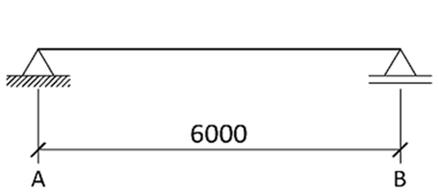
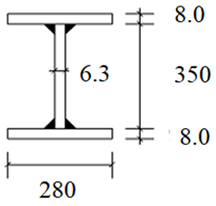
SE1_E07-01

Determinar o valor do momento resistente de cálculo (Mrd) de uma viga bi-apoiada de 6 m de comprimento, em aço AR350, com a seção transversal indicada abaixo.

Dimensões em milímetros;

Considerar que a viga em questão é contida lateralmente ao longo de todo o seu comprimento e que o perfil é soldado.





Propriedades do Aço AR350: $fy := 350\ MPa = 35\ \frac{kN}{cm^2}$ $E := 200\ GPa = 20000\ \frac{kN}{cm^2}$

Viga contida lateralmente --> Não ocorre FLT;

$hw := 350\ mm$ $tw := 6,3\ mm$ $bf := 280\ mm$ $tf := 8\ mm$ $\gamma a1 := 1,1$

Tipo de Alma (Esbelta [Anexo H] ou Não-Esbelta [Anexo G]) e Verificação FLA:

Tipo de Seção e Eixo de Flexão	Estados Limites	M_r	M_{cr}	λ	λ_p	λ_r
Seções I e H com dois eixos de simetria e seções U não sujeitas a momento de torção, fletidas em relação ao eixo de maior momento de inércia	FLT	$(f_y - \sigma_r)W$ Ver Nota 5	Ver Nota 1	$\frac{L_b}{r_y}$	$1,76\sqrt{\frac{E}{f_y}}$	Ver Nota 1
	FLM	$(f_y - \sigma_r)W$ Ver Nota 5	Ver Nota 6	b/t ver Nota 8	$0,38\sqrt{\frac{E}{f_y}}$	Ver Nota 6
	FLA	f_yW	Viga de alma esbelta (Anexo H)	$\frac{h_w}{t_w}$	$3,76\sqrt{\frac{E}{f_y}}$	$5,70\sqrt{\frac{E}{f_y}}$

$\lambda r_alma := 5,70 \cdot \sqrt{\frac{E}{fy}} = 136,2561$ > $\lambda alma := \frac{hw}{tw} = 55,5556$ Alma Não-Esbelta (Anexo G)

$\lambda p_alma := 3,76 \cdot \sqrt{\frac{E}{fy}} = 89,8812$ > $\lambda alma := \frac{hw}{tw} = 55,5556$ Alma Compacta (para Flexão)

FLA / FLM		
Tipo de Seção	**Relação de Parâmetros**	**Expressão de Cálculo**
Compacta	$\lambda \le \lambda_p$	$M_{Rd} = \frac{M_{pl}}{\gamma_{a1}}$
Semi-compacta	$\lambda_p < \lambda \le \lambda_r$	$M_{Rd} = \frac{1}{\gamma_{a1}}\left[M_{pl} - (M_{pl} - M_r)\frac{(\lambda - \lambda_p)}{(\lambda_r - \lambda_p)}\right] \le \frac{M_{pl}}{\gamma_{a1}}$
Esbelta	$\lambda_r < \lambda$	$M_{Rd} = \frac{M_{cr}}{\gamma_{a1}}$ Não aplicável à FLA (vide anexo H)

$Zx := 2 \cdot \left[(bf \cdot tf) \cdot \left(\frac{tf}{2} + \frac{hw}{2}\right) + \left(\frac{hw}{2} \cdot tw\right) \cdot \frac{hw}{4}\right] = 994,8575\ cm^3$

$Mpl := Zx \cdot fy = 348,20\ kN\ m$

$Mrd_FLA := \frac{Mpl}{\gamma a1} = 316,55\ kN\ m$

Verificação FLM:

Tipo de Seção e Eixo de Flexão	Estados Limites	M_r	M_{cr}	λ	λ_p	λ_r
Seções I e H com dois eixos de simetria e seções U não sujeitas a momento de torção, fletidas em relação ao eixo de maior momento de inércia	FLT	$(f_y - \sigma_r)W$ Ver Nota 5	Ver Nota 1	$\frac{L_b}{r_y}$	$1{,}76\sqrt{\frac{E}{f_y}}$	Ver Nota 1
	FLM	$(f_y - \sigma_r)W$ Ver Nota 5	Ver Nota 6	b/t ver Nota 8	$0{,}38\sqrt{\frac{E}{f_y}}$	Ver Nota 6
	FLA	f_yW	Viga de alma esbelta (Anexo H)	$\frac{h_w}{t_w}$	$3{,}76\sqrt{\frac{E}{f_y}}$	$5{,}70\sqrt{\frac{E}{f_y}}$

$\lambda mesa := \frac{0,5 \cdot bf}{tf} = 17,5$

$\lambda p_mesa := 0,38 \cdot \sqrt{\frac{E}{fy}} = 9,0837$

Nota 6: Para perfis laminados: $M_{cr} = \frac{0,69E}{\lambda^2} W_c$, $\lambda_r = 0,83\sqrt{\frac{E}{(f_y - \sigma_r)}}$

Para perfis soldados: $M_{cr} = \frac{0,90Ek_c}{\lambda^2} W_c$, $\lambda_r = 0,95\sqrt{\frac{E}{(f_y - \sigma_r)/k_c}}$ com kc: $k_c = \frac{4}{\sqrt{h_w/t_w}}$ sendo $0,35 \le k_c \le 0,76$

$kc := \frac{4}{\sqrt{\lambda alma}} = 0,5367$ OK pois é maior que 0,35 e menor que 0,76

$\lambda r_mesa := 0,95 \cdot \sqrt{\frac{E}{\frac{0,7 \cdot fy}{kc}}} = 19,884$

$\lambda p_mesa = 9,0837$ < $\lambda mesa = 17,5$ < $\lambda r_mesa = 19,884$ Mesa Semi-compacta (para Flexão)

FLA / FLM		
Tipo de Seção	**Relação de Parâmetros**	**Expressão de Cálculo**
Compacta	$\lambda \le \lambda_p$	$M_{Rd} = \frac{M_{pl}}{\gamma_{a1}}$
Semi-compacta	$\lambda_p < \lambda \le \lambda_r$	$M_{Rd} = \frac{1}{\gamma_{a1}}\left[M_{pl} - (M_{pl} - M_r)\frac{(\lambda - \lambda_p)}{(\lambda_r - \lambda_p)}\right] \le \frac{M_{pl}}{\gamma_{a1}}$
Esbelta	$\lambda_r < \lambda$	$M_{Rd} = \frac{M_{cr}}{\gamma_{a1}}$ Não aplicável à FLA (vide anexo H)

$d := hw + 2 \cdot tf = 36,6$ cm

$Ix := \frac{bf \cdot d^3}{12} - \frac{(bf - tw) \cdot hw^3}{12} = 16607,6948$ cm^4

$Wx := \frac{Ix}{0,5 \cdot d} = 907,5243$ cm^3 $Mr := 0,7 \cdot fy \cdot Wx = 222,3435$ kN m

$Mpl = 348,2001$ kN m

$Mrd_FLM := \min\left(\left[\frac{1}{\gamma a1} \cdot \left(Mpl - (Mpl - Mr) \cdot \frac{(\lambda mesa - \lambda p_mesa)}{(\lambda r_mesa - \lambda p_mesa)}\right) \frac{Mpl}{\gamma a1}\right]\right) = 227,39$ kN m

Momento Resistente Limite:

$Mrd_limite := \frac{1,5 \cdot Wx \cdot fy}{\gamma a1} = 433,14$ kN m

Momento Resistente Final:

$Mrd_final := \min([\ Mrd_FLA\ Mrd_FLM\ Mrd_limite\ ]) = 227,39$ kN m