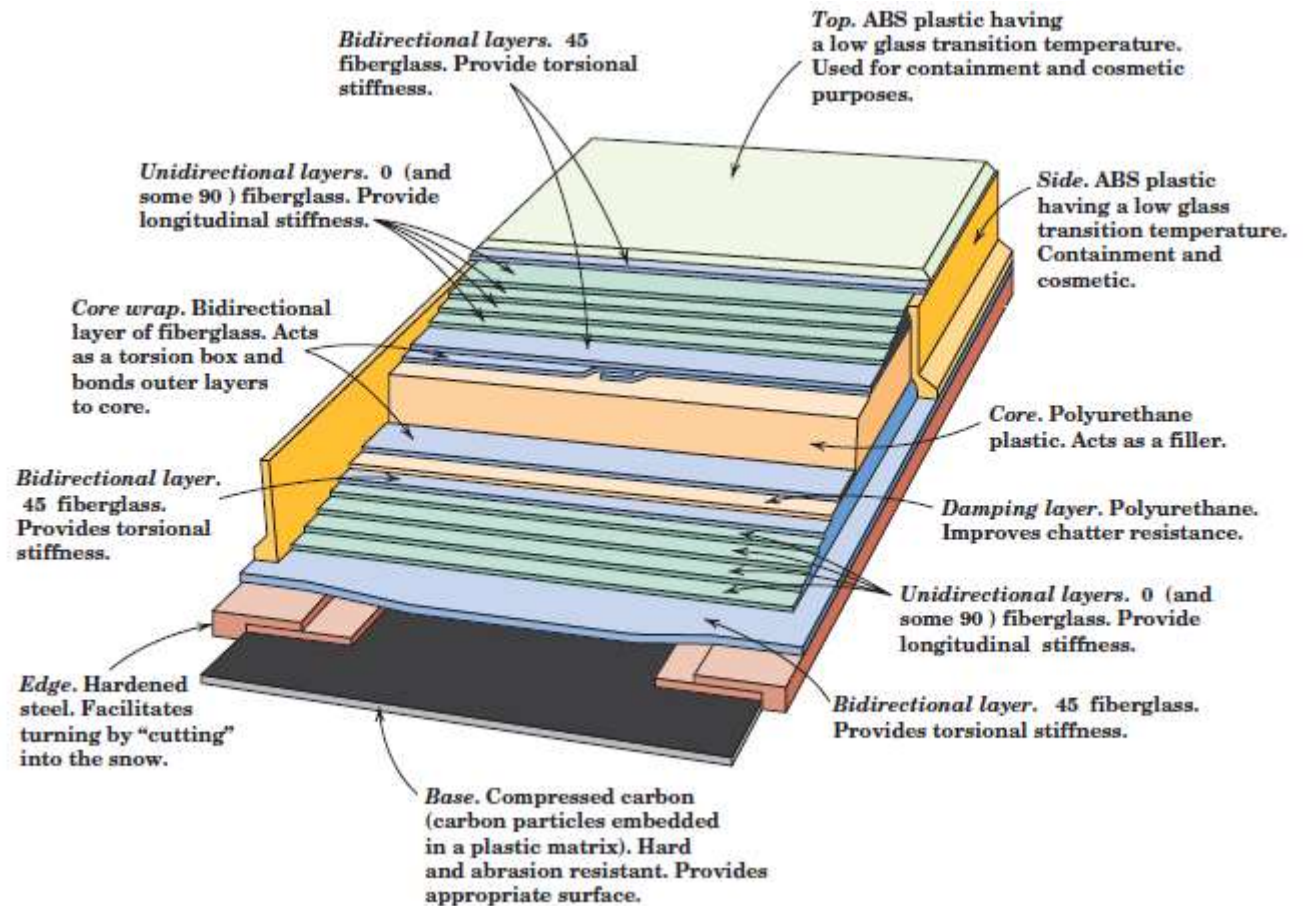


Materiais compósitos

Compósito - mistura ou combinação de dois ou mais materiais insolúveis uns nos outros.

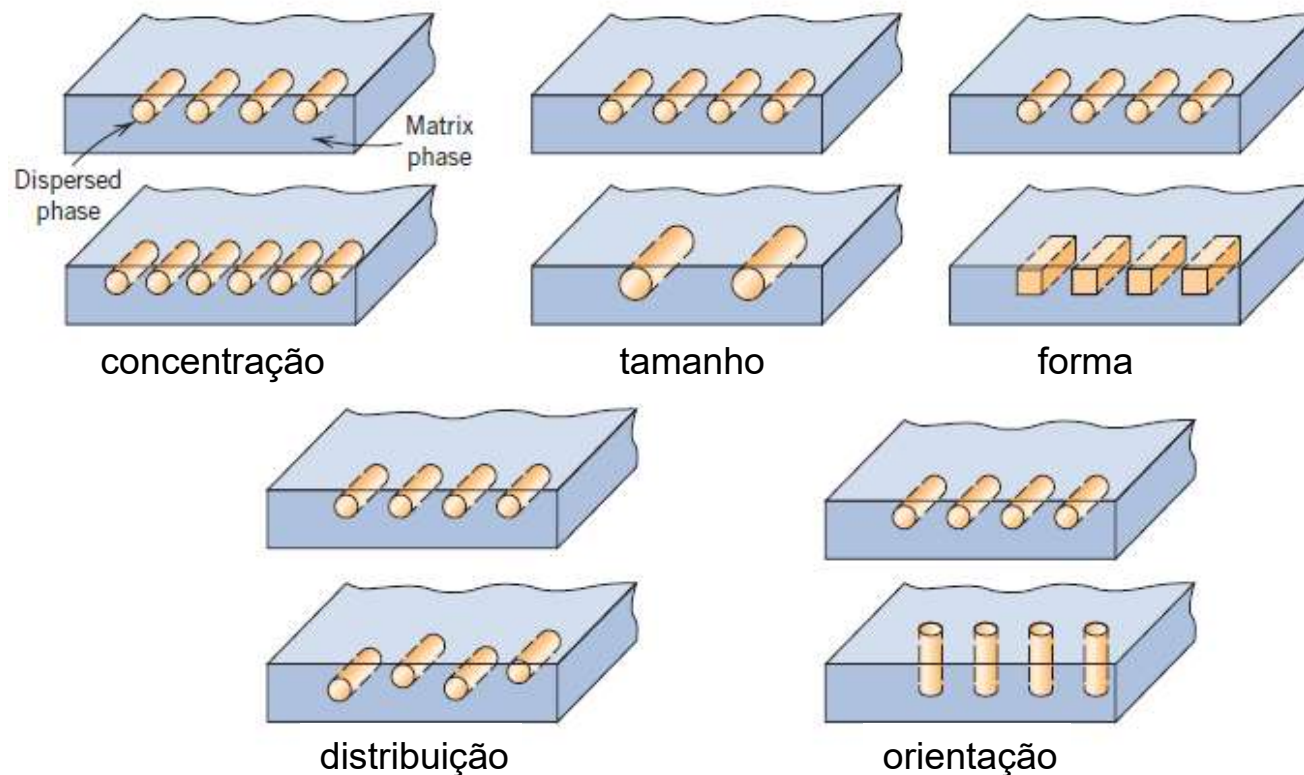


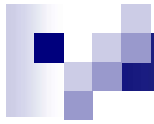
- osso: minerais são incorporados como elementos de reforço, enquanto o colagénio funciona como matriz;
- outros compósitos biológicos: madeira, dentina, cartilagem....



Objetivo: combinar dois ou mais materiais por forma a obter um material cujas propriedades sejam superiores às propriedades de cada um dos componentes individuais.

Fase dispersa influencia propriedades do compósito:





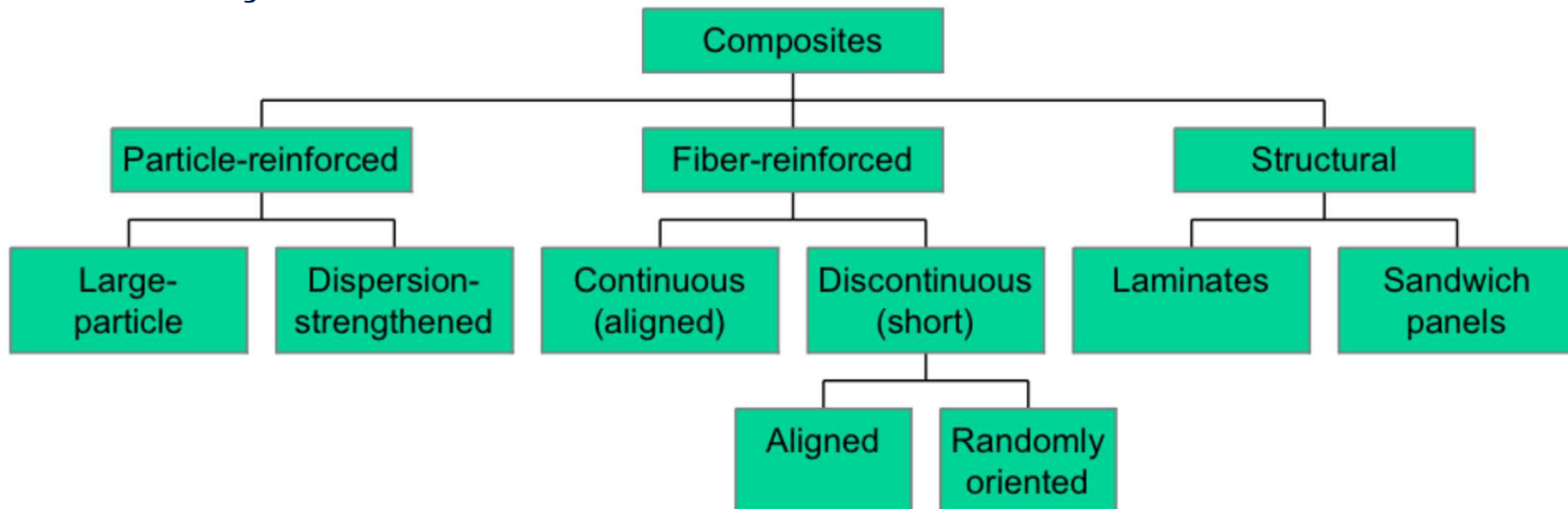
Matriz

- ✓ transferir as tensões para a fase dispersa; proteger a fase dispersa do ambiente;
- ✓ tipos: metal, cerâmico ou polímero

Elementos de reforço

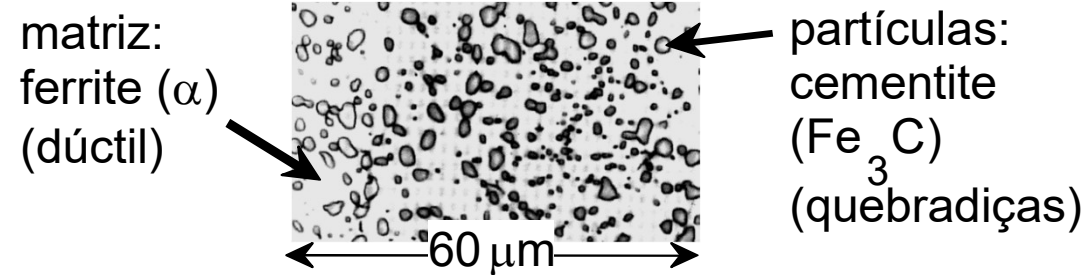
- ✓ tipos: partículas, fibras
- ✓ melhorar propriedades (elétricas, térmicas, resistência, módulo elástico, ...)

Classificação

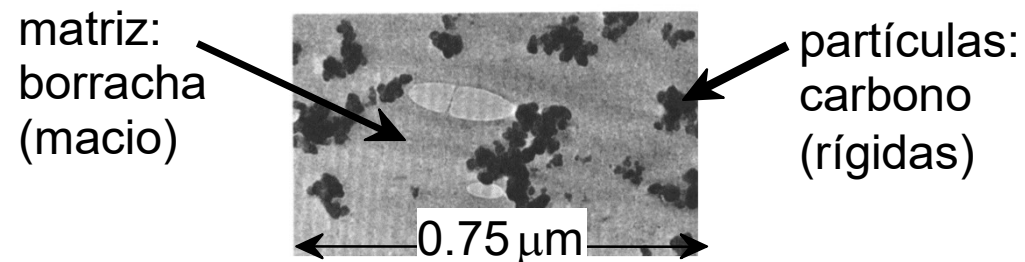


Compósitos reforçados com partículas

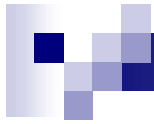
➤ **Aço**



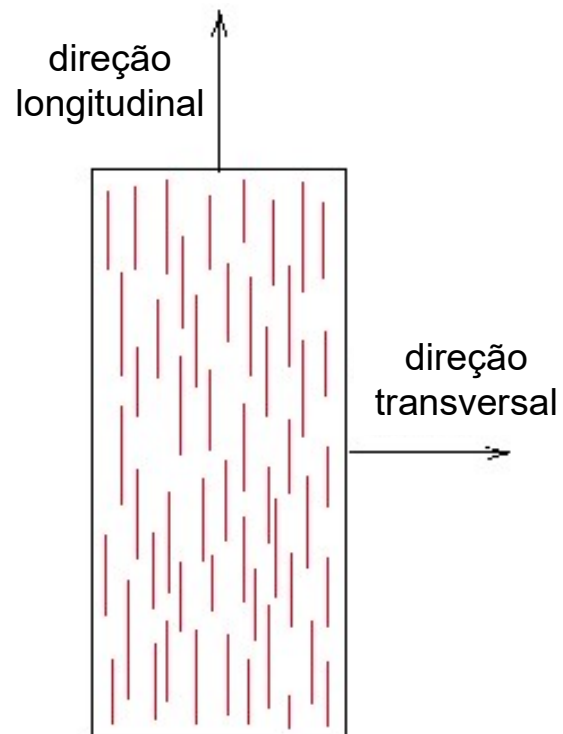
➤ **Borracha de pneu**



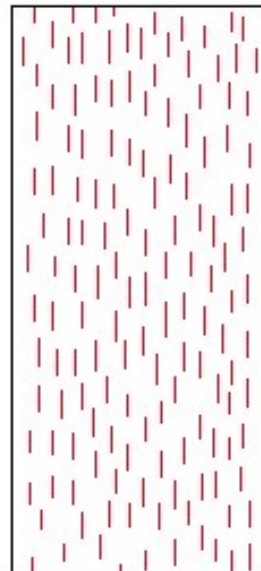
➤ **Betão** – cascalho + areia + cimento + água



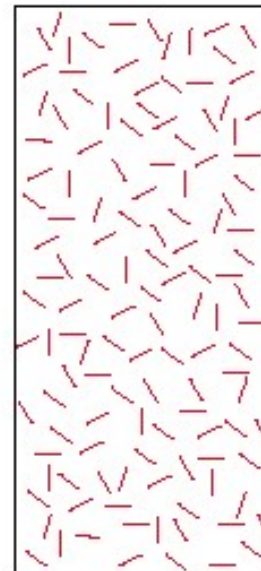
Compósitos reforçados com fibras



Contínuo
(alinhadas)



Descontínuo
(alinhadas)

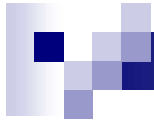


(aleatórias)

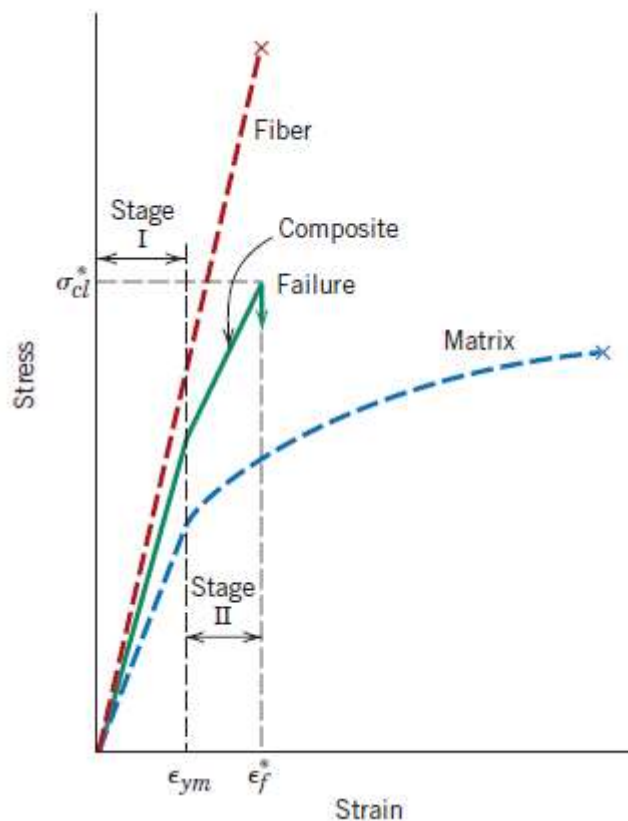
Disposição aleatória de fibras longas



Imagem SEM de material
compósito



- **Tipos de fibras:** fibras de vidro, fibras de carbono e fibras de aramido (ou fibras aramídicas)



propriedades	vidro E (HTS)	carbono (tipo HT)	aramido (Kevlar 49)
resistência à tração, MPa	2410	3100	3617
módulo de elasticidade em tração, GPa	69	220	124
alongamento na rotura, %	3,5	1,40	2,5
massa volúmica, g/cm ³	2,54	1,75	1,48

vidro E: 52-56% SiO₂; 12-16% Al₂O₃; 16-25% CaO e 8-13% B₂O₃

vidro S: 65% SiO₂; 25% Al₂O₃; 10% MgO

Kevlar (polifenileno de tereftalato):

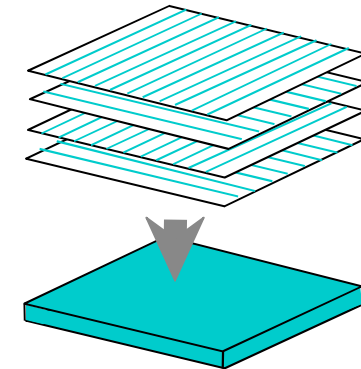
- Bom desempenho em tensão: as fibras melhoram a **resistência** e a **rigidez** do material.



Compósitos estruturais

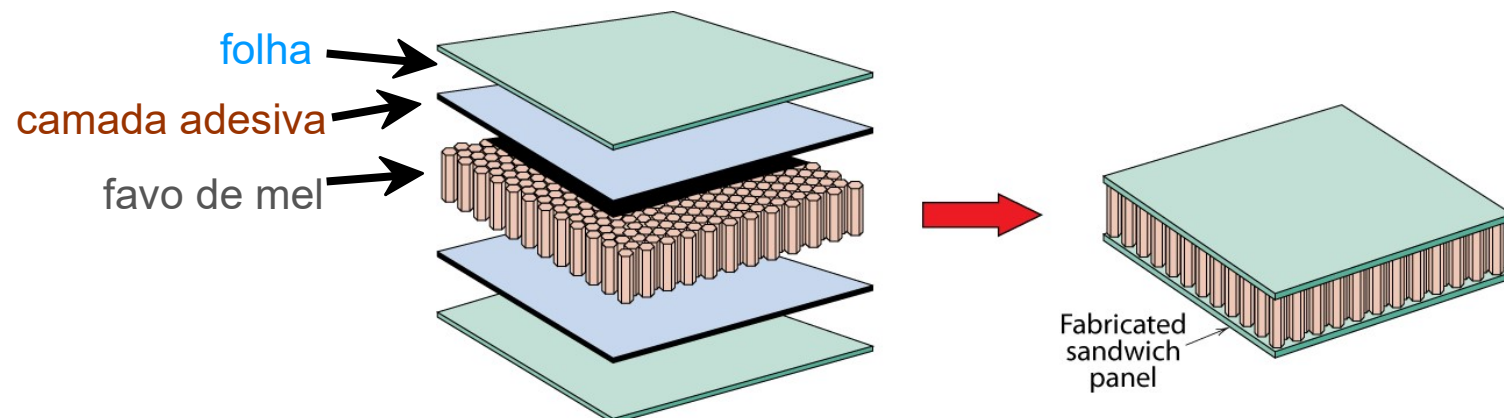
Laminados

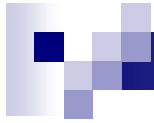
- folhas reforçadas com fibras empilhadas e ligadas
- vantagem: controlo da rigidez



Estruturas em sanduiche

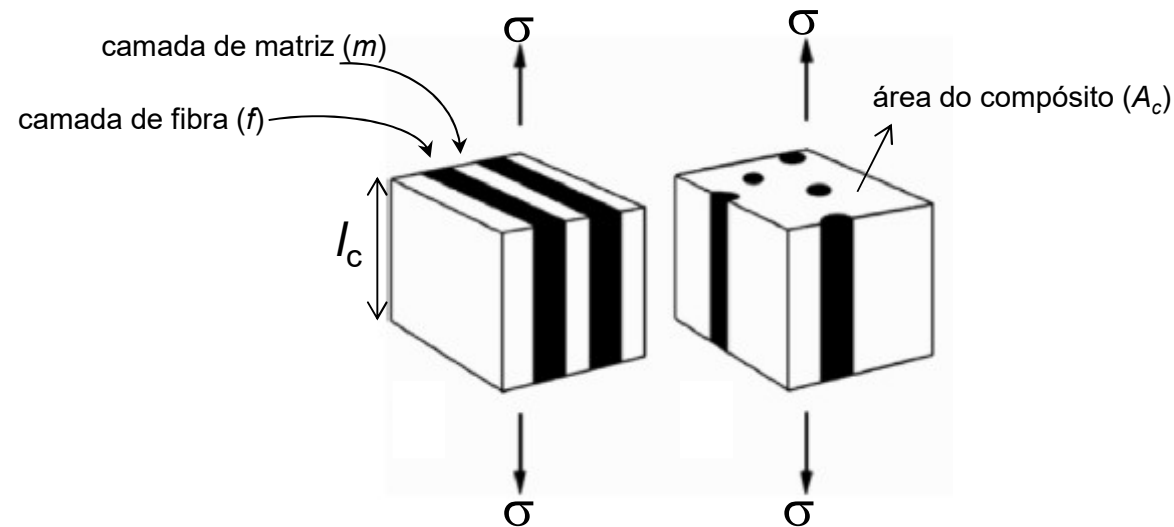
- material central ensanduichado entre duas camadas finas
- vantagens: rigidez, resistência e leveza





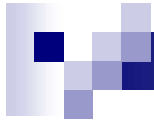
Propriedades mecânicas

Estimativa da rigidez do compósito, E_c



CASO 1 – Modelo de Voigt

- ✓ compósito carregado na direção do alinhamento da fibra (direção longitudinal);
- ✓ comportamento elástico;
- ✓ condição de **isodeformação**: $\varepsilon_c = \varepsilon_m = \varepsilon_f$



$$F_c = F_m + F_f$$

$$\sigma_c A_c = \sigma_m A_m + \sigma_f A_f \quad \sigma_c - \text{resistência à tração do compósito}$$

Se o comprimento do compósito, das fibras e da matriz são iguais:

$$\frac{A_m}{A_c} = V_m \quad e \quad \frac{A_f}{A_c} = V_f$$

as frações de área da matriz e da fibra são iguais às respectivas frações de volume, V_m e V_f .

Admitindo comportamento elástico:

$$E_c = E_m (1 - V_f) + E_f V_f$$

Estimativa do módulo de elasticidade de um compósito em condições de isodeformação (regra das misturas para compósitos binários)

$$\frac{F_f}{F_m} = \frac{E_f}{E_m} \frac{V_f}{V_m}$$

Equação para o cálculo das forças nas regiões de fibra e nas regiões de matriz

$$(V_f + V_m = 1)$$

CASO 2 – Modelo de Reuss

- ✓ compósito carregado na direção transversal ao alinhamento da fibra;
- ✓ comportamento elástico;
- ✓ condição de **isotensão**: $\sigma_c = \sigma_m = \sigma_f$

A deformação sofrida pelo compósito:

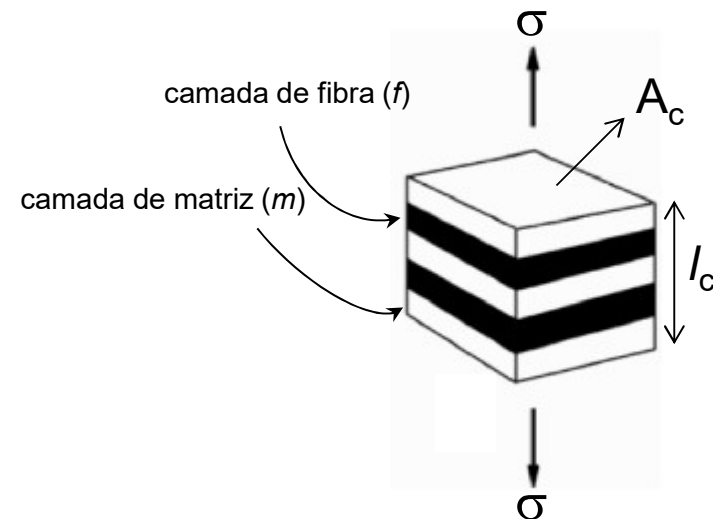
$$\varepsilon_c = \varepsilon_m V_m + \varepsilon_f V_f$$

Admitindo comportamento elástico:

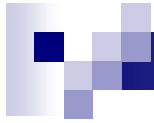
$$\frac{1}{E_c} = \frac{V_m}{E_m} + \frac{V_f}{E_f}$$

Rearranjando:

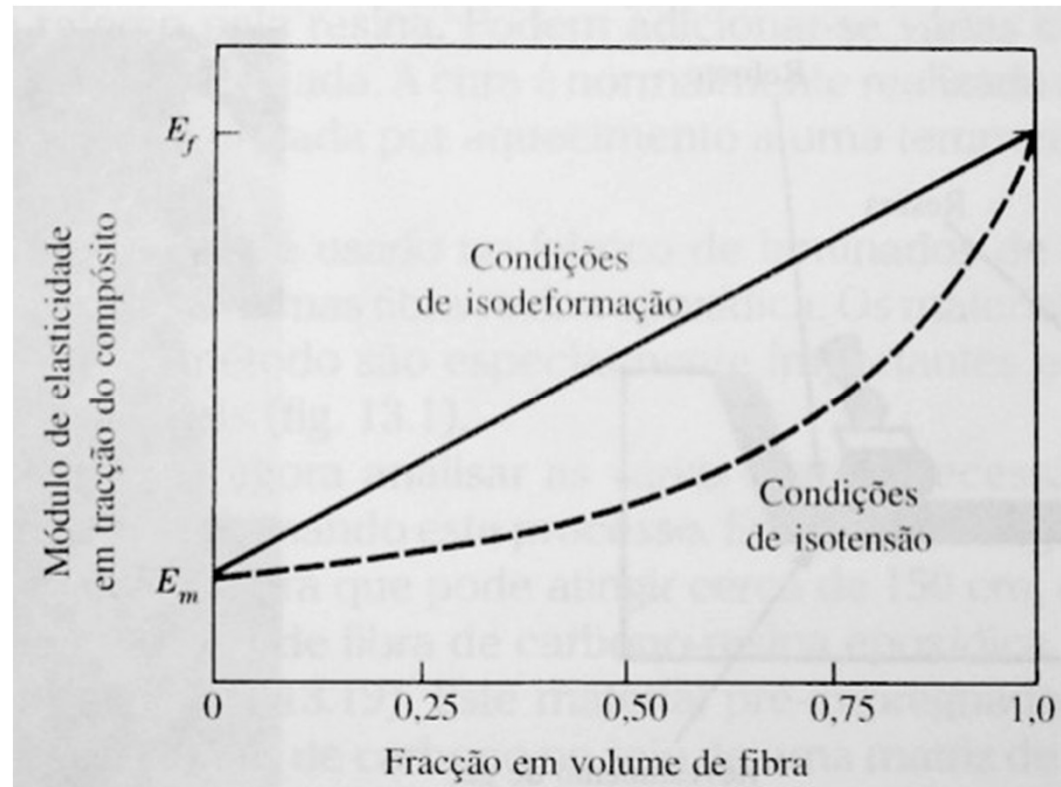
$$E_c = \frac{E_m E_f}{(1 - V_f) E_f + V_f E_m}$$



Estimativa do módulo de elasticidade de um compósito em condições de isotensão



COMPARAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE ISODEFORMAÇÃO E DE ISOTENSÃO



(compósito do tipo laminado, de matriz polimérica reforçada por fibras unidirecionais)



Vantagens.....

