

# Dimensionamento de Barras Tracionadas

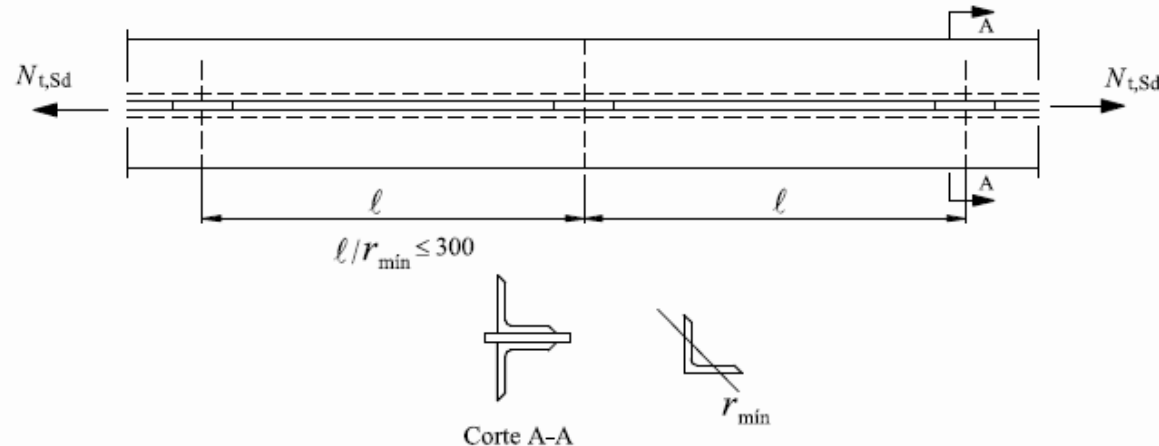


## Verificação 1 – Esbeltez - ELS

### 5.2.8 Limitação do índice de esbeltez e requisito para barras compostas

**5.2.8.1** Recomenda-se que o índice de esbeltez das barras tracionadas, considerado como a maior relação entre o comprimento destravado e o raio de giração correspondente, excetuando-se tirantes de barras redondas pré-tensionadas ou outras barras que tenham sido montadas com pré-tensão, não supere 300 (ver 5.2.8.3).

**5.2.8.2** Recomenda-se que nas barras compostas formadas por dois ou mais perfis ligados por contato direto ou com afastamento igual à espessura de chapas espaçadoras, o índice de esbeltez  $\ell/r_{\min}$  de qualquer perfil componente, entre duas ligações adjacentes, não seja superior a 300, conforme ilustra a Figura 9. Essas barras, trabalhando como unidade, estão também sujeitas à recomendação de 5.2.8.1.



**Figura 9 – Barra composta tracionada**

**5.2.8.3** No caso das recomendações de 5.2.8.1 ou 5.2.8.2 não serem adotadas, o responsável técnico pelo projeto estrutural deve estabelecer novos limites para assegurar que as barras tracionadas tenham um comportamento adequado em condições de serviço.

## Verificação 2 – Escoamento da Seção Bruta - ELU

$$N_{tRd} = \frac{A_g \cdot F_y}{1,1}$$

$A_g$  = área bruta da seção transversal

## Verificação 3 – Ruptura da seção Líquida - ELU

$$N_{tRd} = \frac{A_e \cdot F_u}{1,35} \rightarrow N_{tRd} = \frac{C_t \cdot A_n \cdot F_u}{1,35}$$

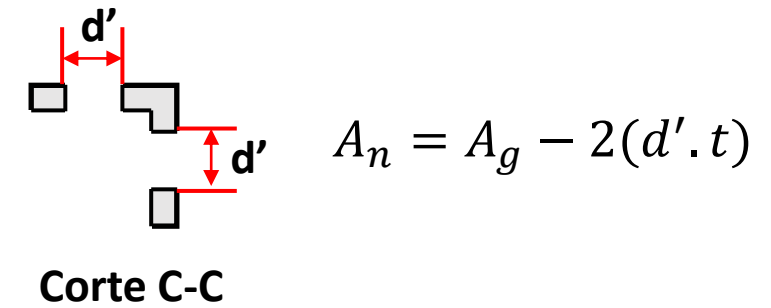
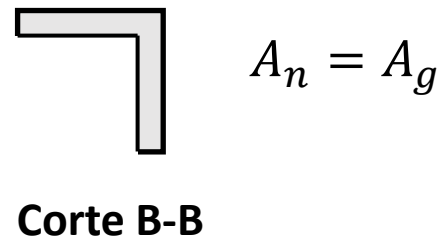
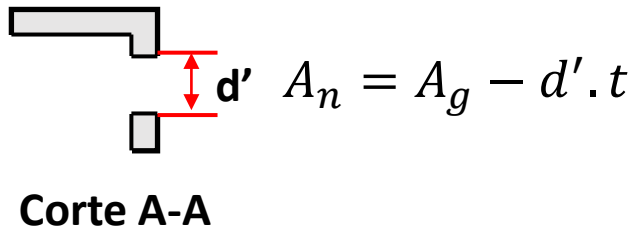
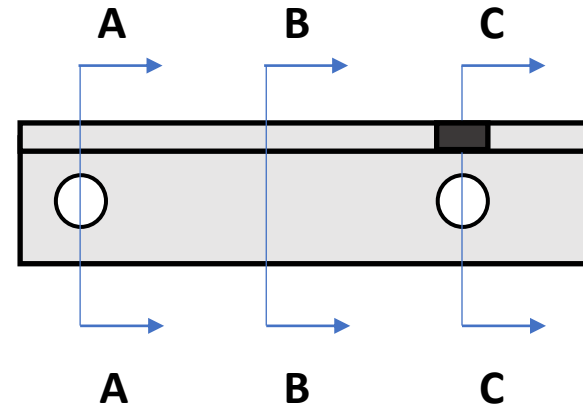
$A_e$  = área líquida efetiva

$A_n$  = área líquida

$C_t$  = coeficiente de redução da área líquida

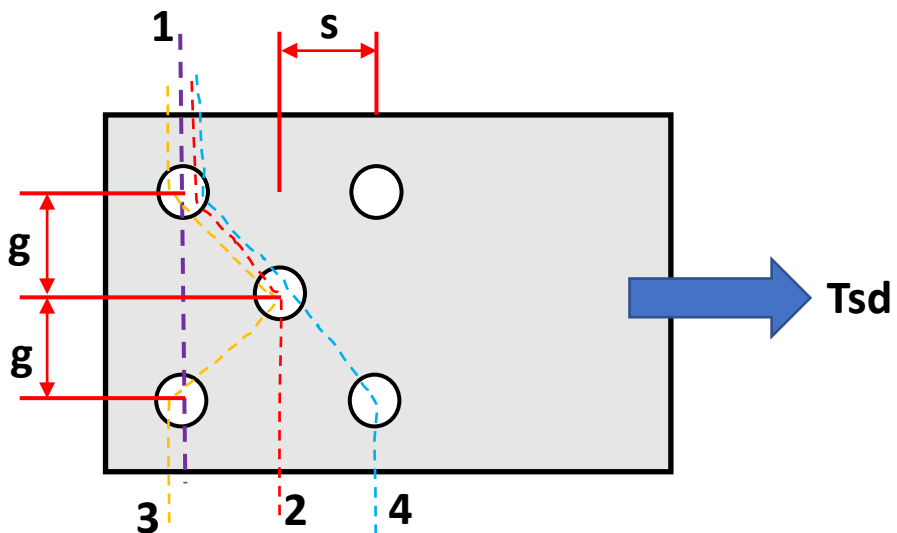
## Determinação da Área líquida - $A_n$

$$d' = D_p + 1,5mm + 2mm$$



## Determinação da Área líquida - $A_n$

$$d' = D_p + 1,5mm + 2mm$$



### Caminho 1

$$A_n = A_g - 2 \cdot d' \cdot t$$

### Caminho 2

$$A_n = A_g - 2 \cdot d' \cdot t + \frac{s^2}{4 \cdot g} \cdot t$$

### Caminho 3

$$A_n = A_g - 3 \cdot d' \cdot t + 2 \cdot \frac{s^2}{4 \cdot g} \cdot t$$

### Caminho 4

$$A_n = A_g - 3 \cdot d' \cdot t + 2 \cdot \frac{s^2}{4 \cdot g} \cdot t$$

## Determinação do coeficiente de redução $C_t$

### 5.2.5 Coeficiente de redução

O coeficiente de redução da área líquida,  $C_t$ , tem os seguintes valores:

- a) quando a força de tração for transmitida diretamente para cada um dos elementos da seção transversal da barra, por soldas ou parafusos:

$$C_t = 100$$

- b) quando a força de tração for transmitida somente por soldas transversais:

$$C_t = \frac{A_c}{A_g}$$

onde

$A_c$  é a área da seção transversal dos elementos conectados.

- c) nas barras com seções transversais abertas, quando a força de tração for transmitida somente por parafusos ou somente por soldas longitudinais ou ainda por uma combinação de soldas longitudinais e transversais para alguns (não todos) elementos da seção transversal;

$$C_t = 1 - \frac{e_c}{\ell_c}$$

onde

- $e_c$  é a excentricidade da ligação, igual à distância do centro geométrico da seção da barra,  $G$ , ao plano de cisalhamento da ligação (em perfis com um plano de simetria, a ligação deve ser simétrica em relação a ele e são consideradas, para cálculo de  $C_t$ , duas barras fictícias e simétricas, cada uma correspondente a um plano de cisalhamento da ligação, por exemplo, duas seções T no caso de perfis I ou H ligados pelas mesas ou duas seções U, no caso desses perfis serem ligados pela alma – ver a Figura 4);

- $\ell_c$  é o comprimento efetivo da ligação (esse comprimento, nas ligações soldadas, é igual ao comprimento da solda na direção da força axial; nas ligações parafusadas é igual a distância do primeiro ao último parafuso da linha de furação com maior número de parafusos, na direção da força axial).

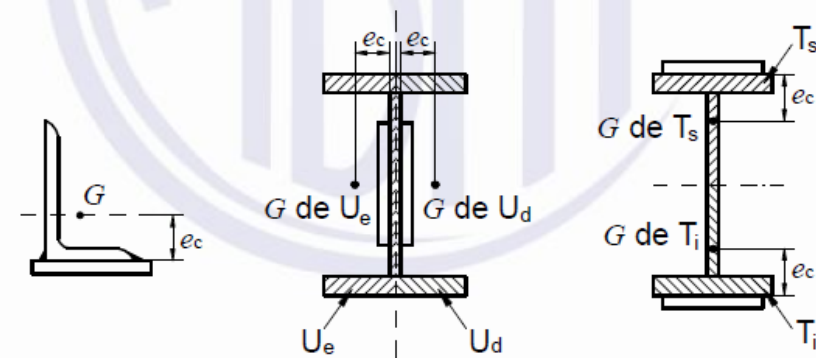


Figura 4 – Ilustração dos valores de  $e_c$  em seções abertas

## Determinação do coeficiente de redução $C_t$

- d) nas chapas planas, quando a força de tração for transmitida somente por soldas longitudinais ao longo de ambas as suas bordas, conforme a Figura 5 (ver 6.2.6.2.3):

$$C_t = \frac{3\ell_c^2}{3\ell_c^2 + b^2} \left( 1 - \frac{t}{2\ell_c} \right)$$

onde

$\ell_c = (\ell_{w1} + \ell_{w2})/2$  é o valor médio dos comprimentos dos cordões de solda;

$b$  é a largura da chapa (distância entre as soldas situadas nas duas bordas);

$t$  é a espessura da chapa.

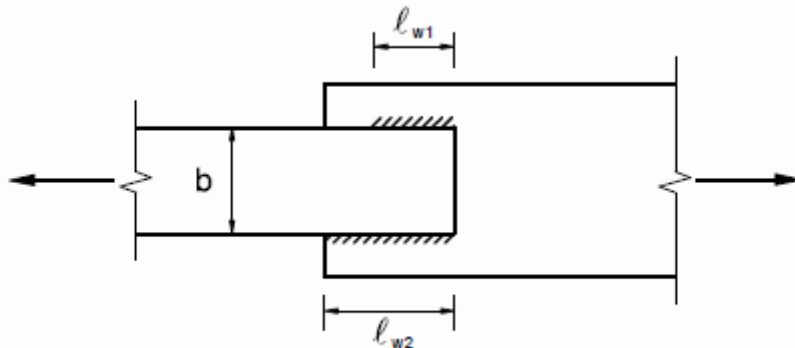


Figura 5 – Chapa plana com força de tração transmitida por soldas longitudinais

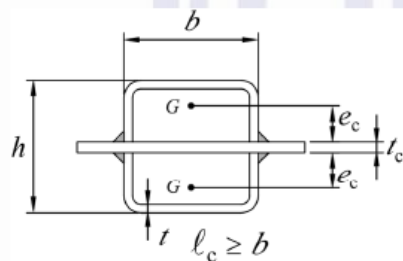


## Determinação do coeficiente de redução $C_t$

- e) para perfis tubulares circulares e retangulares, com e sem costura, em que a força de tração for transmitida por uma chapa de ligação concêntrica, o coeficiente  $C_t$  é calculado conforme a seguir (ver as Figuras 6 e 7):

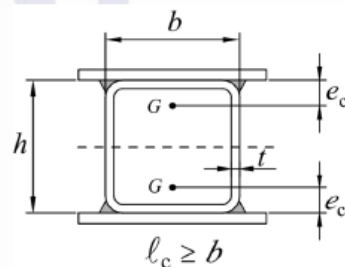
$$C_t = \left[ 1 + \left( \frac{e_c}{\ell_c} \right)^{3,2} \right]^{-10}$$

- f) nas barras com seções tubulares retangulares, quando a força de tração for transmitida por chapas de ligação em dois lados opostos da seção, utilizar o mesmo procedimento dado em 5.2.5-c), desde que o comprimento da ligação,  $\ell_c$ , não seja inferior à dimensão da seção na direção paralela à(s) chapa(s) de ligação (ver a Figura 6);



$$e_c = \frac{h^2 + 2hb}{4(h+b)} - \frac{t_c}{2}$$

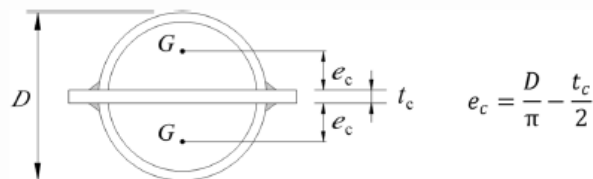
a) chapa de ligação concêntrica



$$e_c = \frac{h^2}{4(h+b)}$$

b) chapas de ligação em dois lados opostos

Figura 6 – Ilustração do valor de  $e_c$  em seção tubular retangular



$$e_c = \frac{D}{\pi} - \frac{t_c}{2}$$

Figura 7 – Ilustração do valor de  $e_c$  em seção tubular circular

Exceto para seções tubulares retangulares e circulares e chapas, o coeficiente  $C_t$  não precisa ser considerado menor que o valor obtido pela relação entre a área bruta dos elementos conectados da seção transversal,  $A_c$ , e a área bruta da barra, ou seja:

$$C_t \geq \frac{A_c}{A_g}$$



# EUROCÓDIGO 3 EM-1993-1-8:2005 3.10.1

- (2) A single angle in tension connected by a single row of bolts in one leg, see Figure 3.9, may be treated as concentrically loaded over an effective net section for which the design ultimate resistance should be determined as follows:

with 1 bolt: 
$$N_{a,Rd} = \frac{2,0(e_2 - 0,5d_0)t f_u}{\gamma_{M2}} \quad \dots (3.11)$$

with 2 bolts: 
$$N_{a,Rd} = \frac{\beta_2 A_{net} f_u}{\gamma_{M2}} \quad \dots (3.12)$$

with 3 or more bolts: 
$$N_{a,Rd} = \frac{\beta_3 A_{net} f_u}{\gamma_{M2}} \quad \dots (3.13)$$

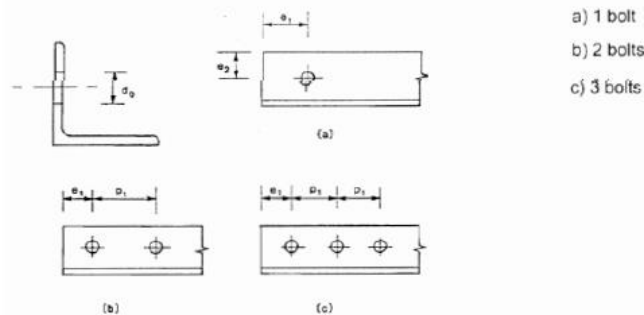
where:

$\beta_2$  and  $\beta_3$  are reduction factors dependent on the pitch  $p_1$  as given in Table 3.8. For intermediate values of  $p_1$  the value of  $\beta$  may be determined by linear interpolation;

$A_{net}$  is the net area of the angle. For an unequal-leg angle connected by its smaller leg,  $A_{net}$  should be taken as equal to the net section area of an equivalent equal-leg angle of leg size equal to that of the smaller leg.

Table 3.8: Reduction factors  $\beta_2$  and  $\beta_3$

Pitch	$p_1$	$\leq 2,5 d_0$	$\geq 5,0 d_0$
2 bolts	$\beta_2$	0,4	0,7
3 bolts or more	$\beta_3$	0,5	0,7

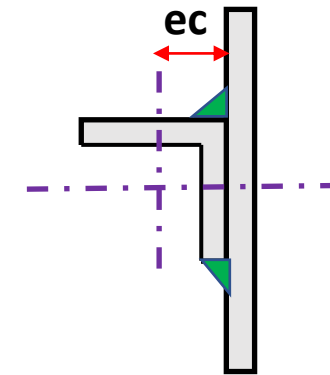
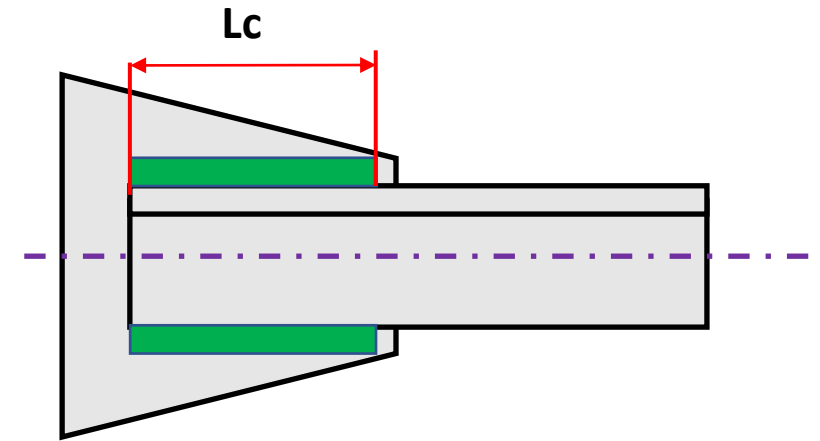


## Comprimento de Solda econômico para cantoneiras simples soldadas em apenas uma aba

$$\frac{A_g \cdot F_y}{1,10} = \frac{A_e \cdot F_u}{1,35} \quad \frac{A_g \cdot F_y}{1,10} = \frac{C_t \cdot A_n \cdot F_u}{1,35} \quad \frac{A_{\bar{g}} \cdot F_y}{1,10} = \frac{\left(1 - \frac{e_c}{L_c}\right) \cdot A_{\bar{g}} \cdot F_u}{1,35}$$

$$L_c = \frac{e_c}{1 - \frac{1,227 F_y}{F_u}}$$

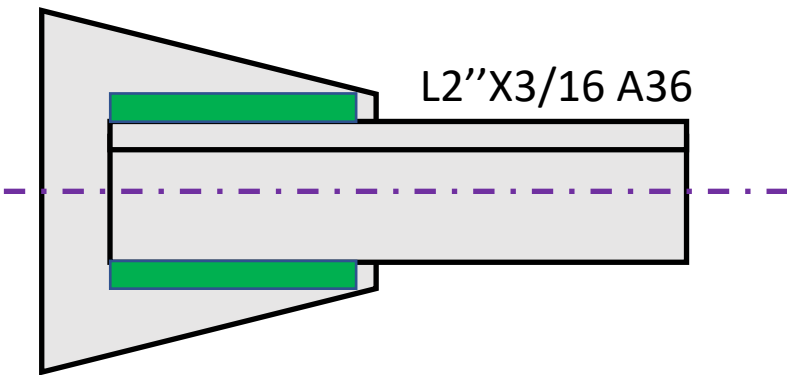
$$L_c = 4,30 \cdot e_c \text{ (A36)}$$



Corte B-B

# Exercício 1: Determinar resistência à tração da cantoneira a seguir

## Determine o Lc ótimo



$$N_{tRd} = \frac{A_g \cdot F_y}{1,10} \rightarrow N_{tRd} = \frac{4,58 \cdot 25}{1,10} = 104,09 \text{ kN}$$

$$L_c = 4,30 \cdot e_c = 4,30 \cdot 1,45 = 6,23 \text{ cm}$$

$$C_t = 1 - \frac{e_c}{L_c} = 1 - \frac{1,45}{6,23} = 0,767$$

$$N_{tRd} = \frac{C_t \cdot A_n \cdot F_u}{1,35} \rightarrow N_{tRd} = \frac{0,767 \cdot 4,58 \cdot 40}{1,35} = 104,09 \text{ kN}$$

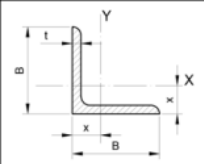


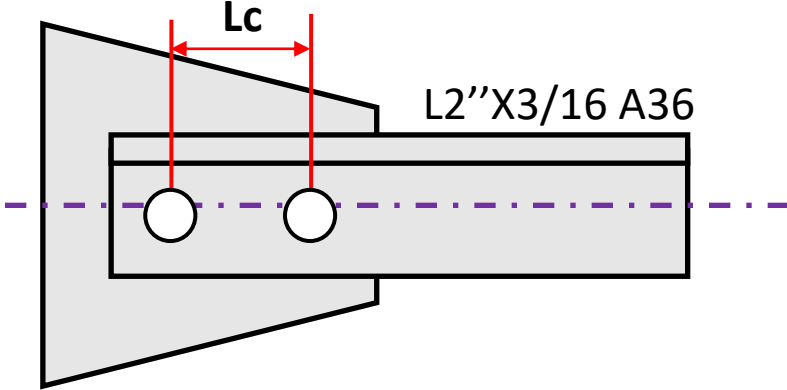
TABELA DE PROPRIEDADES GEOMÉTRICAS

CANTONEIRA LAMINADA DE ABAS IGUAIS

www.calculistadeaco.com.br

Aba	Peso	Área	Área de Pintura	Espessura		Esbeltez		Momento de Inércia	Modulo Resistente Elástico	Raio de Giração		Centro Geométrico	
B	P	A	u	pol	t	B/t	Qs (A36)	Ix = Iy	Wx = Wy	rx=ry	rz min	x	
pol	cm	cm²	m²/m		cm			cm⁴	cm³	cm	cm	cm	
1/2"	1,27	0,55	0,70	0,05	1/8"	0,32	4,01	1,00	0,10	0,11	0,37	0,25	0,43
5/8"	1,59	0,71	0,90	0,06	1/8"	0,32	5,01	1,00	0,20	0,19	0,47	0,32	0,51
3/4"	1,91	0,87	1,11	0,08	1/8"	0,32	6,01	1,00	0,36	0,27	0,57	0,38	0,59
7/8"	2,22	1,04	1,32	0,09	1/8"	0,32	7,00	1,00	0,58	0,38	0,66	0,46	0,66
		1,49	1,90	0,09	3/16"	0,48	4,66	1,00	0,79	0,54	0,66	0,48	0,74
		1,19	1,48	0,10	1/8"	0,32	8,01	1,00	0,83	0,49	0,79	0,48	0,76
1"	2,54	1,73	2,19	0,10	3/16"	0,48	5,34	1,00	1,25	0,66	0,76	0,48	0,81
		2,22	2,84	0,10	1/4"	0,64	4,00	1,00	1,66	0,98	0,76	0,48	0,86
		1,50	1,93	0,13	1/8"	0,32	10,02	1,00	1,67	0,82	0,97	0,64	0,89
1/4"	3,18	2,20	2,77	0,13	3/16"	0,48	6,67	1,00	2,50	1,15	0,97	0,61	0,97
		2,86	3,62	0,13	1/4"	0,64	5,00	1,00	3,33	1,47	0,94	0,61	1,02
		1,83	2,32	0,15	1/8"	0,32	12,02	1,00	3,33	1,15	1,17	0,76	1,07
1/2"	3,81	2,68	3,42	0,15	3/16"	0,48	8,00	1,00	4,58	1,64	1,17	0,74	1,12
		3,48	4,45	0,15	1/4"	0,64	6,00	1,00	5,83	2,13	1,15	0,74	1,19
		2,14	2,71	0,18	1/8"	0,32	14,02	0,96	5,41	1,64	1,40	0,89	1,22
3/4"	4,45	3,15	4,00	0,18	3/16"	0,48	9,34	1,00	7,50	2,30	1,37	0,89	1,30
		4,12	5,22	0,18	1/4"	0,64	7,00	1,00	9,57	3,13	1,35	0,86	1,35
		5,04	6,45	0,18	5/16"	0,79	5,60	1,00	11,20	3,77	1,32	0,86	1,41
		2,46	3,10	0,20	1/8"	0,32	16,03	0,91	7,91	2,13	1,60	1,02	1,40
		3,63	4,58	0,20	3/16"	0,48	10,67	1,00	11,70	3,13	1,58	1,02	1,45
2"	5,08	4,74	6,06	0,20	1/4"	0,64	8,00	1,00	14,60	4,10	1,55	0,99	1,50
		5,83	7,42	0,20	5/16"	0,79	6,40	1,00	17,50	4,91	1,53	0,99	1,55
		6,99	8,76	0,20	3/8"	0,95	5,34	1,00	20,00	5,73	1,50	0,99	1,63
		4,57	5,80	0,25	3/16"	0,48	13,34	0,98	23,00	4,91	1,98	1,24	1,75
2 1/2"	6,35	6,10	7,67	0,25	1/4"	0,64	10,00	1,00	29,00	6,40	1,96	1,24	1,83
		7,44	9,48	0,25	5/16"	0,79	8,00	1,00	35,00	7,87	1,93	1,24	1,88
		8,78	11,16	0,25	3/8"	0,95	6,67	1,00	41,00	9,35	1,91	1,22	1,93
		5,52	7,03	0,30	3/16"	0,48	16,01	0,91	40,00	7,21	2,39	1,50	2,08
		7,29	9,29	0,30	1/4"	0,64	12,00	1,00	50,00	9,50	2,36	1,50	2,13
3"	7,62	9,07	11,48	0,30	5/16"	0,79	9,60	1,00	62,00	11,60	2,34	1,50	2,21
		10,71	13,61	0,30	3/8"	0,95	8,00	1,00	75,00	13,60	2,31	1,47	2,26
		12,34	15,67	0,30	7/16"	1,11	6,86	1,00	83,00	15,60	2,31	1,47	2,31
		14,00	17,74	0,30	1/2"	1,27	6,00	1,00	91,00	18,00	2,29	1,47	2,36
		9,81	12,51	0,41	1/4"	0,64	16,00	0,91	125,00	16,40	3,17	2,00	2,77
		12,19	15,48	0,41	5/16"	0,79	12,80	1,00	154,00	21,30	3,15	2,00	2,84
4"	10,16	14,57	18,45	0,41	3/8"	0,95	10,67	1,00	183,00	24,60	3,12	2,00	2,90
		16,80	21,35	0,41	7/16"	1,11	9,14	1,00	208,00	29,50	3,12	1,98	2,95
		19,03	24,19	0,41	1/2"	1,27	8,00	1,00	233,00	32,80	3,10	1,98	3,00
		21,26	26,96	0,41	9/16"	1,43	7,11	1,00	254,00	36,10	3,07	1,98	3,07
		23,35	29,73	0,41	5/8"	1,59	6,40	1,00	279,00	39,40	3,05	1,96	3,12
		18,30	23,29	0,51	3/8"	0,95	13,34	0,98	362,00	39,50	3,94	2,51	3,53
5"	12,70	24,10	30,64	0,51	1/2"	1,27	10,00	1,00	470,00	52,50	3,91	2,49	3,63
		29,80	37,80	0,51	5/8"	1,59	8,00	1,00	566,00	64,00	3,86	2,46	3,76
		35,10	44,76	0,51	3/4"	1,91	6,67	1,00	653,00	73,80	3,81	2,46	3,86
		22,22	28,12	0,61	3/8"	0,95	16,01	0,91	641,00	57,40	4,78	3,02	4,17
6"	15,24	29,20	37,09	0,61	1/2"	1,27	12,00	1,00	828,00	75,40	4,72	3,00	4,27
		36,00	45,86	0,61	5/8"	1,59	9,60	1,00	1007,00	93,50	4,67	2,97	4,39
		42,70	54,44	0,61	3/4"	1,91	8,00	1,00	1173,00	109,90	4,65	2,97	4,52
		49,30	62,76	0,61	7/8"	2,22	6,86	1,00	1327,00	124,60	4,60	2,97	4,62

Exercício 2: Determinar resistência à tração da cantoneira a seguir



$$N_{tRd} = \frac{A_g \cdot F_y}{1,10} \rightarrow N_{tRd} = \frac{4,58 \cdot 25}{1,10} = 104,09 \text{ kN}$$

Esforço nos parafusos:

$$V_P = \frac{104,9}{2} = 52,45 \text{ kN}$$

Adotado D = 3/4 A325 (VRD = 69,7 kN>52,45)

$$d' = 1,905 + 0,15 + 0,20 = 2,255 \text{ cm}$$

$$A_n = A_g - d' \cdot t \rightarrow A_n = 4,58 - 2,255 \cdot 0,476 = 3,51 \text{ cm}^2$$

$$L_c = 3 \cdot 1,905 = 5,71 \text{ cm} \approx 6 \text{ cm}$$

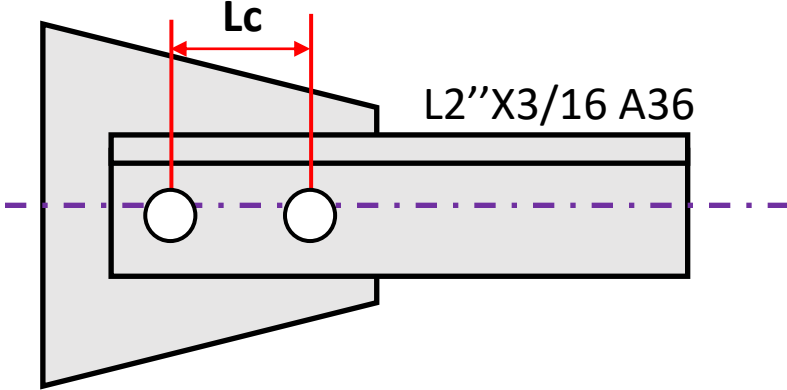
$$C_t = 1 - \frac{e_c}{L_c} = 1 - \frac{1,45}{6} = 0,76$$

$$N_{tRd} = \frac{c_t \cdot A_n \cdot F_u}{1,35} \rightarrow N_{tRd} = \frac{0,76 \cdot 3,51 \cdot 40}{1,35} = 79,04 \text{ kN}$$

		Diâmetro											
		Polegadas	1/2"	5/8"	3/4"	7/8"	1"	1.1/8"	1.1/4"	1.3/8"	1.1/2"	1.3/4"	2"
		milímetros	12,7	15,9	19,1	22,2	25	28,6	31,8	34,9	38,1	44,5	50,8
Especificação	Esforço	Resistência (kN)											
A307	Tração	29,2	45,6	65,7	89,4	117	148	183	221	263	358	467	
	Cortante (Rosca Fora do plano de corte)	19,5	30,4	43,8	59,6	78	98,7	122	147	175	239	312	
	Cortante (Rosca no Plano de Corte)	15,6	24,3	35	47,7	62	79	97,4	118	140	191	249	
A325	Tração	58,1	90,7	131	178	204	259	319	385	459	625	816	
	Cortante (Rosca Fora do plano de corte)	38,7	60,4	87,1	118	136	173	213	257	306	417	544	
	Cortante (Rosca no Plano de Corte)	31	48,4	69,7	94,8	109	138	170	205	245	333	435	
A490	Tração	72,8	114	164	223	291	369	455	550	656	892	1165	
	Cortante (Rosca Fora do plano de corte)	48,6	75,8	109	149	194	246	303	367	437	595	777	
	Cortante (Rosca no Plano de Corte)	38,8	60,7	87,4	119	155	197	243	293	350	476	622	

		Diâmetro											
		Código	M12	M16	M20	M22	M24	M27	M30	M33	M36	M42	M48
		milímetros	12	16	20	22	24	27	30	33	36	42	48
Especificação	Esforço	Resistência (kN)											
ISO 898 Classe 4.6	Tração	25	45	70	84	101	127	157	190	226	308	402	
	Cortante (Rosca Fora do plano de corte)	17	30	47	56	67	85	105	127	151	205	268	
	Cortante (Rosca no Plano de Corte)	13	24	37	45	54	68	84	101	121	164	214	
ISO 898 Classe 8.8	Tração	50	89	140	169	201	254	314	380	452	616	804	
	Cortante (Rosca Fora do plano de corte)	34	60	93	113	134	170	209	253	302	411	536	
	Cortante (Rosca no Plano de Corte)	27	48	74	90	107	136	168	203	241	328	429	
ISO 898 Classe 10.9	Tração	63	112	175	211	251	318	393	475	565	770	1005	
	Cortante (Rosca Fora do plano de corte)	42	74	116	141	168	212	262	317	377	513	670	
	Cortante (Rosca no Plano de Corte)	34	60	93	113	134	170	209	253	302	411	536	

# Exercício 2: Determinar resistência à tração da cantoneira a seguir



$$N_{tRd} = \frac{A_g \cdot F_y}{1,10} \rightarrow N_{tRd} = \frac{4,58 \cdot 25}{1,10} = 104,09 \text{ kN}$$

Esforço nos parafusos:

$$V_P = \frac{104,9}{2} = 52,45 \text{ kN}$$

Adotado D = 3/4 A325 (VRD = 69,7 kN>52,45)

$$d' = 1,905 + 0,15 + 0,20 = 2,255 \text{ cm}$$

$$A_n = A_g - d' \cdot t \rightarrow A_n = 4,58 - 2,255 \cdot 0,476 = 3,51 \text{ cm}^2$$

$$L_c = 6 \cdot 1,905 = 11,43 \text{ cm} \approx 12 \text{ cm}$$

$$C_t = 1 - \frac{e_c}{L_c} = 1 - \frac{1,45}{12} = 0,88$$

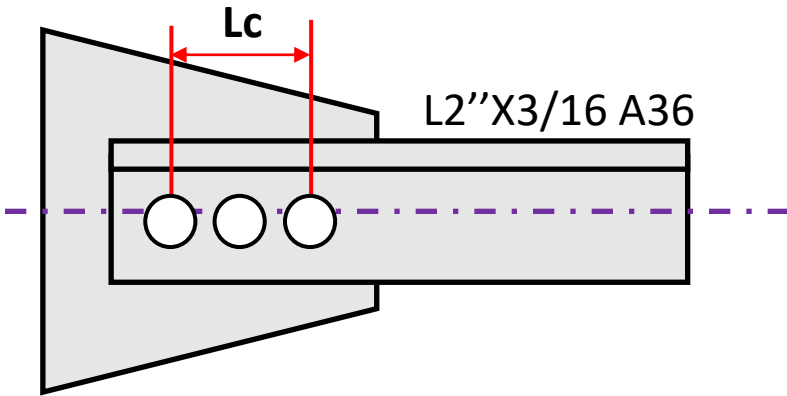
$$N_{tRd} = \frac{c_t \cdot A_n \cdot F_u}{1,35} \rightarrow N_{tRd} = \frac{0,88 \cdot 3,51 \cdot 40}{1,35} = 91,52 \text{ kN}$$

		Diâmetro											
		Polegadas	1/2"	5/8"	3/4"	7/8"	1"	1.1/8"	1.1/4"	1.3/8"	1.1/2"	1.3/4"	2"
		milímetros	12,7	15,9	19,1	22,2	25	28,6	31,8	34,9	38,1	44,5	50,8
Especificação	Esforço	Resistência (kN)											
A307	Tração	29,2	45,6	65,7	89,4	117	148	183	221	263	358	467	
	Cortante (Rosca Fora do plano de corte)	19,5	30,4	43,8	59,6	78	98,7	122	147	175	239	312	
	Cortante (Rosca no Plano de Corte)	15,6	24,3	35	47,7	62	79	97,4	118	140	191	249	
A325	Tração	58,1	90,7	131	178	204	259	319	385	459	625	816	
	Cortante (Rosca Fora do plano de corte)	38,7	60,4	87,1	118	136	173	213	257	306	417	544	
	Cortante (Rosca no Plano de Corte)	31	48,4	69,7	94,8	109	138	170	205	245	333	435	
A490	Tração	72,8	114	164	223	291	369	455	550	656	892	1165	
	Cortante (Rosca Fora do plano de corte)	48,6	75,8	109	149	194	246	303	367	437	595	777	
	Cortante (Rosca no Plano de Corte)	38,8	60,7	87,4	119	155	197	243	293	350	476	622	

		Diâmetro											
		Código	M12	M16	M20	M22	M24	M27	M30	M33	M36	M42	M48
		milímetros	12	16	20	22	24	27	30	33	36	42	48
Especificação	Esforço	Resistência (kN)											
ISO 898 Classe 4.6	Tração	25	45	70	84	101	127	157	190	226	308	402	
	Cortante (Rosca Fora do plano de corte)	17	30	47	56	67	85	105	127	151	205	268	
	Cortante (Rosca no Plano de Corte)	13	24	37	45	54	68	84	101	121	164	214	
ISO 898 Classe 8.8	Tração	50	89	140	169	201	254	314	380	452	616	804	
	Cortante (Rosca Fora do plano de corte)	34	60	93	113	134	170	209	253	302	411	536	
	Cortante (Rosca no Plano de Corte)	27	48	74	90	107	136	168	203	241	328	429	
ISO 898 Classe 10.9	Tração	63	112	175	211	251	318	393	475	565	770	1005	
	Cortante (Rosca Fora do plano de corte)	42	74	116	141	168	212	262	317	377	513	670	
	Cortante (Rosca no Plano de Corte)	34	60	93	113	134	170	209	253	302	411	536	



# Exercício 3: Determinar resistência à tração da cantoneira a seguir



$$N_{tRd} = \frac{A_g \cdot F_y}{1,10} \rightarrow N_{tRd} = \frac{4,58 \cdot 25}{1,10} = 104,09 \text{ kN}$$

Esforço nos parafusos:

$$V_P = \frac{104,9}{3} = 34,96 \text{ kN}$$

Adotado D = 5/8 A325 (VRD = 48,4 kN>34,96)

$$d' = 1,588 + 0,15 + 0,20 = 1,938 \text{ cm}$$

$$A_n = A_g - d' \cdot t \rightarrow A_n = 4,58 - 1,938 \cdot 0,476 = 3,66 \text{ cm}^2$$

$$L_c = 2 \cdot 3 \cdot 1,588 = 9,53 \text{ cm} \approx 9,6 \text{ cm}$$

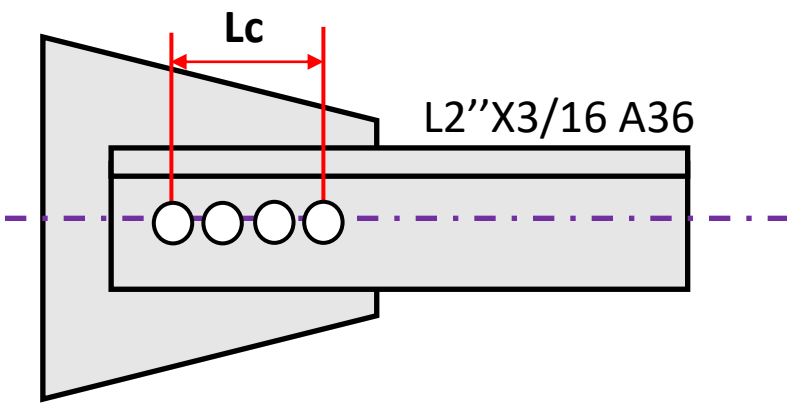
$$C_t = 1 - \frac{e_c}{L_c} = 1 - \frac{1,45}{9,6} = 0,849$$

$$N_{tRd} = \frac{c_t \cdot A_n \cdot F_u}{1,35} \rightarrow N_{tRd} = \frac{0,849 \cdot 3,66 \cdot 40}{1,35} = \mathbf{92,06 \text{ kN}}$$

		Diâmetro									
		Polegadas	1/2"	5/8"	3/4"	7/8"	1"	1.1/8"	1.1/4"	1.3/8"	1.1/2"
		milímetros	12,7	15,9	19,1	22,2	25	28,6	31,8	34,9	38,1
Especificação	Esforço	Resistência (kN)									
A307	Tração	29,2	45,6	65,7	89,4	117	148	183	221	263	358
	Cortante (Rosca Fora do plano de corte)	19,5	30,4	43,8	59,6	78	98,7	122	147	175	239
	Cortante (Rosca no Plano de Corte)	15,6	24,3	35	47,7	62	79	97,4	118	140	191
A325	Tração	58,1	90,7	131	178	204	259	319	385	459	625
	Cortante (Rosca Fora do plano de corte)	38,7	60,4	87,1	118	136	173	213	257	306	417
	Cortante (Rosca no Plano de Corte)	31	48,4	69,7	94,8	109	138	170	205	245	333
A490	Tração	72,8	114	164	223	291	369	455	550	656	892
	Cortante (Rosca Fora do plano de corte)	48,6	75,8	109	149	194	246	303	367	437	595
	Cortante (Rosca no Plano de Corte)	38,8	60,7	87,4	119	155	197	243	293	350	476

		Diâmetro									
		Código	M12	M16	M20	M22	M24	M27	M30	M33	M36
		milímetros	12	16	20	22	24	27	30	33	36
Especificação	Esforço	Resistência (kN)									
ISO 898 Classe 4.6	Tração	25	45	70	84	101	127	157	190	226	308
	Cortante (Rosca Fora do plano de corte)	17	30	47	56	67	85	105	127	151	205
	Cortante (Rosca no Plano de Corte)	13	24	37	45	54	68	84	101	121	164
ISO 898 Classe 8.8	Tração	50	89	140	169	201	254	314	380	452	616
	Cortante (Rosca Fora do plano de corte)	34	60	93	113	134	170	209	253	302	411
	Cortante (Rosca no Plano de Corte)	27	48	74	90	107	136	168	203	241	328
ISO 898 Classe 10.9	Tração	63	112	175	211	251	318	393	475	565	770
	Cortante (Rosca Fora do plano de corte)	42	74	116	141	168	212	262	317	377	513
	Cortante (Rosca no Plano de Corte)	34	60	93	113	134	170	209	253	302	411

# Exercício 4: Determinar resistência à tração da cantoneira a seguir



$$N_{tRd} = \frac{A_g \cdot F_y}{1,10} \rightarrow N_{tRd} = \frac{4,58 \cdot 25}{1,10} = 104,09 \text{ kN}$$

Esforço nos parafusos:

$$V_P = \frac{104,9}{4} = 26,22 \text{ kN}$$

Adotado D = 1/2 A325 (VRD = 31 kN>26,22)

$$d' = 1,27 + 0,15 + 0,20 = 1,62 \text{ cm}$$

$$A_n = A_g - d' \cdot t \rightarrow A_n = 4,58 - 1,62 \cdot 0,476 = 3,81 \text{ cm}^2$$

$$L_c = 3 \cdot 3 \cdot 1,27 = 11,43 \text{ cm} \approx 12 \text{ cm}$$

$$C_t = 1 - \frac{e_c}{L_c} = 1 - \frac{1,45}{12} = 0,88$$

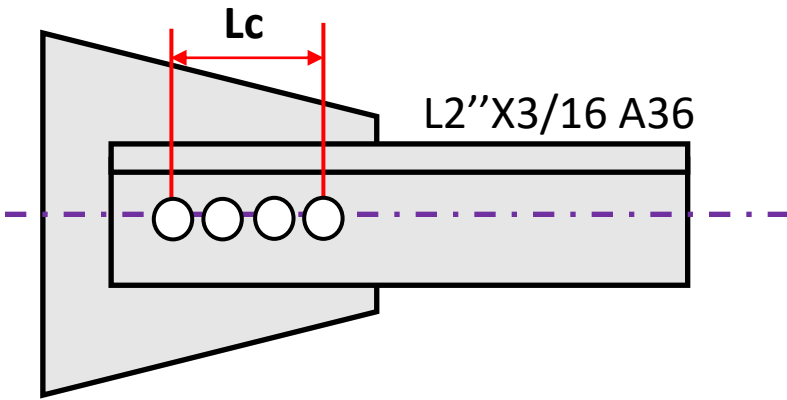
$$N_{tRd} = \frac{c_t \cdot A_n \cdot F_u}{1,35} \rightarrow N_{tRd} = \frac{0,88 \cdot 3,81 \cdot 40}{1,35} = \mathbf{99,34 \text{ kN}}$$

		Diâmetro											
		Polegadas	1/2"	5/8"	3/4"	7/8"	1"	1.1/8"	1.1/4"	1.3/8"	1.1/2"	1.3/4"	2"
		milímetros	12,7	15,9	19,1	22,2	25	28,6	31,8	34,9	38,1	44,5	50,8
Especificação	Esforço	Resistência (kN)											
A307	Tração	29,2	45,6	65,7	89,4	117	148	183	221	263	358	467	
	Cortante (Rosca Fora do plano de corte)	19,5	30,4	43,8	59,6	78	98,7	122	147	175	239	312	
	Cortante (Rosca no Plano de Corte)	15,6	24,3	35	47,7	62	79	97,4	118	140	191	249	
A325	Tração	58,1	90,7	131	178	204	259	319	385	459	625	816	
	Cortante (Rosca Fora do plano de corte)	38,7	60,4	87,1	118	136	173	213	257	306	417	544	
	Cortante (Rosca no Plano de Corte)	31	48,4	69,7	94,8	109	138	170	205	245	333	435	
A490	Tração	72,8	114	164	223	291	369	455	550	656	892	1165	
	Cortante (Rosca Fora do plano de corte)	48,6	75,8	109	149	194	246	303	367	437	595	777	
	Cortante (Rosca no Plano de Corte)	38,8	60,7	87,4	119	155	197	243	293	350	476	622	

		Diâmetro											
		Código	M12	M16	M20	M22	M24	M27	M30	M33	M36	M42	M48
		milímetros	12	16	20	22	24	27	30	33	36	42	48
Especificação	Esforço	Resistência (kN)											
ISO 898 Classe 4.6	Tração	25	45	70	84	101	127	157	190	226	308	402	
	Cortante (Rosca Fora do plano de corte)	17	30	47	56	67	85	105	127	151	205	268	
	Cortante (Rosca no Plano de Corte)	13	24	37	45	54	68	84	101	121	164	214	
ISO 898 Classe 8.8	Tração	50	89	140	169	201	254	314	380	452	616	804	
	Cortante (Rosca Fora do plano de corte)	34	60	93	113	134	170	209	253	302	411	536	
	Cortante (Rosca no Plano de Corte)	27	48	74	90	107	136	168	203	241	328	429	
ISO 898 Classe 10.9	Tração	63	112	175	211	251	318	393	475	565	770	1005	
	Cortante (Rosca Fora do plano de corte)	42	74	116	141	168	212	262	317	377	513	670	
	Cortante (Rosca no Plano de Corte)	34	60	93	113	134	170	209	253	302	411	536	



# Exercício 4: Determinar resistência à tração da cantoneira a seguir



$$N_{tRd} = \frac{A_g \cdot F_y}{1,10} \rightarrow N_{tRd} = \frac{4,58 \cdot 25}{1,10} = 104,09 \text{ kN}$$

Esforço nos parafusos:

$$V_P = \frac{104,9}{4} = 26,22 \text{ kN}$$

Adotado D = 1/2 A325 (VRD = 31 kN>26,22)

$$d' = 1,27 + 0,15 + 0,20 = 1,62 \text{ cm}$$

$$A_n = A_g - d' \cdot t \rightarrow A_n = 4,58 - 1,62 \cdot 0,476 = 3,81 \text{ cm}^2$$

$$L_c = 3 \cdot 4 \cdot 1,27 = 15,24 \text{ cm} \approx 16 \text{ cm}$$

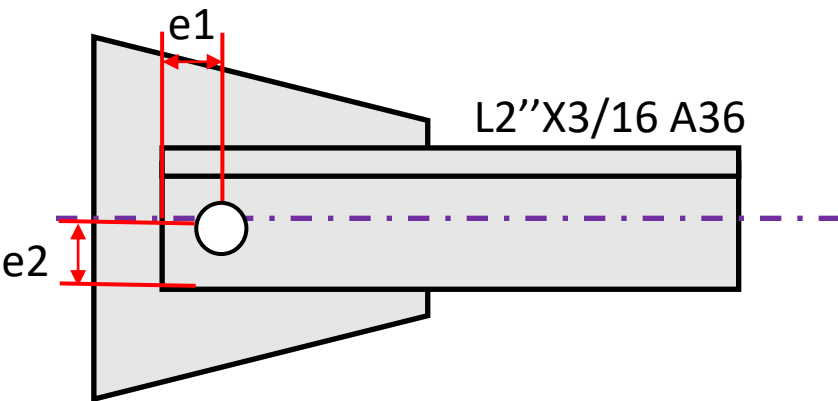
$$C_t = 1 - \frac{e_c}{L_c} = 1 - \frac{1,45}{16} = 0,91$$

$$N_{tRd} = \frac{c_t \cdot A_n \cdot F_u}{1,35} \rightarrow N_{tRd} = \frac{0,91 \cdot 3,81 \cdot 40}{1,35} = 102,72 \text{ kN}$$

		Diâmetro											
		Polegadas	1/2"	5/8"	3/4"	7/8"	1"	1.1/8"	1.1/4"	1.3/8"	1.1/2"	1.3/4"	2"
		milímetros	12,7	15,9	19,1	22,2	25	28,6	31,8	34,9	38,1	44,5	50,8
Especificação	Esforço	Resistência (kN)											
A307	Tração	29,2	45,6	65,7	89,4	117	148	183	221	263	358	467	
	Cortante (Rosca Fora do plano de corte)	19,5	30,4	43,8	59,6	78	98,7	122	147	175	239	312	
	Cortante (Rosca no Plano de Corte)	15,6	24,3	35	47,7	62	79	97,4	118	140	191	249	
A325	Tração	58,1	90,7	131	178	204	259	319	385	459	625	816	
	Cortante (Rosca Fora do plano de corte)	38,7	60,4	87,1	118	136	173	213	257	306	417	544	
	Cortante (Rosca no Plano de Corte)	31	48,4	69,7	94,8	109	138	170	205	245	333	435	
A490	Tração	72,8	114	164	223	291	369	455	550	656	892	1165	
	Cortante (Rosca Fora do plano de corte)	48,6	75,8	109	149	194	246	303	367	437	595	777	
	Cortante (Rosca no Plano de Corte)	38,8	60,7	87,4	119	155	197	243	293	350	476	622	

		Diâmetro											
		Código	M12	M16	M20	M22	M24	M27	M30	M33	M36	M42	M48
		milímetros	12	16	20	22	24	27	30	33	36	42	48
Especificação	Esforço	Resistência (kN)											
ISO 898 Classe 4.6	Tração	25	45	70	84	101	127	157	190	226	308	402	
	Cortante (Rosca Fora do plano de corte)	17	30	47	56	67	85	105	127	151	205	268	
	Cortante (Rosca no Plano de Corte)	13	24	37	45	54	68	84	101	121	164	214	
ISO 898 Classe 8.8	Tração	50	89	140	169	201	254	314	380	452	616	804	
	Cortante (Rosca Fora do plano de corte)	34	60	93	113	134	170	209	253	302	411	536	
	Cortante (Rosca no Plano de Corte)	27	48	74	90	107	136	168	203	241	328	429	
ISO 898 Classe 10.9	Tração	63	112	175	211	251	318	393	475	565	770	1005	
	Cortante (Rosca Fora do plano de corte)	42	74	116	141	168	212	262	317	377	513	670	
	Cortante (Rosca no Plano de Corte)	34	60	93	113	134	170	209	253	302	411	536	

# Exercício 5: Determinar resistência à tração da cantoneira a seguir



$$N_{tRd} = \frac{2(e_2 - 0,5d').t.f_u}{1,35}$$

Para Parafuso ½ A325

$$d' = 1,27 + 0,15 + 0,20 = 1,62cm$$

$$N_{tRd} = \frac{2(2,54 - 0,5.1,62).0,476.40}{1,35} = 48,79 > 31 \text{ kN}$$

Para Parafuso 5/8 A325

$$d' = 1,588 + 0,15 + 0,20 = 1,938cm$$

$$N_{tRd} = \frac{2(2,54 - 0,5.1,938).0,476.40}{1,35} = 44,31 < 48,4 \text{ kN}$$

Para Parafuso 3/4 A325

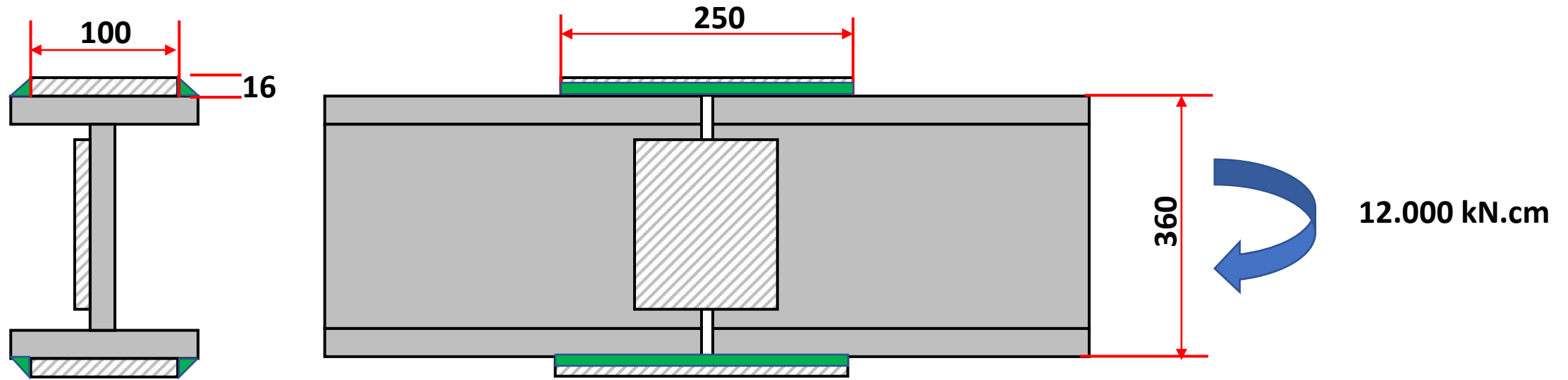
$$d' = 1,905 + 0,15 + 0,20 = 2,255cm$$

$$N_{tRd} = \frac{2(2,54 - 0,5.2,255).0,476.40}{1,35} = 39,84 < 69,7 \text{ kN}$$

		Diâmetro											
		Polegadas	1/2"	5/8"	3/4"	7/8"	1"	1.1/8"	1.1/4"	1.3/8"	1.1/2"	1.3/4"	2"
		milímetros	12,7	15,9	19,1	22,2	25	28,6	31,8	34,9	38,1	44,5	50,8
Especificação	Esforço	Resistência (kN)											
A307	Tração	29,2	45,6	65,7	89,4	117	148	183	221	263	358	467	
	Cortante (Rosca Fora do plano de corte)	19,5	30,4	43,8	59,6	78	98,7	122	147	175	239	312	
	Cortante (Rosca no Plano de Corte)	15,6	24,3	35	47,7	62	79	97,4	118	140	191	249	
A325	Tração	58,1	90,7	131	178	204	259	319	385	459	625	816	
	Cortante (Rosca Fora do plano de corte)	38,7	60,4	87,1	118	136	173	213	257	306	417	544	
	Cortante (Rosca no Plano de Corte)	31	48,4	69,7	94,8	109	138	170	205	245	333	435	
A490	Tração	72,8	114	164	223	291	369	455	550	656	892	1165	
	Cortante (Rosca Fora do plano de corte)	48,6	75,8	109	149	194	246	303	367	437	595	777	
	Cortante (Rosca no Plano de Corte)	38,8	60,7	87,4	119	155	197	243	293	350	476	622	

		Diâmetro											
		Código	M12	M16	M20	M22	M24	M27	M30	M33	M36	M42	M48
		milímetros	12	16	20	22	24	27	30	33	36	42	48
Especificação	Esforço	Resistência (kN)											
ISO 898 Classe 4.6	Tração	25	45	70	84	101	127	157	190	226	308	402	
	Cortante (Rosca Fora do plano de corte)	17	30	47	56	67	85	105	127	151	205	268	
	Cortante (Rosca no Plano de Corte)	13	24	37	45	54	68	84	101	121	164	214	
ISO 898 Classe 8.8	Tração	50	89	140	169	201	254	314	380	452	616	804	
	Cortante (Rosca Fora do plano de corte)	34	60	93	113	134	170	209	253	302	411	536	
	Cortante (Rosca no Plano de Corte)	27	48	74	90	107	136	168	203	241	328	429	
ISO 898 Classe 10.9	Tração	63	112	175	211	251	318	393	475	565	770	1005	
	Cortante (Rosca Fora do plano de corte)	42	74	116	141	168	212	262	317	377	513	670	
	Cortante (Rosca no Plano de Corte)	34	60	93	113	134	170	209	253	302	411	536	

## Exercício 6: Determinar a resistência à tração da tala de emenda de mesa (A36)



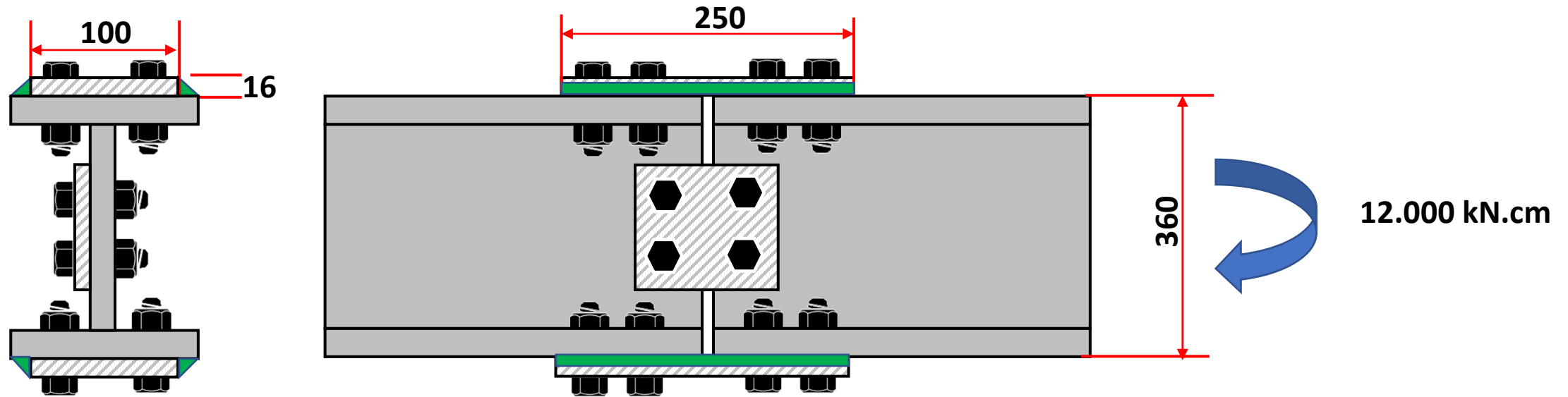
$$N_{Tsd} \approx \frac{M}{h} = \frac{12000}{36} = 333,33 \text{ kN.cm}$$

$$N_{tRd} = \frac{A_g \cdot F_y}{1,10} \rightarrow N_{tRd} = \frac{10 \cdot 1,6 \cdot 25}{1,10} = 363,64 \text{ kN}$$

$$l_c = \frac{12,5 + 1,25}{2} = 12,5 \text{ cm} \quad c_t = \frac{3 \cdot l_c^2}{3l_c^2 + b^2} \left( 1 - \frac{t}{2l_c} \right) \quad c_t = \frac{3 \cdot 12,5^2}{3 \cdot 12,5^2 + 10^2} \left( 1 - \frac{1,6}{2 \cdot 12,5} \right) = 0,77$$

$$N_{tRd} = \frac{c_t \cdot A_n \cdot F_u}{1,35} \rightarrow N_{tRd} = \frac{0,77 \cdot 10 \cdot 1,6 \cdot 40}{1,35} = 365,03 \text{ kN}$$

## Exercício 7: Determinar a resistência à tração da tala de emenda de mesa (A36)



$$N_{Tsd} \approx \frac{M}{h} = \frac{12000}{36} = 333,33 \text{ kN.cm}$$

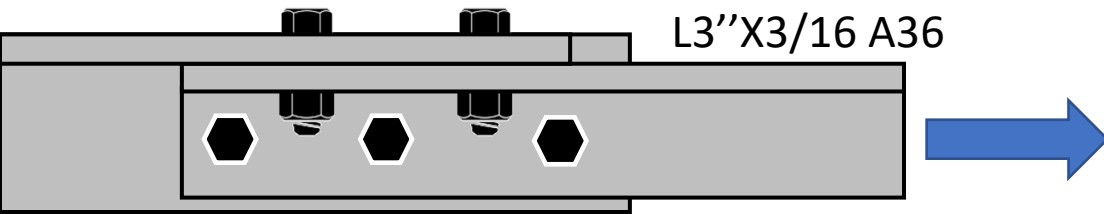
$$V_p = \frac{333,33}{4} = 83,33 \text{ kN} \quad \text{Adotado 4X } \emptyset 7/8 \text{ A325 (VRD} = 94,8 \text{ kN} > 83,33)$$

$$d' = 2,22 + 0,15 + 0,20 = 2,57cm \quad A_n = A_g - d' \cdot t \rightarrow A_n = 10 \cdot 1,6 - 2 \cdot 2,57 \cdot 1,6 = 7,77cm^2$$

$$N_{tRd} = \frac{A_g \cdot F_y}{1,10} \rightarrow N_{tRd} = \frac{10 \cdot 1,6 \cdot 25}{1,10} = 363,64 \text{ kN} \quad l_c = 3 \cdot 2,22 \approx 6,7 \text{ cm} \quad c_t = 1 - \frac{e_c}{l_c} \quad c_t = 1 - \frac{\left(\frac{1,6}{2}\right)}{6,7} = 0,88$$

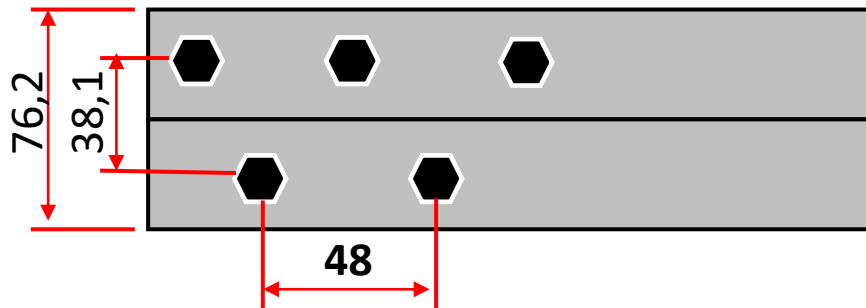
$$N_{tRd} = \frac{c_t \cdot A_n \cdot F_u}{1,35} \rightarrow N_{tRd} = \frac{0,88 \cdot 7,77 \cdot 40}{1,35} = \mathbf{202,59 \text{ kN}}$$

## Exercício 8: Determinar a resistência à tração da cantoneira (A36)



$$N_{tRd} = \frac{A_g \cdot F_y}{1,10} \rightarrow N_{tRd} = \frac{7,03 \cdot 25}{1,10} = 159,77 \text{ kN} \quad V_p = \frac{159,77}{5} = 31,95 \text{ kN} \quad \text{Adotado 5X M16 Classe 8.8 (VRD = 48 kN > 31,95)}$$

Vista Planificada



$$d' = 1,6 + 0,15 + 0,20 = 1,95 \text{ cm}$$

Caminho 1

$$A_n = A_g - d' \cdot t \rightarrow A_n = 7,03 - 1,95 \cdot 0,476 = 6,10 \text{ cm}^2$$

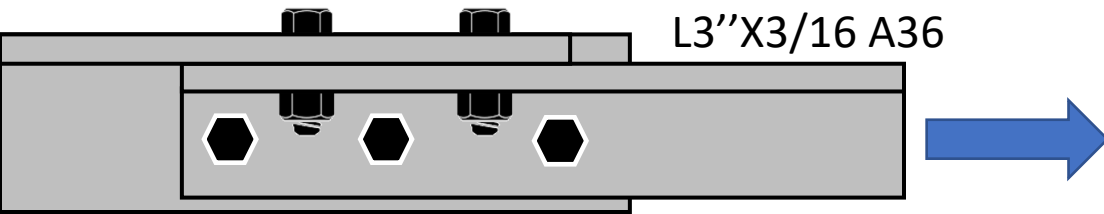
Caminho 2

$$A_n = A_g - 2 \cdot d' \cdot t + \frac{s^2}{4g} \rightarrow A_n = 7,03 - 2 \cdot 1,95 \cdot 0,476 + \frac{2,4^2}{4 \cdot 3,81} \cdot 0,476 = 5,35 \text{ cm}^2$$

$$L_c = 4 \cdot 2,4 = 9,6 \text{ cm}$$

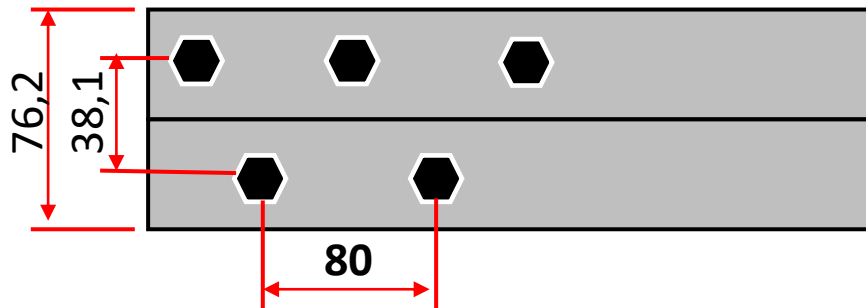
$$C_t = 1 - \frac{e_c}{L_c} = 1 - \frac{2,08}{9,6} = 0,78 \quad N_{tRd} = \frac{c_t \cdot A_n \cdot F_u}{1,35} \rightarrow N_{tRd} = \frac{0,78 \cdot 5,35 \cdot 40}{1,35} = \mathbf{123,64 \text{ kN}}$$

## Exercício 8: Determinar a resistência à tração da cantoneira (A36)



$$N_{tRd} = \frac{A_g \cdot F_y}{1,10} \rightarrow N_{tRd} = \frac{7,03 \cdot 25}{1,10} = 159,77 \text{ kN} \quad V_p = \frac{159,77}{5} = 31,95 \text{ kN} \quad \text{Adotado 5X M16 Classe 8.8 (VRD = 48 kN > 31,95)}$$

Vista Planificada



$$d' = 1,6 + 0,15 + 0,20 = 1,95 \text{ cm}$$

Caminho 1

$$A_n = A_g - d' \cdot t \rightarrow A_n = 7,03 - 1,95 \cdot 0,476 = 6,10 \text{ cm}^2$$

Caminho 2

$$A_n = A_g - 2 \cdot d' \cdot t + \frac{s^2}{4g} \rightarrow A_n = 7,03 - 2 \cdot 1,95 \cdot 0,476 + \frac{4^2}{4 \cdot 3,81} \cdot 0,476 = 5,67 \text{ cm}^2$$

$$L_c = 4 \cdot 4 = 16 \text{ cm}$$

$$C_t = 1 - \frac{e_c}{L_c} = 1 - \frac{2,08}{16} = 0,87 \quad N_{tRd} = \frac{C_t \cdot A_n \cdot F_u}{1,35} \rightarrow N_{tRd} = \frac{0,87 \cdot 5,67 \cdot 40}{1,35} = \mathbf{146,24 \text{ kN}}$$