



Structures Explained  
Resolução da Seção Transversal

---

**Laboratório AeroTech**

**Departamento de Engenharia Aeronáutica**

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

---

# 1 Subdividir a geometria da seção transversal em formas geométricas (subáreas) de propriedades conhecidas

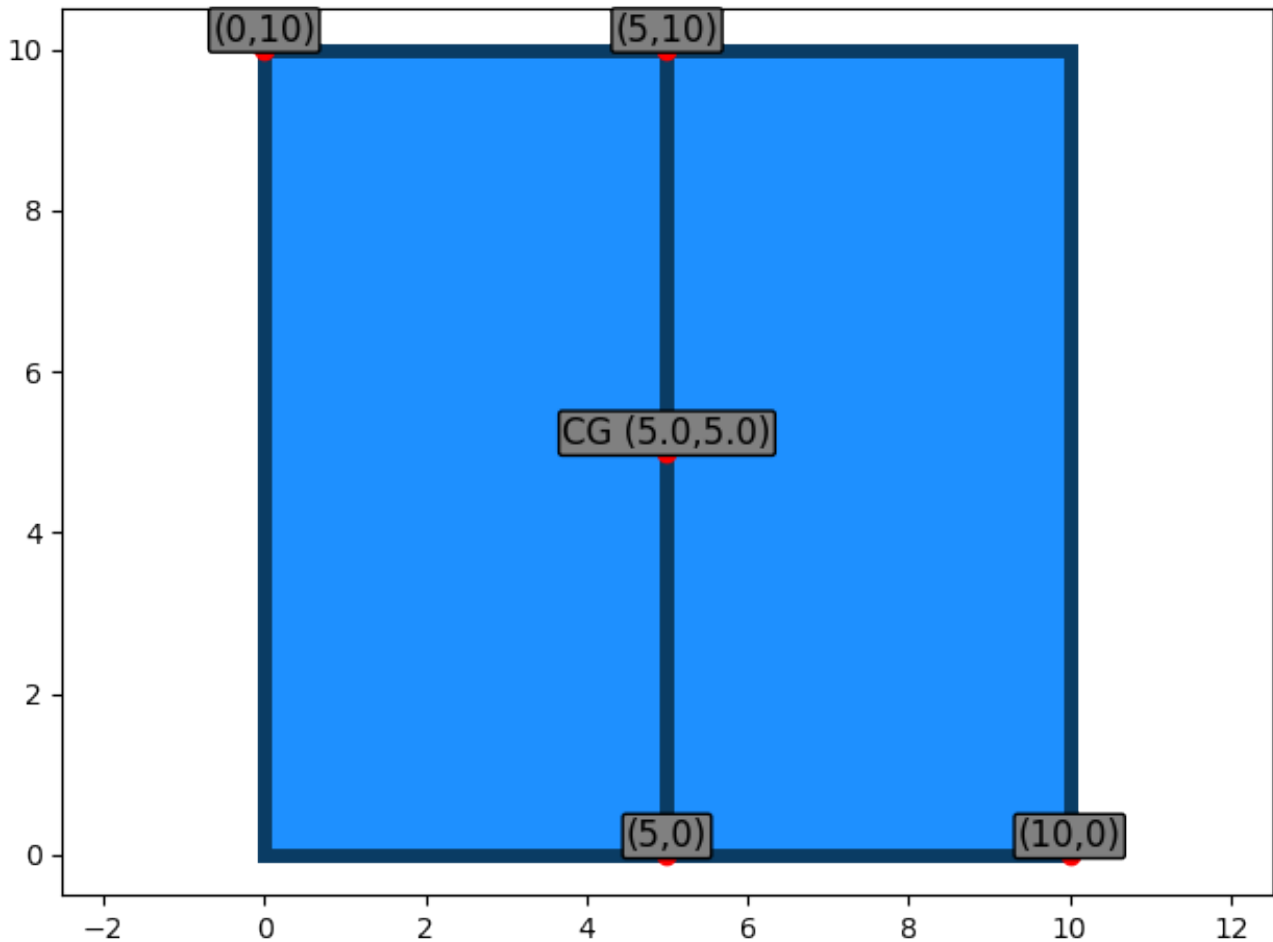


Figura 1: Estrutura com subáreas contornadas de preto

## 2 Calcular os momentos estáticos em relação ao eixo de interesse

### 2.1 Cálculo do momento estático em relação ao eixo X:

$$Ms_{x_{total}} = \sum Ms_x$$

$$Ms_x = \text{Área}_{(sub\grave{a}rea)} \cdot \bar{Y}$$

$$Ms_{x_{total}} = +50 * 5.0 + 50 * 5.0$$

$$Ms_{x_{total}} = 500.0000000000000 \text{ m}^3$$

## 2.2 Cálculo do momento estático em relação ao eixo Y:

$$Ms_{y_{total}} = \sum Ms_y$$

$$Ms_y = Area_{(sub\acute{a}rea)} \cdot \bar{X}$$

$$Ms_{y_{total}} = +50 * 2.5 + 50 * 7.5$$

$$Ms_{y_{total}} = 500.0000000000000 \text{ m}^3$$

## 3 Calcular os centroides em relação ao eixo de interesse

### 3.1 Cálculo do centroide em relação ao eixo X:

$$X_{cg} = \frac{Ms_y}{A_{total}}$$

$$X_{cg} = \frac{500.0000000000000}{+50 + 50}$$

$$X_{cg} = 5.0 \text{ m}$$

### 3.2 Cálculo do centroide em relação ao eixo Y:

$$Y_{cg} = \frac{Ms_x}{A_{total}}$$

$$Y_{cg} = \frac{500.0000000000000}{+50 + 50}$$

$$Y_{cg} = 5.0 \text{ m}$$

## 4 Calcular os momentos de inércia em relação aos eixos de interesse

Quando necessário (ou, na dúvida, sempre), aplicar o teorema dos eixos paralelos

Teorema dos eixos paralelos:  $I' = I + A * d^2$

## 4.1 Cálculo do Momento de Inércia em relação a X:

$$I_{x_{total}} = \sum I_x$$

$$I_{x(\text{retângulos})} = \frac{\text{base} \cdot \text{altura}^3}{12}$$

$$I_{x_{total}} = +\frac{5 \cdot 10^3}{12} + \frac{5 \cdot 10^3}{12}$$

$$I_{x_{total}} = 2500/3 \text{ m}^4$$

## 4.2 Cálculo do Momento de Inércia em relação a Y:

$$I_{y_{total}} = \sum I_y$$

$$I_{y(\text{retângulos})} = \frac{\text{base}^3 \cdot \text{altura}}{12}$$

$$I_{y_{total}} = +\frac{5^3 \cdot 10}{12} + 50 \cdot (5.0 - 2.5)^2 + \frac{5^3 \cdot 10}{12} + 50 \cdot (5.0 - 7.5)^2$$

$$I_{y_{total}} = 833.333333333333 \text{ m}^4$$

# 5 Cálculo da Tensão Normal

## 5.1 Fórmula da Tensão Normal

$$T_{normal} = \frac{N}{A} - \frac{My}{I_y} \cdot z - \frac{Mz}{I_z} \cdot y$$

## 5.2 Cálculo para N = 10 N, My = 500.000000000000 Nm, Mz = 500.000000000000 Nm, y = 1 m, z = z m

### 5.2.1 Cálculo da Tensão Normal

$$T_{normal} = \frac{10}{+50 + 50} - \frac{+50 \cdot 2.5 + 50 \cdot 7.5}{+\frac{5^3 \cdot 10}{12} + 50 \cdot (5.0 - 2.5)^2 + \frac{5^3 \cdot 10}{12} + 50 \cdot (5.0 - 7.5)^2} \cdot z - \frac{+50 \cdot 5.0 + 50 \cdot 5.0}{+\frac{5 \cdot 10^3}{12} + \frac{5 \cdot 10^3}{12}} \cdot 1$$

$$T_{normal} = -857.77 \cdot z - 617.07 \text{ Pa}$$

## 6 Cálculo da Linha Neutra

### 6.1 Fórmula da Linha Neutra

A linha neutra se encontra onde a Tensão Normal é 0, portanto para encontrar a posição da linha neutra ( $y$ ) substituímos  $T$  por 0.

$$0 = \frac{N}{A} - \frac{My}{I_y} \cdot z - \frac{Mz}{I_z} \cdot y$$

### 6.2 Cálculo para $N = 10 \text{ N}$ , $My = 500.000000000000 \text{ Nm}$ , $Mz = 500.000000000000 \text{ Nm}$ , $y = 1 \text{ m}$ , $z = z \text{ m}$

#### 6.2.1 Cálculo da Linha Neutra

$$0 = \frac{10}{+50 + 50} - \frac{+50 * 2.5 + 50 * 7.5}{+\frac{5^3 \cdot 10}{12} + 50 \cdot (5.0 - 2.5)^2 + \frac{5^3 \cdot 10}{12} + 50 \cdot (5.0 - 7.5)^2} \cdot z - \frac{+50 * 5.0 + 50 * 5.0}{+\frac{5 \cdot 10^3}{12} + \frac{5 \cdot 10^3}{12}} \cdot y$$

$$z = -0.72$$

## 7 Calcular o Momento Estático no corte

### 7.1 Fórmula do Momento Estático para corte sobre a subárea

$$M_{\text{estático}_{\text{corte}}} = \text{Área}_{\text{subárea}} \cdot (\text{centroide}_{\text{subárea}} - \text{centroide}_{\text{figura}})$$

### 7.2 Fórmula do Momento Estático para corte acima ou abaixo da subárea

$$M_{\text{estático}_{\text{corte}}} = \left( \frac{\text{altura}}{2} + \text{centroide}_{\text{subárea}} - \text{corte}_y \right) \cdot \text{base} \\ \cdot \left( \left( \frac{\text{altura}}{2} + \text{centroide}_{\text{subárea}} - \text{corte}_y \right) \cdot 0.5 + \text{corte}_y - \text{centroide}_{\text{figura}} \right)$$

## 8 Calcular o Fluxo de Cisalhamento

### 8.1 Fórmula do Fluxo de Cisalhamento

$$f_{\text{cisalhamento}} = \frac{V \cdot Q}{I_x}$$

### 8.2 Cálculo para $V = 10 \text{ N}$ , $Q = 0 \text{ m}^3$ , $I_x = 2500/3 \text{ m}^4$

$$f_{\text{cisalhamento}} = \frac{10 \cdot 0}{+\frac{5 \cdot 10^3}{12} + \frac{5 \cdot 10^3}{12}}$$

$$f_{\text{cisalhamento}} = 0 \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

## 9 Calcular a Tensão de Cisalhamento

### 9.1 Fórmula da Tensão de Cisalhamento

$$T_{cisalhamento} = \frac{V \cdot Q}{I_x \cdot t}$$

### 9.2 Cálculo para $V = 10 \text{ N}$ , $Q = 0 \text{ m}^3$ , $I_x = 2500/3 \text{ m}^4$ , $t = 10 \text{ m}$

$$T_{cisalhamento} = \frac{10 \cdot 0}{+\frac{5 \cdot 10^3}{12} + \frac{5 \cdot 10^3}{12} \cdot 10}$$

$$T_{cisalhamento} = 0 \text{ Pa}$$