



## **Principais aplicações**

- ✓ componentes para substituição total ou parcial da anca (cabeça e acetábulo);
- ✓ revestimento de implantes metálicos;
- ✓ enchimento de defeitos ósseos (traumáticos ou patológicos);
- ✓ cimento ósseo;
- ✓ próteses da córnea;
- ✓ implantes dentários; braquetes em aparelhos dentários;
- ✓ *scaffolds....*

## **Cerâmicos usados em medicina:**

- ✓ alumina e zircónia;
- ✓ biovidros e vidros cerâmicos (vitrocerâmicas);
- ✓ fosfatos de cálcio: hidroxiapatite (HA) e fosfato tricálcico (TCP);
- ✓ carbono.



## **Materiais cerâmicos quase inertes**

- ✓ não formam qualquer ligação química ou biológica com os tecidos adjacentes;
- ✓ desenvolvimento de cápsula fibrosa;
- ✓ ex: cerâmicos não porosos, densos e inertes (**alumina**, **zircónia** e **carbono**).

## **Materiais cerâmicos bioativos**

- ✓ material que induz crescimento tecidual; materiais porosos (50 – 150  $\mu\text{m}$ );
- ✓ a interface ocorre através de tecido vivo que cresce dentro dos poros existentes no revestimento do implante;
- ✓ a elevada área interfacial (devida à porosidade) é favorável à vascularização do tecido;
- ✓ ex: materiais cerâmicos porosos: **hidroxiapatite**, compostos de **fosfato de cálcio**, **biovidros**.

## **Materiais cerâmicos reabsorvíveis**

- ✓ materiais que são reabsorvidos pelo organismo;
- ✓ permitem o crescimento de tecido à medida que se degradam;
- ✓ ex: **fosfato tricálcico** (na forma porosa ou em partículas): cerâmico reabsorvível de eficiência comprovada e **hidroxiapatite** (reabsorção lenta).

## Alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) e zircónia ( $\text{ZrO}_2$ )

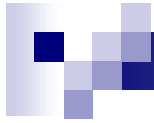
- ✓ são os biocerâmicos estruturais mais usados;
- ✓ aplicação em componentes da prótese da anca (cabeça e acetábulo) e implantes dentários;
- ✓ o coeficiente de fricção das superfícies alumina-alumina é próximo dos valores exibidos pela articulação natural;
- ✓ elevada resistência ao desgaste.



### Comparação das taxas de desgaste



Da esquerda para direita: metal/polietileno, metal/polietileno reticulado, metal/metal e cerâmica/cerâmica.



## Aplicações odontológicas:

- ✓ Restauração dentária (coroas, pontes, ...)
- ✓ Ortodontia (braquetes)
- ✓ Revestimento de implantes



## Outras aplicações:

- ✓ Implantes do ouvido interno (implantes cocleares)
- ✓ Implantes oculares, óculos



### Comparação de propriedades da alumina e zircónia

Property	Alumina	Zirconia
Chemical composition	$\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{MgO}$	$\text{ZrO}_2 + \text{MgO} + \text{Y}_2\text{O}_3$
Purity (%)	99.9	95~97
Density ( $\text{g/cm}^3$ )	> 3.97	5.74~6.0
Porosity (%)	< 0.1	< 0.1
Bending strength (MPa)	> 500	500~1 000
Compression strength (MPa)	4100	2000
Young's modulus (GPa)	380	210
Poisson's ratio	0.23	0.3
Fracture toughness ( $\text{MPa m}^{1/2}$ )	4	up to 10
Thermal expansion coefficient ( $\times 10^{-6}/\text{K}$ )	8	11
Thermal conductivity (W/m/K)	30	2
Hardness (HV0.1)	up to 2200	1200
Contact angle ( $^\circ$ )	10	50

### ***A zircónia podia ser um candidato para a substituição da alumina, mas....***

- ✓ possível redução da resistência do material quando submetido a meios fisiológicos;
- ✓ desgaste mais acentuado em ambiente fisiológico;
- ✓ radioatividade do material: presença de impurezas radioativas.



## Biovidros e Vidros cerâmicos (vitrocerâmicos)

➤ Bioglass® e Ceravital® foram desenvolvidos para implantes.

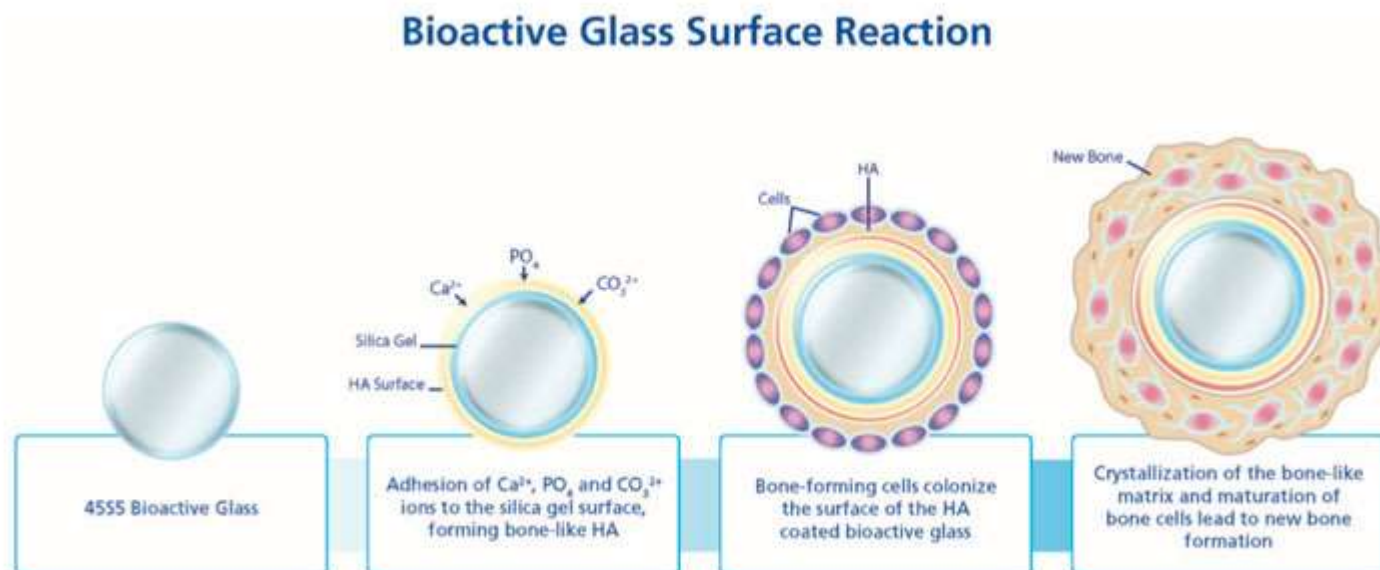
Type	Code	SiO <sub>2</sub>	CaO	Na <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	MgO	K <sub>2</sub> O
Bioglass							
	42S5.6	42.1	29.0	26.3	2.6	—	—
	(45S5)46S5.2	46.1	26.9	24.4	2.6	—	—
	49S4.9	49.1	25.3	23.0	2.6	—	—
	52S4.6	52.1	23.8	21.5	2.6	—	—
	55S4.3	55.1	22.2	20.1	2.6	—	—
	60S3.8	60.1	19.6	17.7	2.6	—	—
Cervital*							
	Bioactive	40.0–50.	30.0–35.0	5.0–10.0	10.0–15.0	2.5–5.0	0.5–3.0
	**Nonbioactive	30.0–35.0	25.0–30.0	3.5–7.5	7.5–12.0	1.0–2.5	0.5–2.0

\*The Ceravital composition is in weight % while the Bioglass compositions are in mol %.

\*\*In addition Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (5.0–15.0), TiO<sub>2</sub> (1.0–5.0) and Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (5.0–15.0) are added.



## *Integração do Bioglass com o osso.....*



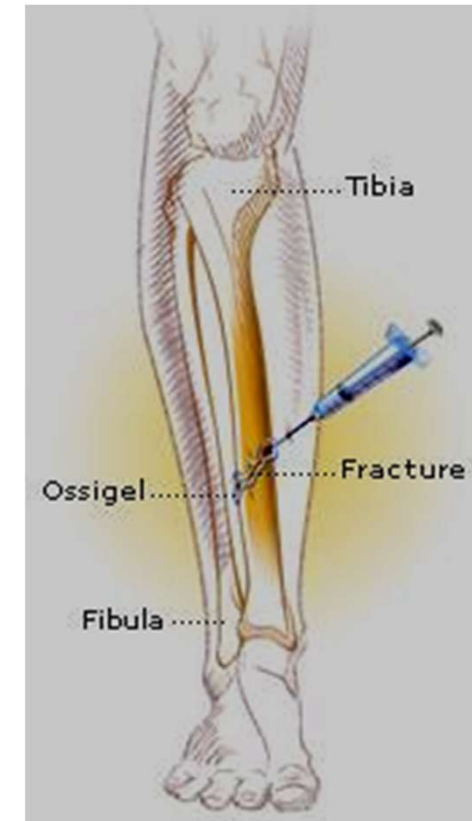


### ***Aplicações***

- ✓ reparação e substituição de osso (enchimento ósseo);
- ✓ componente em cimento ósseo;
- ✓ compósitos para reparação dentária;
- ✓ revestimento de superfícies.

### ***Vantagens / limitações***

- ✓ excelentes propriedades mecânicas;
- ✓ elevada bioatividade (propriedades osteogénicas: formação de uma camada à superfície do implante equivalente em composição e estrutura à fase mineral do osso);
- ✓ material muito frágil.







## Fosfatos de cálcio

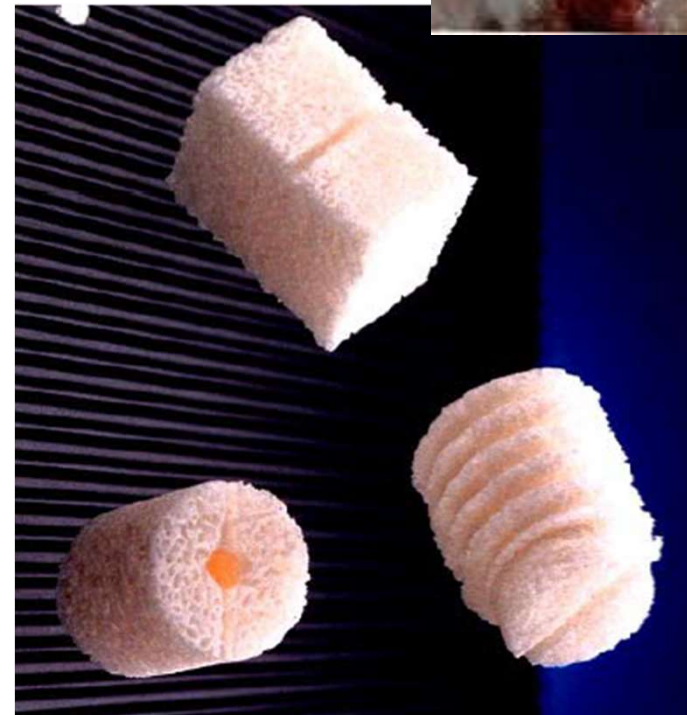
- ✓ hidroxiapatite ( $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ ) e fosfato tricálcico ( $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ );
- ✓ estrutura química semelhante à fase mineral do osso e dentes;
- ✓ elevada biocompatibilidade e bioatividade;
- ✓ materiais reabsorvíveis:
  - TCP (6 - 15 semanas)
  - HA (4 - 5 anos)





## Aplicações clínicas:

- ✓ produção de osso artificial; substituto ósseo (granular ou bloco);
- ✓ reparação de defeitos ósseos em ortopedia e odontologia;
- ✓ recobrimento de superfícies metálicas;
- ✓ componente em cimento ósseo;
- ✓ *scaffolds* (cerâmicos porosos)...





### Carbonos

❖ *diamante (cristalino)*

❖ *grafite*

❖ *carbono vítreo (não cristalino)*

❖ *carbono pirolítico (parcialmente cristalino): utilizado na área biomédica*

Properties of Various Types of Carbon

Properties	Types of carbon		
	Graphite	Glassy	Pyrolytica
Density (g/cm <sup>3</sup> )	1.5-1.9	1.5	1.5-2.0
Elastic modulus (GPa)	24	24	28
Compressive strength (MPa)	138	172	517 (575 <sup>a</sup> )
Toughness (mN/cm <sup>3</sup> ) <sup>b</sup>	6.3	0.6	4.8

<sup>a</sup> 1.0 w/o Si-alloyed pyrolytic carbon, Pyrolite® (Carbomedics, Austin, TX)







<sup>b</sup> 1 m-N/cm<sup>3</sup> = 1.45 × 10<sup>-3</sup> in-lb/in<sup>3</sup>.

### Aplicações:

- ✓ *revestimento de superfícies;*
- ✓ *excelente compatibilidade com os tecidos e com o sangue (faz com que o carbono pirolítico seja depositado em válvulas cardíacas e paredes dos vasos sanguíneos);*
- ✓ *melhorar dispositivos médicos: tesouras cirúrgicas.....*
- ✓ *componente em materiais compósitos.*



## Vantagens/limitações dos materiais cerâmicos

-  elevada estabilidade em meio fisiológico
-  quimicamente inertes
-  biocompatibilidade e bioatividade
-  elevada resistência ao desgaste
-  reabsorção *in vivo* (HA, TCP)
-  frágeis



## Principais aplicações

- ✓ Obturação dentária (resinas compósitas);
- ✓ Cimento ósseo e implantes ortopédicos;
- ✓ Material diverso como cateteres, luvas ...  
(micro ou nano partículas de prata podem ser incorporadas em materiais poliméricos por forma a prevenir a colonização bacteriana).





## Resinas compósitas

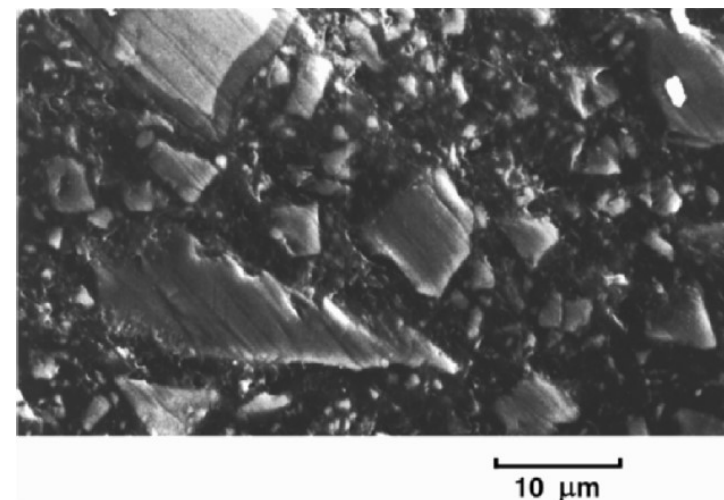
**matriz polimérica:** BIS-GMA, bis(4-hidroxifenol), dimetilmetano e glicidil-metacrilato

**elementos de reforço:** partículas de vidro de bário ou sílica (quartzo,  $\text{SiO}_2$ )



rigidez, resistência ao desgaste

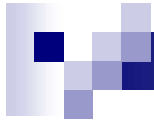
Partículas translúcidas



**Table 8-2.** Composition and Shear Modulus of Dental Composites

Name	Fillers	Filler amount (w/o)	Particle size ( $\mu\text{m}$ )	$G$ (GPa), 37°C
Adaptic	quartz	78	13	5.3
Concise	quartz	77	11	4.8
Nuva-fil	barium glass	79	7	–
Isocap	colloidal silica	33	0.05	–
Silar	colloidal silica	50	0.04	2.3





## Cimento ósseo

**matriz polimérica:** polimetil metacrilato (PMMA)

**elementos de reforço:** fibras de carbono (melhores propriedades mecânicas; aumento da viscosidade) ou partículas de fosfato de cálcio, hidroxiapatite (melhoram a bioatividade e biocompatibilidade).



- não é necessário dar forma à cavidade;
- ótimo contacto entre osso e implante;
- boa biocompatibilidade e bioatividade;
- preparação realizada durante a cirurgia.





## Implantes ortopédicos

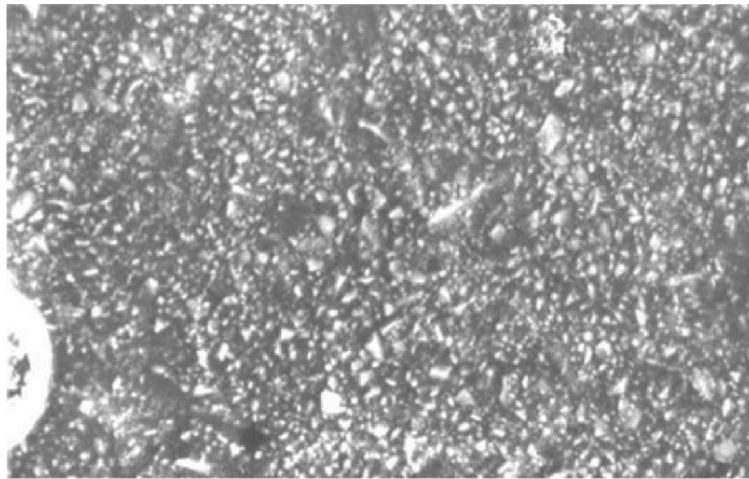
**matriz polimérica:** polietileno (UHMWPE)

**elementos de reforço:** fibras de carbono

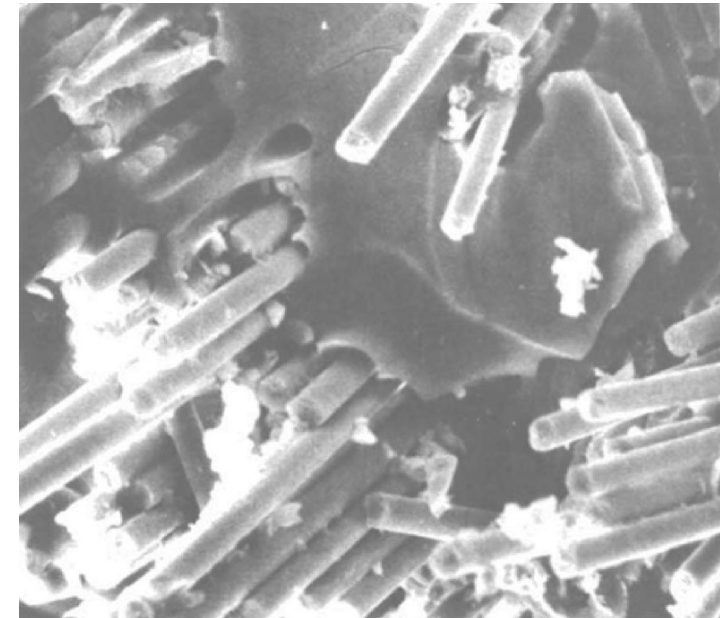
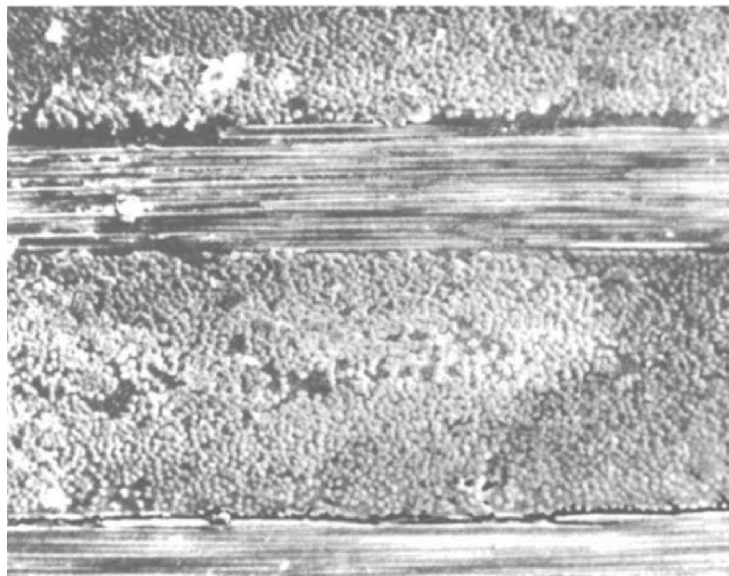


**Table 8-4.** Properties of Carbon-Reinforced UHMWPE

Fiber amount (%)	Density (g/cm <sup>3</sup> )	Young's modulus (GPa)	Flexural strength (MPa)
0	0.94	0.71	14
10	0.99	1.01	20
15	1.00	1.4	23
20	1.03	1.5	25

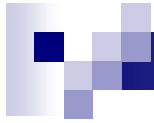


Compósito dentário. As partículas são sílica ( $\text{SiO}_2$ ) e a matriz polimérica.



Compósito de fibra de vidro e resina epoxídica fraturado.

Compósito do tipo laminado com camadas de fibra alternadas.



# BOM ESTUDO!

(mjmoura@isec.pt)