UNIVERSIDADE DA BEIRA INTERIOR

CURSO:1º CICLO E MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA AERONÁUTICA – 3º ANO
UNIDADE CURRICULAR:.............................ESTRUTURAS AEROESPACIAIS I – 10362/15089

FORMULÁRIO

Rotação de tensões e extensões planas
$\sigma_n = \sigma_x \cos^2\theta + \sigma_y \sin^2\theta + \tau_{xy}\sin 2\theta$ $\quad$ $\varepsilon_n = \varepsilon_x \cos^2\theta + \varepsilon_y \sin^2\theta + \frac{\gamma_{xy}}{2}\sin 2\theta$
Extensões constitutivas planas
$\begin{Bmatrix} \varepsilon_{xx} \\ \varepsilon_{yy} \\ \gamma_{xy} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} 1/E_x & -\nu_{yx}/E_y & 0 \\ -\nu_{xy}/E_x & 1/E_y & 0 \\ 0 & 0 & 1/G_{xy} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \sigma_{xx} \\ \sigma_{yy} \\ \tau_{xy} \end{Bmatrix} + \Delta T \begin{Bmatrix} \alpha_x \\ \alpha_y \\ 0 \end{Bmatrix}$

Flexão	
$\sigma_z = \frac{M_x\left(I_{yy}y - I_{xy}x\right)}{I_{xx}I_{yy} - I_{xy}^2} + \frac{M_y\left(I_{xx}x - I_{xy}y\right)}{I_{xx}I_{yy} - I_{xy}^2}$	$\sigma_z = \left(\frac{M_y I_{xx} - M_x I_{xy}}{I_{xx}I_{yy} - I_{xy}^2}\right)x + \left(\frac{M_x I_{yy} - M_y I_{xy}}{I_{xx}I_{yy} - I_{xy}^2}\right)y$
$-w_y = \frac{\partial S_y}{\partial z} = \frac{\partial^2 M_x}{\partial z^2}$	$-w_x = \frac{\partial S_x}{\partial z} = \frac{\partial^2 M_y}{\partial z^2}$

$$\begin{Bmatrix} u'' \\ v'' \end{Bmatrix} = \frac{-1}{E\left(I_{xx}I_{yy} - I_{xy}^2\right)} \begin{bmatrix} -I_{xy} & I_{xx} \\ I_{yy} & -I_{xy} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} M_x \\ M_y \end{Bmatrix}$$

Corte

$$q_s = -\frac{\left(S_x I_{xx} - S_y I_{xy}\right)}{I_{xx}I_{yy} - I_{xy}^2}\int_0^s tx\,ds - \frac{\left(S_y I_{yy} - S_x I_{xy}\right)}{I_{xx}I_{yy} - I_{xy}^2}\int_0^s ty\,ds \quad \text{(para secção aberta)}$$

$$q_s = -\left(\frac{S_x I_{xx} - S_y I_{xy}}{I_{xx}I_{yy} - I_{xy}^2}\right)\int_0^s tx\,ds - \left(\frac{S_y I_{yy} - S_x I_{xy}}{I_{xx}I_{yy} - I_{xy}^2}\right)\int_0^s ty\,ds + q_{s,0} \quad \text{(para secção fechada)}$$

$$S_x\eta_0 - S_y\xi_0 = \oint p q_b\,ds + 2Aq_{s,0}$$

Para secção idealizada:

$$q_2 - q_1 = -\left(\frac{S_x I_{xx} - S_y I_{xy}}{I_{xx}I_{yy} - I_{xy}^2}\right)\left(\int_0^s t_D x\,ds + \sum_{r=1}^{n} B_r x_r\right) - \left(\frac{S_y I_{yy} - S_x I_{xy}}{I_{xx}I_{yy} - I_{xy}^2}\right)\left(\int_0^s t_D y\,ds + \sum_{r=1}^{n} B_r y_r\right)$$

Torção (para secção fechada)	
$T = \oint pq\,ds$	$T = 2Aq$
$\frac{d\theta}{dz} = \frac{q}{2A}\oint \frac{ds}{Gt}$	$GJ = 4A^2 \Big/ \oint \frac{ds}{Gt}$
Torção (para secção aberta)	
$\tau_{zs,\max} = \pm Gt\frac{d\theta}{dz}$	$J = \sum \frac{st^3}{3}, \qquad J = \frac{1}{3}\int_{\text{secção}} t^3\,ds$

$$T = GJ\frac{d\theta}{dz} \quad \text{(para qualquer secção)}$$

Empeno
$(w_s - w_0) = \int_0^s \frac{q_s}{Gt} ds - \frac{A_{Os}}{A} \oint \frac{q_s}{Gt} ds$; $w_0 = \frac{\oint w_s t ds}{\oint t ds}$

Idealização estrutural
$B_1 = \frac{t_D b}{6}\left(2 + \frac{\sigma_2}{\sigma_1}\right)$ (área do "boom" equivalente a uma casca)

Vigas com afilamento
$P_{z,r} = \sigma_{z,r} B_r$; $P_{y,r} = P_{z,r} \frac{\delta y_r}{\delta z}$; $P_{x,r} = P_{y,r} \frac{\delta x_r}{\delta y_r}$ ou $P_{x,r} = P_{z,r} \frac{\delta x_r}{\delta z}$ $S_{x,w} = S_x - \sum_{r=1}^{m} P_{z,r} \frac{\delta x_r}{\delta z}, \qquad S_{y,w} = S_y - \sum_{r=1}^{m} P_{z,r} \frac{\delta y_r}{\delta z}$ $S_x \eta_0 - S_y \xi_0 = \oint q_b p ds + 2A q_{s,0} - \sum_{r=1}^{m} P_{x,r} \eta_r - \sum_{r=1}^{m} P_{y,r} \xi_r$
Asas (com N células) - Torção
$T = \sum_{R=1}^{N} 2 A_R q_R$ $\frac{d\theta}{dz} = \frac{1}{2 A_R G}\left[-q_{R-1}\delta_{R-1,R} + q_R \delta_R - q_{R+1}\delta_{R+1,R}\right]$ $\delta = \int \frac{ds}{t}$
Para diferentes tipos de materiais: $\frac{d\theta}{dz} = \frac{1}{2 A_R G_{REF}} \oint_R q \frac{\mathrm{ds}}{t^*}$; $t^* = \frac{G}{G_{REF}} t$
Asas (com N células) - Corte
$q_b = -\left(\frac{S_x I_{xx} - S_y I_{xy}}{I_{xx} I_{yy} - I_{xy}^2}\right)\left(\int_0^s t_D x ds + \sum_{r=1}^{n} B_r x_r\right) - \left(\frac{S_y I_{yy} - S_x I_{xy}}{I_{xx} I_{yy} - I_{xy}^2}\right)\left(\int_0^s t_D y ds + \sum_{r=1}^{n} B_r y_r\right)$ $\frac{d\theta}{dz} = \frac{1}{2 A_R G}\left(-q_{s,0,R-1}\delta_{R-1,R} + q_{s,0,R}\delta_R - q_{s,0,R+1}\delta_{R+1,R} + \oint_R q_b \frac{ds}{t}\right)$ $S_x \eta_0 - S_y \xi_0 = \sum_{R=1}^{N} M_{q,R} = \sum_{R=1}^{N} \oint_R q_b p_0 ds + \sum_{R=1}^{N} 2 A_R q_{s,0,R}$