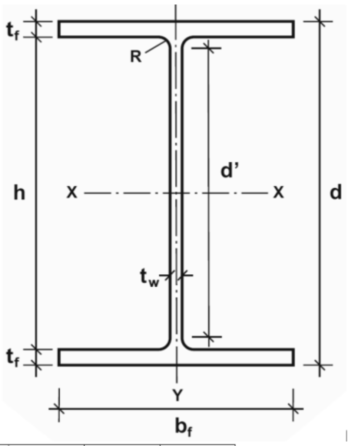
Questão – Encontre a maior força de compressão, $N_{c,Rd}$, em ELU que a coluna biarticulada (adote k_x=k_y=k_z=1,0) de comprimento L=300 cm poder suportar, sem enrijecedores transversais, escolhendo o perfil Gerdau laminado W150x13,0 kg/m. Adote aço com as seguintes propriedades mecânicas: f_y=25,0 kN/cm², E=20000 kN/cm² e G=7700 kN/cm². Caso o perfil escolhido não atenda a condição de segurança, qual seria o próximo perfil de menor massa linear para atender?

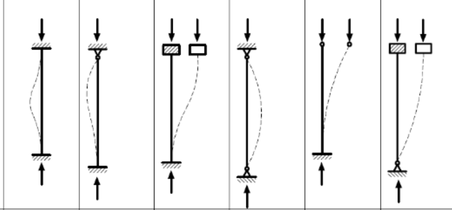
TABELA DE BITOLAS

BITOLA	Massa Linear	d	b_f	ESPESSURA t_w	ESPESSURA t_f	h	d'	Área	EIXO X - X I_x	EIXO X - X W_x	EIXO X - X r_x	EIXO X - X Z_x	EIXO Y - Y I_y	EIXO Y - Y W_y	EIXO Y - Y r_y	EIXO Y - Y Z_y	r_t	I_t	ESBELTEZ MESA-λ_f	ESBELTEZ ALMA-λ_w	C_w	u	BITOLA
mm x kg/m	kg/m	mm	mm	mm	mm	mm	mm	cm²	cm⁴	cm³	cm	cm³	cm⁴	cm³	cm	cm³	cm	cm⁴	$b_f/2t_f$	d'/t_w	cm⁶	m²/m	in x lb/ft
W 150 x 13,0	13,0	148	100	4,3	4,9	138	118	16,6	635	85,8	6,18	96,4	82	16,4	2,22	25,5	2,60	1,72	10,20	27,49	4.181	0,67	W 6 x 8,5
W 150 x 18,0	18,0	153	102	5,8	7,1	139	119	[illegible]	939	122,8	6,34	139,4	126	24,7	2,32	38,5	2,69	4,34	7,18	20,48	6.683	0,69	W 6 x 12
W 150 x 22,5 (H)	22,5	152	152	5,8	6,6	139	119	29,0	1.229	161,7	6,51	179,6	387	50,9	3,65	77,9	4,10	4,75	11,52	20,48	20.417	0,88	W 6 x 15
W 150 x 24,0	24,0	160	102	6,6	10,3	139	115	31,5	1.384	173,0	6,63	197,6	183	35,9	2,41	55,8	2,73	11,08	4,95	17,48	10.206	0,69	W 6 x 16
W 150 x 29,8 (H)	29,8	157	153	6,6	9,3	138	118	38,5	1.739	221,5	6,72	247,5	556	72,6	3,80	110,8	4,18	10,95	8,23	17,94	30.277	0,90	W 6 x 20
W 150 x 37,1 (H)	37,1	162	154	8,1	11,6	139	119	47,8	2.244	277,0	6,85	313,5	707	91,8	3,84	140,4	4,22	20,58	6,64	14,67	39.930	0,91	W 6 x 25
W 200 x 15,0	15,0	200	100	4,3	5,2	190	170	19,4	1.305	130,5	8,20	147,9	87	17,4	2,12	27,3	2,55	2,05	9,62	39,44	8.222	0,77	W 8 x 10
W 200 x 19,3	19,3	203	102	5,8	6,5	190	170	25,1	1.686	166,1	8,19	190,6	116	22,7	2,14	35,9	2,59	4,02	7,85	29,31	11.098	0,79	W 8 x 13
W 200 x 22,5	22,5	206	102	6,2	8,0	190	170	29,0	2.029	197,0	8,37	225,5	142	27,9	2,22	43,9	2,63	6,18	6,38	27,42	13.868	0,79	W 8 x 15
W 200 x 26,6	26,6	207	133	5,8	8,4	190	170	34,2	2.611	252,3	8,73	282,3	330	49,6	3,10	76,3	3,54	7,65	7,92	29,34	32.477	0,92	W 8 x 18
W 200 x 31,3	31,3	210	134	6,4	10,2	190	170	40,3	3.168	301,7	8,86	338,6	410	61,2	3,19	94,0	3,60	12,59	6,57	26,50	40.822	0,93	W 8 x 21
W 200 x 35,9 (H)	35,9	201	165	6,2	10,2	181	161	45,7	3.437	342,0	8,67	379,2	764	92,6	4,09	141,0	4,50	14,51	8,09	25,90	69.502	1,03	W 8 x 24
W 200 x 41,7 (H)	41,7	205	166	7,2	11,8	181	157	53,5	4.114	401,4	8,77	448,6	901	108,5	4,10	165,7	4,53	23,19	7,03	21,86	83.948	1,04	W 8 x 28
W 200 x 46,1 (H)	46,1	203	203	7,2	11,0	181	161	58,6	4.543	447,6	8,81	495,3	1.535	151,2	5,12	229,5	5,58	22,01	9,23	22,36	141.342	1,19	W 8 x 31
W 200 x 52,0 (H)	52,0	206	204	7,9	12,6	181	157	66,9	5.298	514,4	8,90	572,5	1.784	174,9	5,16	265,8	5,61	33,34	8,10	19,85	166.710	1,19	W 8 x 35
HP 200 x 53,0 (H)	53,0	204	207	11,3	11,3	181	161	68,1	4.977	488,0	8,55	551,3	1.673	161,7	4,96	248,6	5,57	31,93	9,16	14,28	155.075	1,20	HP 8 x 36
W 200 x 59,0 (H)	59,0	210	205	9,1	14,2	182	158	76,0	6.140	584,8	8,99	655,9	2.041	199,1	5,18	303,0	5,64	47,69	7,22	17,32	195.418	1,20	W 8 x 40
W 200 x 71,0 (H)	71,0	216	206	10,2	17,4	181	161	91,0	7.660	709,2	9,17	803,2	2.537	246,3	5,28	374,5	5,70	81,66	5,92	15,80	249.976	1,22	W 8 x 48
W 200 x 86,0 (H)	86,0	222	209	13,0	20,6	181	157	110,9	9.498	855,7	9,26	984,2	3.139	300,4	5,32	458,7	5,77	142,19	5,07	12,06	317.844	1,23	W 8 x 58
W 250 x 17,9	17,9	251	101	4,8	5,3	240	220	23,1	2.291	182,6	9,96	211,0	91	18,1	1,99	28,8	2,48	2,54	9,53	45,92	13.735	0,88	W 10 x 12
W 250 x 22,3	22,3	254	102	5,8	6,9	240	220	28,9	2.939	231,4	10,09	267,7	123	24,1	2,06	38,4	2,54	4,77	7,39	37,97	18.629	0,89	W 10 x 15
W 250 x 25,3	25,3	257	102	6,1	8,4	240	220	32,6	3.473	270,2	10,31	311,1	149	29,3	2,14	46,4	2,58	7,06	6,07	36,10	22.955	0,89	W 10 x 17
W 250 x 28,4	28,4	260	102	6,4	10,0	240	220	36,6	4.046	311,2	10,51	357,3	178	34,8	2,20	54,9	2,62	10,34	5,10	34,38	27.636	0,90	W 10 x 19
W 250 x 32,7	32,7	258	146	6,1	9,1	240	220	42,1	4.937	382,7	10,83	428,5	473	64,8	3,35	99,7	3,86	10,44	8,02	36,03	73.104	1,07	W 10 x 22

A_g= 16,60 cm²
I_x= 635,0 cm⁴
r_x= 6,18 cm
I_y= 82 cm⁴
r_y= 2,22 cm
I_t= 1,72 cm⁴
C_w= 4181,0 cm⁶
d'= 11,80 cm
t_w= 0,43 cm
b_f = 10,00 cm
t_f= 0,49 cm

L= 300 cm
E= 20000 kN/cm²
G= 7700 kN/cm²
k_x= k_y= k_z= 1,0
f_y= 25 kN/cm²
γ_{a1}= 1,10



	(a)	(b)	©	(d)	(e)	(f)
A linha tracejada indica a linha elástica de flambagem						
Valores teóricos de K_x ou K_y	0,5	0,7	1,0	1,0	2,0	2,0
Valores recomendados	0,65	0,80	1,2	1,0	2,1	2,0

Cálculo de Q

→Alma AA (Grupo 2)

$$b/t = \frac{d'}{t_w} = \frac{11,80}{0,43} = 27,44$$

$$\left(b/t\right)_{lim} = 1,49\sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1,49\sqrt{\frac{20000}{25}} = 42,14$$

$$Q_a = 1{,}0 \qquad se \qquad \frac{\mathbf{b}}{\mathbf{t}} \leq \left({}^{b}/_{t}\right)_{lim}$$

$$Q_a = \frac{A_{ef}}{A_g} \qquad se \qquad \frac{\mathbf{b}}{\mathbf{t}} > \left({}^{b}/_{t}\right)_{lim}$$

$$\chi = 1{,}0$$

$$\sigma = \chi\, f_y$$

$$C_a = 0{,}34$$

$$b_{ef} = 1{,}92t\sqrt{\frac{E}{\sigma}}\left[1 - \frac{C_a}{{}^{b}/_{t}}\sqrt{\frac{E}{\sigma}}\right] = 11{,}80$$

$$A_{ef} = A_g - \sum (b - b_{ef})t =$$

$$Q_a = \frac{A_{ef}}{A_g} =$$

→Mesa AL (Grupo 4)

$$\mathbf{{}^{b}/_{t}} = \frac{{}^{b_f}/_{2}}{t_f} = \frac{10{,}00}{2 \times 0{,}49} = 10{,}20$$

$$Q_s = 1{,}0 \qquad se \qquad \frac{\mathbf{b}}{\mathbf{t}} \leq \left({}^{b}/_{t}\right)_{lim} = 0{,}56\sqrt{\frac{E}{f_y}} = 15{,}84$$

$$Q_s = 1{,}415 - 0{,}74\frac{b}{t}\sqrt{\frac{f_y}{E}} \qquad se \quad 0{,}56\sqrt{\frac{E}{f_y}} < \frac{\mathbf{b}}{\mathbf{t}} \leq 1{,}03\sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$Q_s = \frac{0{,}69E}{f_y\left(\frac{b}{t}\right)^2} \qquad se \qquad \frac{\mathbf{b}}{\mathbf{t}} > 1{,}03\sqrt{\frac{E}{fy}}$$

$$\therefore\ Q = Q_a\, Q_s = 1{,}000$$

Cálculo de χ

$$r_0 = \sqrt{r_x^2 + r_y^2} = \sqrt{6{,}18^2 + 2{,}22^2} = 6{,}567 \text{ cm}$$

$$N_{ex} = \frac{\pi^2 E I_x}{(k_x L_x)^2} = \frac{\pi^2 \times 20000 \times 635}{(1{,}0 \times 300)^2} = 1392{,}7 \text{ kN}$$

$$N_{ey} = \frac{\pi^2 E I_y}{\left(k_y L_y\right)^2} = \frac{\pi^2 \times 20000 \times 82}{(1{,}0 \times 300)^2} = 179{,}85 \text{ kN}$$

$$N_{ez} = \frac{1}{r_0^2}\left[\frac{\pi^2 E C_w}{(k_z L_z)^2} + G I_t\right] =$$

$$N_{ez} = \frac{1}{6{,}567^2}\left[\frac{\pi^2 \times 20000 \times 4181}{(1{,}0 \times 300)^2} + 7700 \times 1{,}72\right] = 519{,}8 \text{ kN}$$

$$N_e = \text{mín}\left(N_{ex}; N_{ey}; N_{ez}\right) = 179{,}85 \text{ kN}$$

$$\lambda_0 = \sqrt{\frac{Q A_g f_y}{N_e}} = \sqrt{\frac{1{,}000 \times 16{,}6 \times 25}{179{,}85}} = 1{,}519$$

Se $\lambda_0 \leq 1{,}5$ então $\chi = 0{,}658^{\lambda_0^2}$

Se $\lambda_0 > 1{,}5$ então $\chi = \frac{0{,}877}{\lambda_0^2}$

$\therefore \chi = 0{,}380$

Assim:

$$N_{c,Rd} = \frac{\chi Q A_g f_y}{\gamma_{a1}} = \frac{0{,}380 \times 1{,}000 \times 16{,}6 \times 25{,}0}{1{,}10}$$

$\therefore N_{c,Rd} = 143 \text{ kN}$