



Aula 1

A Ciência e Engenharia dos Materiais

Professora: Maria Ismenia Sodero

maria.ismenia@usp.br



Você já se perguntou?

1. O que é ciência e engenharia dos materiais?
2. Quais os tipos de materiais de engenharia disponíveis?
3. Quais as propriedades que os materiais apresentam?
4. Qual a relação entre estrutura, propriedade e processamento?
5. Qual a importância do estudo de CEMat?



Perspectiva Histórica

Materiais



Artefatos da Era da Pedra Polida



Artefatos originários da Era Final do Bronze



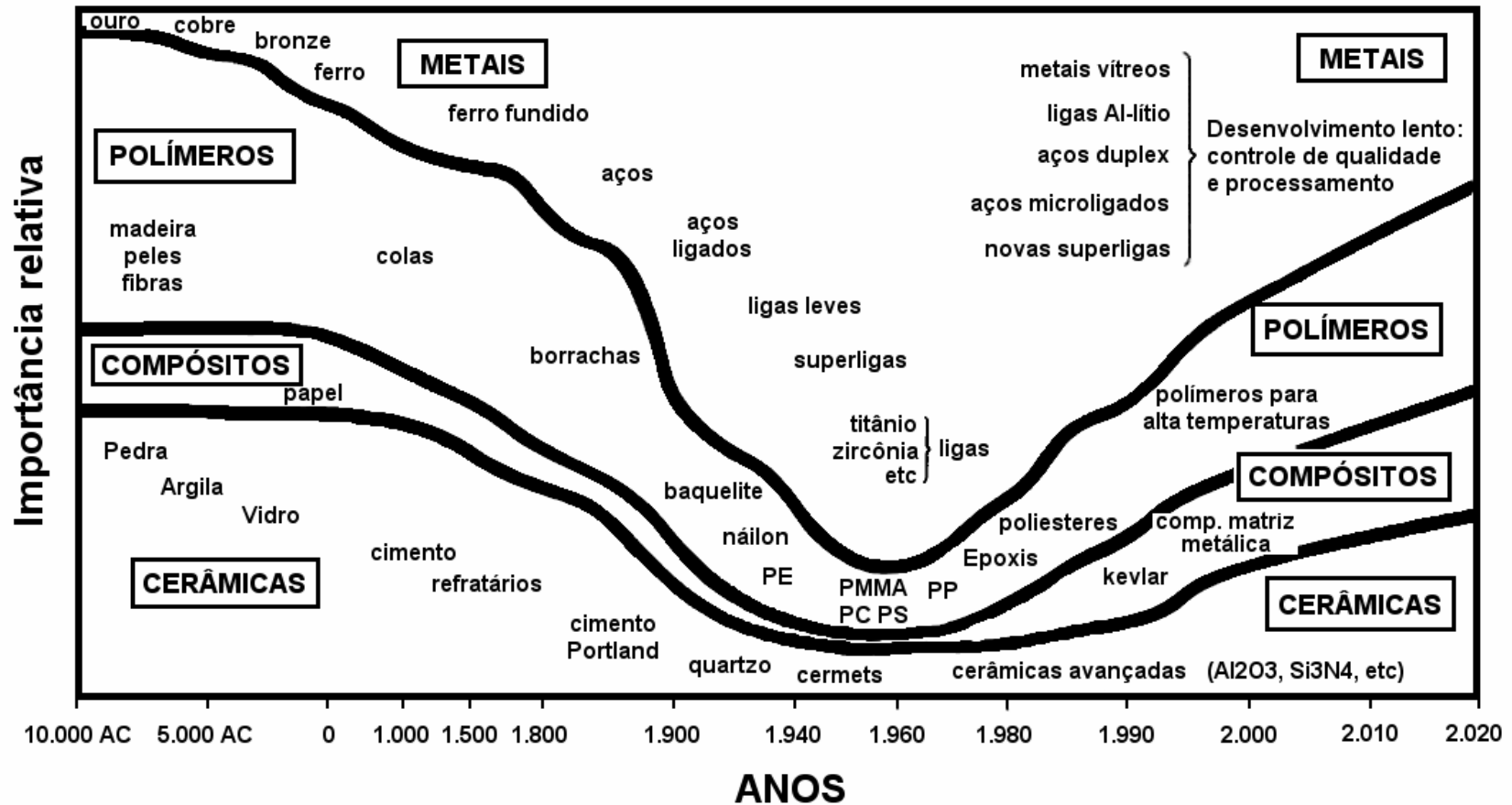
Os painéis fotovoltaicos convertem diretamente a energia luminosa em energia elétrica.



[[Imagem:Columbia.sts-1.01.jpg|thumb|180px]]



A evolução dos materiais com o tempo





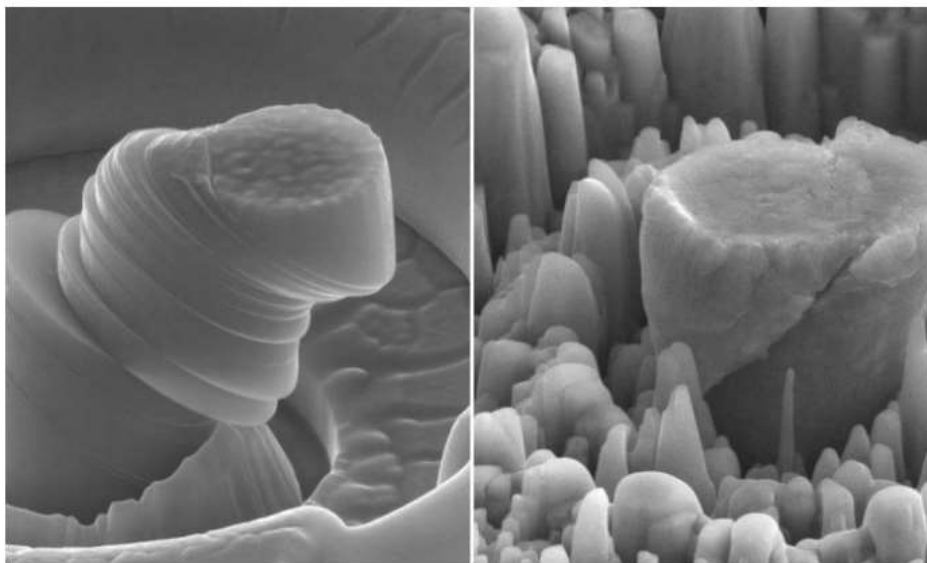
NOTÍCIAS

UCLA cria novo metal para fazer aeronaves e veículos mais leves

Material usa nanopartículas que o tornam mais resistente e rígido

POR O GLOBO

01/01/2016 21:12 / atualizado 01/01/2016 21:24



Fotos do novo metal obtidas em microscópio eletrônico - Divulgação / UCLA



Segunda, 10 de Novembro de 2015 11:02:11 (GMT-03:00) - JORNAL NACIONAL

Cientistas criam 1ª pele artificial que transmite impulsos para o cérebro

Equipe de universidade na Califórnia criou película com a mesma sensibilidade de pele humana e que no futuro, terá sensores de temperatura.



Cientistas de uma universidade americana desenvolveram uma espécie de pele artificial capaz de reproduzir a sensação de pele humana.

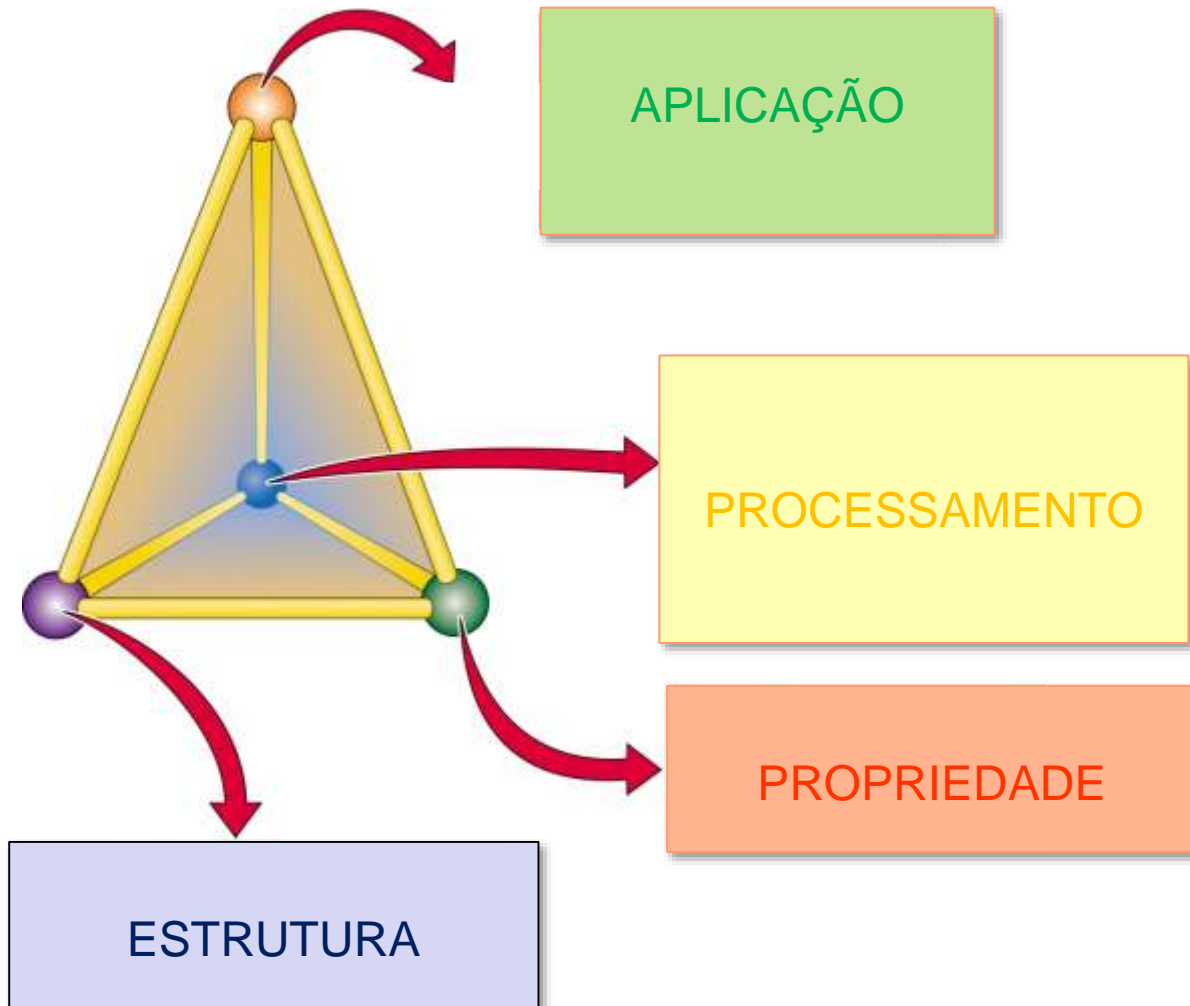
Um apêndice não dá muitas dicas de se há risco, pode transmitir insegurança. Uma sensação de firmeza e confiança. É a noção que a gente sente a diferença. Mas quem precisa usar uma prótese não consegue sentir isso nunca.

<http://g1.globo.com/jornal-nacional/noticia/2015/10/cientistas-criam-1-pele-artificial-que-transmite-impulsos-para-o-cerebro.html>

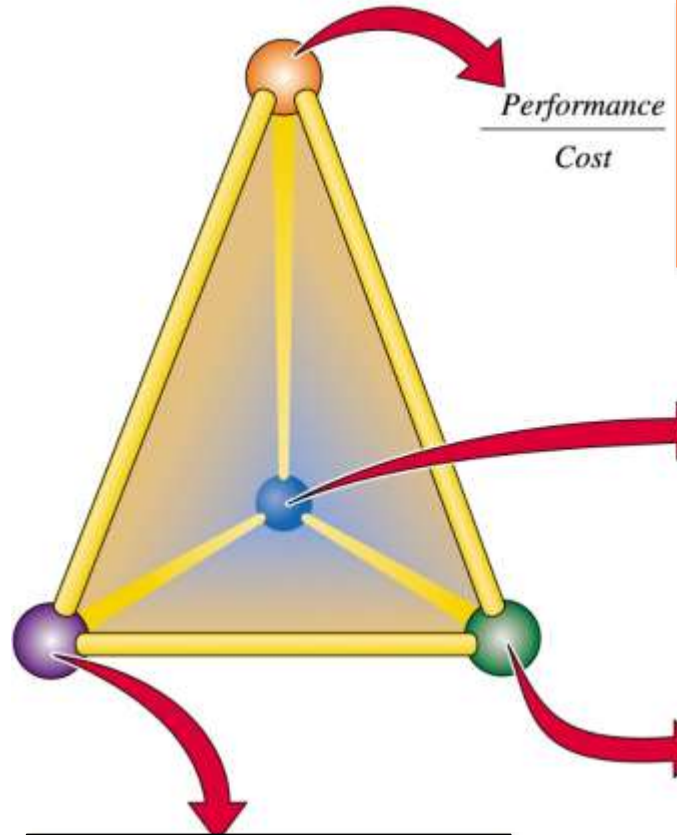




Tetraedro da Ciência e Engenharia dos Materiais



Adaptado: Ciência e Engenharia dos Materiais – Askeland e Phulé



Performance
Cost

APLICAÇÃO/DESEMPENHO
Chassis dos automóveis
(leve para economia de combustível e oferecer segurança para veículo)

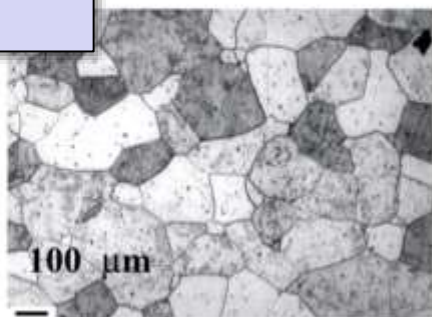


PROPRIEDADE:
composição química,
resistência mecânica,
peso, propriedade de absorção de Energia,
maleabilidade
(conformabilidade)



PROCESSAMENTO
O processo de fabricação irá afetar as propriedades mecânicas?
Que tipo de revestimento pode ser utilizado para tornar o aço mais resistência à corrosão?
O aço pode ser soldado facilmente?

ESTRUTURA: análise macroscópica e microestrutural



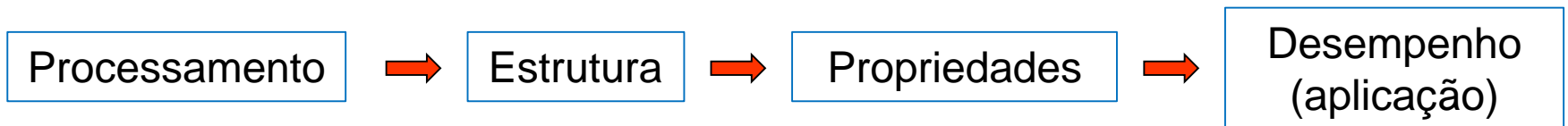
Aplicação do tetraedro da Ciência e Engenharia dos Materiais – uso de chapa de aço para fabricação de chassis. Adaptado: Ciência e Engenharia dos Materiais – Askeland e Phulé



O que é Ciência e Engenharia dos Materiais? (CEMat)

É um campo interdisciplinar voltado à invenção de novos materiais e aperfeiçoamento dos já conhecidos mediante o desenvolvimento da correlação entre composição – microestrutura – síntese e processamento.

- Ciência: envolve a investigação das relações entre as estruturas e as propriedades;
- Engenharia: coloca os materiais em ação;





Estrutura

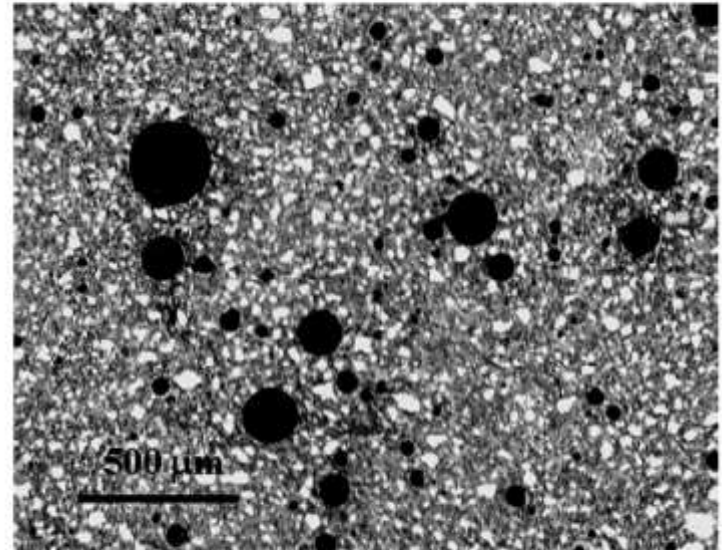
Definição de “fase”

- “Porção homogênea de um sistema que possui características físicas e químicas uniformes” (**Callister**)
- “Uma fase tem as seguintes características:
 - a) Uma fase tem a mesma estrutura cristalina ou organização atômica em toda sua extensão;
 - b) Possui mesma composição e mesmas propriedades;
 - c) Há uma interface definida entre a fase e suas fases vizinhas” (**Askeland**)

Concreto



Porosidade numa pasta de cimento





Da estrutura às propriedades

As ligas de Al são relativamente dúcteis, enquanto as de Mg são frágeis – necessidade de observação da arquitetura em escala atômica ou microscópica.

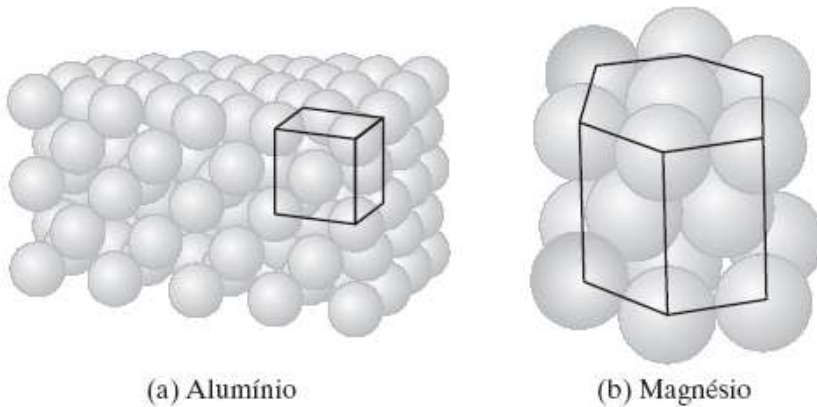


Figura 1.18 Comparação das estruturas cristalinas para (a) alumínio e (b) magnésio.

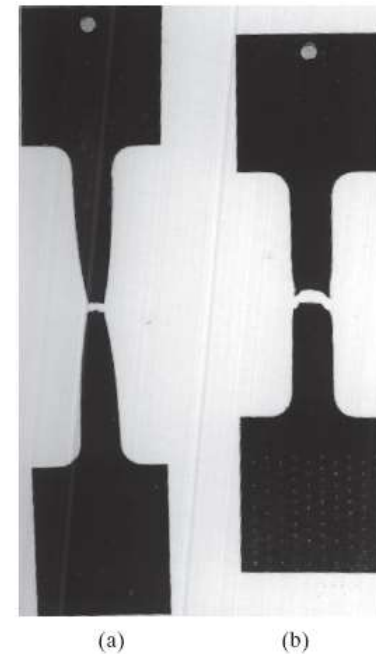


Figura 1.19 Contraste no comportamento mecânico do (a) alumínio (relativamente dúctil) e (b) magnésio (relativamente frágil) resultantes da estrutura em escala atômica mostrada na Figura 1.18. Cada amostra foi puxada com tensão até ser fraturada. (Cortesia de R. S. Wortman.)



Da estrutura às propriedades

Desenvolvimento de cerâmicas transparentes

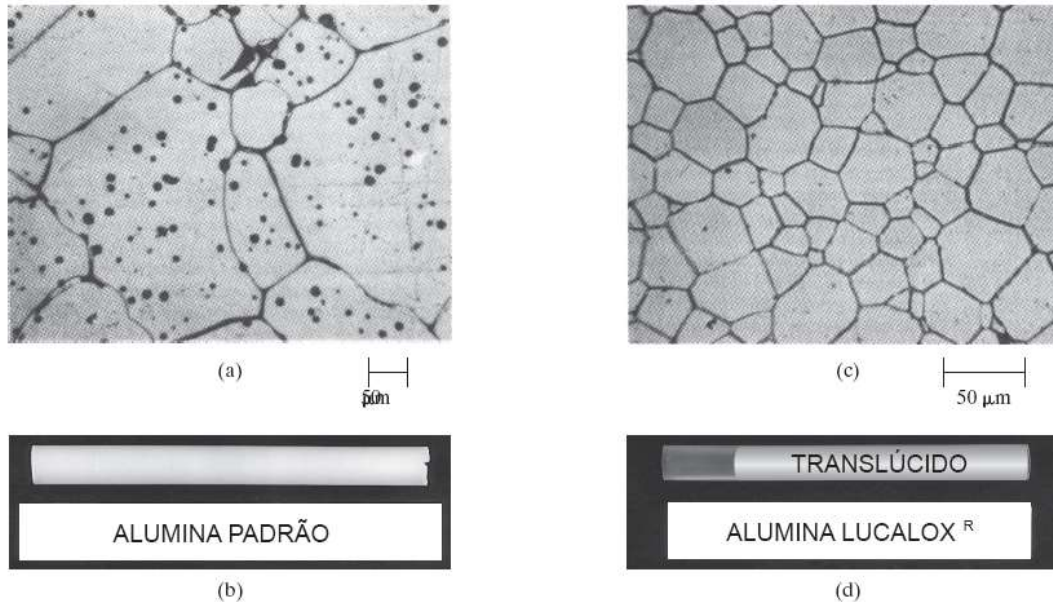


Figura 1.20 Microestrutura porosa no Al_2O_3 policristalino (a) leva a um material opaco (b). A microestrutura quase sem porosidade no Al_2O_3 policristalino (c) leva a um material translúcido (d). (Cortesia de C. E. Scott, General Electric Company)

Adição de 0,1% em peso de MgO , melhorando processo de densificação em alta temperatura para o pó de Al_2O_3 .

Microestrutura sem porosidade – material quase transparente, com excelente resistência ao ataque químico pelo vapor de sódio.



Figura 1.21 Lâmpada de vapor de sódio em alta temperatura, que se tornou possível pelo uso de um cilindro de Al_2O_3 translúcido para conter o vapor de sódio. (Observe que o cilindro de Al_2O_3 está dentro do envelope de vidro exterior.) (Cortesia da General Electric Company.)

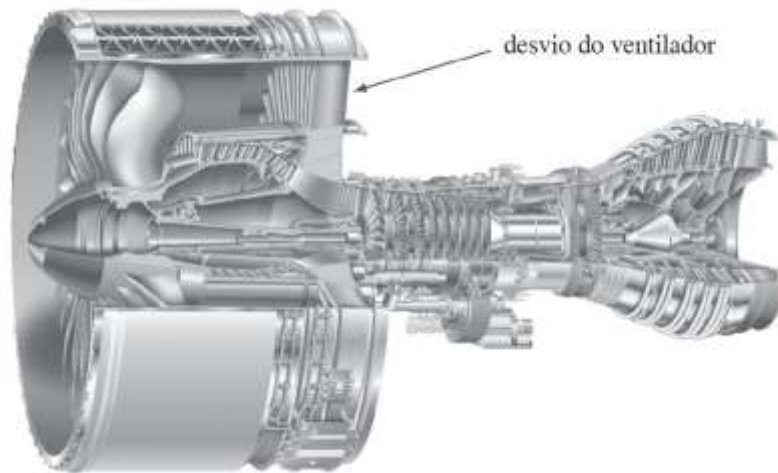


Propriedade Mecânica

RELACIONAM A DEFORMAÇÃO À APLICAÇÃO DE UMA CARGA.

Exemplos: Módulo de elasticidade, Resistência mecânica.

Vista em corte de uma turbina de avião. A seção de compressão dianteira, que opera a baixas e médias temperaturas, utiliza geralmente componentes de titânio. A seção de combustão traseira, porém, opera com altas temperaturas, requer o uso de superligas de níquel. A capsula externa está exposta a baixas temperaturas, sendo satisfatório o emprego de alumínio e compósitos.

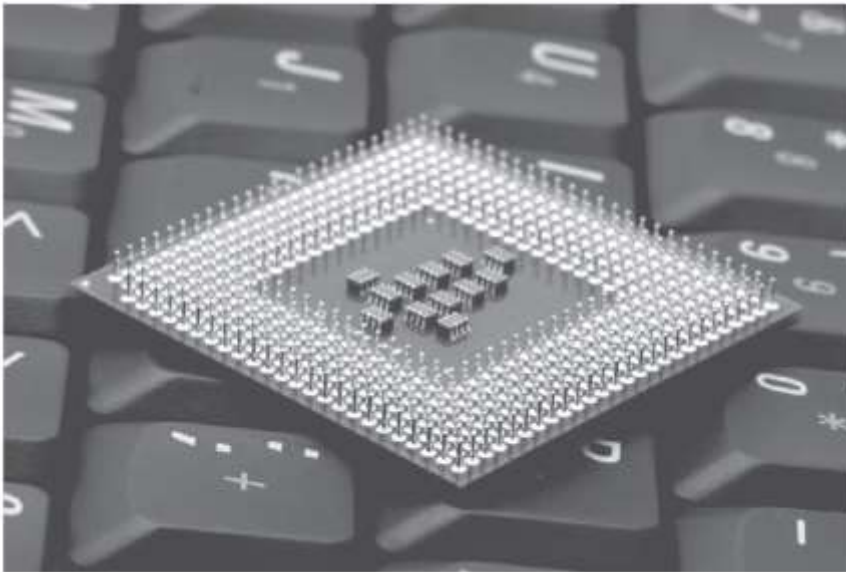




Propriedade Elétrica

O material eletrônico mais importante é o Si puro, modificado de várias maneiras a fim de se alterar suas características elétricas.

Dispositivos eletrônicos tornaram possíveis novos produtos como satélites de comunicação e robôs



(© IMP/Alamy RF.)

Microprocessadores modernos possuem um número enorme de conexões conforme mostrado na imagem deste microprocessador Pentium II da Intel.



(CORBIS/RF.)

Braços robotizados empunhando autopeças.



Propriedade Térmica

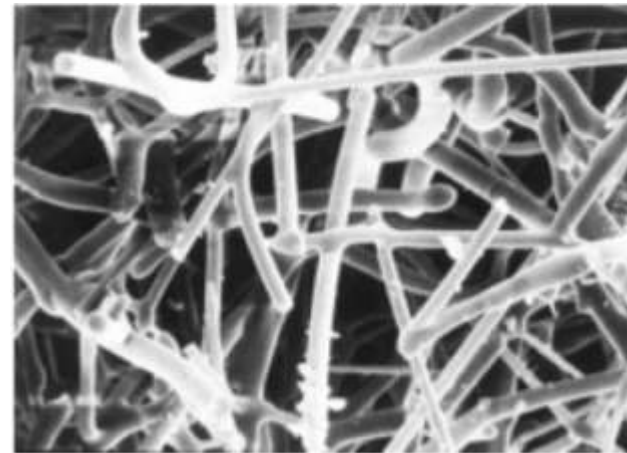
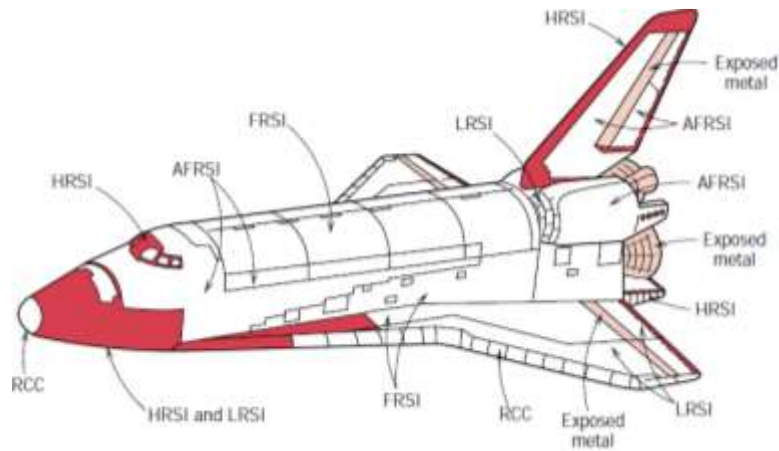


Esta fotografia mostra um cubo quente feito a partir de uma material isolante à base de fibra de sílica, o qual, apenas alguns segundos após ter sido retirado de um forno quente, pode ser segurado pelas suas arestas com as mãos nuas. A condutividade térmica deste material é tão pequena que a condução do calor do seu interior ($T \sim 1250^{\circ} \text{C}$) para a superfície do material é muito pequena



Propriedade Térmica

As restrições impostas aos materiais localizados nas regiões do ônibus espacial que são expostas a temperaturas na faixa de 400 a 1260^o C são muito rígidas. Nestas regiões são utilizadas placas cerâmicas.



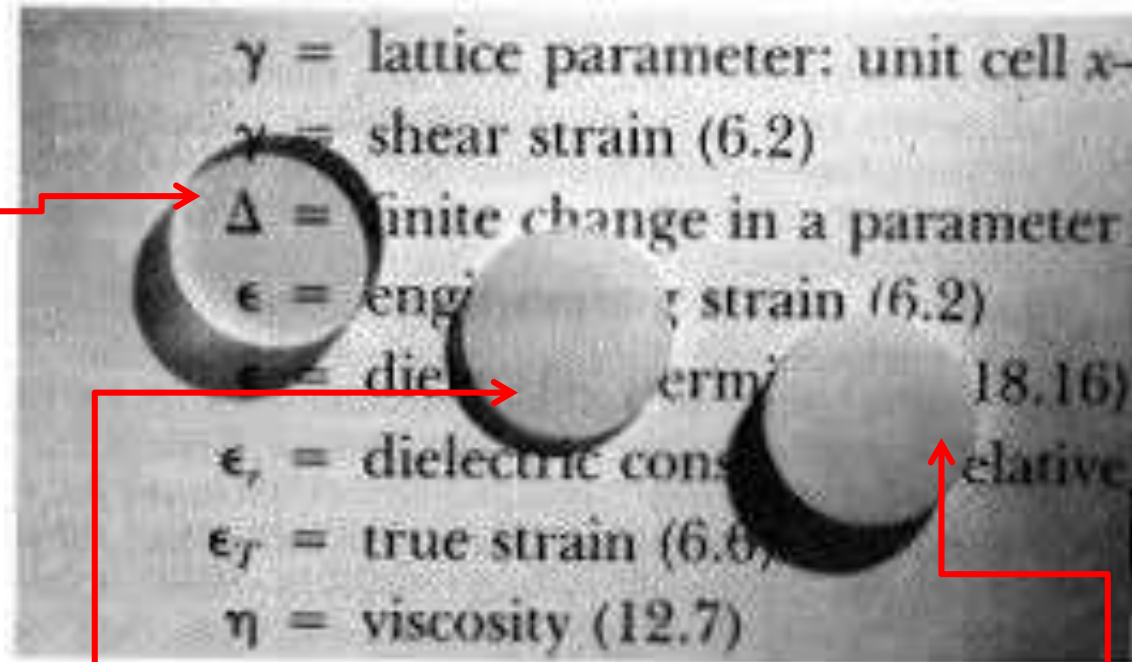
Localização dos vários componentes do sistema de proteção no ônibus espacial.

Micrografia eletrônica de varredura de uma placa cerâmica de um ônibus espacial, onde são mostradas as fibras de sílica que foram colocadas umas às outras durante um procedimento de tratamento térmico de sinterização. Material muito poroso e de baixo peso.



Propriedade Óptica

Transmitância de luz de 3 amostras de óxido de alumínio



Monocristal

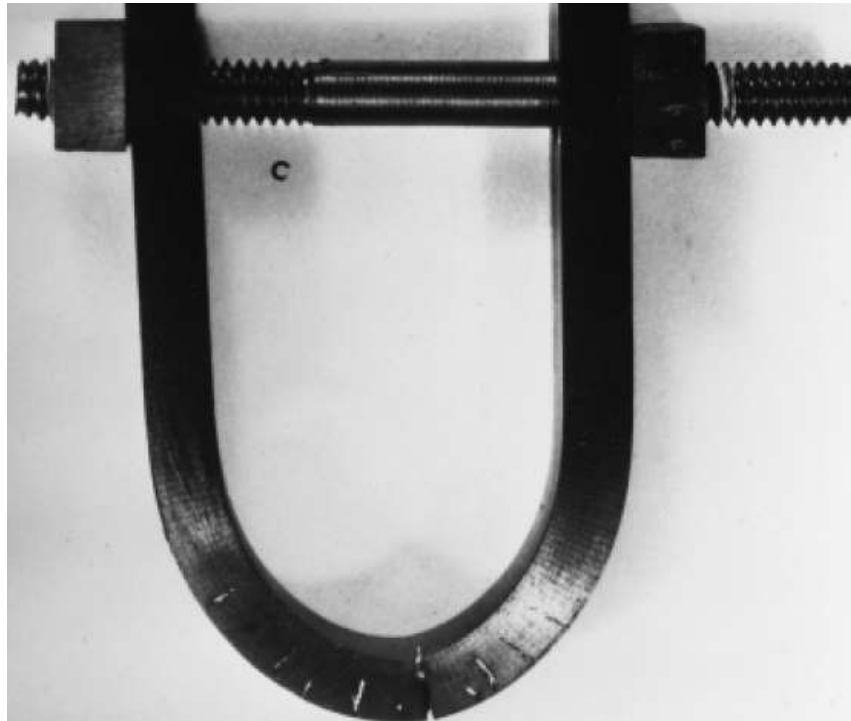
Vários Monocristais muito pequenos conectados entre si

Vários cristais muito pequenos e grande números de poros



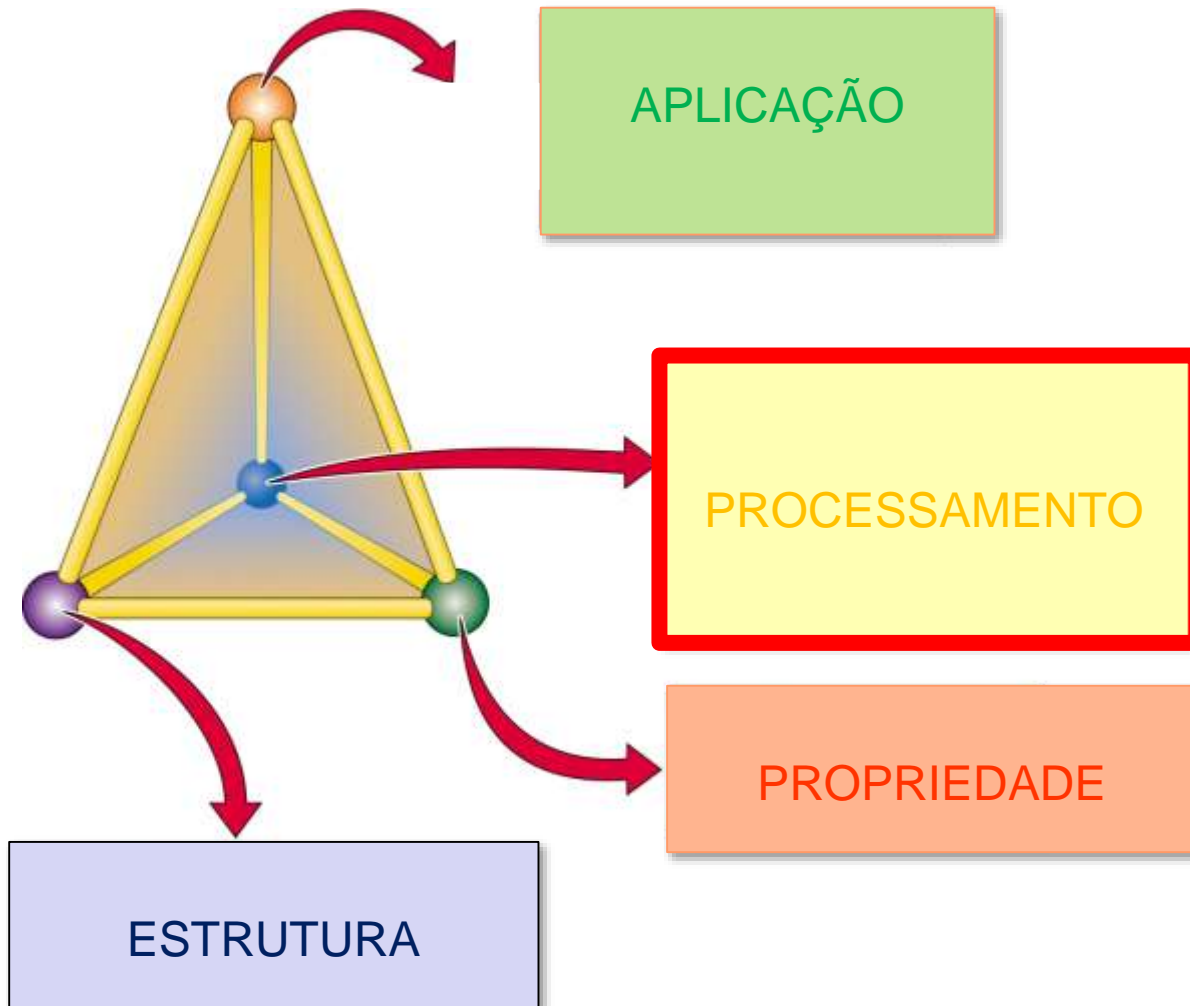
Propriedade Deteriorativa

Imagem mostra uma barra de aço que foi dobrada até a forma de uma “ferradura” utilizando-se um conjunto de porca e parafuso. Enquanto a peça ficou imersa em água do mar, trincas de corrosão sob tensão se formaram ao longo da parte dobrada, naquelas regiões onde as forças de tração são maiores.





Tetraedro da Ciência e Engenharia dos Materiais



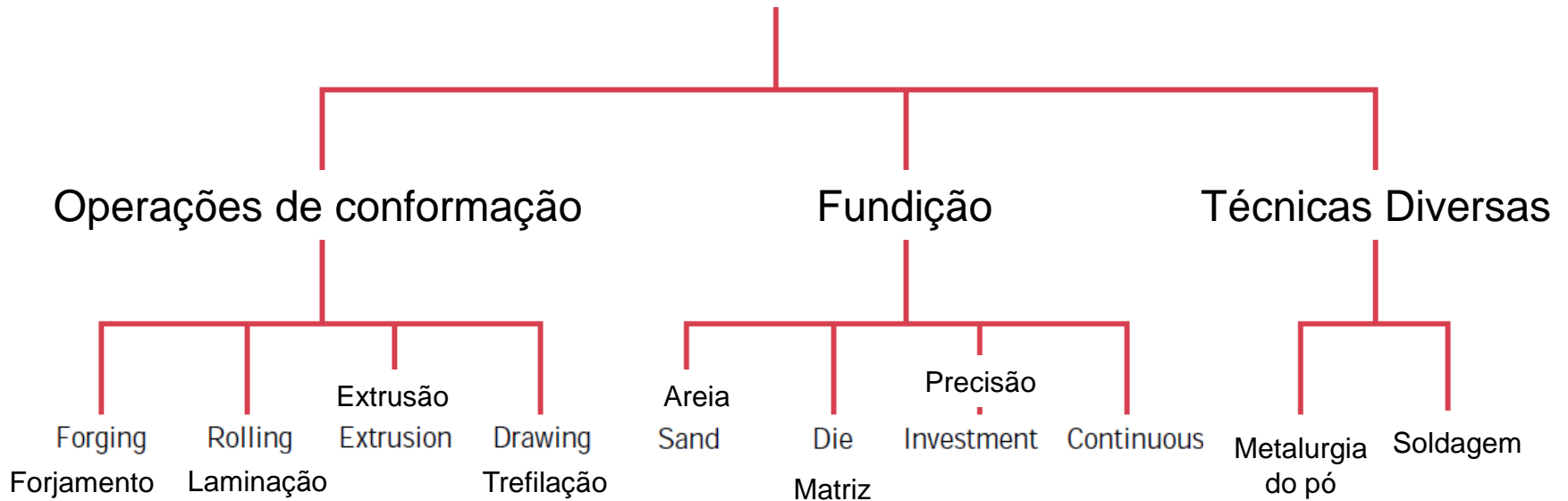
Adaptado: Ciência e Engenharia dos Materiais – Askeland e Phulé



Técnicas de Fabricação de metais



Técnicas de fabricação de metais





Conformação Mecânica de Metais e Ligas



Forjamento



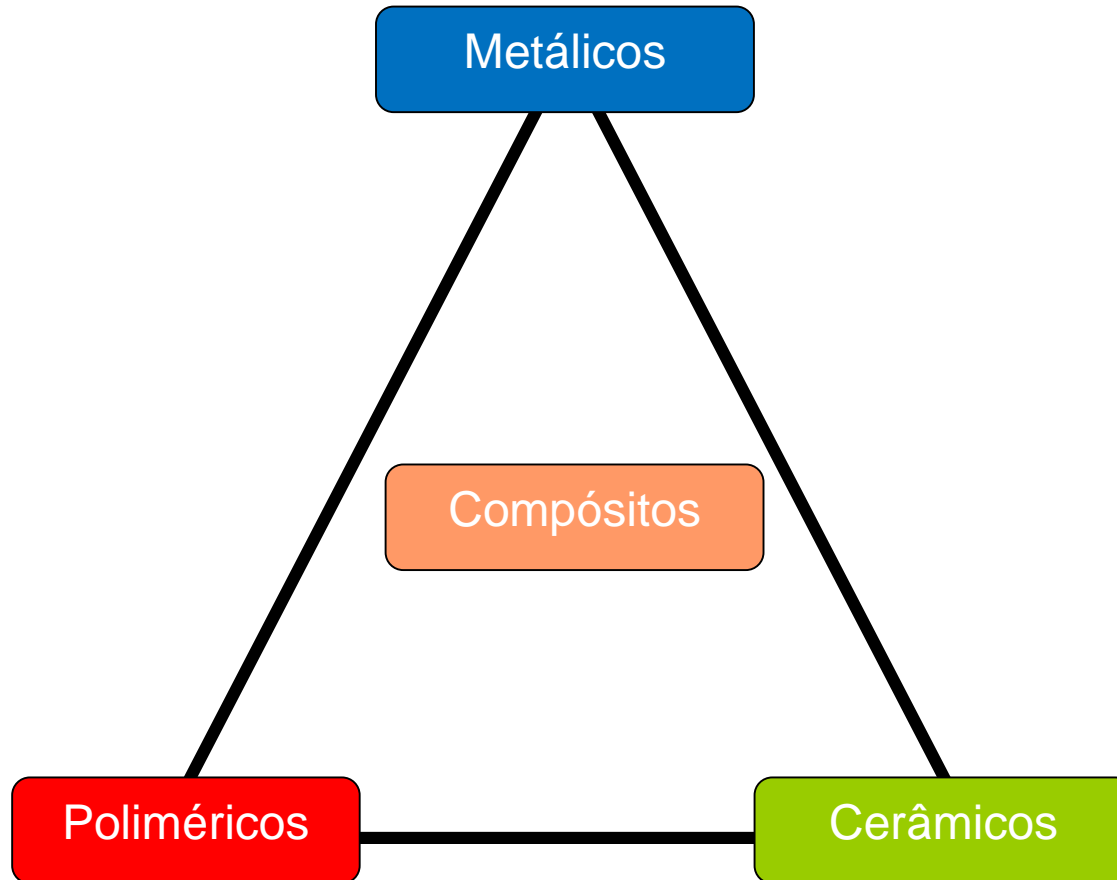
Laminação



Trefilação



CLASSES DE MATERIAIS DE ENGENHARIA





Classes de Materiais

Metálicos

Cobre
Ferro fundido
Ligas de aço



Cerâmicos

Porcelana
Vidros
Tijolos
Louças
Refratários



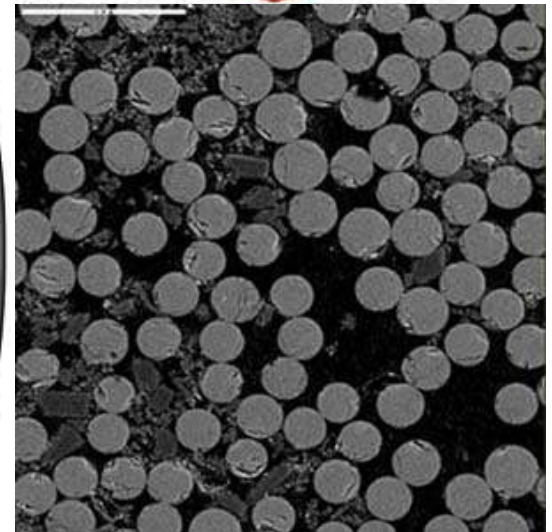
Poliméricos

Polietileno
Epóxi
Fenólicos



Compósitos

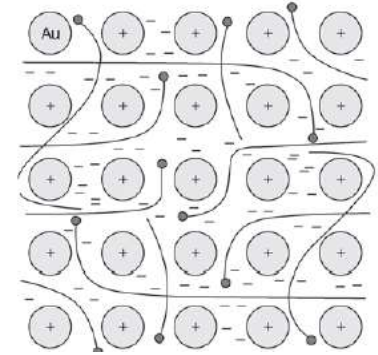
Grafite-epóxi
Carbeto de cobalto e Tungstênio





Tipos de Materiais

Metais



Peças metálicas comuns, incluindo várias molas e garras, são características de sua grande variedade de aplicações.



- ✓ Os elétrons não estão ligados a nenhum átomo em particular e por isso são bons condutores de calor e eletricidade;
- ✓ Opacos à luz visível;
- ✓ Têm aparência lustrosa quando polidos - brilho;
- ✓ Geralmente são resistentes (propriedade mecânica e deformáveis (alta plasticidade));
- ✓ São muito utilizados para aplicações estruturais – resistente a fratura: alta tenacidade
- ✓ Sensíveis à corrosão;



Tipos de Materiais

Cerâmicos

- ✓ óxidos, nitretos e carbetos;
- ✓ Leves e duráveis;
- ✓ Geralmente isolantes de calor e eletricidade;
- ✓ Mais resistentes a altas temperaturas e à ambientes severos que metais e polímeros;
- ✓ São materiais de alta dureza, porém frágeis.
- ✓ Resistentes à corrosão.



(a)

Corp.)

A) Exemplos de materiais desenvolvidos para aplicações avançadas em motores. Válvulas de motores, assentos de válvulas e pinos de pistão fabricados em nitreto de silício. B) Possíveis aplicações de componentes cerâmicos em um motor turbo-diesel.



B

(Segundo *Metals and Materials* December, 1988.)



Material de cozinha fabricado de uma cerâmica vítrea, que oferece boas propriedades mecânicas e térmicas. O prato pode suportar um choque térmico, indo diretamente da chama do fogo para um bloco de gelo.



Tipos de Materiais

Polímeros



Painéis de automóveis



Roupas sintéticas



Tecnologia de pneus

- ✓ Compostos orgânicos baseados em carbono, hidrogênio e outros elementos não-metálicos;
- ✓ São constituídos de moléculas muito grandes (macromoléculas);
- ✓ Baixa resistência à deformação (podem ser extremamente flexíveis);
- ✓ Baixo ponto de fusão;
- ✓ Reatividade química mais alta;
- ✓ Baixa densidade, boa razão resistência/peso;
- ✓ Sensíveis a altas temperaturas;
- ✓ Em geral, maus condutores de eletricidade;
- ✓ Podem ser tóxicos quando queimados;
- ✓ Podem ser divididos em Termoplásticos e Termofixos;



Tipos de Materiais Compósitos

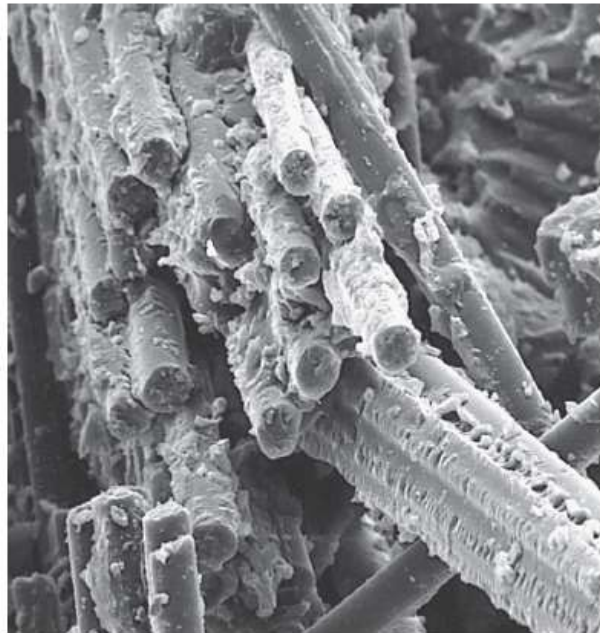


Figura 1.14 Exemplo de um compósito de fibra de vidro, composto de fibras de vidro reforçando, em escala microscópica, uma matriz de polímero. A tremenda profundidade de campo nessa imagem microscópica é característica do microscópio eletrônico de varredura (SEM) (Cortesia da Owens-Corning Fiberglas Corporation.)



Figura 1.15 Cabeça e corpo do taco de golfe moldados a partir de um compósito de epóxi reforçado com fibra de grafite. Os tacos de golfe feitos desse sistema de compósito avançado são mais fortes, mais rígidos e mais leves que o equipamento convencional, permitindo que o jogador lance a bola para mais longe com maior controle. (Cortesia da Fiberite Corporation.)



Classificação Funcional

Observe que metais, plásticos e cerâmicas aparecem em categorias diferentes.





Biomateriais

Biomateriais são empregados em componentes para implantes de partes em seres humanos;

Esses materiais não devem produzir substâncias tóxicas e devem ser compatíveis com o tecido humano (isto é, não deve causar rejeição);

Metais, cerâmicos, compósitos e polímeros podem ser usados como biomateriais.





Materiais Inteligentes

Materiais sensíveis a estímulos do ambiente externo (temperatura, tensão, luz, umidade e campos elétricos e magnéticos) e respondem a tais estímulos variando suas propriedades (mecânicas, elétricas ou de sua aparência), sua estrutura ou suas funções.

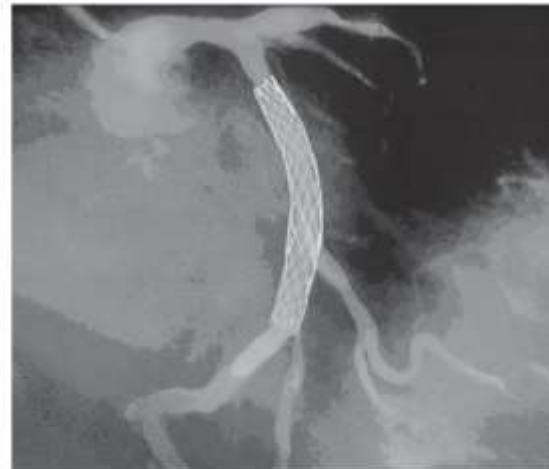
Ex: ligas de memória de forma e cerâmicas piezoelétricas.

MEMs = sistemas microeletromecânicos = dispositivo miniaturizado.

Ex: airbags em automóveis, para detectar tanto a desaceleração, como o peso da pessoa sentada no carro, de modo a abrir o airbag na velocidade correta.



(a)



(b)

(Fonte: <http://www.designinsite.dk/htmsider/inspmat.htm>.)
(Cortesia de Nitinol Devices & Components @Sovereign/Phototake NYC.)

Reforço expansível(stent) de paredes arteriais enfraquecidas ou para expansão de artérias contraídas

Fundamentos da Ciência e
Engenharia dos Materiais
William F. Smith/Javad Hashemi



Nanomateriais

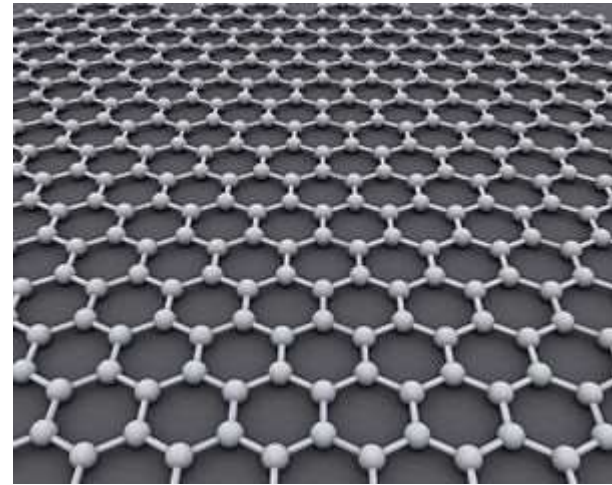
Materiais com escala de comprimento característica, ou seja, diâmetro da partícula, tamanho de grão, espessura da camada, menor do que 100 nm ($1\text{nm}=10^{-9}\text{m}$).

Um esquema de um nanotubo, mostrando padrões hexagonais no tubo e padrões pentagonais nas extremidades. Utilizados como reforço para aumentar a resistência de polímeros e pontas de microscópio.



(Extraído de Eisenstadt, M., "Introduction to Mechanical Properties of Materials: An Ecological Approach", 1. ed., ©1971. Reimpresso com permissão de Pearson Education, Inc., Upper Saddle River, NJ.)

Grafeno possui uma estrutura hexagonal cujos átomos individuais estão distribuídos, gerando uma fina camada de carbono. É o material mais forte (200 vezes mais resistente do que o aço), mais leve e mais fino (espessura de um átomo) que existe



Grafeno: <http://www.tecmundo.com.br/grafeno>



Seleção de materiais

O vasilhame pode ser fabricado em três tipos de materiais diferentes. A bebida pode ser comercializada em latas de alumínio (ou aço - metal), garrafas de vidro (cerâmica) e garrafas plásticas (polímero)





Quais critérios para seleção de materiais?

Condições de Serviço

- Propriedades que o material deve ter
- Seleção de acordo com as solicitações

Deteriorização

- Considerar a redução da resistência durante o uso
- Exposição temperatura e/ou ambiente corrosivo

Fatores Econômicos

- Custo do produto acabado



Propriedades requeridas para-brisas

- 1- Deve ser transparente – permitir que se observe através dele;
- 2- Deve ser impermeável à água – para não ser atingido pela chuva;
- 3- Deve ser tenaz o suficiente para resistir à quebra devido a pequenos impactos;
- 4- Custo – não pode alterar de modo significativo o preço do carro;
- 5- Deve suportar várias temperaturas

Que material utilizar???

Resposta: Vidro





Conhecer quais as propriedades são importantes para a aplicação específica, compreendendo que a lista das propriedades desejadas pode se tornar mais longa e mais complicada à medida que as necessidades dos produtos evoluem.





BOM EXEMPLO É POUCO

Enquanto discutimos a adoção de aços especiais em alguns modelos, os europeus já extrapolaram. Nessa era em que o Euro NCAP fica cada vez mais exigente, a Volvo se tornou "neurótica" de vez com a segurança. E isso é bom, como bem prova o V40. Como lá fora a capotagem e batidas traseiras são testadas com violência, a marca sueca investe em uma gaiola (a chamada dog cage) feita em aço do tipo bor o estampado a quente. Assim mesmo, zo-

nas que não têm espaço para dissipar tanta energia aturam danos inconcebíveis para um carro convencional. Capaz de ser moldado a quente (no mesmo forno) com espessuras diferentes ao longo da chapa inteira, esse material e soldas a laser incrementam a segurança que inclui airbags até

para os pedestres sob o capô (opcional no V40 vendido no Brasil). Todo cuidado é pouco para uma marca que deseja zerar o número de mortes em acidentes envolvendo seus modelos. É a chamada tolerância zero.

AUTO
ESPORTE



LEGENDA

- ALUMÍNIO
- AÇO DE ALTA RESISTÊNCIA
- AÇO DE EXTRA RESISTÊNCIA
- AÇO CONVENCIONAL
- AÇO DE RESISTÊNCIA BEM ALTA
- AÇO ULTRA-ALTA RESISTÊNCIA
- PLÁSTICO

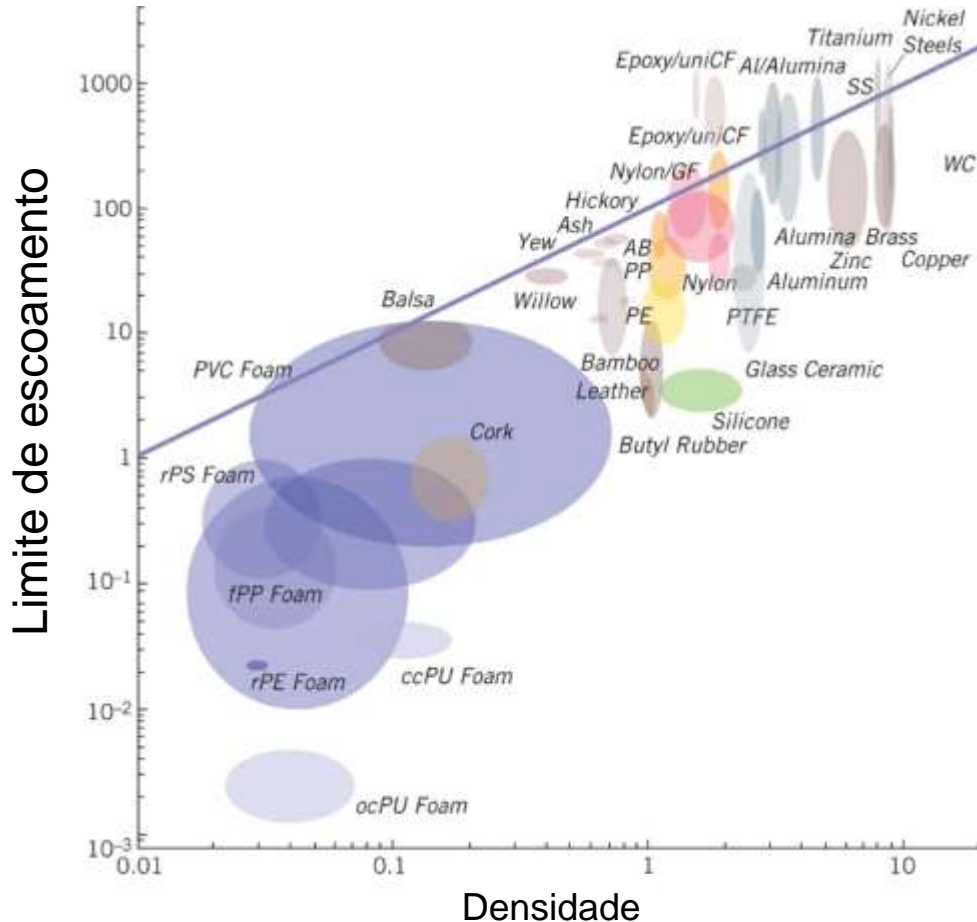
LEGENDA

- ALTA RESISTÊNCIA 410 MPA
- ULTRA-ALTA RESISTÊNCIA 690 MPA
- MÉDIA RESISTÊNCIA 300 MPA
- ESTAMPAGEM PROFUNDA 260 MPA
- AÇO DO TIPO BORO 1.300 MPA



Diagramas de Ashby

Mapas de propriedades



Os mapas de propriedades são mapas de seleção num espaço bidimensional que permite conhecer o comportamento das classes de materiais, com respeito a uma propriedade ou uma combinação de propriedades.

No entanto, não dão qualquer ideia do porquê uma classe específica de materiais suplanta outra em determinada área, nem fornecem qualquer indicação de como selecionar entre a larga faixa de materiais dentro de uma determinada categoria.



Qual melhor bicicleta?

Exemplo: Quadro de uma bicicleta

Critério de resistência mecânica:

Seleção preliminar de uma material para o quadro de uma bicicleta, considerando um aço de alta resistência, uma liga de titânio, a liga de alumínio AA7074 e um polímero reforçado com fibra de carbono (PRFC)



Material	Aço- liga	Ti	Al	PRFC
Resistência mecânica (Mpa)	1000	800	500	700

Tabela 1 indica que aço seria o mais adequado,

Material	Aço- liga	Ti	Al	PRFC
IM (resistência/densidade)	133	170	185	390

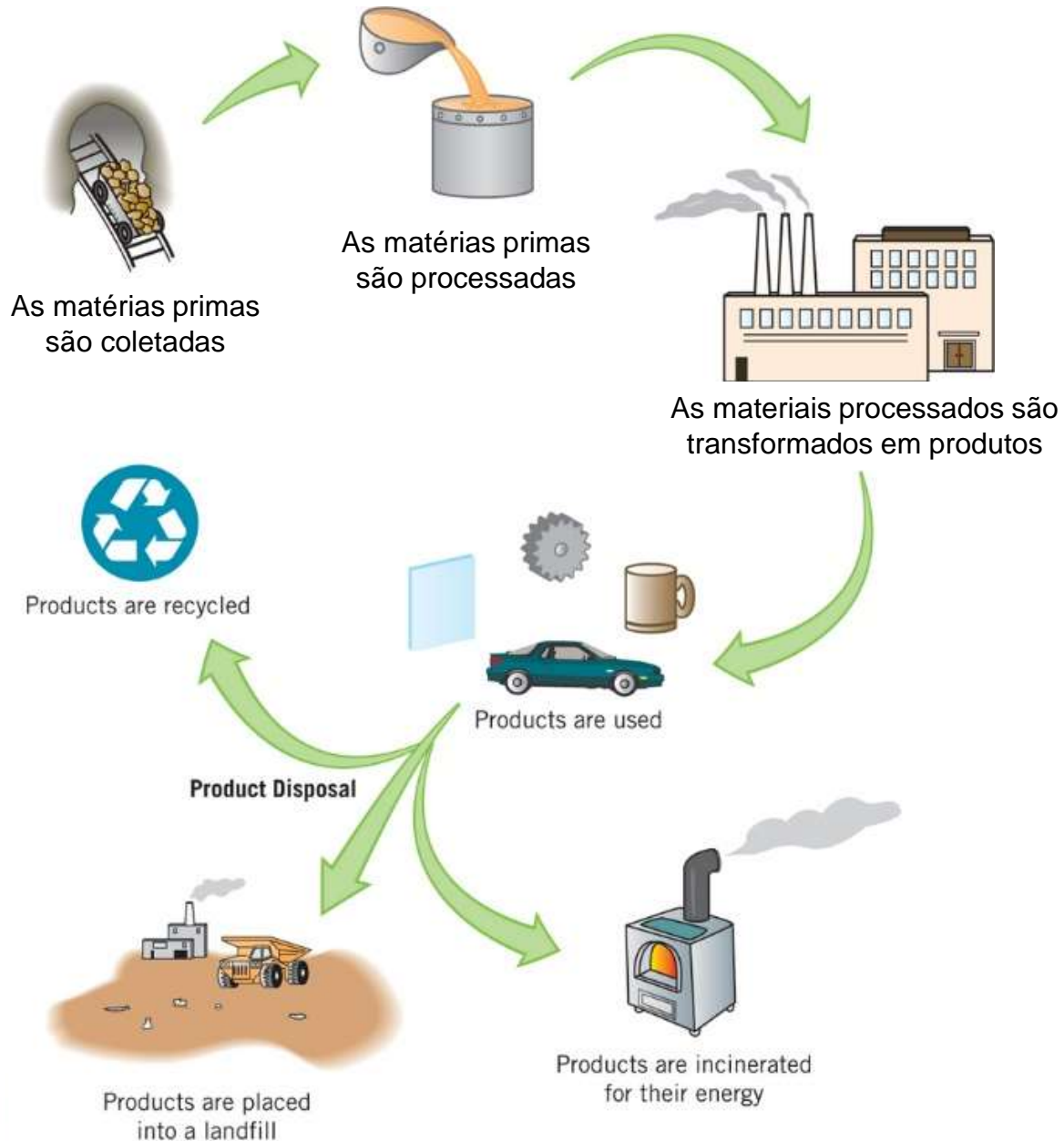
Tabela 2: analisando o índice de mérito, o PRFC aparece como o mais adequado

Material	Aço- liga	Ti	Al	PRFC
US\$/Kg	0,75	15	3	20

Tabela3: indica que o uso do PRFC só se justifica em bicicletas de altíssimo desempenho.

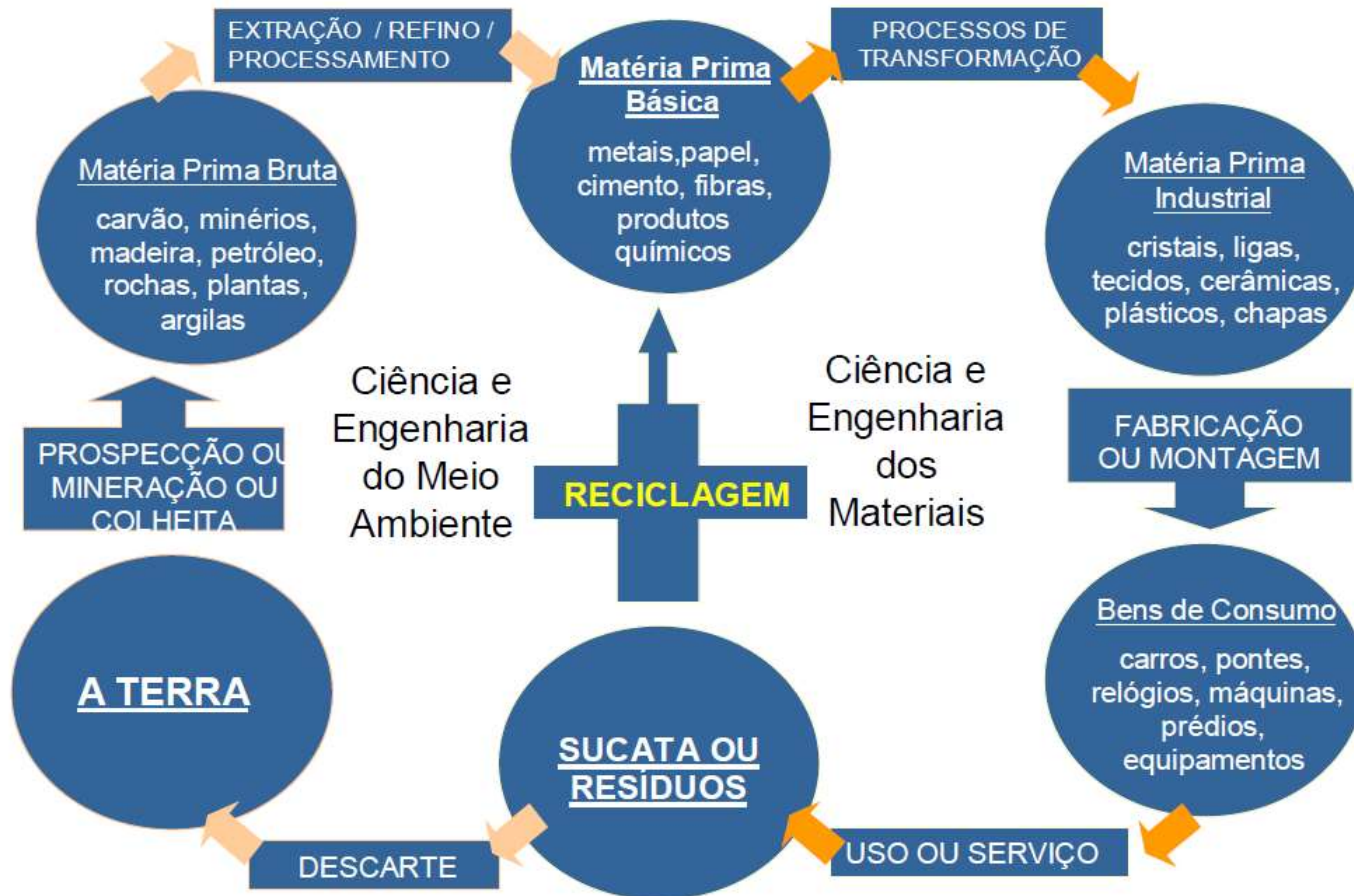


Sustentabilidade e Engenharia Verde





Ciclo Global dos Materiais





Referências Bibliográficas

- 1) Askeland, D. R.; Phule, P. P. Ciência e engenharia dos materiais. São Paulo: CENGAGE, 2008;
- 2) Callister Jr., W. D. Fundamentos da ciência e engenharia de materiais. Rio de Janeiro: LTC Editora, 2006;
- 3) Callister Jr., W. D. Ciência e engenharia de materiais. Rio de Janeiro: LTC Editora, 2008;
- 4) Shackelford, J. E. Ciência dos materiais. São Paulo: Prentice Hall, 2008;
- 5) Hashemi, J.; Smith, W. Fundamentos de Engenharia e Ciência dos Materiais. Porto Alegre, McGrawHill, 2012.