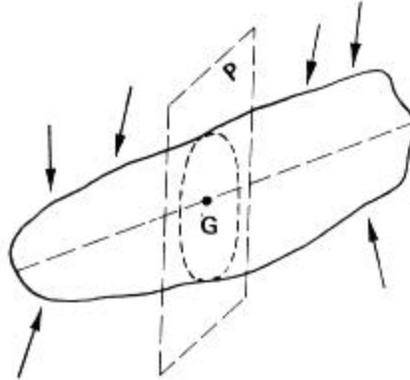
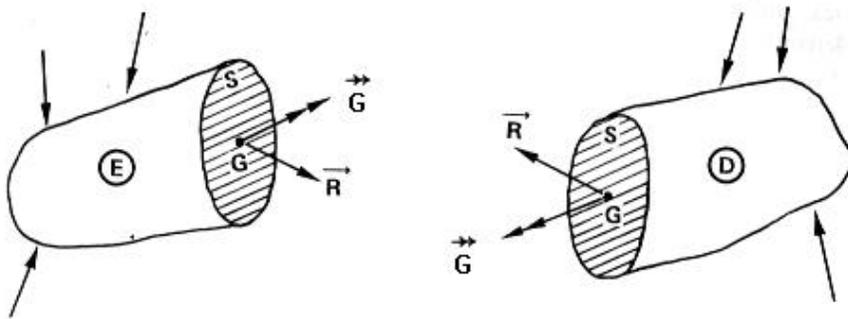


## Esforços Simples

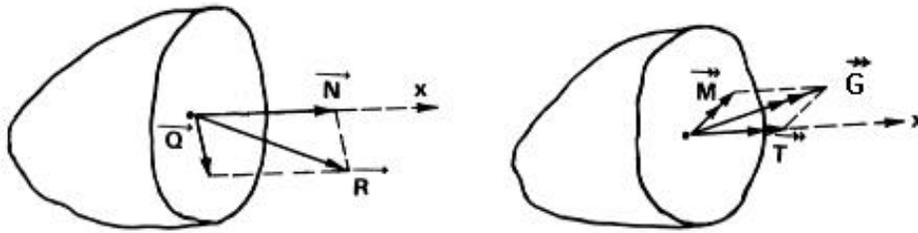
Seja um sistema de forças externas atuando num corpo genérico em equilíbrio:



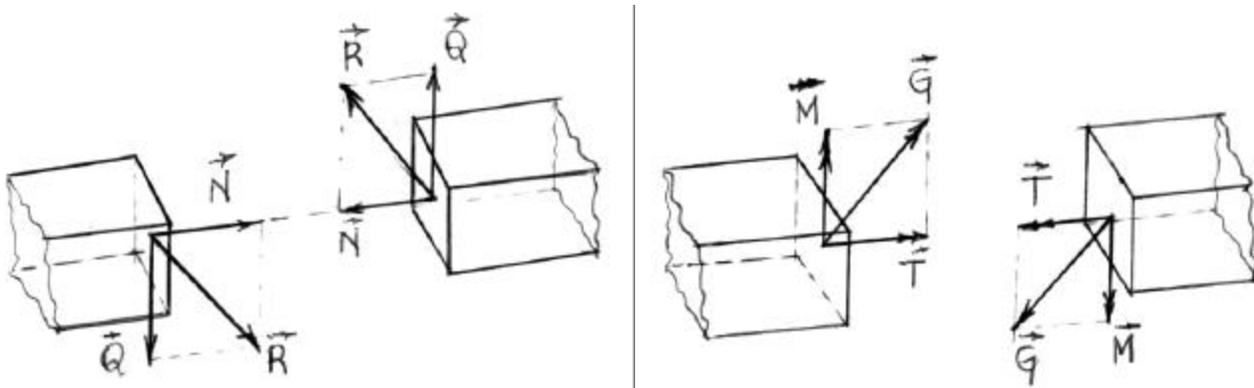
Analisando-se o corpo de forma seccionada, e sabendo-se que o equilíbrio estático de cada uma das metades é mantido, verifica-se a existência de um sistema resultante de forças equilibrantes realizado pela outra metade do corpo, ao longo da seção P, denominados de esforços internos:



Decompondo-se os vetores resultantes  $\vec{R}$  e  $\vec{G}$  em componentes normais e tangenciais ao plano da seção, obtém-se as Forças  $\vec{N}$  e  $\vec{Q}$ , e os momentos  $\vec{M}$  e  $\vec{T}$ , conhecidos como Esforços Simples:

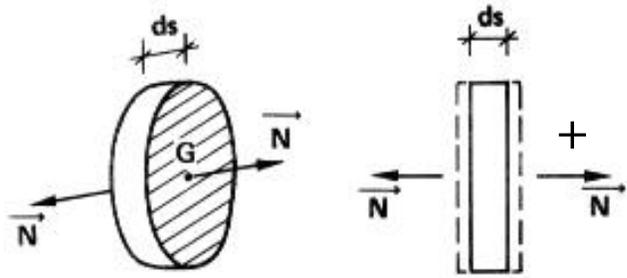


Numa viga de seção retangular, teríamos:



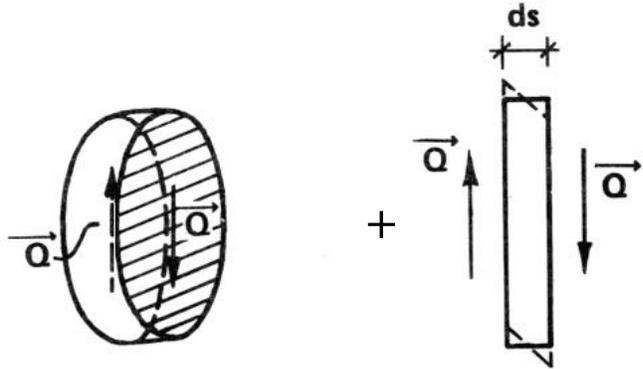
### Esforço Normal (ou axial) N:

Soma algébrica das projeções sobre a normal à seção das forças exteriores situadas de um mesmo lado da seção; é positivo quando de tração (tendendo a distender a seção) ou negativo quando de compressão (comprimindo a seção):



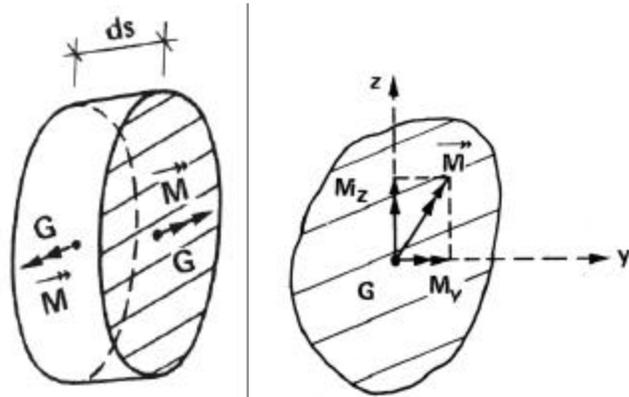
### Esforço cortante Q :

Soma vetorial das projeções sobre o plano da seção das forças exteriores situadas de um mesmo lado da seção (tende a cortar a seção, promover o seu deslizamento); é positivo quando as projeções se orientam nos sentidos dos eixos ou negativo, caso contrário.



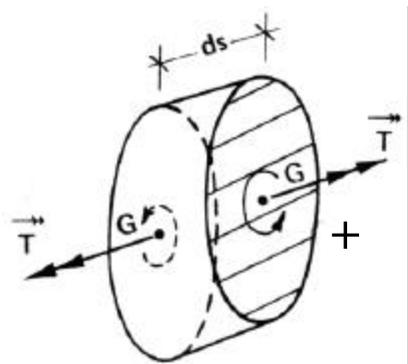
### Momento fletor M :

Soma vetorial das projeções sobre o plano da seção dos momentos das forças, situadas de um mesmo lado da seção, em relação ao seu centro de gravidade (tende a fazer a seção girar sobre um eixo localizado no seu próprio plano, comprimindo uma parte e distendendo a outra); é dito positivo quando orientado no sentido arbitrado para o eixo, ou negativo, caso contrário.



### Momento torsor T :

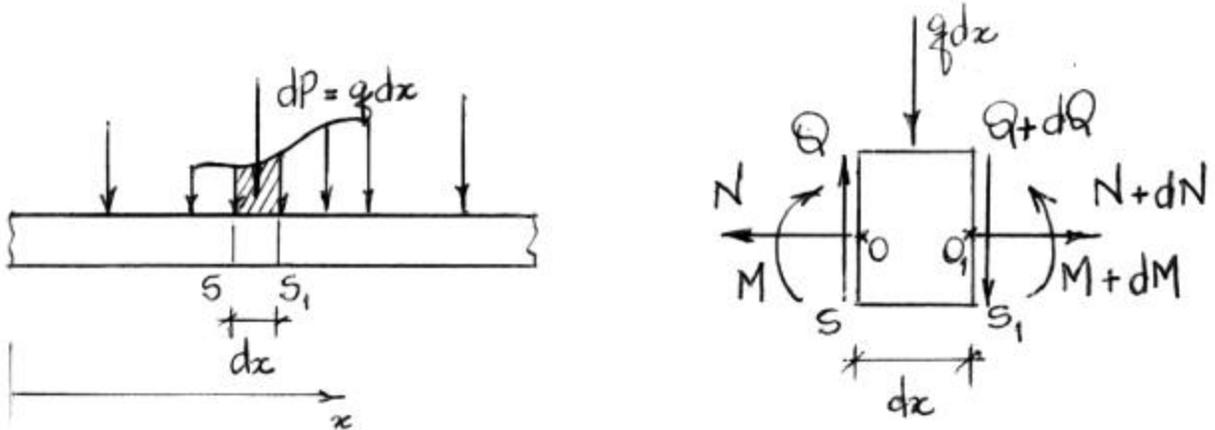
Soma algébrica dos momentos, em relação a um eixo perpendicular ao plano da seção e passando pelo seu centro de gravidade, das forças exteriores situadas de um mesmo lado da seção (tende a torcer a seção, fazendo-a girar em torno de um eixo que lhe é perpendicular); positivo quando "sai" da seção ou negativo, caso contrário.



## Linha de Estado

É a linha que representa a variação de determinado esforço simples ao longo da peça. Compreende: Diagrama de Esforços Normais (DEN), Diagrama e Esforços Cortantes (DEC), Diagrama de Momentos Fletores (DMF), e Diagrama de Momentos Torsores.

Relações Diferenciais entre Momento Fletor (M), Esforços Cortantes (Q) e carregamento distribuído(q):



$$\sum F_y = 0 \quad \Rightarrow Q - q \cdot dx - (Q + dQ) = 0$$
$$\boxed{\Rightarrow dQ = -q \cdot dx} \quad (1)$$

$$\sum M_{O_1} = 0 \quad \Rightarrow Q \cdot dx + M - q \cdot dx \cdot \frac{dx}{2} - (M + dM) = 0$$
$$\Rightarrow dM = Q \cdot dx - \frac{q \cdot dx^2}{2}$$
$$\Rightarrow dM = (Q - q \cdot dx) \cdot dx = (Q + dQ) \cdot dx$$

$$\boxed{\Rightarrow \frac{dM}{dx} = Q_{O_1}} \quad \boxed{\Rightarrow \frac{d^2M}{dx^2} = -q} \quad (2)$$

$\Rightarrow$  Equações Fundamentais da Estática

A partir de  $q(x)$  obteremos, então, as funções  $M(x)$  e  $Q(x)$  que nos dão os valores dos momentos fletores e esforços cortantes atuantes em qualquer seção da viga. Representando graficamente estas funções perpendicularmente ao eixo de uma viga, obteremos por fim suas linhas de estado (DEC, DMF).

$$Q = 0 \Rightarrow M \text{ cte}$$

$$q = 0 \Rightarrow Q \text{ cte} \Rightarrow M \text{ linear}$$

$$\text{Carga Concentrada} \Rightarrow Q \text{ descontínuo} \Rightarrow \text{ponto angular no DMF}$$