteínas. >>>

Esses procedimentos de bioengenharia visam utilizar esses sistemas combinados para acelerar a regeneração dos tecidos duros.

A pesquisa na área de biomateriais tem sido cada vez mais multidisciplinar, envolvendo pesquisadores tanto teóricos quanto experimentais de várias áreas do conhecimento, como física, engenharia, biologia, medicina e odontologia. (ver 'Estudo multidisciplinar envolve ampla colaboração')

**TECNOLOGIA PRÓPRIA.** No Brasil, apesar dos importantes avanços recentes, podemos considerar a produção tecnológica e científica, bem como a formação de pessoal qualificado, ainda insuficientes em relação às necessidades atuais do país para a área de biomateriais e do potencial do mercado em relação a esse setor. Sendo assim, a demanda por biomateriais é grande e tem sido atendida, quase em sua totalidade, por produtos e tecnologias desenvolvidas no exterior.

Porém, esse cenário vem se alterando nas últimas décadas (ver 'Síntese se une a estudos teóricos e experimentais'). Hoje, o país já conta com vários grupos de pesquisa nessa área em universidades e institutos. E, com isso, vem se dotando de tecnologia própria, bem como de pessoal capacitado para a produção e pesquisa de biocerâmicas. ■

## ESTUDO MULTIDISCIPLINAR ENVOLVE AMPLA COLABORAÇÃO

Hoje, o Grupo de Biomateriais conta com a participação de pesquisadores de várias instituições científicas do estado do Rio de Janeiro. Essas parcerias envolvem o uso comum de laboratórios e de infra-estrutura de apoio à pesquisa, bem como orientações conjuntas de teses, além de organização de seminários e cursos de pós-graduação.

Nosso grupo reúne pesquisadores da Engenharia Metalúrgica e Nuclear da Coordenação dos Programas de Pós-graduação em Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), do Departamento de Química Inorgânica do Instituto de Química da UFRJ, do Departamento de Química Analítica da PUC do Rio de Janeiro, da Escola de Saúde Pública da Funda-

ção Oswaldo Cruz, da Embrapa Solos (RJ) e do Departamento de Geografia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro.

O projeto conta com a colaboração internacional do *Institute for Bioengineering and Nanoscience in Advance in Medicine (Northwestern University)* e do Centro de Biomateriais da Universidade de Havana (Cuba).



Em pé: Elena Mavropoulos e Alexandre M. Rossi; sentadas: Andréa Machado Costa e Elizabeth L. Moreira.

## SÍNTESE SE UNE A ESTUDOS TEÓRICOS E EXPERIMENTAIS

No CBPF, as pesquisas em materiais biocerâmicos iniciaram-se em 1995, a partir da formação de um núcleo capaz de sintetizar fosfatos cerâmicos por diferentes métodos de preparação. Dois anos depois, foi construído e equipado um laboratório específico para produzir biocerâmicas com alto grau de pureza e composição controlada.

Nosso grupo sintetiza fosfatos cerâmicos com diferentes composições químicas, textura superficial, composição de impurezas e solubilidade. O material é usado para estudos nas diferentes linhas de pesquisa do pro-

jeto, mas também está disponível para outros grupos no país.

Em 1999, pesquisadores do CBPF especialistas em cálculos de estrutura eletrônica de materiais cerâmicos juntaram-se ao projeto, iniciando estudos teóricos sobre a influência de metais e moléculas na estrutura desses fosfatos (ver também nesta edição 'Estrutura eletrônica da matéria'). Em suas diferentes linhas de trabalho, o Grupo de Biomateriais tem procurado combinar a pesquisa teórica com a experimental, em temas como estrutura superficial, reações de superfície e reatividade química e

biológica dos fosfatos cerâmicos. Procura-se, com isso, entender o papel e a influência de complexos moleculares e de metais nas propriedades químicas e biológicas das biocerâmicas.

Essas atividades visam à produção de tecnologia nacional na área de preparação e processamento de biocerâmicas para uso médico e odontológico, bem como às aplicações desses novos materiais como absorventes ambientais e catalisadores. Devido ao caráter multidisciplinar do projeto, nosso grupo procura atuar em forma de rede de pesquisa.