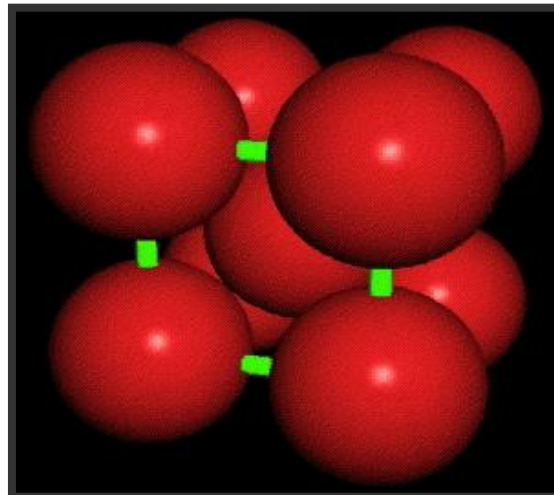




CIÊNCIA DOS MATERIAIS



Profº Dr. Abrão C. Merij

Histórico Acadêmico

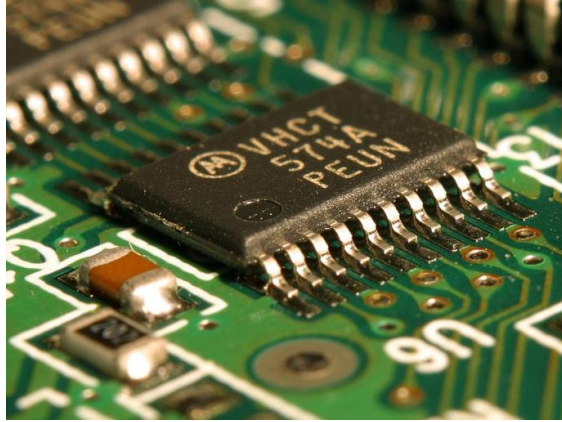
- ▶ Formação
- ▶ Licenciatura em Matemática - FIG / Tecnologia em Materiais – Fatec SP
- ▶ Mestrado em engenharia de Materiais - Unifesp
- ▶ Doutorado em engenharia de Materiais - Unifesp
- ▶ Pós-Doutorado em Nanotecnologia - Mackenzie

Criador do site mundo dos materiais



INTRODUÇÃO

Qual a importância dos materiais?

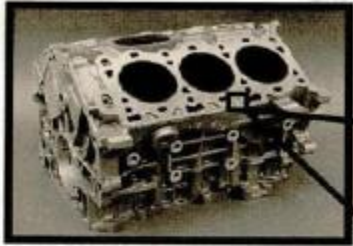


Estrutura dos Materiais

- **Estrutura** pode (e deve) ser **analisada** em diferentes **ESCALAS**:
 - **Subatômica** (elétrons no interior dos átomos)
 - **Atômica** (átomos ou moléculas)
 - **Microscópica** (microestrutura)
 - **Macroscópica** (macroestrutura)

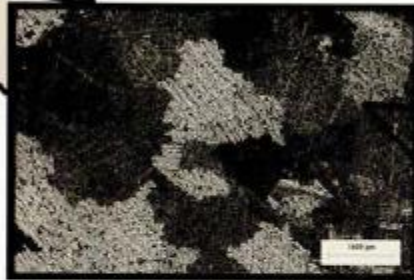
Escala e Estrutura

Escala "Macro"

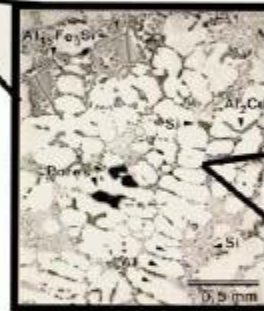


Macro-Scale Structure
Engine Block
≅ upto 1 meter

*Escala
"Micro"*

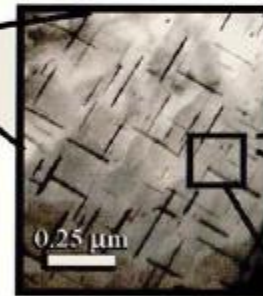


Microstructure
- Grains
≅ 1 – 10 millimeters



Microstructure
- Dendrites & Phases
≅ 50 – 500 micrometers

*Escala
Atômica*



Nano-structure
- Precipitates
≅ 3-100 nanometers



Unit Cell



Atomic-scale structure
≅ 1-100 Angstroms

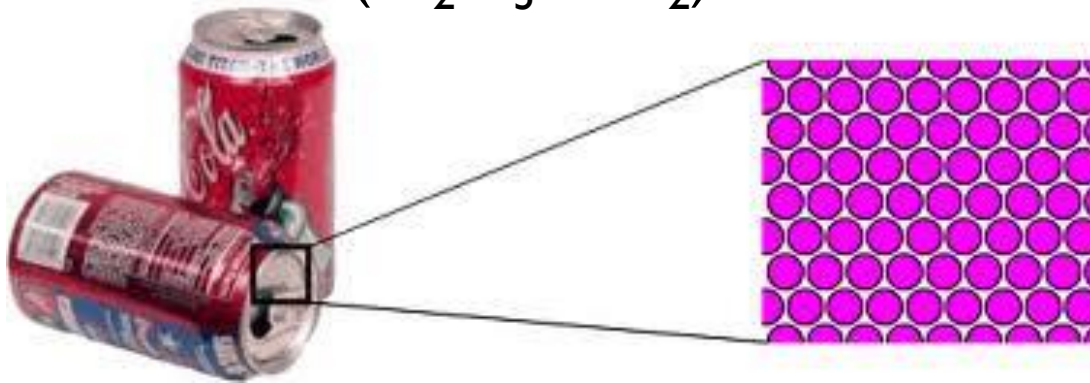
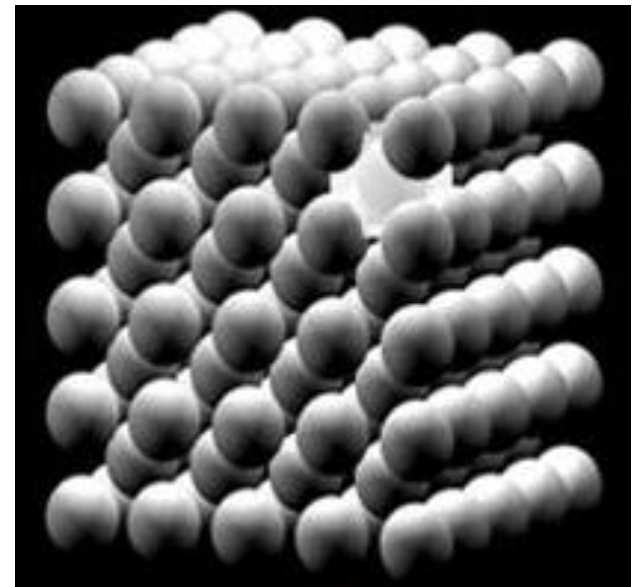
Bloco de motor em
liga de alumínio.

Estrutura dos Materiais

Segundo a **distribuição espacial** dos **átomos, moléculas** ou **íons**, os sólidos podem ser **classificados** em:

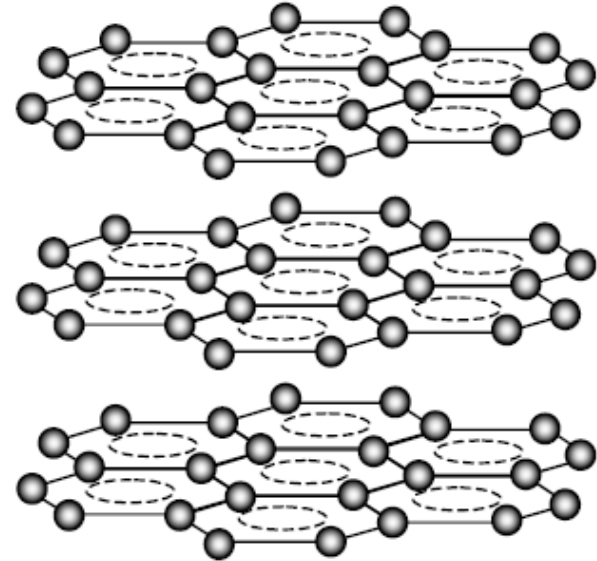
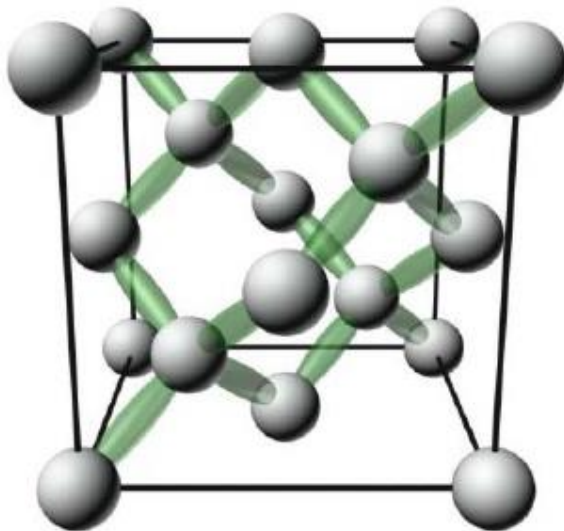
- **Cristalinos**: Compostos por átomos, moléculas ou íons arranjados de uma **forma periódica** em três dimensões.

- **Exemplos**: Materiais metálicos (Fe, Al, Zn e Bi) e Cerâmicos (Al_2O_3 , SiO_2).



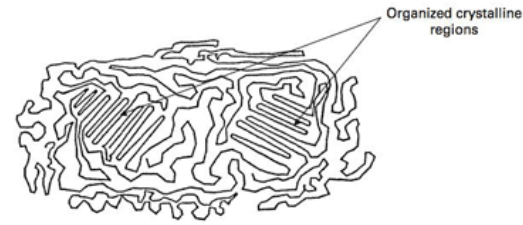
Estrutura dos Materiais

- *Cristalino:*



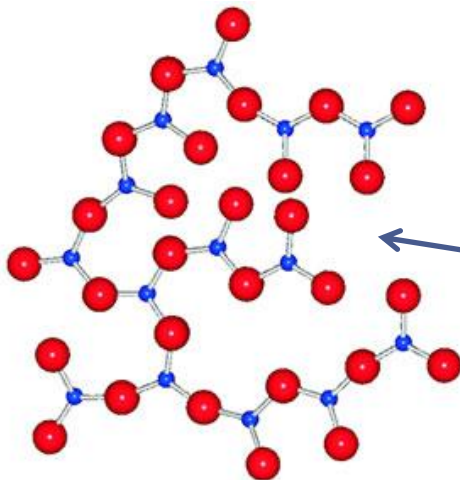
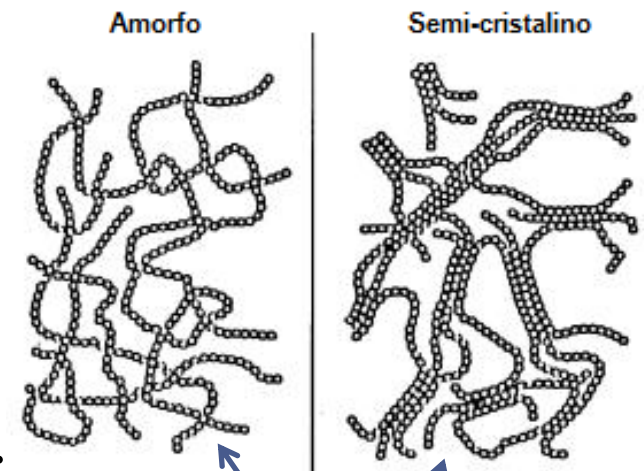
As estruturas atômicas do **diamante** e do **grafite**, respectivamente.

Estrutura dos Materiais



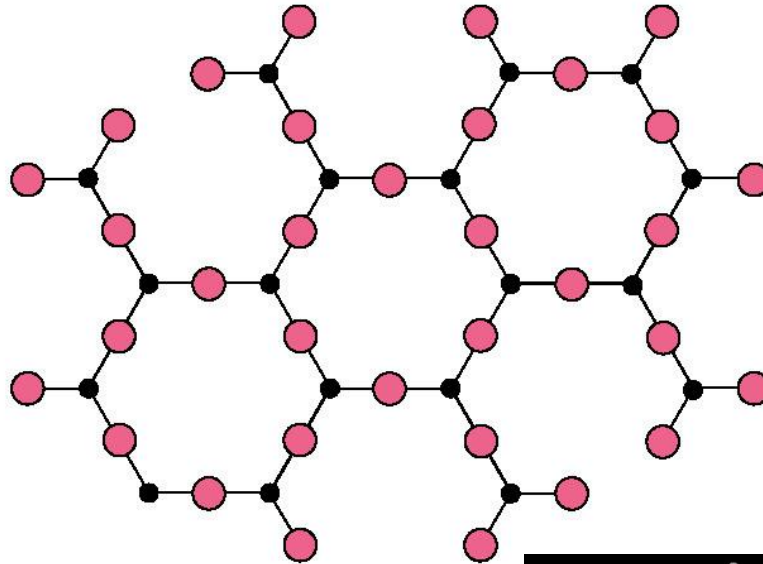
Segundo a **distribuição espacial** dos **átomos, moléculas** ou **íons**, os sólidos podem ser **classificados** em:

- **Amorfos**: Compostos por átomos, moléculas ou íons que apresentam **ordenação aleatória** e de **curto alcance**.
- **Exemplos**: Vidros e Polímeros.



Sólidos Cristalinos e Amorfos

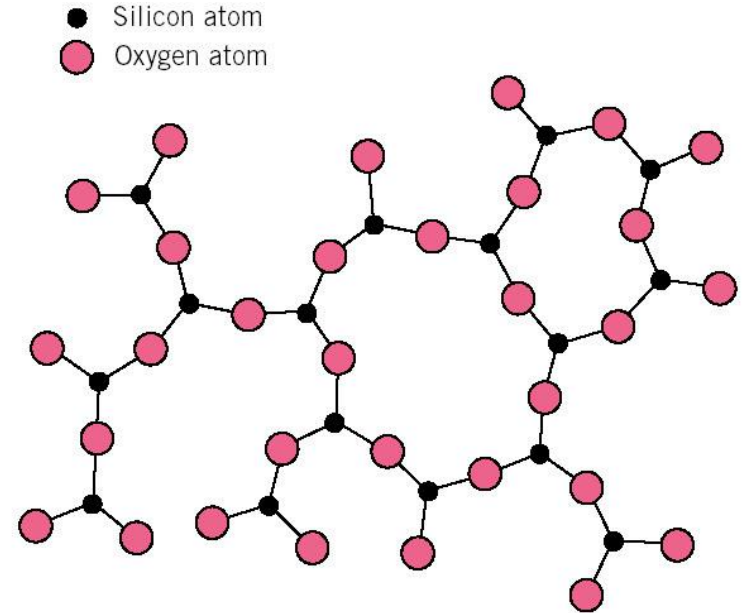
Exemplo: Sílica (SiO_2)



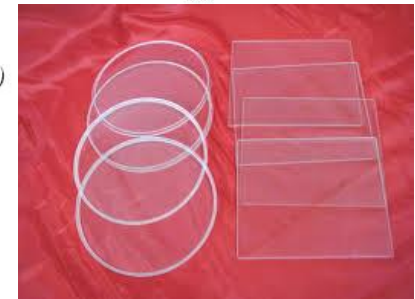
(a)



a) **Cristalinos**: Ordem de curto e longo alcance.



(b)



b) **Amorfos**: Apenas ordem de curto alcance.

Do que depende a estrutura dos materiais?

Processamento:

- A **estrutura** do material irá **depende** do **processamento**;
- Conjunto de **técnicas** para obtenção de **materiais** com **formas** e **propriedades específicas**.



Componentes Essenciais



A relação de interdependência entre processamento, estrutura, propriedades e desempenho.

*Quantos materiais diferentes
existem?*

**Entre 40.000 e 80.000,
composições diferentes
de materiais!**



COMO ESCOLHER ???



*Como definir qual o melhor material
para um determinado fim?*



Quais os *critérios* deve-se *adotar* para *selecionar um material* entre tantos outros?

- **Propriedades requeridas** para tal aplicação;
- **Condições de operação**;
- O **tipo de degradação** que o material sofrerá em serviço;
- **Econômica: Qual o custo do produto acabado???**



Quais os *critérios* deve-se *adotar* para *selecionar um material* entre tantos outros?

- Em primeiro lugar, deve-se saber quais serão as *condições de operação* que será submetido o material e depois levantar as *propriedades requeridas* para tal aplicação!



Refratário de uma forna submetido à altas temperaturas.

Quais os *critérios* deve-se *adotar* para *selecionar um material* entre tantos outros?

- A segunda consideração na escolha do material refere-se ao *tipo* de *degradação* que o material sofrerá em serviço;



Quais os *critérios* deve-se **adotar** para **selecionar um material** entre tantos outros?

- Finalmente, a consideração talvez mais definitiva é provavelmente a **econômica**:

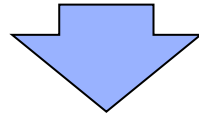
Qual o custo do produto acabado???

Um material pode reunir um conjunto **ideal** de **propriedades**, porém com custo **muito elevado**.

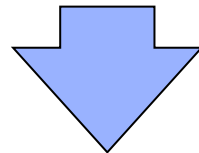


TIPOS DE INDÚSTRIA - INFLUÊNCIA DOS MATERIAIS

INDÚSTRIA DE PONTA

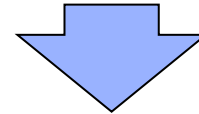


- Grande exigência tecnológica
- Utilização dos materiais nos limites

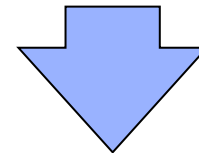


SELEÇÃO CUIDADOSA
(FATOR CUSTO SECUNDÁRIO)

PRODUÇÃO EM MASSA



- Produtos não diferenciados
- Utilização de materiais abaixo dos limites



SELEÇÃO NÃO CUIDADOSA
(FATOR CUSTO PRIMORDIAL)

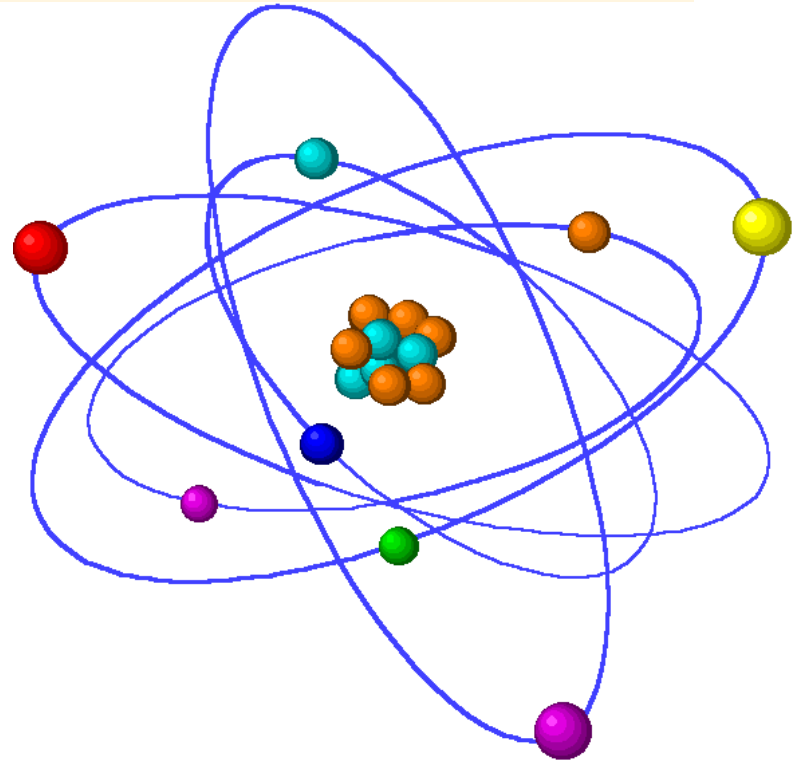


Sgt Batista / Força Aérea Brasileira



CLASSIFICAÇÃO DOS MATERIAIS

- A **classificação tradicional** dos materiais sólidos é geralmente baseada na **composição** e **ligações químicas**.



CLASSIFICAÇÃO DOS MATERIAIS

Os materiais sólidos foram **agrupados** em:

- **Metais**
- **Cerâmicos**
- **Polímeros**
- **Compósitos**
- **Semicondutores**
- **Biomateriais**

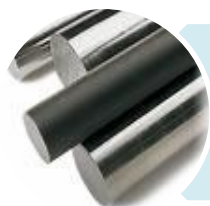


CLASSIFICAÇÃO DOS MATERIAIS



Metais

Os *Metais* na Tabela Periódica



Metais

	1a																	3a	4a	5a	6a	7a	MOBILE Elements	2 He	
1	¹ H	2a																							
2	³ Li	⁴ Be																	⁵ B	⁶ C	⁷ N	⁸ O	⁹ F	¹⁰ Ne	
3	¹¹ Na	¹² Mg	3b	4b	5b	6b	7b	8				1b	2b	¹³ Al	¹⁴ Si	¹⁵ P	¹⁶ S	¹⁷ Cl	¹⁸ Ar						
4	¹⁹ K	²⁰ Ca	²¹ Sc	²² Ti	²³ V	²⁴ Cr	²⁵ Mn	²⁶ Fe	²⁷ Co	²⁸ Ni	²⁹ Cu	³⁰ Zn	³¹ Ga	³² Ge	³³ As	³⁴ Se	³⁵ Br	³⁶ Kr							
5	³⁷ Rb	³⁸ Sr	³⁹ Y	⁴⁰ Zr	⁴¹ Nb	⁴² Mo	⁴³ Tc	⁴⁴ Ru	⁴⁵ Rh	⁴⁶ Pd	⁴⁷ Ag	⁴⁸ Cd	⁴⁹ In	⁵⁰ Sn	⁵¹ Sb	⁵² Te	⁵³ I	⁵⁴ Xe							
6	⁵⁵ Cs	⁵⁶ Ba	⁵⁷ La	⁷² Hf	⁷³ Ta	⁷⁴ W	⁷⁵ Re	⁷⁶ Os	⁷⁷ Ir	⁷⁸ Pt	⁷⁹ Au	⁸⁰ Hg	⁸¹ Tl	⁸² Pb	⁸³ Bi	⁸⁴ Po	⁸⁵ At	⁸⁶ Rn							
7	⁸⁷ Fr	⁸⁸ Ra	⁸⁹ Ac	¹⁰⁴ Rf	¹⁰⁵ Ha	106		108	109																
*	⁵⁸ Ce	⁵⁹ Pr	⁶⁰ Nd	⁶¹ Pm	⁶² Sm	⁶³ Eu	⁶⁴ Gd	⁶⁵ Tb	⁶⁶ Dy	⁶⁷ Ho	⁶⁸ Er	⁶⁹ Tm	⁷⁰ Yb	⁷¹ Lu	LANTHANIDE SERIES										
*	⁹⁰ Th	⁹¹ Pa	⁹² U	⁹³ Np	⁹⁴ Pu	⁹⁵ Am	⁹⁶ Cm	⁹⁷ Bk	⁹⁸ Cf	⁹⁹ Es	¹⁰⁰ Fm	¹⁰¹ Md	¹⁰² No	¹⁰³ Lr	ACTINIDE SERIES										
	METAL																								

CLASSIFICAÇÃO DOS MATERIAIS



Metais



- São geralmente uma combinação de **elementos metálicos** (tais como **ferro**, **alumínio**, **cobre**, **titânio**, **ouro** e **níquel**) e, também **elementos não-metálicos** (carbono, nitrogênio e oxigênio) em pequenas quantidades (liga Fe-C);
- Os materiais metálicos possuem normalmente uma **estrutura cristalina** na qual os **átomos** estão arranjados de maneira **ordenada**;
- São relativamente **densos** em comparação às cerâmicas e aos polímeros.

CLASSIFICAÇÃO DOS MATERIAIS



Metais



- São mecanicamente **rígidos** e **resistentes**, **dúcteis** (isto é, são capazes de **grandes quantidades** de **deformação**) e são **resistentes à fratura**;
- São **bons condutores** de **calor** e de **eletricidade**;
- **Não** são **transparentes** à luz VIS;
- Têm **aparência brilhosa** quando polidos;
- Alguns metais (ex.: Fe, Co e Ni) possuem **propriedades magnéticas**.

Aplicações dos Metais



- **Condução de eletricidade:** fiação elétrica, conectores, etc;
- **Estruturas:** construção civil, pontes, pavilhões industriais, etc;
- **Automóveis:** corpo, chassis, molas, bloco do motor, etc.;
- **Aeroplanos:** componentes do motor, fuselagem, etc.;
- **Trens:** trilhos, componentes do motor, corpo, rodas;
- **Máquinas e ferramentas:** brocas, martelos, chaves-de-fenda, lâminas de serra, etc.;



Aplicações dos Metais

Ligas ferrosas (Aços)



Aplicações em Indústrias em Geral

Ligas não-ferrosas (Al, Ti,)



Aplicações Aeroespaciais

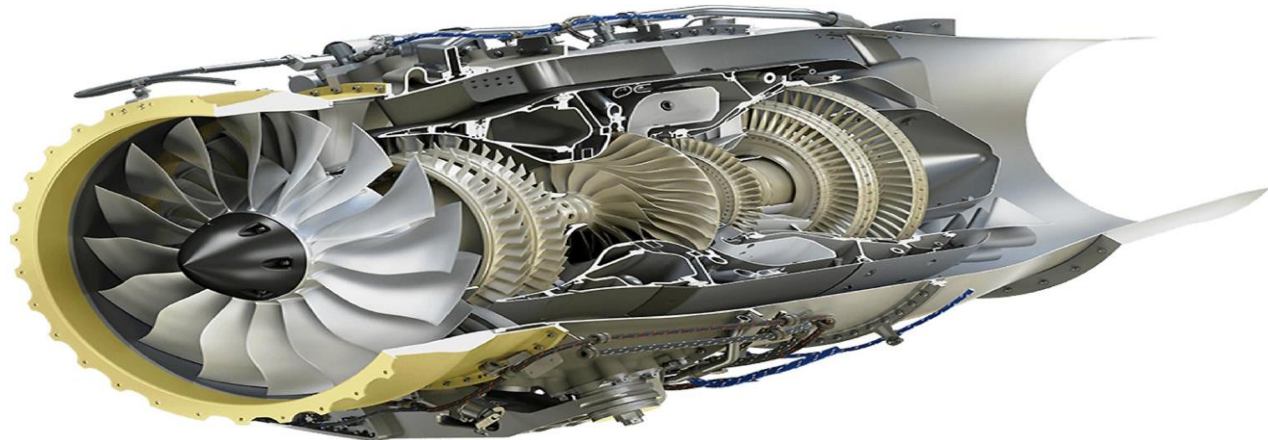
Aplicações dos Metais

• Aplicações de Alta Tecnologia



Motor a jato

- Feito essencialmente de ligas metálicas;
- Por ex.: **superligas de níquel** resistentes à **altas temperaturas**, com **elevada resistência mecânica** e **química**.



CLASSIFICAÇÃO DOS MATERIAIS



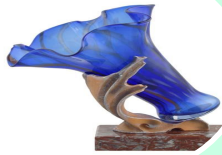
**Vidros e
Cerâmicos**

O grafite e o diamante são considerados cerâmicas!



Os materiais cerâmicos são constituídos de **metais** e **não-metais**.

CLASSIFICAÇÃO DOS MATERIAIS

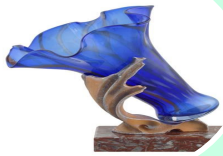


Vidros e Cerâmicos

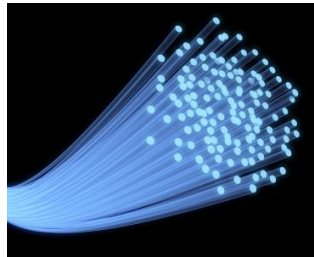
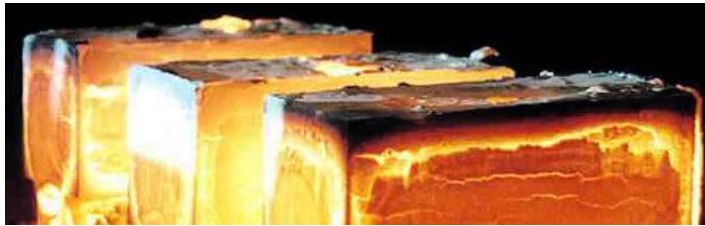


- São geralmente uma combinação de **elementos metálicos** e **não-metálicos** com exceção do carbono;
- **Óxidos**, **nitretos** e **carbeto**s (por exemplo: alumina Al_2O_3 , sílica SiO_2 , carbeto de silício, SiC) ou **materiais tradicionais** (compostos por minerais **argilosos**);
- Com relação às propriedades mecânicas as cerâmicas são **rígidas** e **resistentes** (comparáveis aos metais);
- São tipicamente **duras** porém **frágeis** (ausência de ductilidade);

CLASSIFICAÇÃO DOS MATERIAIS

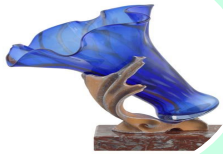


Vidros e Cerâmicos



- São geralmente **isolantes de calor** e **eletricidade** (baixa condutividade térmica e elétrica);
- São mais **resistentes à altas temperaturas** e a **ambientes corrosivos** do que metais e polímeros;
- Possuem **estrutura cristalina, amorfa** (vítrea) ou **parcialmente cristalino** (**vitrocerâmicos** – cristais em uma matriz vítrea);
- Podem ser **transparentes, translúcidas** ou **opacas**;

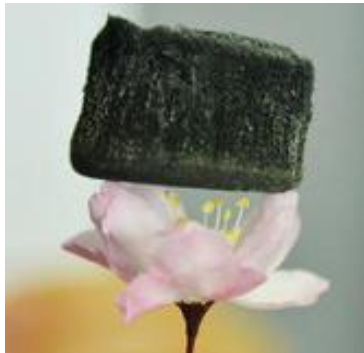
CLASSIFICAÇÃO DOS MATERIAIS



Vidros e Cerâmicos



- Podem ser **transparentes**, **translúcidas** ou **opacas**;
- Em geral são **leves**;
- Algumas cerâmicas a base de óxidos (por exemplo, Fe_3O_4) exibem **comportamento magnético**.



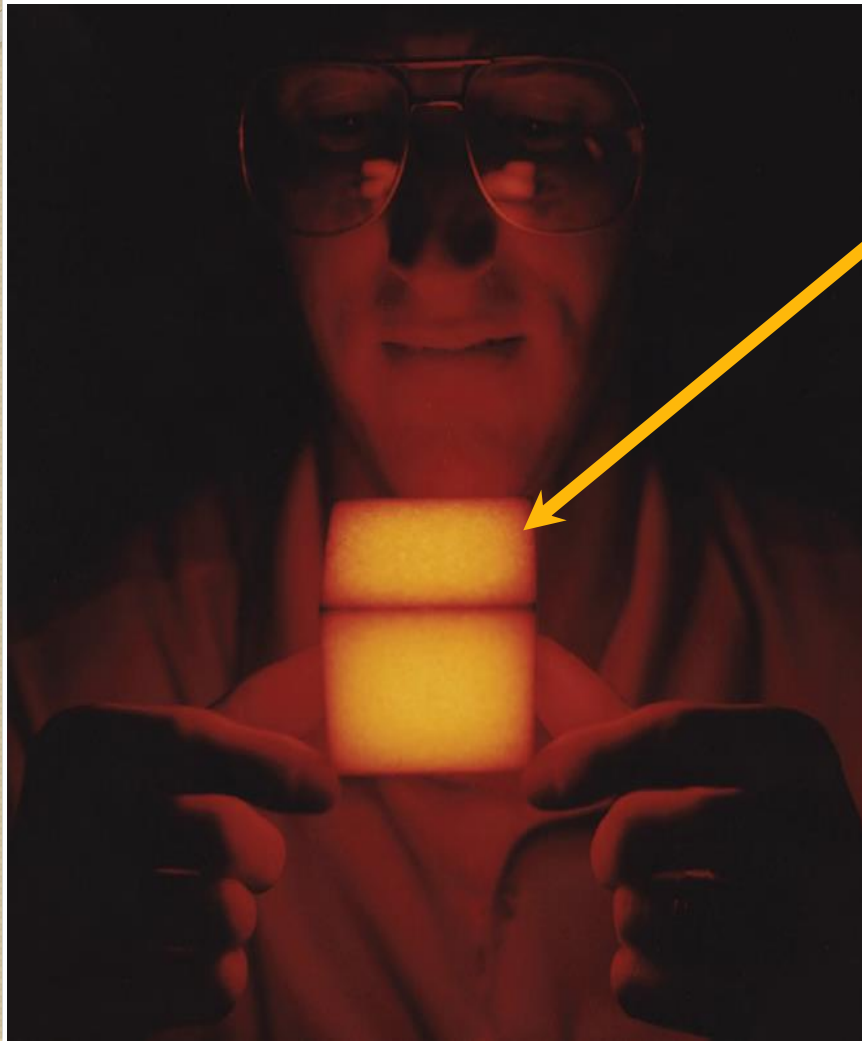
Aplicações das Cerâmicas

- ***Cerâmicas Tradicionais***: materiais de revestimento, tijolos, blocos, telhas, louças, materiais refratários, pigmentos, abrasivos, vidro, cimento e cal, etc



Aplicações das Cerâmicas

• Aplicações de Alta Tecnologia



- Cubo de sílica de isolamento térmico: o interior do cubo está a **1250°C** e pode ser **manuseado sem proteção**;
- Usada no isolamento térmico do **Space Shuttle** (ônibus espacial).

- **Tória** (óxido de tório)
- É o material cerâmico **mais estável** e o de **mais alto ponto de fusão** (3315°C), aplicado em reatores nucleares.

CLASSIFICAÇÃO DOS MATERIAIS



Polímeros

1a

*	⁵⁸ Ce	⁵⁹ Pr	⁶⁰ Nd	⁶¹ Pm	⁶² Sm	⁶³ Eu	⁶⁴ Gd	⁶⁵ Tb	⁶⁶ Dy	⁶⁷ Ho	⁶⁸ Er	⁶⁹ Tm	⁷⁰ Yb	⁷¹ Lu	LANTHANIDE SERIES
*	⁹⁰ Th	⁹¹ Pa	⁹² U	⁹³ Np	⁹⁴ Pu	⁹⁵ Am	⁹⁶ Cm	⁹⁷ Bk	⁹⁸ Cf	⁹⁹ Es	¹⁰⁰ Fm	¹⁰¹ Md	¹⁰² No	¹⁰³ Lr	ACTINIDE SERIES

São **compostos orgânicos** baseados em **carbono**, **hidrogênio** e outros **elementos não-metálicos** (como O, N e Si).

CLASSIFICAÇÃO DOS MATERIAIS



Polímeros

Polietileno



Teflon



Náilon



Borracha
sintética



PET



PVC



- São geralmente **compostos orgânicos** baseados em **carbono**, **hidrogênio** e outros **elementos não-metálicos** (como O, N e Si);
- Materiais poliméricos incluem **plásticos** e **borrachas**;
- Constituídos de cadeias moleculares muito grandes (**macromoléculas**), na **maioria amorfos** ou **semicristalinos**;
- Alguns polímeros comuns e familiares são: **polietileno** (PE), o **náilon**, o **cloreto de polivinila** (PVC), o **policarbonato** (PC), o **poliestireno** (PS) e a **borracha de silicone**.

CLASSIFICAÇÃO DOS MATERIAIS



Polímeros



- Apresentam **baixa densidade**;
- **Não** são **rígidos** e **resistentes** como os outros materiais;
- Muitos são **extremamente dúcteis** e **flexíveis**;
- São relativamente **inertes quimicamente** e **não reativos** em diversos ambientes;
- Maior **desvantagem** dos polímeros é sua **tendência** em amolecer ou **decompor** em **temperaturas moderadas**;
- Possuem **baixa condutividade elétrica** e são **não-magnéticos**.

Aplicações dos Polímeros



Poliestireno (PS) é encontrado nas **caixas** que **embalam sanduíches**.

Trata-se de um bom isolante térmico!



Nas **escovas de dentes**, as **cerdas** são feitas de **nylon**, e o **cabo**, de **polietileno**.

- Nas **fraldas**, os polímeros estão também presentes, o **polietileno**;
- **Poliacrilato de sódio** (flocgel): polímero **super-absorvente** utilizado na forma de pequenos cristais;
- Material com **grande capacidade de retenção de água**: **800 vezes o seu peso em água!**

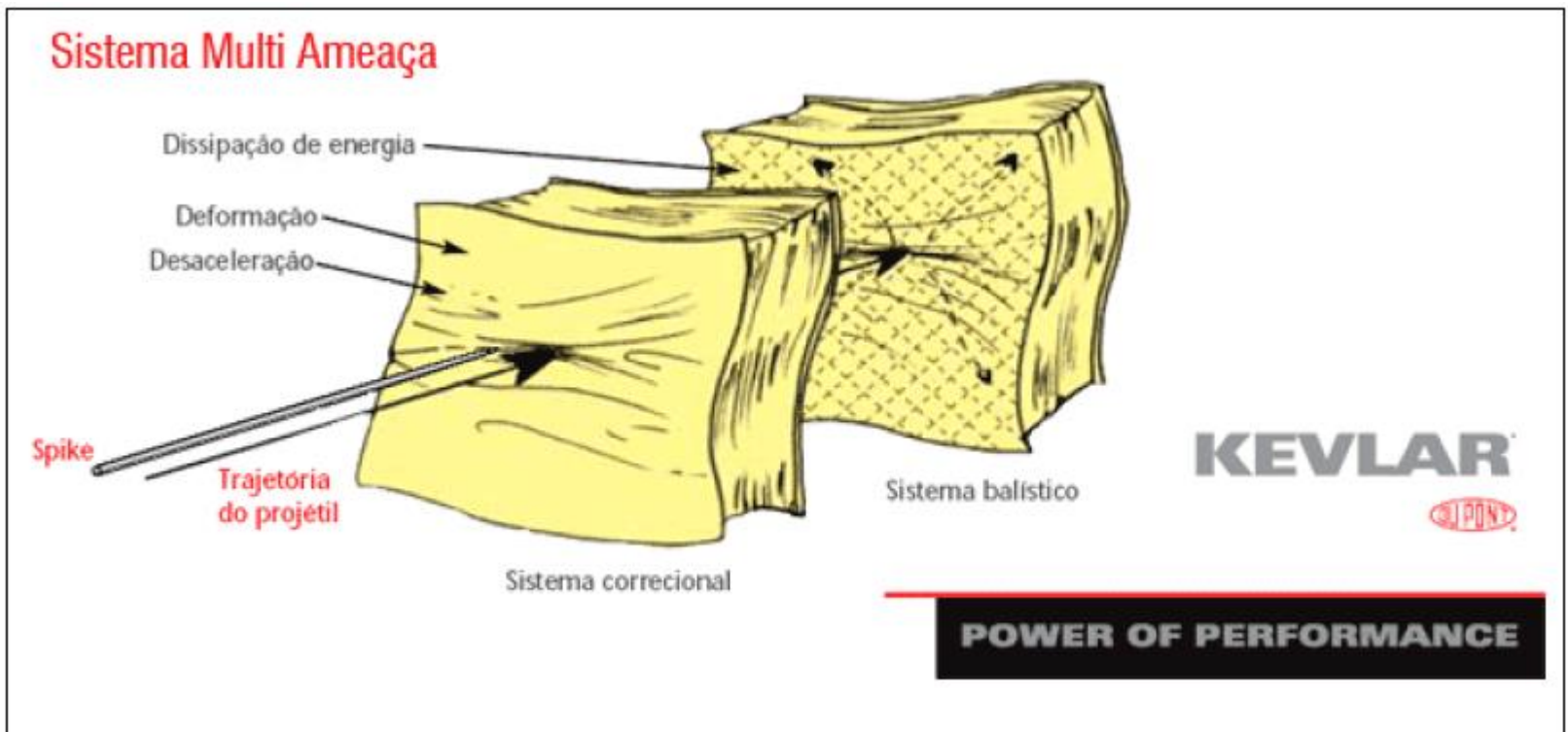
Aplicações dos Polímeros

- **KEVLAR** (*fibra sintética de aramida*): construção de **colete**, **escudo balístico** e **tanque de combustível** dos **carros de fórmula 1** são compostos deste material, afim de evitar que objetos pontudos perfurem os tanques no momento da colisão.



Aplicações dos Polímeros

Detalhamento do colete balístico:



Colete Balístico: Quando o colete é atingido, as **fibras do tecido absorvem e dissipam a energia do impacto**, diminuindo sua velocidade, minimizando a ação da bala.

CLASSIFICAÇÃO DOS MATERIAIS

Compósitos

- Materiais compósitos são constituídos por **dois** ou **mais materiais individuais**;
- São “projetados” para apresentarem a **combinação** das **melhores características** de **cada material** **constituente**.

Exemplos:

Fibra de Vidro com polímero:

Capacetes



Fibra de Carbono com polímero:

Aviões



Carros



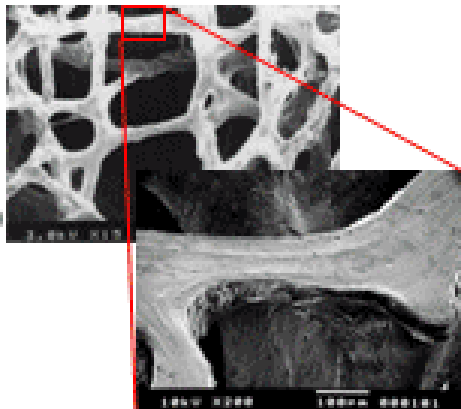
CLASSIFICAÇÃO DOS MATERIAIS

Compósitos

- Materiais **multifásicos**;
- **Compatíveis** quimicamente;
- Propriedades mecânicas complementares;
- **Propriedades finais** do compósito função das **propriedades** dos **constituintes**.



Naturais:



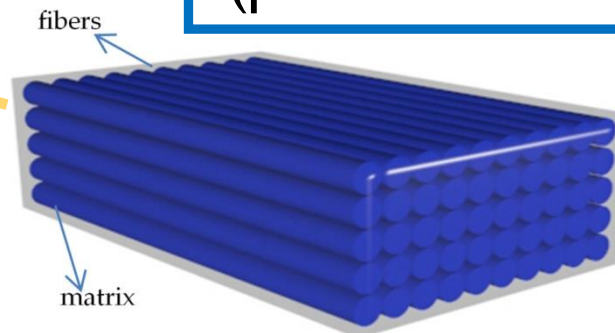
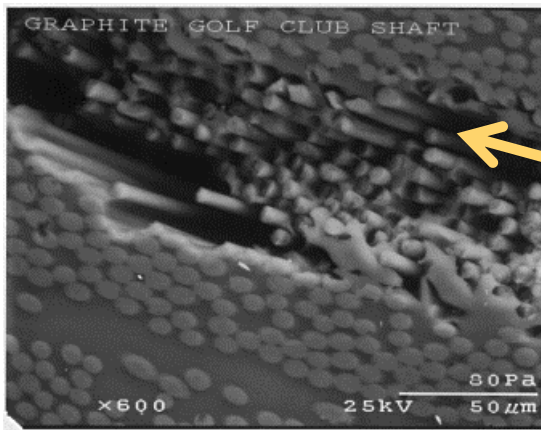
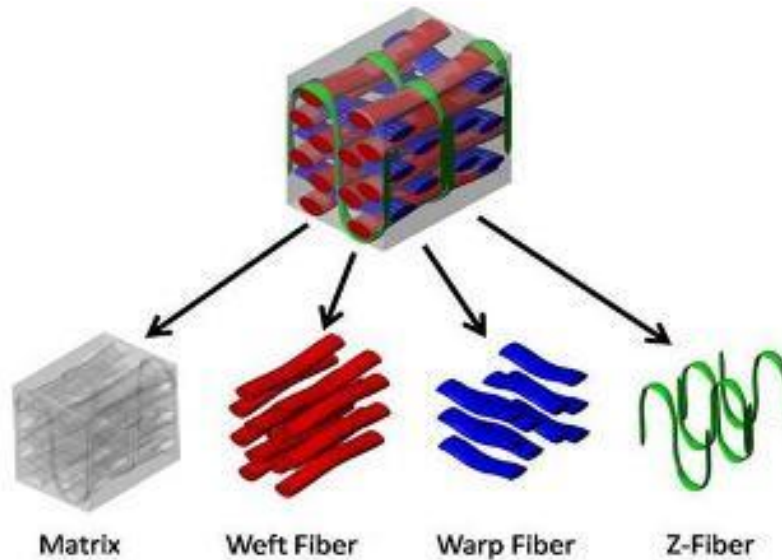
- **Madeira**: fibra de **celulose** resistentes e flexíveis envolvidas por uma matriz mais rígida chamada **lignina**;
- **Ossos**: proteína forte mas mole (**colágeno**) + mineral duro frágil (**apatita**).



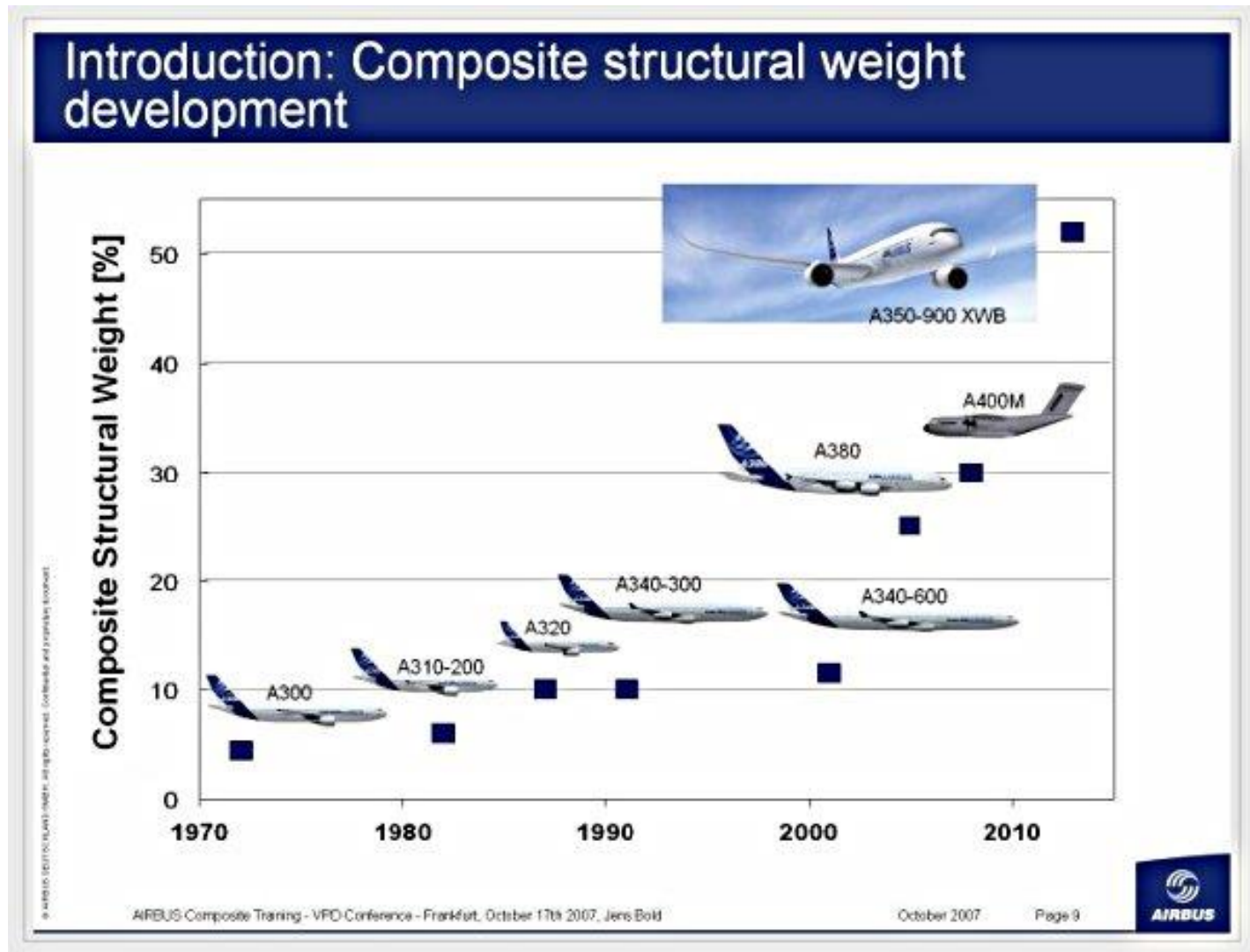
CLASSIFICAÇÃO DOS MATERIAIS

Compósitos

- **Constituição:** um elemento de **reforço envolvido** por uma **matriz** de resina ligante;
- Os componentes podem ser identificados fisicamente por uma **interface bem definida** entre eles;
- Podem ser de vários tipos, **fibrosos** (fibras envolvidas por uma matriz) ou **particulados** (partículas em uma matriz).



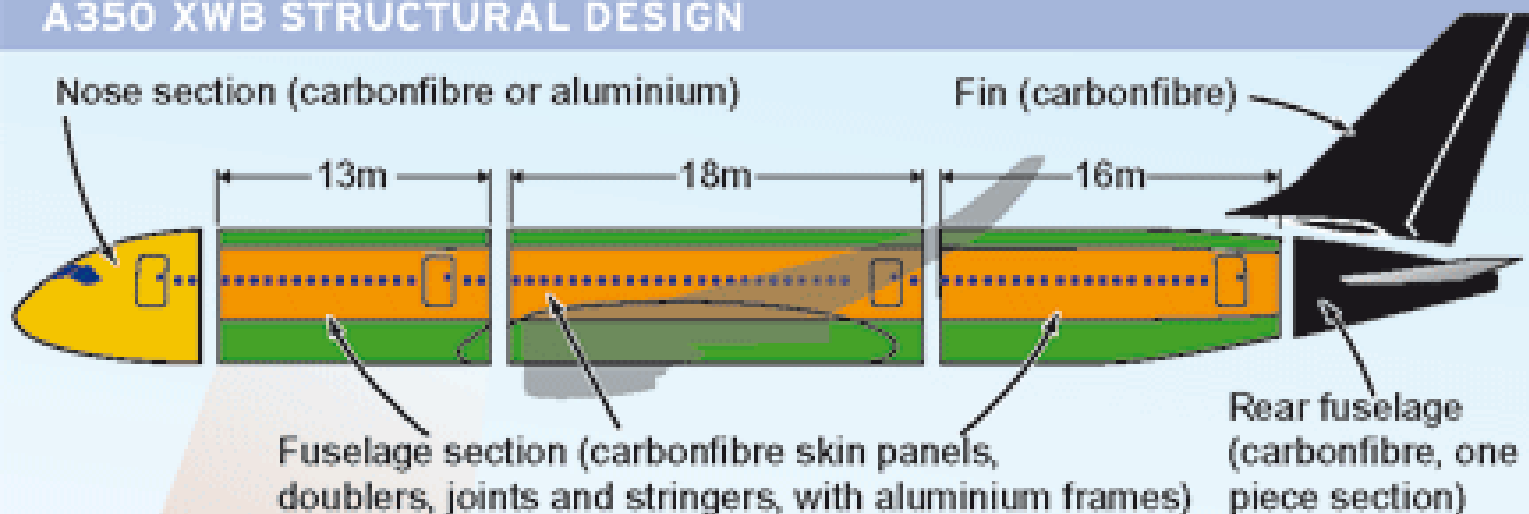
Aplicações dos Compósitos



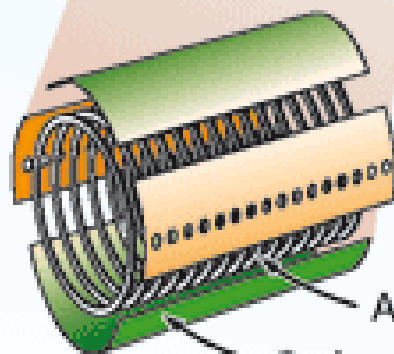
Aumento de materiais compósitos no percentual de peso total de aeronaves de 1970-2013.

Aplicações dos Compósitos

A350 XWB STRUCTURAL DESIGN

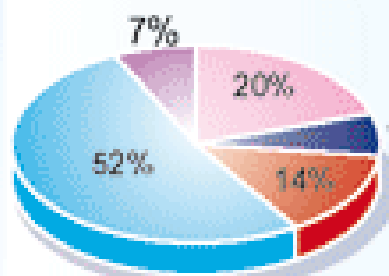


Four shell skin panel concept



Aluminium frames
Carbonfibre skin panel

A350 XWB material breakdown

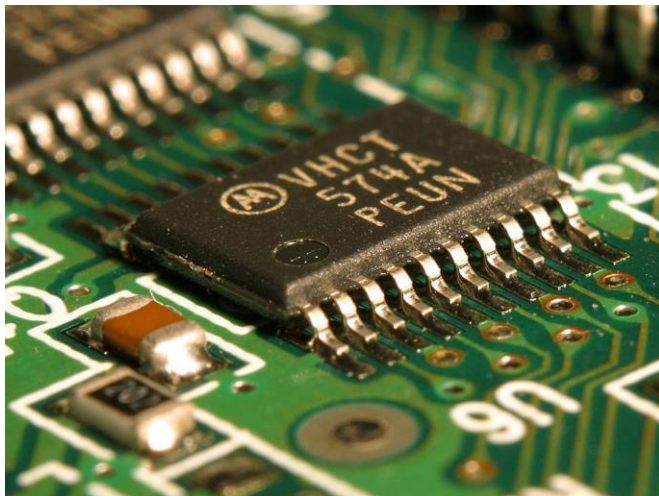
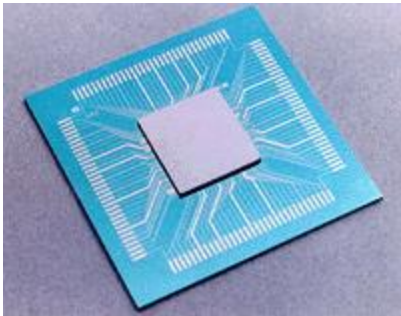


- Aluminium/Aluminium lithium
- Steel
- Titanium
- Composite
- Miscellaneous

Note: A350-900 shown

MATERIAIS AVANÇADOS

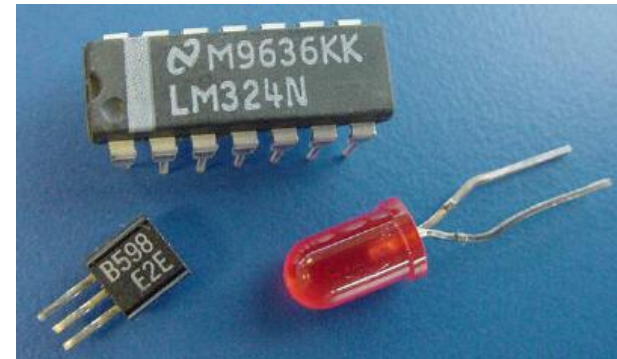
Semicondutores



- Materiais semicondutores apresentam **propriedades elétricas** que são **intermediárias** entre **condutores** e **isolantes**;
- As características elétricas são **extremamente sensíveis** à presença de **pequenas quantidades** de **impurezas**, cuja concentração pode ser controlada em pequenas regiões do material para **transmitir** e **controlar** uma **corrente elétrica**;
- Os semicondutores tornaram possível o **advento** do **circuito integrado** que revolucionou as indústrias de eletrônica.
- **Exemplos**: Si, Ge, GaAs, GaN, etc.

MATERIAIS AVANÇADOS

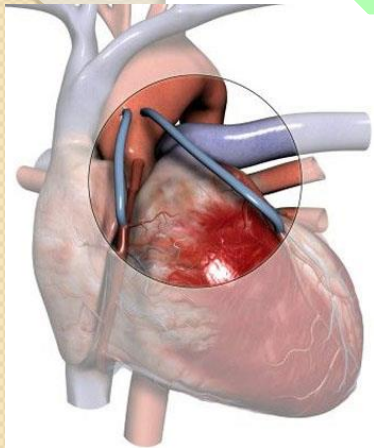
Aplicações dos Semicondutores



Empregado na **fabricação de componentes eletrônicos** tais como diodos, transistores, microprocessadores, e nanocircuitos.

MATERIAIS AVANÇADOS

Biomateriais



- Biomateriais são empregados em **componentes** para **implantes** em **seres humanos** como próteses ósseas e dentárias;
- Esses materiais **não devem** produzir **substâncias tóxicas**, devem ser **compatíveis** com o **tecido humano** (isto é, não deve causar rejeição) e **bioativos**;
- **Metais**, **cerâmicos**, **compósitos** e **polímeros** podem ser usados como biomateriais.

MATERIAIS AVANÇADOS

Biomateriais



Biocompatibilidade

Compatível com os tecidos e fluidos do organismo

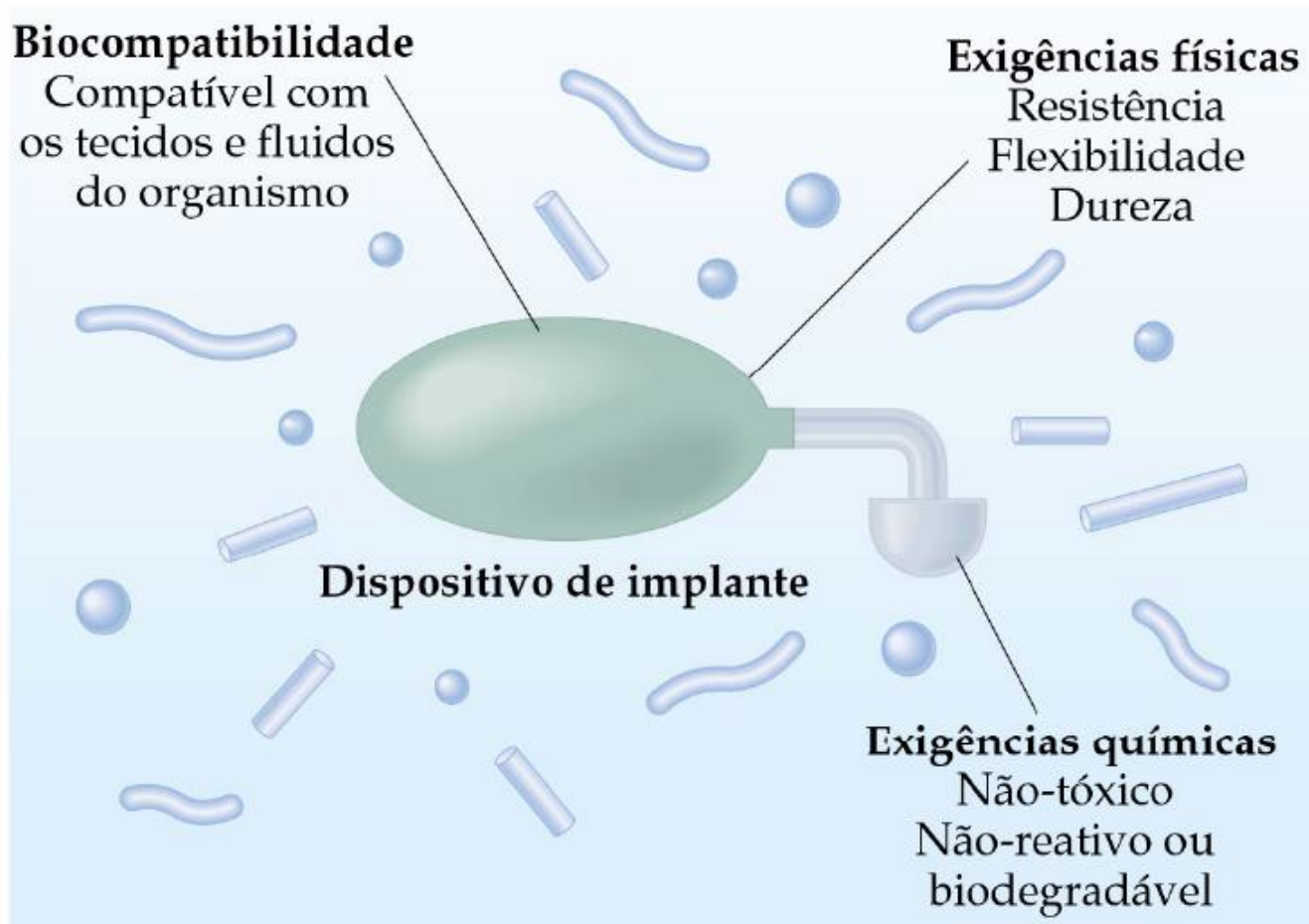
Exigências físicas

Resistência
Flexibilidade
Dureza

Dispositivo de implante

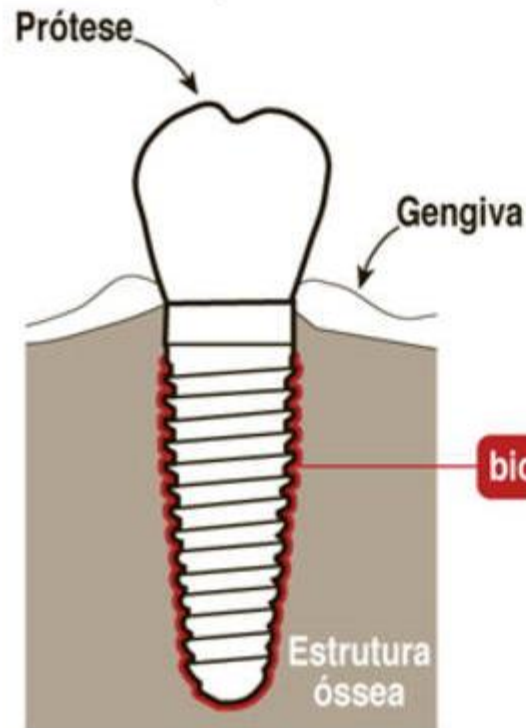
Exigências químicas

Não-tóxico
Não-reativo ou biodegradável



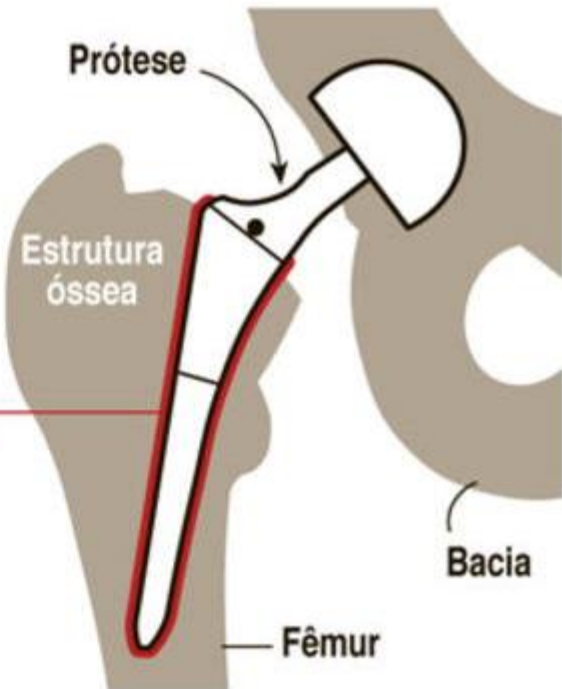
Aplicações dos Biomateriais

EXEMPLO 1: PRÓTESE DENTÁRIA



O biomaterial estimula a densidade óssea e reduz os riscos de rejeição evitando a exposição direta ao metal utilizado no pino de sustentação com o osso.

EXEMPLO 2: PRÓTESE DE QUADRIL



O metal do implante fica revestido pelo biomaterial composto por substâncias idênticas às contidas no osso humano.

Aplicações dos Biomateriais

Biomateriais



- Feito de poliuretano e titânio, o **primeiro coração artificial brasileiro**.

