

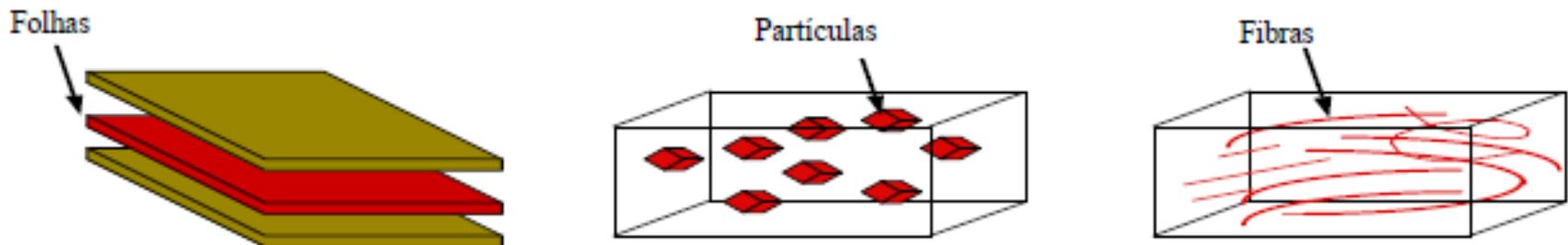


**FACULDADE SUDOESTE PAULISTA**

**Ciência e Tecnologia de Materiais**  
**Prof. Ms. Patrícia Correa**

# **Compósitos**

- *Material que combina propriedades complementares*
- *Obtenção de propriedades que não se conseguem com os componentes isolados.*
- *São combinações de pelo menos dois materiais distintos, com uma **interface clara** entre eles.*
- *Estes materiais são constituídos por uma **fase de reforço**, que é constituída por fibras, partículas ou folhas (elementos de reforço), dispersa numa **matriz** (fase contínua).*



- *As propriedades dos compósitos dependem quer da natureza dos materiais usados quer do grau de ligação entre eles através da interface.*
- *Os materiais usados nestas combinações podem ser polímeros, cerâmicos ou metais*

Desenvolvimento de compósitos busca combinar de forma engenhosa, com junção de metais, cerâmicas e polímeros novos materiais com combinações melhoradas, como as mecânicas no que diz respeito a rigidez e tenacidade, ações do ambiente, como a corrosão e temperaturas elevadas.

Muitos materiais são apresentados em 2 fases. Uma é denominada **MATRIZ** – que envolve a outra fase chamada de **DISPERSA**.

#### ***MATRIZ DO COMPÓSITO***

Transmite os esforços mecânicos aos reforços (fibras), mantendo-os em posição, e contribuindo com alguma ductilidade (em geral pequena) para o compósito.

#### ***REFORÇO DO COMPÓSITO***

Elemento que suporta os esforços no compósito, é em geral de elevadas resistência e rigidez.

Nesse contexto temos:

- Matriz de base metálica
- Matriz de base cerâmica
- Matriz de base polimérica

## **Função da matriz:**

- **Distribuir e transferir as tensões para a carga;**
- **Ligar a carga uma com as outras;**
- **Proteger a superfície da carga.**

## **Função do reforço:**

- **Melhorar o desempenho da matriz quanto a:**
  1. **Resistência a tração**
  2. **Rigidez**
  3. **Tenacidade**
  4. **Flexão**
  5. **Estabilidade térmica**
  6. **Reduzir o encolhimento da peça quando resfriada.**

**Porém pode aumentar o custo e a densidade da matriz.**

**Pode causar distorção da rede e reduzir fluxo de material fundido.**

## **Definições importantes:**

**Fibra:** Toda fibra é um polímero e a classificação é dada por conta de como é esta polimerização. São materiais muito finos e alongados, como filamentos, que podem ser contínuos ou cortados.

**Whiskers:** Monocristais muito finos que possuem uma razão comprimento-diâmetro extremamente grande.

Elevado grau de perfeição cristalina e virtualmente isentos de defeitos = resistência excepcionalmente elevadas.

São os materiais mais resistentes que se conhecem.

Não são amplamente utilizados

São extremamente caros

Grafita, Carbetto de Silício (SiC), Nitreto de Silício (SiN), Óxido de Alumínio (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>).

É utilizado como técnica de aumento de tenacidade.

**Particulados:** Partículas Totais em Suspensão (PTS) e podem ser definidas de maneira simplificada como aquelas cujo diâmetro aerodinâmico é menor que 50 µm.

# TIPOS DE MATERIAIS COMPÓSITOS

## COMPÓSITOS PARTÍCULAS

- Betão
- Asfalto
- Cermet

## COMPÓSITOS DE FIBRAS

- Fibras de carbono, Kevlar, vidro, etc
- Matriz de epoxy, poliester, PEEK, etc

## COMPÓSITOS LAMINARES

- Contraplacado
- Laminados de fibras e resina
- Sandwich

## COMPÓSITOS NATURAIS

- Madeira

## CONTROLO DE PROPRIEDADES

### **PROPRIEDADES DA MATRIZ**

**Matrizes poliméricas têm em geral baixa resistência e baixo ponto de fusão**

**Matrizes metálicas têm maior resistência e maior ponto de fusão, mas são mais pesadas**

**Podem ser usadas matrizes cerâmicas para resistência a temperaturas extremamente elevadas, perdendo-se tenacidade**

### **LIGAÇÃO FIBRA-MATRIZ**

**Se não houver boa aderência da matriz à fibra, não há distribuição de esforços eficiente**

**Existem fibras de Boro com revestimento de SiC, para aumentar a aderência**

**O coeficiente de expansão térmica deve ser muito semelhante entre fibras e matriz**

## **Matriz de base metálica:**

**São muito mais caros que os de base poliméricas ou cerâmicas.**

**-Metal é sempre dúctil**

**- São melhoras propriedades como:**

- Reforço**
- Rigidez específica**
- Resistência específica**
- Resistência a abrasão**
- Resistência a fluência**
- Condutividade térmica**

**Apresentam vantagens sobre os poliméricos como: Maior resistência a temperaturas elevadas, não são inflamáveis, maior resistência a degradação.**

**Superligas e ligas de alumínio, cobre e titânio são os mais utilizados como matriz.**

**Atualmente tem sido empregadas:**

**Na indústria automobilística: Liga de alumínio reforçada com fibra de carbono. Tem como característica ser leve e resistente ao desgaste. Peças de motores e eixos propulsores.**

**Na indústria aeroespacial: Liga de alumínio com fibra de boro ou Grafita. Empregadas em ônibus espacial e no telescópio Hubble. – considerado compósito avançado.**

**•Propriedades de fluência e ruptura podem ser melhoradas com a adição de fibras. Apresentam maior resistência a oxidação em temperaturas elevadas e excelente resistência ao impacto.**

## **Matriz de base Cerâmica:**

**São resistentes a oxidação e a deterioração a temperaturas elevadas.**

**Se não fosse pela fragilidade seriam ideias no uso em sistemas que exijam condições severas de temperatura.**

**A tenacidade a fratura é um dos fatores que é melhorado nas cerâmicas com o desenvolvimento de seus compósitos.**

**Consiste na adição de particulados, fibras ou whiskers adicionados a uma matriz de outro material cerâmico.**

- Melhora a resistência e a tenacidade à fratura.**
- Bom comportamento à fluência em temperaturas elevadas e maior resistência a choques térmicos.**

# Concreto

**AGLOMERANTE –  
Cimento Portland**

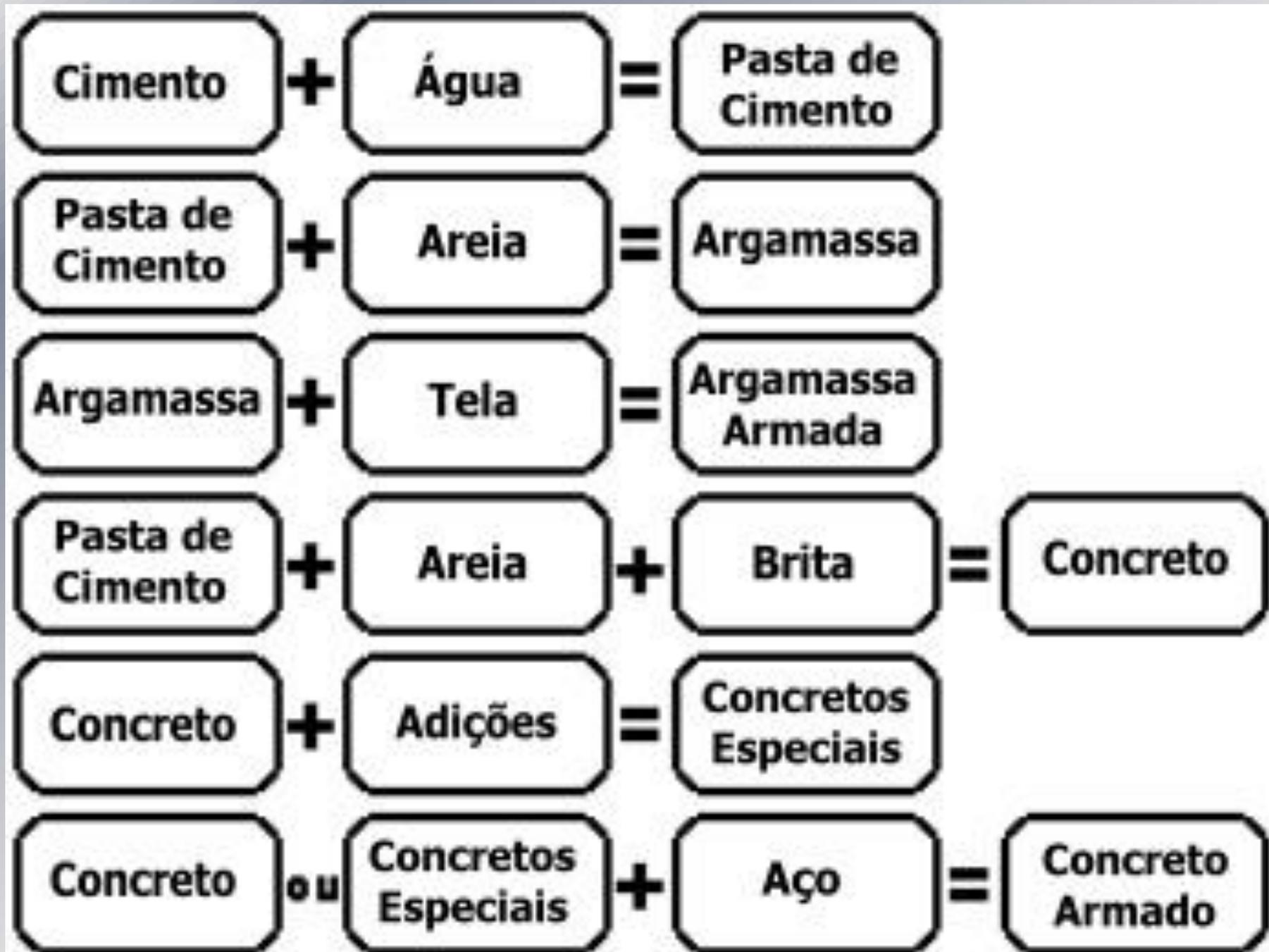
+

**AGREGADOS  
Areia e brita**

+

**ÁGUA**

**ADIÇÕES –  
Especiais**



**Concreto e cimento - não quer dizer a mesma coisa. O cimento é o ligante dos materiais que constituem o compósito – aglomerados de partículas.**

**Concreto: Agregados fino – Areia + Agregado grosso – brita + água.**

**Aglomerados são utilizados como carga para reduzir o custo global do concreto produzido.**

**Sempre em percentuais adequados para se garantir um empacotamento denso e de bom contato interfacial.**

**A areia deve preencher de forma suficiente o espaçamento entre a brita. Os agregados chegam a totalizar de 60 a 80% do volume total do concreto.**

**Importante na construção por ser vertido no local, endurecer a temperatura ambiente, até mesmo quando submerso em água.**

**Como trata-se de material cerâmico é frágil. Sua resistência a tração é inferior a sua resistência a compressão.**

**Sofre consideráveis expansões e contrações térmicas, que pode acarretar em trincas sob variações de temperatura. Essa fator pode ser diminuído por meio de reforços ou incorporação de aditivos.**

## **Concreto Armado:**

**Concreto a base de cimento portland que é reforçado com a inserção de vergalhões, arames, barras ou malhas de aço no concreto fresco e não curado.**

### **\*\* Cura do concreto:**

**É um processo mediante o qual se mantêm um teor de umidade satisfatório, evitando a evaporação de água da mistura, garantindo ainda, uma temperatura favorável ao concreto durante o processo de hidratação dos materiais aglomerantes, de modo que se possam desenvolver as propriedades desejadas.**

**Isso torna o compósito mais resistente a tração, compressão e cisalhamento. Mesmo havendo trincas o reforço se mantém.**

**No caso do aço seu coeficiente de dilatação térmica é muito próximo ao do concreto. Não é corroído pelo cimento e estabelece uma relação adesiva relativamente forte.**

# Concreto Protendido

- A protensão do concreto é obtida com a utilização de cabos de aço de alta resistência, que são tracionados e fixados no próprio concreto. Os cabos de protensão têm resistência em média quatro vezes maior do que os aços utilizados no concreto armado;
- Dentro das vantagens que esta técnica pode oferecer, temos a redução na incidência de fissuras, diminuição na dimensão das peças devido à maior resistência dos materiais empregados, possibilidade de vencer vãos maiores do que o concreto armado convencional.

# Concreto Colorido

- Obtido através da adição de pigmentos à mistura, que é feita diretamente no caminhão betoneira, logo após a dosagem dos outros materiais;
- Além de ser aplicado para dar um melhor efeito arquitetônico, já foi utilizado em grandes obras para associar uma cor a uma peça que está sendo concretada, eliminando o risco da aplicação do concreto fora do local determinado.

## **Concreto asfáltico**

**É uma mistura executada a quente, em usina apropriada, com características específicas. É composta de agregado graduado, cimento asfáltico modificados ou não por polímero, e se necessário, material de enchimento, fíller, e melhorador de adesividade, espalhada e compactada a quente.**

### **Composição:**

**Agregado graúdo: Brita**

**Agregado miúdo: Areia**

**Material de enchimento: Filler: cimento Portland, cal extinta, pós calcários, cinzas volantes, cimento asfáltico de petróleo\*\*. Devem estar secos e isentos de grumos (matéria coagulada – pequenos caroços).**

**Melhorador de adesividade: Quando não houver boa adesividade deve-se empregar aditivo melhorador de adesividade na quantidade fixada.**

## **Propriedades:**

### **Adesivo termoplástico:**

**Passa do estado líquido ao sólido de maneira reversível, a colocação no pavimento se dá a altas temperaturas; através do resfriamento o CAP adquire as propriedades de serviço ⇒ comportamento viscoelástico.**

**Impermeável à água:**

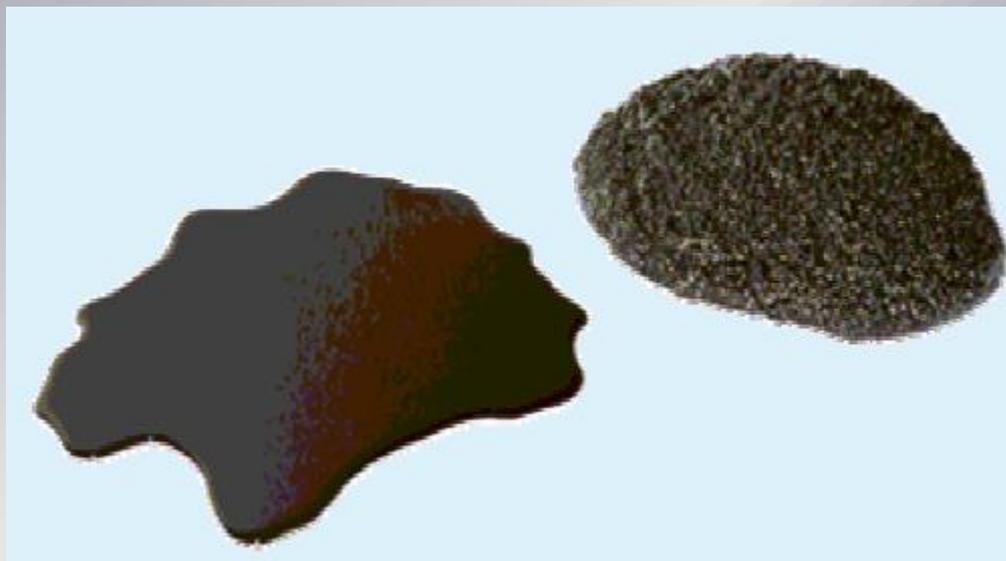
**Quimicamente pouco reativo:**

**Garante boa durabilidade;**

**Contato com o ar acarreta oxidação lenta, que pode ser acelerada por temperaturas altas;**

**Para limitar risco de envelhecimento precoce: evitar temperatura excessiva de usinagem e espalhamento e alto teor de vazios.**

O derivado de petróleo usado como ligante dos agregados minerais denomina-se, no Brasil, cimento asfáltico de petróleo (CAP). É um material semi-sólido, de cor marrom escura a preta, impermeável à água, viscoelástico, pouco reativo, com propriedades adesivas e termoplásticas.



## **Curiosidade:**

***A obtenção de asfalto é realizada através da destilação de tipos específicos de petróleo, na qual as frações leves (gasolina, diesel e querosene) são retiradas no refino. O produto resultante deste processo passa a ser chamado de Cimento Asfáltico de Petróleo (CAP).***

***O CAP é um material termossensível utilizado principalmente para aplicação em trabalhos de pavimentação, pois, além de suas propriedades aglutinantes e impermeabilizantes, possui características de flexibilidade e alta resistência à ação da maioria dos ácidos inorgânicos, sais e álcalis (libera ânions OH<sup>-</sup>). Em suas aplicações, o CAP deve ser homogêneo e estar livre de água, e para que sua utilização seja adequada, recomenda-se o conhecimento prévio da curva de viscosidade/temperatura.***

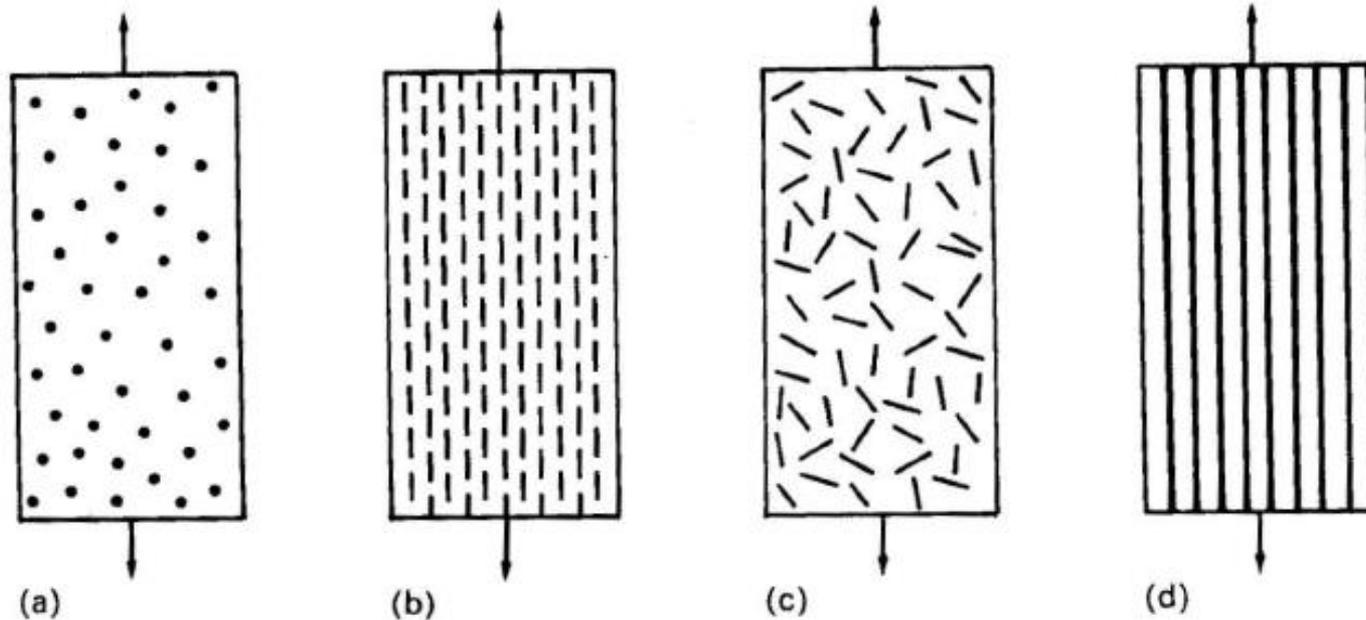
## **Compósito de matriz polimérica**

**Consiste em uma matriz de resina polimérica com fibras como meio de reforço.**

**É o que temos como maior diversidade de compósitos. Pelas propriedades em temperatura ambiente, facilidade de fabricação e do custo.**

***(Resina é uma secreção formada especialmente em canais de resina de algumas plantas como, por exemplo, árvores coníferas. Numa ferida na casca da árvore, a resina escoa lentamente, endurecendo por exposição ao ar. De outra forma pode ser obtido fazendo talhos na casca ou madeira da planta separadamente)***

## Entrada do reforço de fibras:

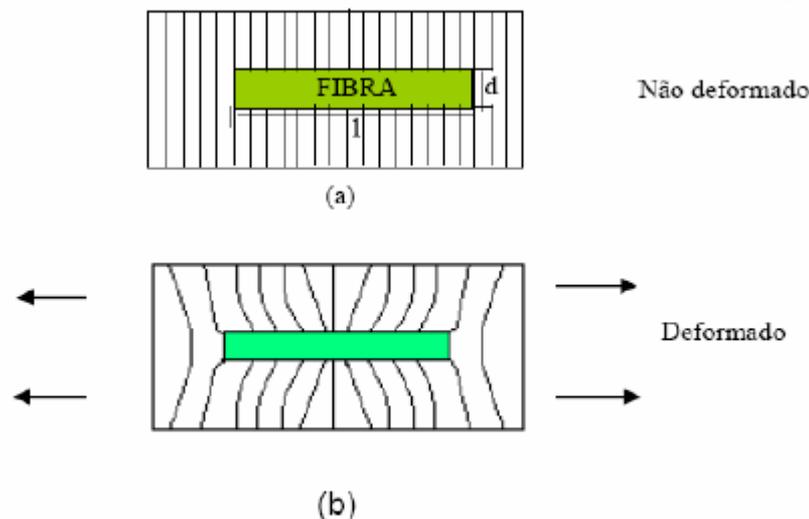


Exemplos de compósitos: (a) particulado aleatoriamente distribuído, (b) fibras descontínuas unidirecionais, (c) fibras descontínuas aleatoriamente alinhadas e (d) fibras contínuas unidirecionais.

## Fibras contínuas x fibras descontínuas

Os compósitos com fibras descontínuas apresentam menor eficiência de reforço do que as fibras contínuas, entretanto, estes materiais oferecem maior facilidade de processamento e menor custo.

Nos compósitos com fibras descontínuas o carregamento na fibra é função de seu comprimento, sendo que seus extremos são pontos concentradores de tensão, que induzem tensões cisalhantes na interface



Efeito da deformação ao redor da fibra na matriz sob tensão: (a) fibra descontínua sem deformação e (b) deformada.

# **Algumas Características dos Materiais Compósitos de Matriz Polimérica**

## **Leveza e facilidade de transporte**

**Devido ao baixo peso específico das resinas e das fibras de reforço, os produtos fabricados a partir dos compósitos apresentam um baixo peso específico (amplamente utilizados nos setores de aeronáutica, naval, automobilístico e outros).**

## **Resistência química**

**Os compósitos apresentam inércia química excepcional, o que permite a sua utilização numa ampla gama de ambientes quimicamente agressivos.**

## **Resistência às Intempéries / Durabilidade**

**Umidade, vento, sol e oscilações térmicas, tem pouca ação prejudicial sobre os compósitos.**

**Flexibilidade Arquitetônica / Feito sob medida.**

**Os compósitos tem uma grande vantagem sobre outros materiais estruturais, pois moldes com formas complexas são facilmente adaptáveis aos processos em utilização.**

**Fácil Manutenção**

**Os compósitos além de sua longevidade tradicional, apresentam fácil e simples técnicas de reparo e manutenção.**

**Resistência Mecânica**

**Devido às suas características e à variedade de combinações que podem ser realizadas entre as resinas e os materiais de reforço, os compósitos apresentam uma excelente resistência mecânica que possibilita a sua utilização em aplicações nas indústrias aeronáutica, naval, automobilística e outras.**

## **Compósitos Poliméricos Reforçados com Fibras de Vidro**

**É um material composto da aglomeração de finíssimos filamentos de vidro que não são rígidos e são altamente flexíveis. Quando adicionado à resina poliéster (ou outro tipo de resina), transforma-se em um composto popularmente conhecido como fibra de vidro, mas na verdade o nome correto é PRFV, ou seja, "Polímero Reforçado com Fibra de Vidro".**

**O PRFV apresenta:**

- Alta resistência à tração, flexão e impacto, sendo muito empregado em aplicações estruturais.**
- Leve e não conduz corrente elétrica, sendo utilizado também como isolante estrutural.**
- Ampla flexibilidade de projeto, possibilitando a moldagem de peças complexas, grandes ou pequenas, sem emendas e com grande valor funcional e estético.**
- Não enferruja e tem excepcional resistência a ambientes altamente agressivos aos materiais convencionais.**
- Os custos de manutenção são baixos devido à alta inércia química e resistência às intempéries, inerente ao material.**

## Aplicações:

Carcaça de automóveis e barcos, tubulações de plástico, recipientes para armazenamento e pisos industriais.

Industria automobilística tem usado cada vez mais para reduzir peso e ter economia de combustível.



## **Matriz polimérica com reforço de fibra de carbono**

**Reforço mais comumente utilizado em compósitos avançados de matriz poliméricas. Podem ser reforçadas ainda com epóxis o que melhora a adesão.**

- Possuem maior módulo específico e resistência específica dentre as fibras de reforço.**
- Elevado módulo de tração e resistência sob temperaturas elevadas.**
- Pode oxidar em altas temperatura**
- Em temperatura ambiente não são afetadas pela umidade, por uma grande variedade de solventes, ácidos e bases.**
- Apresenta diversidade de propriedades físicas e mecânicas.**
- São produzidas de forma relativamente baratas. E apresentam boa relação custo-benefício.**
  
- São empregados em equipamentos esportivos e de recreação como vara de pesca, taco de golfe.**
- Carcaças de motores a jato enrolados com filamentos.**
- Vasos de pressão e componentes estruturais de aeronaves.**

## **Compósitos poliméricos reforçados com Fibras Aramidas**

**Apresentam alta resistência e são excepcionais na relação resistência – peso – superiores as dos metais.**

**Existem em variedades e as mais comuns são as “Kevlar” e “Nomex”**  
**Kevlar: Trata-se de um polímero resistente ao calor e sete vezes mais resistente que o aço por unidade de peso.**  
**Eficientes em matrizes epóxis e poliéster**

**São relativamente flexíveis e um tanto dúcteis.**

**Aplicações incluem: Produtos balísticos: coletes e blindagens a prova de balas.**

**Artigos esportivos, pneus, cordas, carcaças de mísseis, vasos de pressão.**

