



Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos
Universidade de São Paulo
Engenharia de Biosistemas
ZEB 1038 – Ciência e Tecnologia dos Materiais

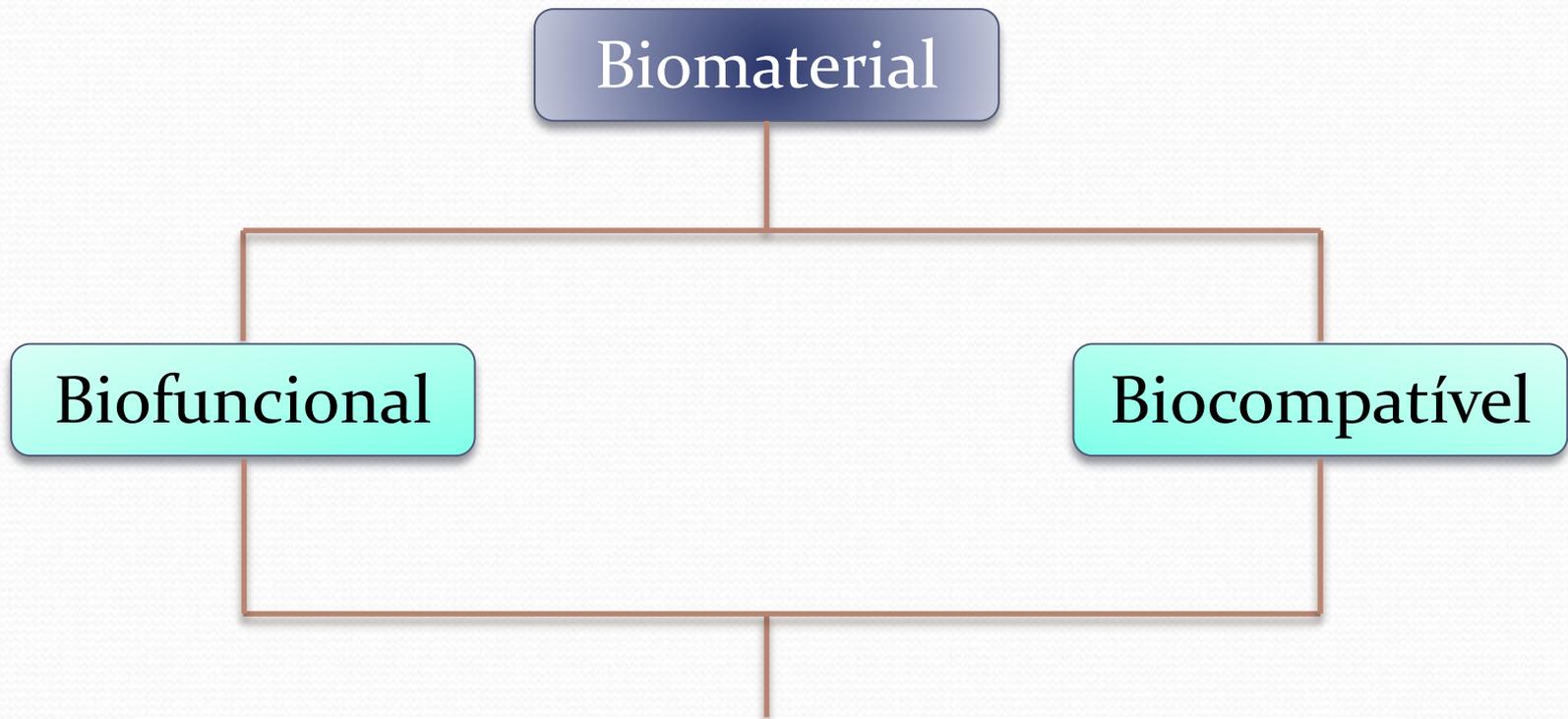
BIOMATERIAIS

ELIRIA M. J. AGNOLON PALLONE
JOÃO ADRIANO ROSIGNOLO

O que é um biomaterial?

Material sintético, natural ou natural modificado, destinado a estar em contato e interagir com o sistema biológico.

ISO 10993-1:1997 - *Biological evaluation of medical devices. Part 1: Evaluation and testing*



Gerar uma resposta apropriada, com uma aplicação específica, sem causar danos

➤ **Aumento do uso de biomateriais:**

- Aumento da expectativa de vida 
 - Padrão de vida
 - Avanço da medicina
- Aumento do número de acidentes 
 - Aumento do número de veículos
 - Reparações

HISTÓRICO

1ª Geração de Biomateriais (1960-1970):

- Início do uso interno.
- Problema para combinar propriedades físicas e mínima resposta tóxica.



HISTÓRICO

2ª Geração de Biomateriais (1980):

- Surgimento de materiais com resposta bioativas
“OSTEOCONDUÇÃO”
- Desenvolvimento de materiais biorreabsorvíveis
Suturas, placas e parafusos

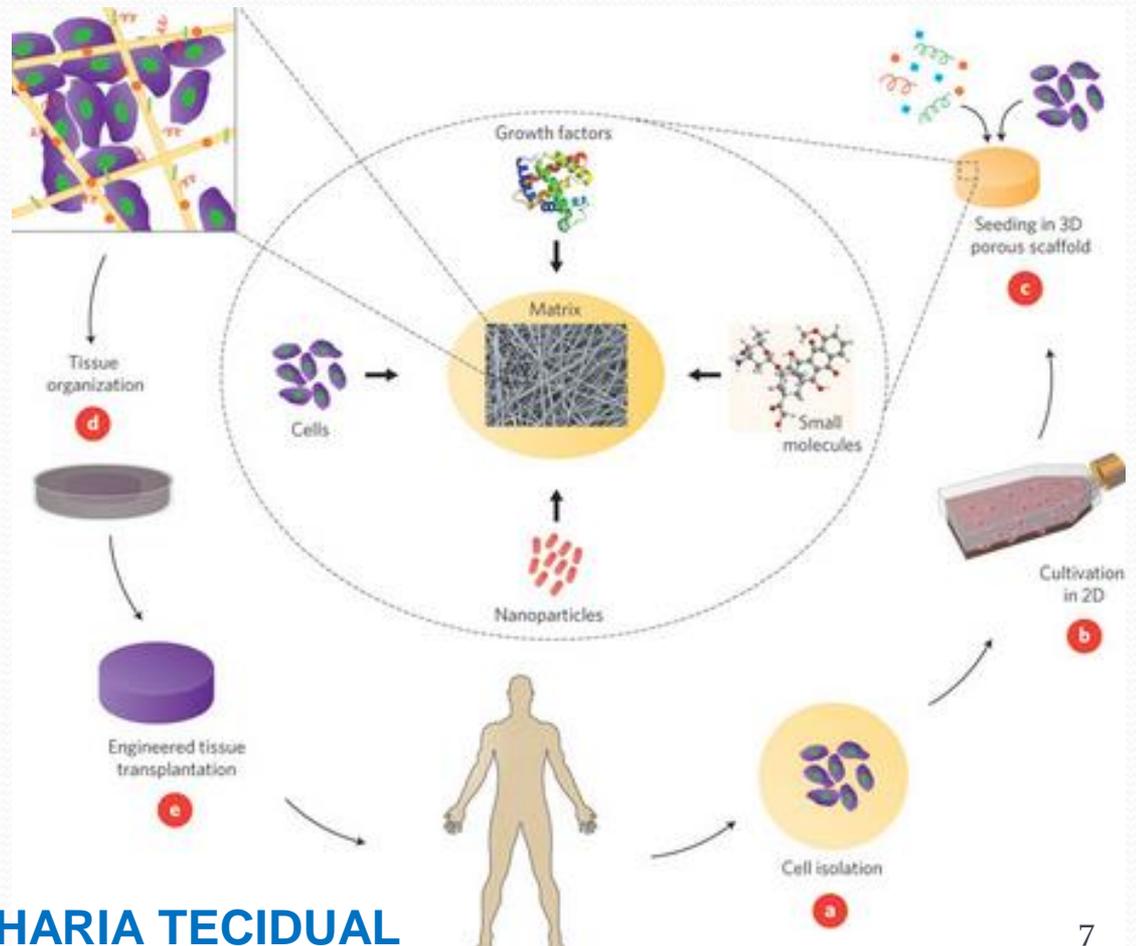
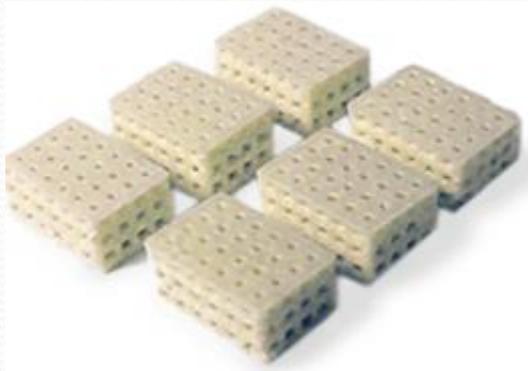


HISTÓRICO

3ª Geração de Biomateriais (hoje):

- Estimular resposta celular específica.

SCAFFOLD

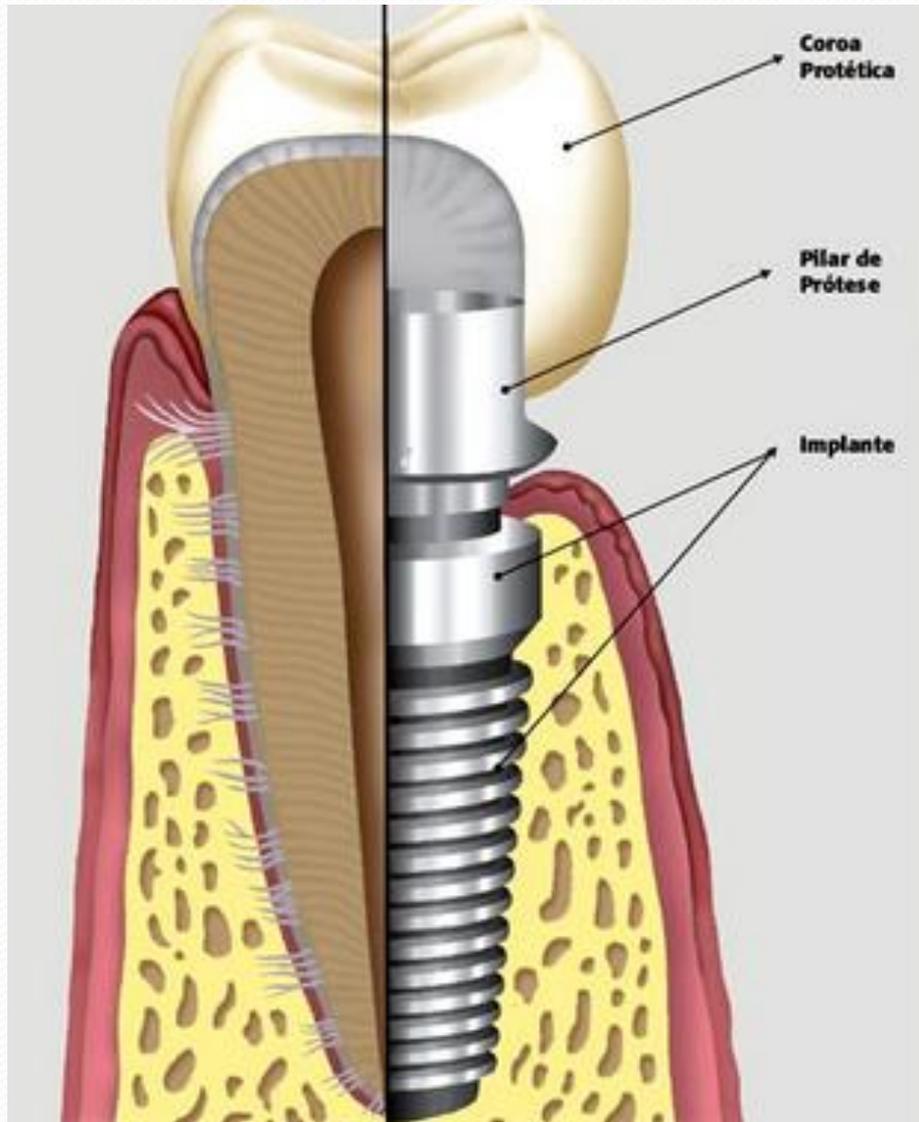


ENGENHARIA TECIDUAL

CAMPOS DE APLICAÇÃO

- Odontologia
- Ortopedia
- Cirurgia cardiovascular
- Oftalmologia
- Gastroenterologia
- Cirurgia plástica
- Farmacêutica
- Outras

➤ Odontologia



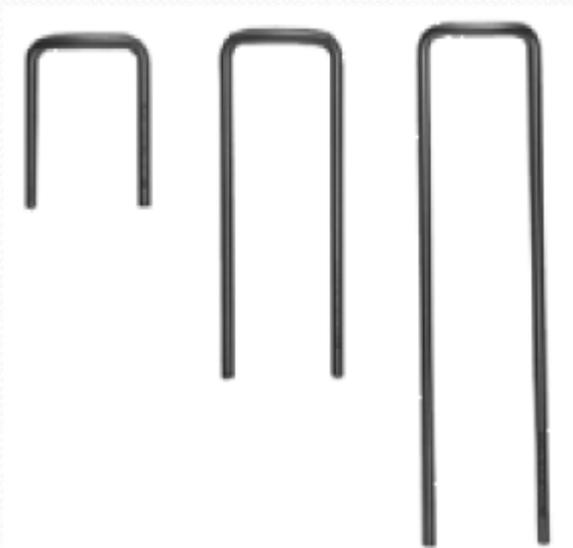
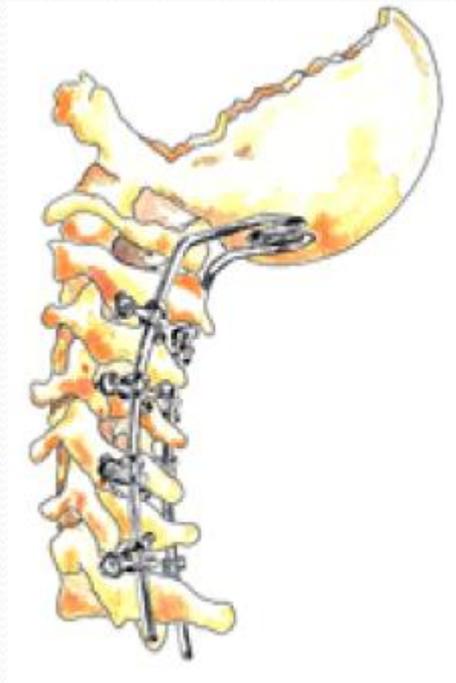
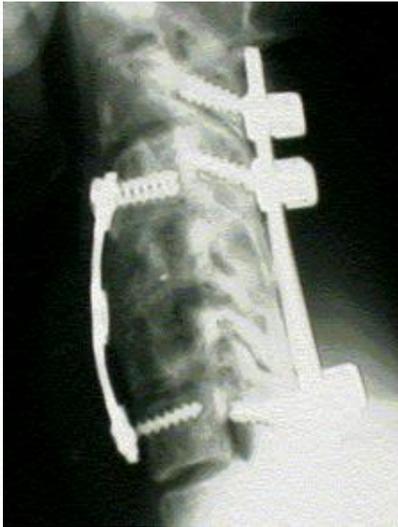
➤ Quadril



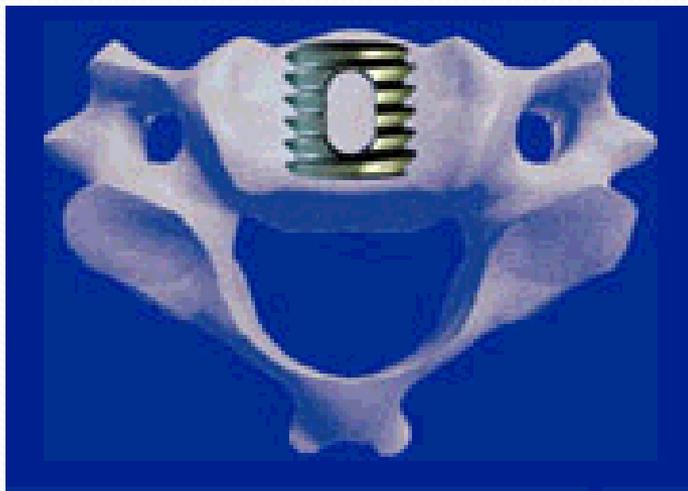
➤ Joelho



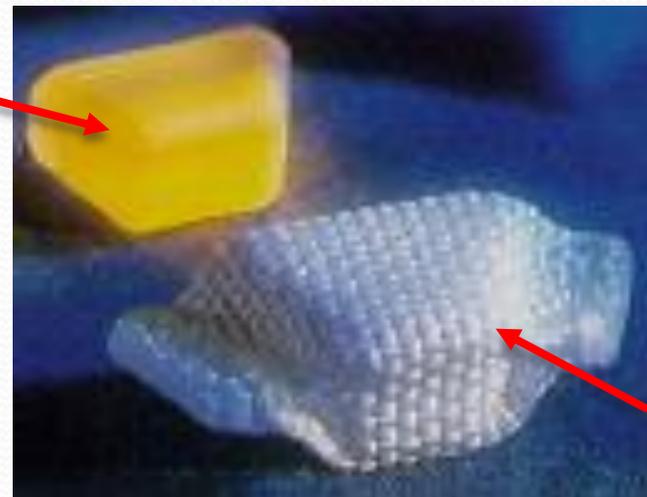
➤ Coluna



➤ Disco e cage

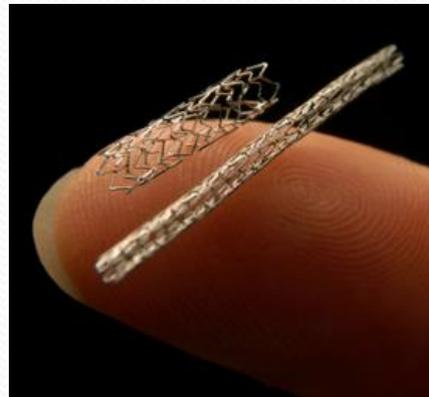
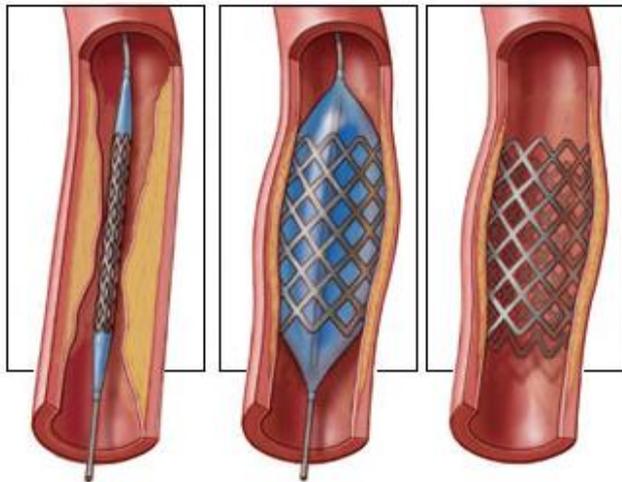


Hidrogel

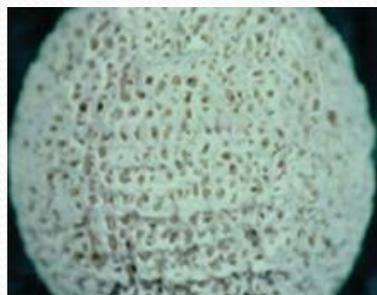


PEUAPM

➤ Cardiovascular



➤ Oftalmologia



HA



PE



Biocerâmica



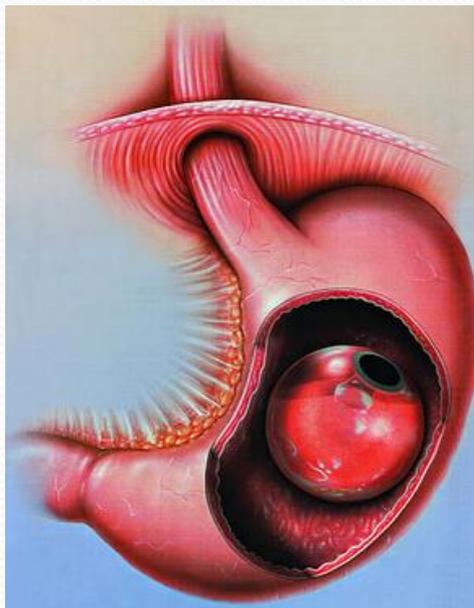
PMMA



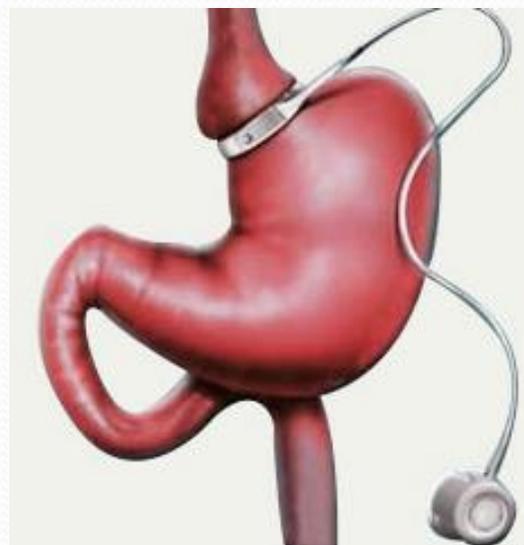
➤ Gastroenterologia



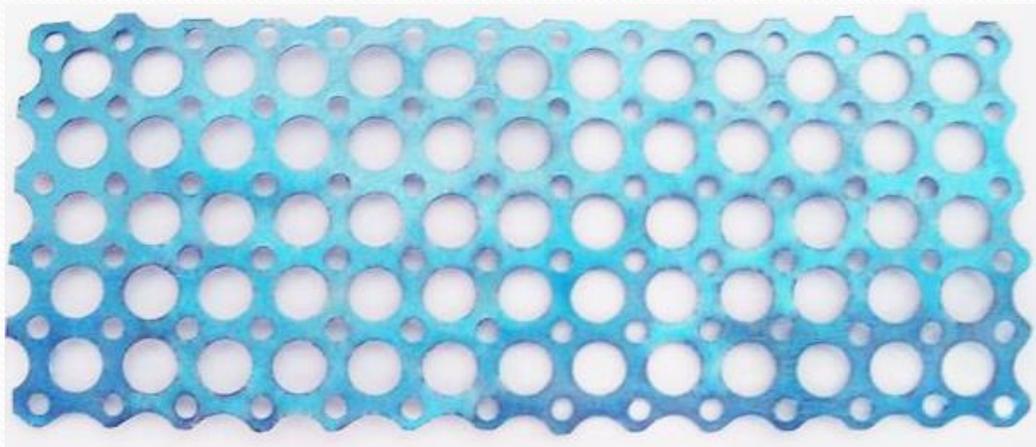
Balão
intragástrico



Banda
gástrica



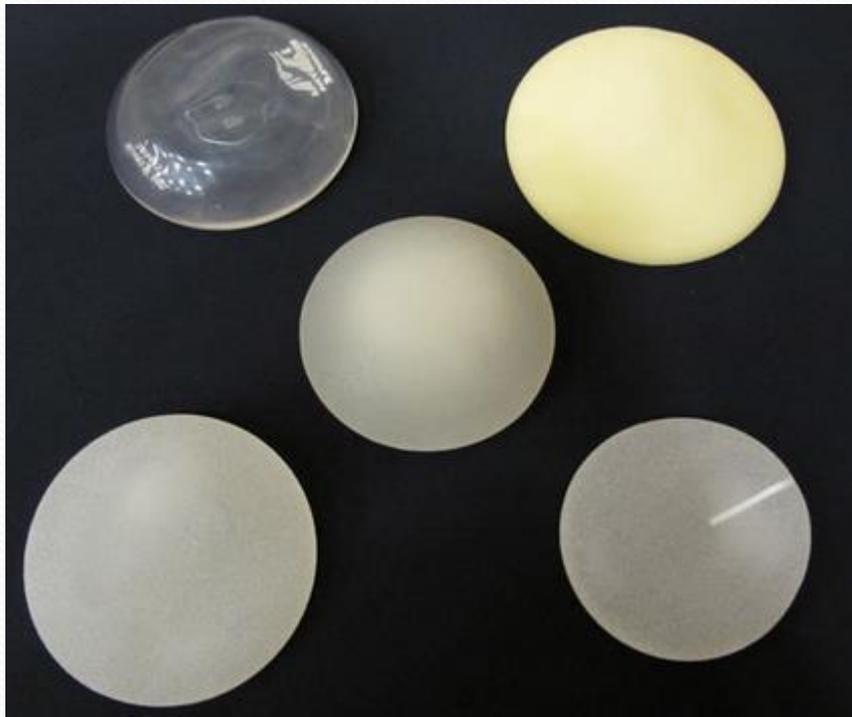
➤ Cranioplastia



► Bucomaxilofacial



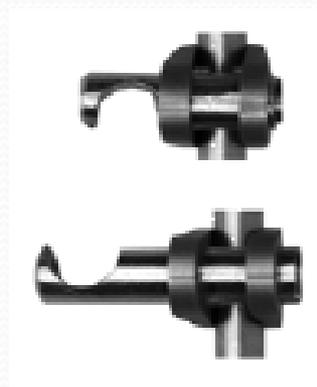
➤ Próteses de silicone



➤ Circulação extra-corpórea



▶ Parafusos, fixadores e placas



➤ Peles e curativos



Pele artificial



Hidrogel



Pele alógena



Alginato de cálcio

CLASSIFICAÇÃO DOS BIOMATERIAIS

- Origem
- Resposta do organismo
- Tipo de aplicação
- Características dos materiais

CLASSIFICAÇÃO DOS BIOMATERIAIS

Origem Biológica

```
graph TD; A[Origem Biológica] --> B[Autógeno Autólogo (paciente)]; A --> C[Alógeno Homólogo (doador)]; A --> D[Xenógeno Heterólogo (animal)];
```

Autógeno
Autólogo
(paciente)

Alógeno
Homólogo
(doador)

Xenógeno
Heterólogo
(animal)

	VANTAGENS	DESVANTAGENS
AUTÓGENOS	<ul style="list-style-type: none"> • menor rejeição • maior eficácia 	<ul style="list-style-type: none"> • duas intervenções • pouco material
ALÓGENOS	<ul style="list-style-type: none"> • única intervenção • quantidade razoável 	<ul style="list-style-type: none"> • risco rejeição • contaminações • custo elevado
XENÓGENOS	<ul style="list-style-type: none"> • não necessita de cirurgia • quantidade à vontade 	<ul style="list-style-type: none"> • maior rejeição • contaminações

CLASSIFICAÇÃO DOS BIOMATERIAIS

Origem Sintética

```
graph TD; A[Origem Sintética] --- B[Metais]; A --- C[Cerâmicas]; A --- D[Polímeros]; A --- E[Compósitos];
```

Metais

Cerâmicas

Polímeros

Compósitos

CLASSIFICAÇÃO DOS BIOMATERIAIS

Resposta

Bioinertes/
Biotoleráveis

Aço-inox

Ligas de Ti

Al_2O_3 e ZrO_2

PMMA e PEUAPM

Biorreabsorvíveis

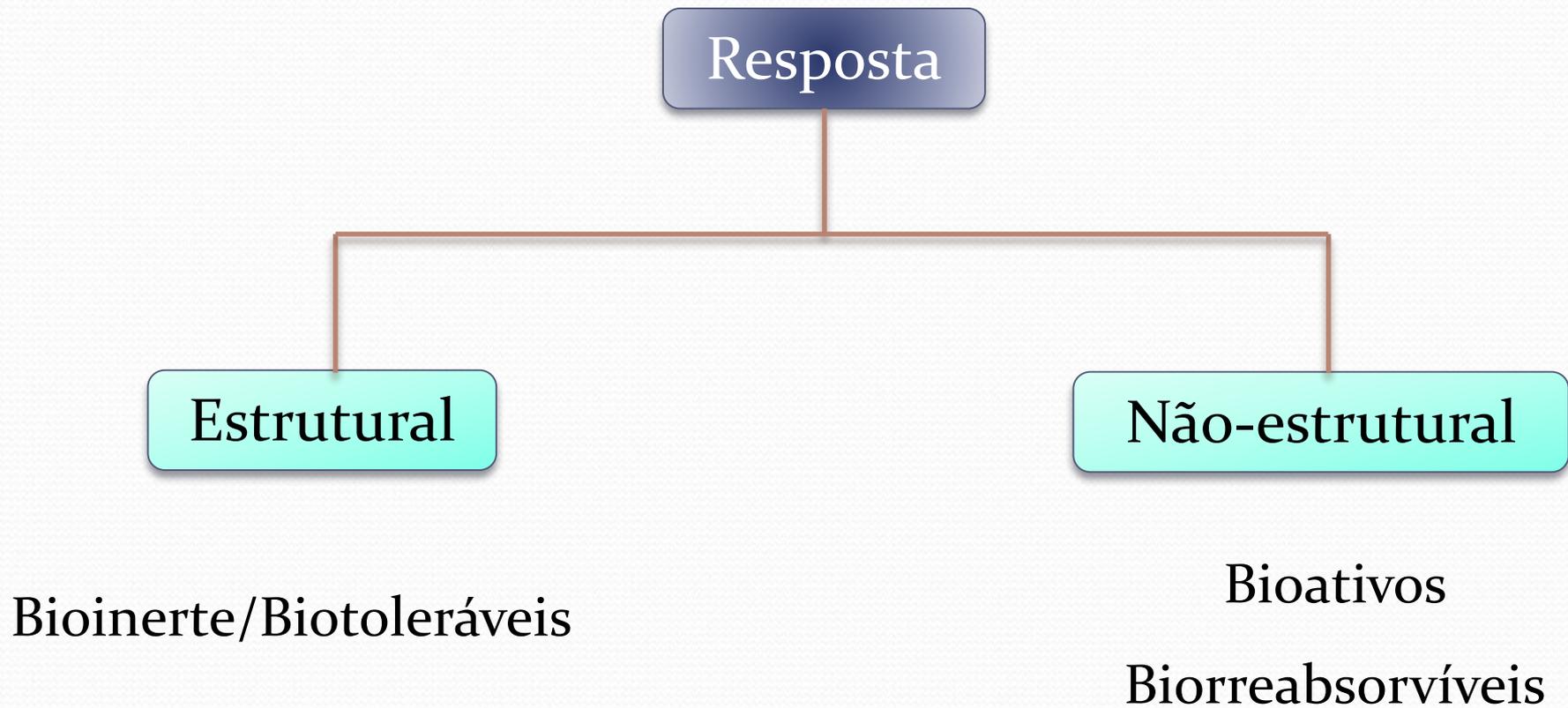
β -fosfato tricálcico

Bioativos

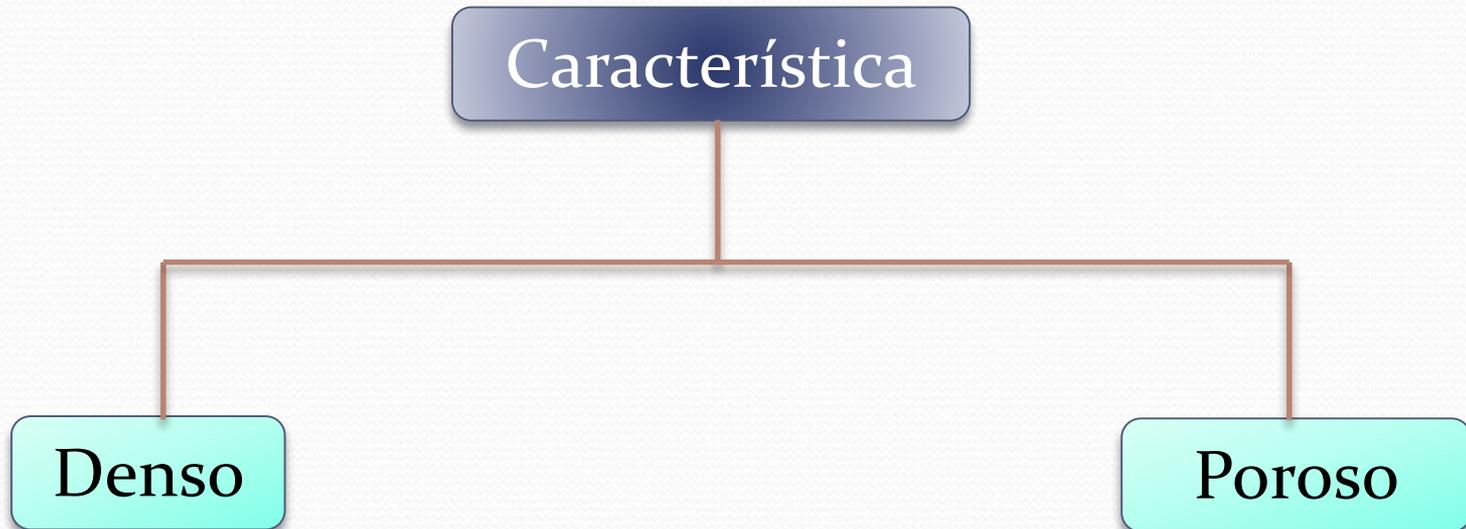
HA

Biovidro

CLASSIFICAÇÃO DOS BIOMATERIAIS

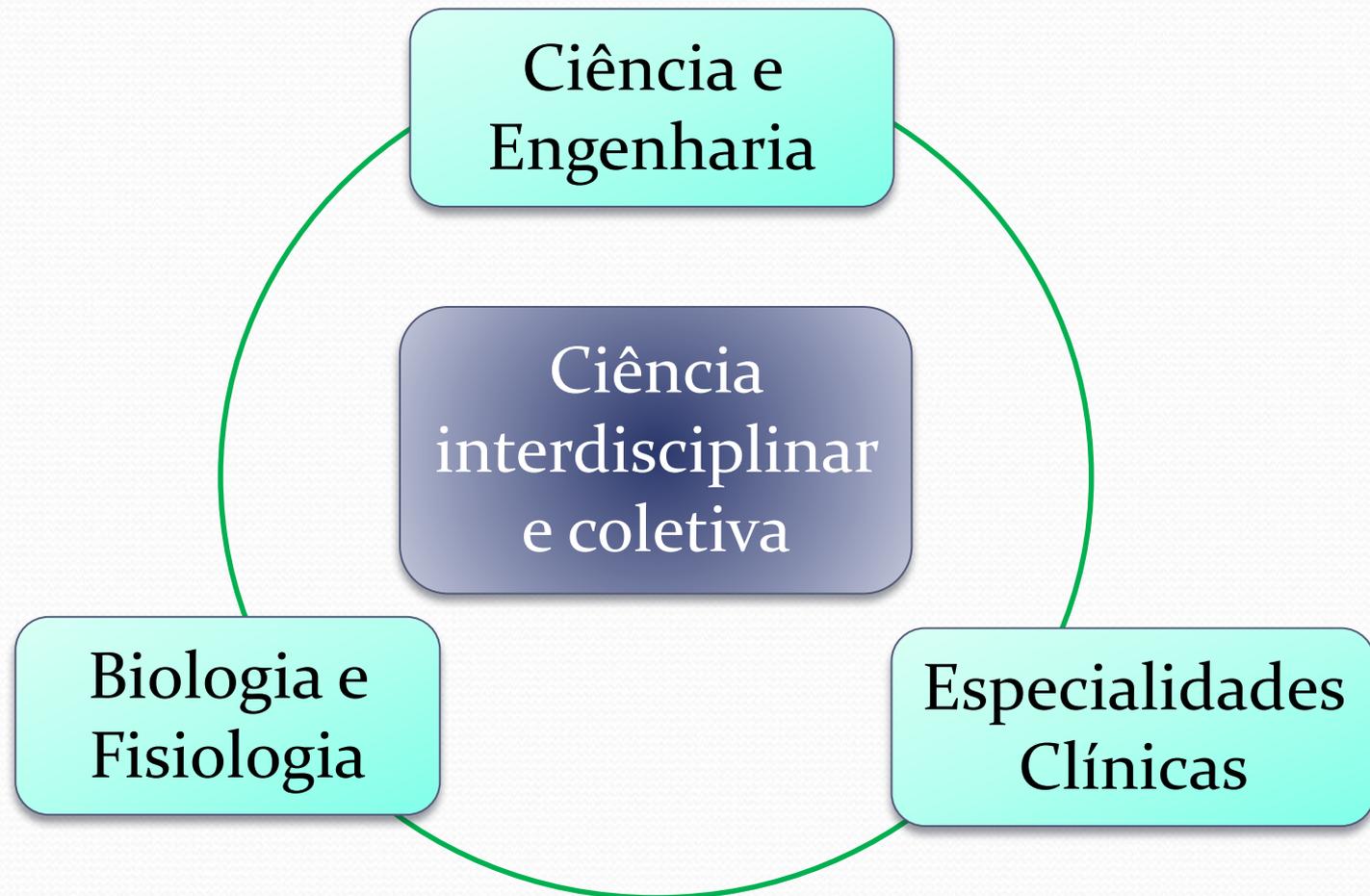


CLASSIFICAÇÃO DOS BIOMATERIAIS



Propriedades mecânicas e interconectividade

PLANEJAMENTO E DESENVOLVIMENTO



BIOCOMPATIBILIDADE



Conhecer

- Relação entre estrutura e função
- Condições fisiológicas
- Propriedades desejadas
- Ensaio para avaliação e caracterização

Testes

- Propriedades físico-químicas
 - Estrutura química;
 - Morfologia;
 - Propriedades mecânicas.

- *In vitro* - cultura de células;
- *In vivo* – animais;
- Clínicos – pacientes.

- Processamento;
- Esterilização.

ISO 10993, 1-18, 2003

Citotoxicidade (*In vitro*)

- ASTM F813-01, ASTM F895-84;
- Usa cultura celular;
- Verifica a morte das células;
- Inibição do crescimento celular;
- Defeitos celulares.

Hemocompatibilidade (*In vitro*)

- ASTM F756-00;
- Avalia efeitos no sangue ou em seus componentes;
- Simula a geometria, condições de contato e fluxos dinâmicos do implante;
- Hemólise: avalia o grau de lise das células vermelhas.

Genotoxicidade (*In vitro*)

- Cultura de células de mamíferos ou não;
- Verifica mutações genéticas;
- Mudança na estrutura e número de cromossomos;
- Toxicidade em DNA ou genes.

In vivo

- Implante de longa duração em osso, músculo e tecido cutâneo.

Espécie	Período do Implante				
	Semanas				
	12	26	52	78	(104)
Ratos	X	X	X		
Coelhos	X	X	X	X	
Cachorros	X	X	X	X	X
Ovelhas	X	X	X	X	X
Cabras	X	X	X	X	X
Porcos	X	X	X	X	X

Fatores que afetam a resposta aos implantes

Tecido	Implante
Tipo do tecido	Composição do implante
Saúde do tecido	Fases no implante
Idade do tecido	Contorno de fase
Circulação sanguínea do tecido	Morfologia superficial
Circulação sanguínea interfacial	Porosidade superficial
Movimento interfacial	Reações químicas
Solicitação mecânica	Solicitação mecânica

Consequências da interação implante-tecido

Reação	Consequência
Tóxica	Morte do tecido
Inerte	Formação de capsula fibrosa
Bioativa	Ligação interfacial
Dissolução do implante	Substituição por tecido novo