

Ligações em Estruturas Metálicas

Ligações Soldadas

Aula 1

Curso de Projeto e Cálculo de Estruturas metálicas

Ligações Metálicas



Curso de Projeto e Cálculo de Estruturas metálicas

Ligações Soldadas

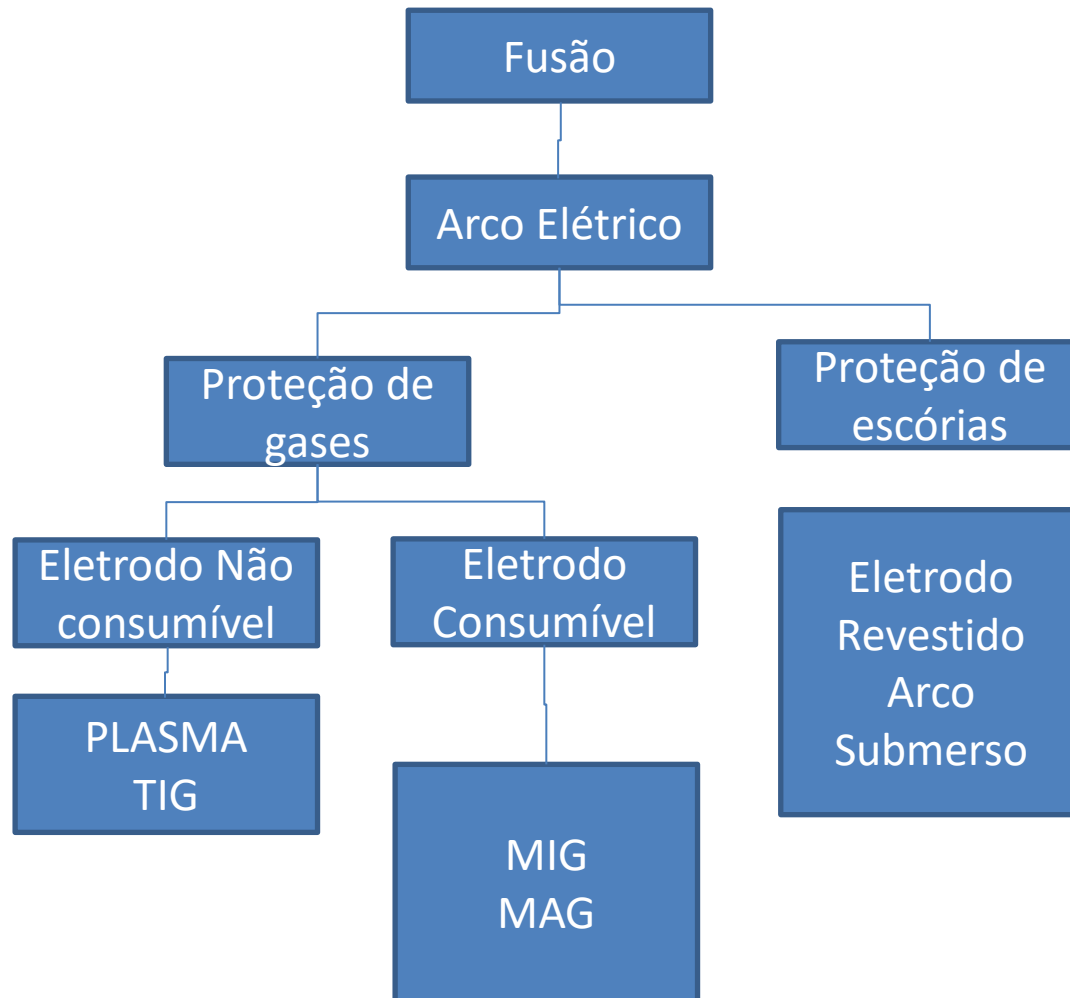


Curso de Projeto e Cálculo de Estruturas metálicas

Ligações Soldadas

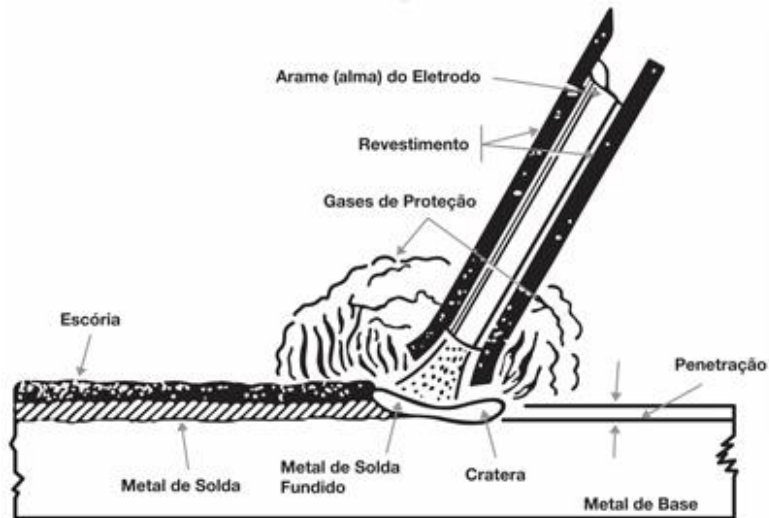
Soldagem é a união entre duas partes metálicas usando uma **fonte de calor**, com ou sem aplicação de pressão.

Ligações Soldadas

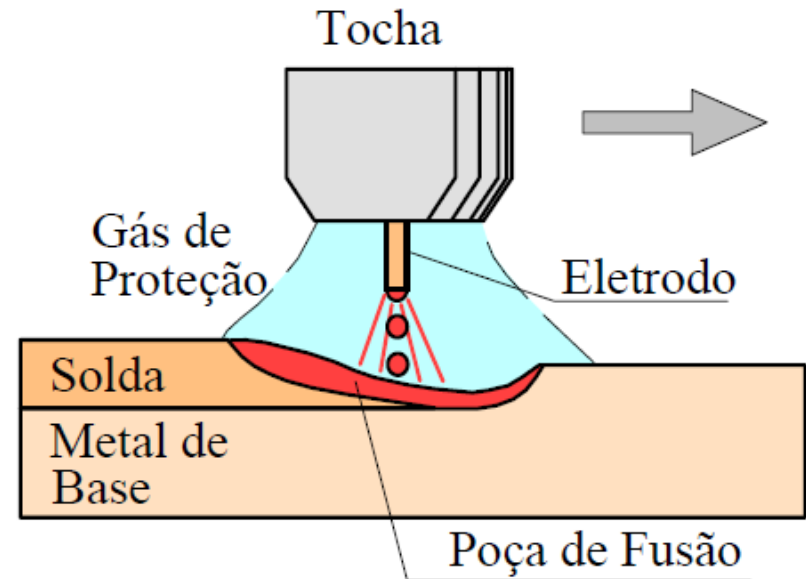


Ligações Soldadas

Proteção por escórias

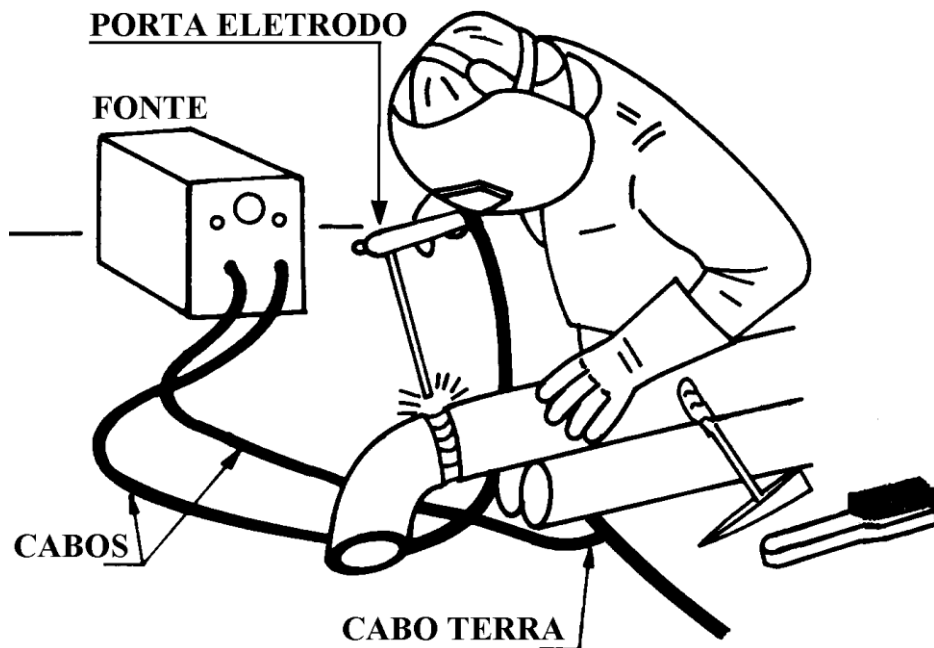


Proteção por gases Inertes ou Ativos



Curso de Projeto e Cálculo de Estruturas metálicas

Soldagem por Eletrodo Revestido



SMAW: Shielded Metal Arc Welding



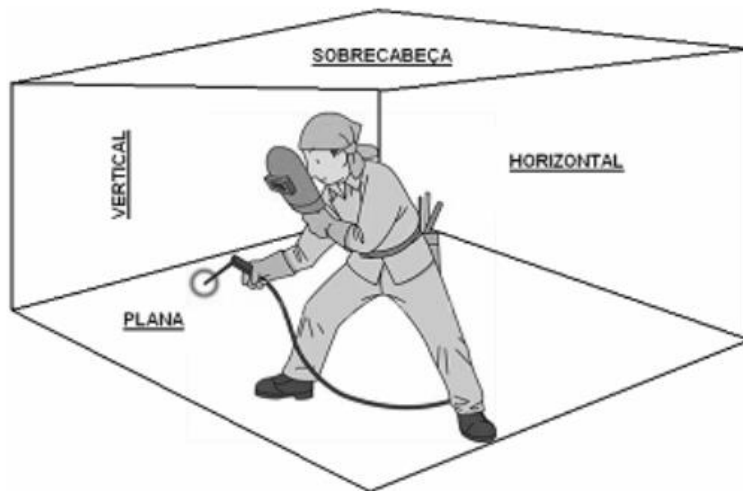
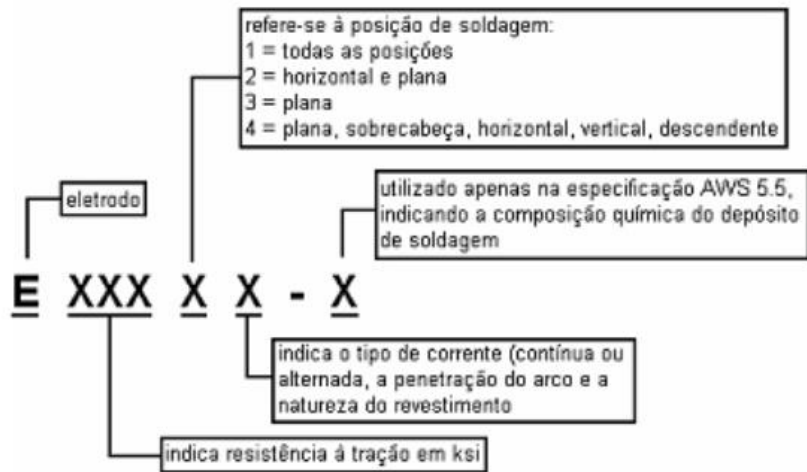


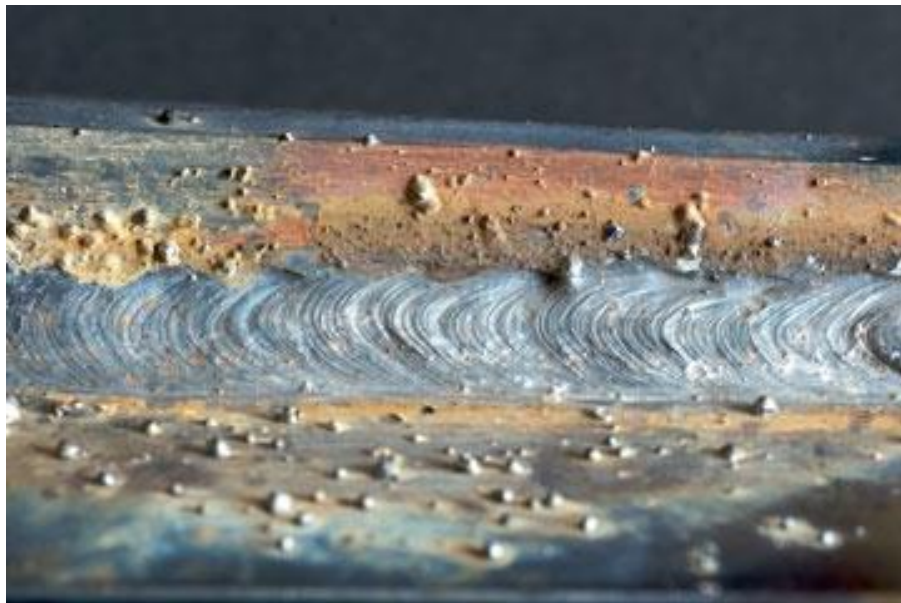
Figura 7 – Posições de soldagem e designação de eletrodos.

E 60 13

- Eletrodo Revestido
- Resistência À ruptura por tração de 60ksi (41,5 kN/cm²)
- Permite soldagem em todas as posições
- Revestimento rutílico com silicato de potássio. Recomendado para chapas finas

E 70 18

- Eletrodo Revestido
- Resistência À ruptura por tração de 70ksi (48,5 kN/cm²)
- Permite soldagem em todas as posições
- Requer maior habilidade, uso onde propriedades mecânicas e qualidade da soldagem sejam essenciais, alta penetração de pó de ferro. Recomendado em estruturas metálicas em geral



Curso de Projeto e Cálculo de Estruturas metálicas

Soldagem por eletrodo protegido por gases

GMAW: GAS Metal Arc Welding



Curso de Projeto e Cálculo de Estruturas metálicas

Soldagem por eletrodo protegido por gases

MIG: METAL INERT GAS

Utiliza-se gases inertes para proteção da soldagem

MAG: METAL ACTIVE GAS

Utiliza-se gases ativos para proteção da soldagem

TIG: Tungsten Inert Gas

Utiliza-se um eletrodo de Tungstênio (não consumível) e um gás inerte na proteção da soldagem, além de um metal de adição

VANTAGENS DO GMAW

Não há formação de escórias

Penetração mais uniforme

Menor distorção e tensões residuais

Mais fácil (treinamento rápido)

Maior Produtividade

Curso de Projeto e Cálculo de Estruturas metálicas

DESVANTAGENS DO GMAW

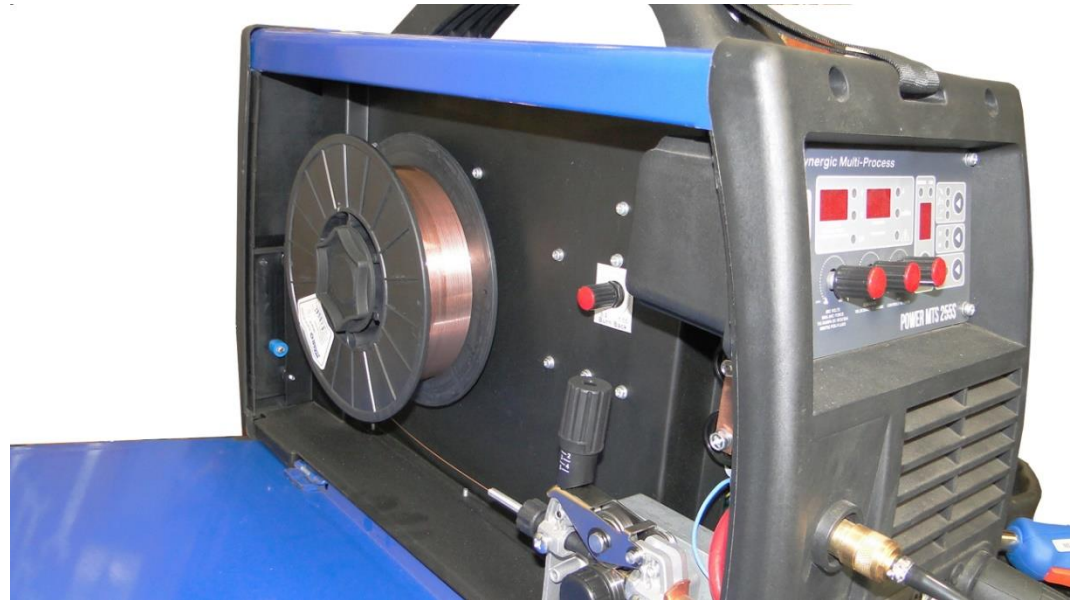
Necessita proteção contra o vento

Não acessa lugares mais estreitos (devido ao bocal do gás)

Equipamento grande

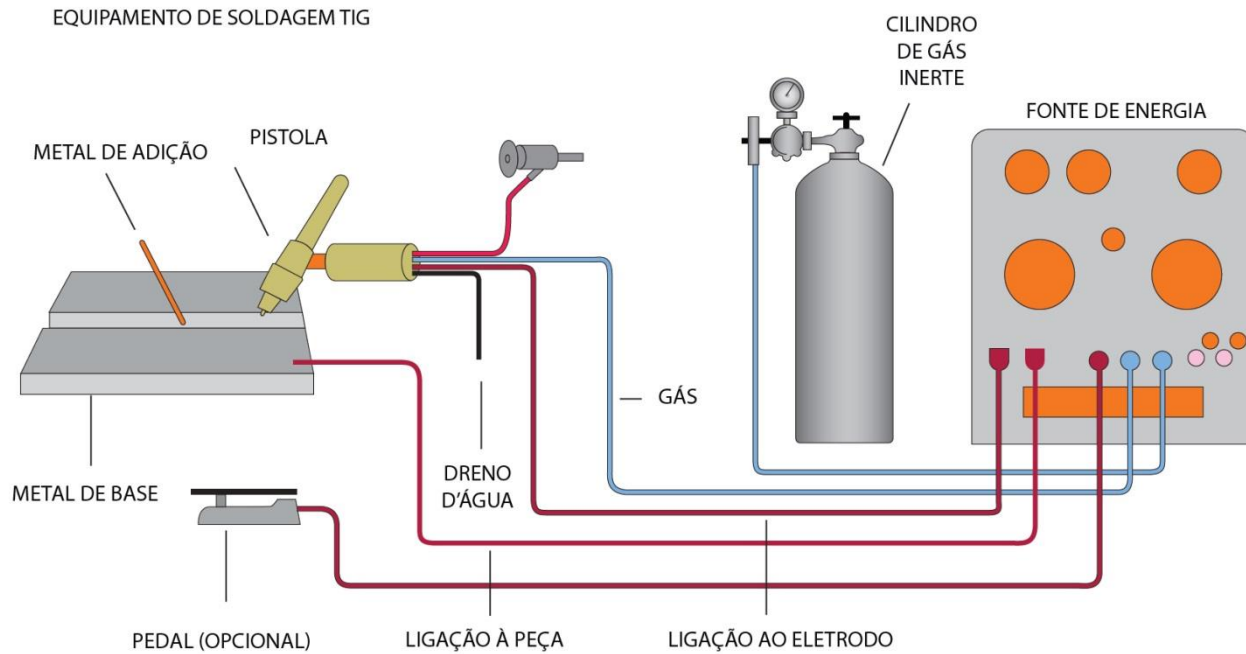
Custo do gás

Equipamento MIG/MAG



Curso de Projeto e Cálculo de Estruturas metálicas

Equipamento TIG



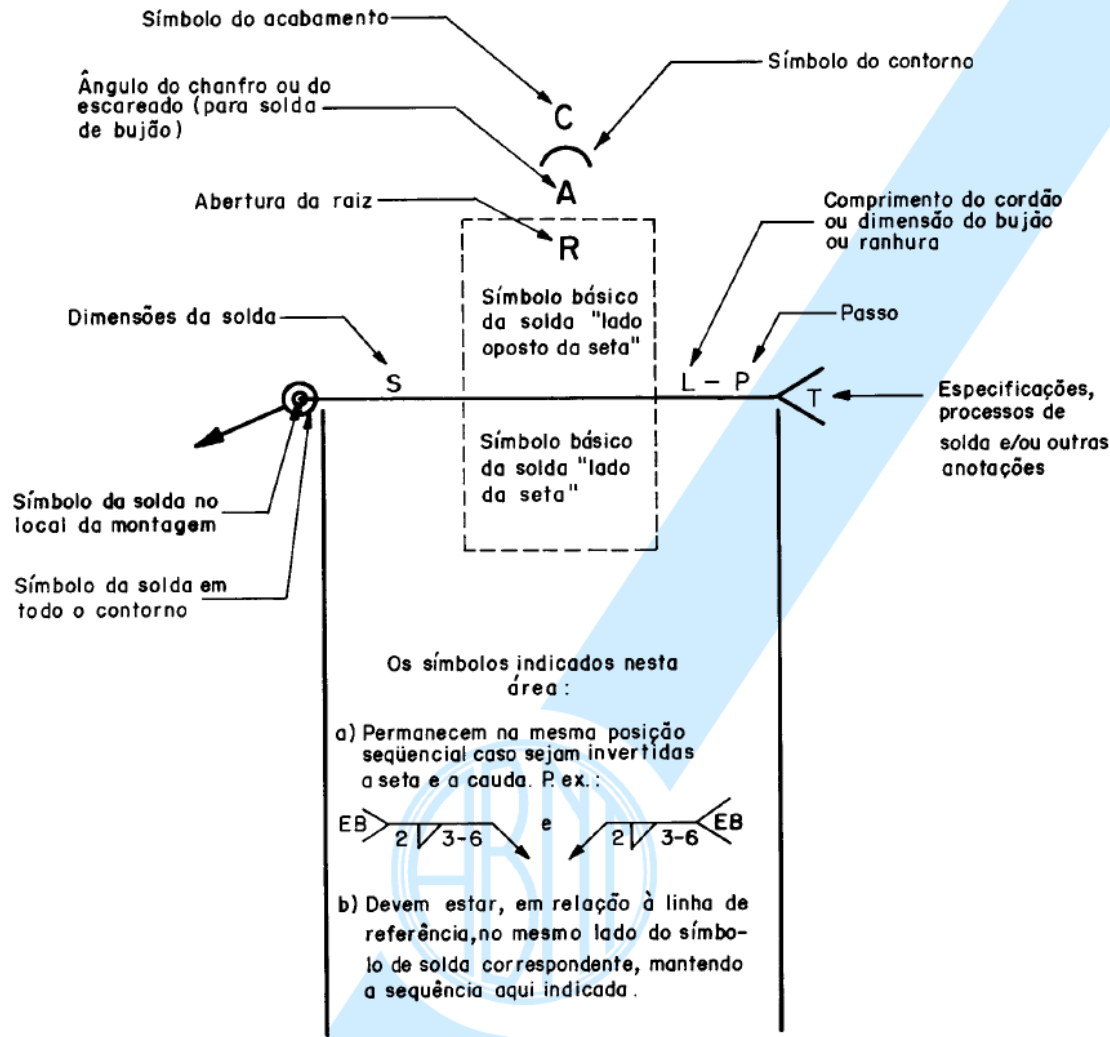
Ligações em Estruturas Metálicas

Ligações Soldadas

Aula 2

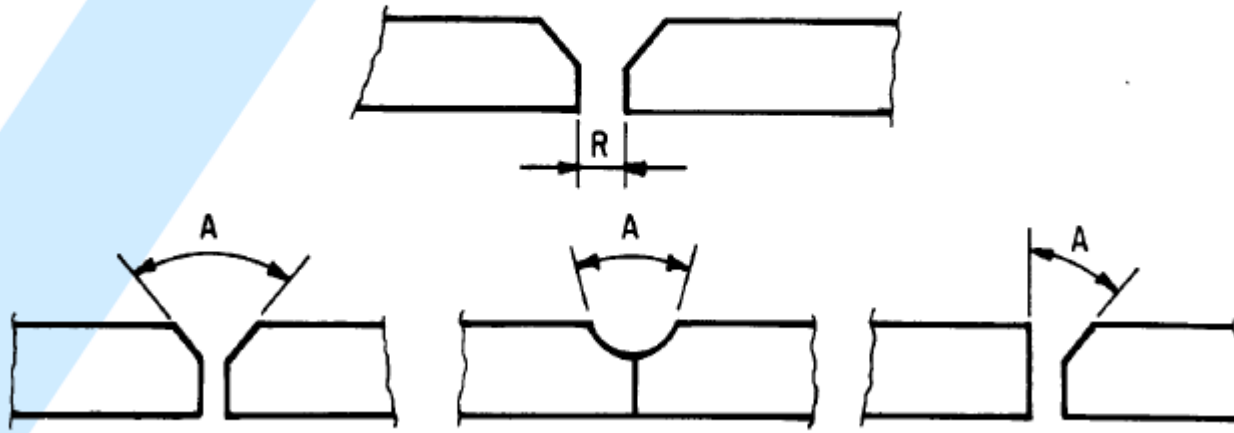
Curso de Projeto e Cálculo de Estruturas metálicas

Símbolos de Soldagem



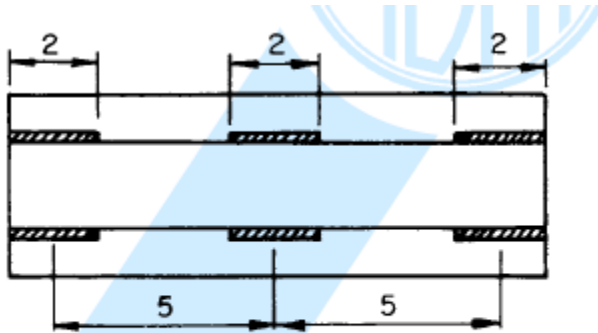
Símbolos de Soldagem

- a) passo - espaçamento centro a centro das soldas, quando descontínuas;
- b) abertura da raiz (R) - distância entre as peças a unir na raiz da junta;
- c) ângulo de chanfro - ângulo formado entre os dois planos das extremidades das peças que formam o sulco para solda.

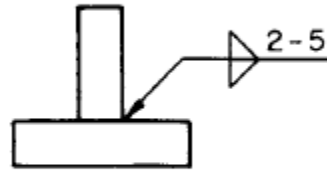


NBR 7165

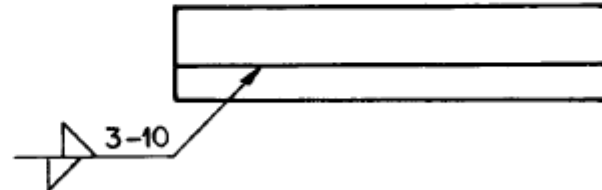
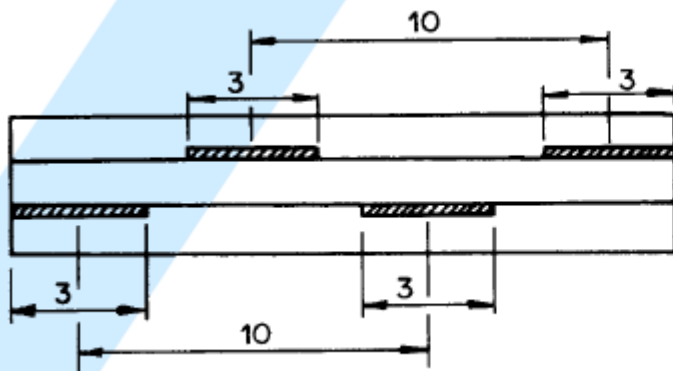
Símbolos de Soldagem



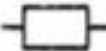
Significado



Representação



Símbolos de Soldagem

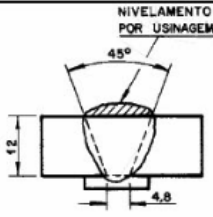
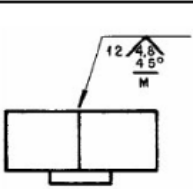
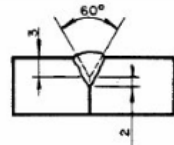
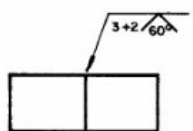
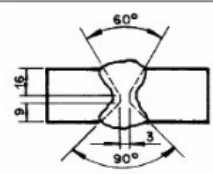
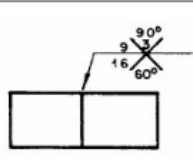
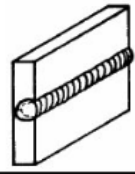
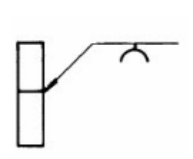
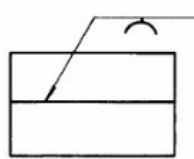
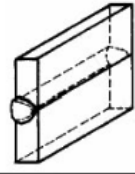
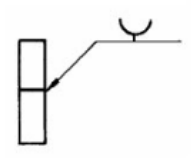
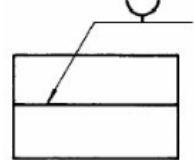
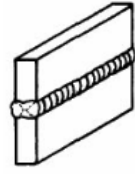
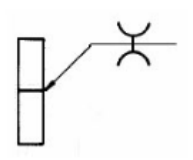
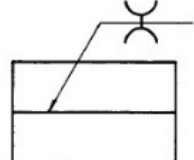
Símbolos Básicos de Solda									
Rebordo	Filete	Tampão	Ranhura ou Chanfro					Filetes convexos	
			Reto	V	Meio V	U	J	Duplo	Simples
									
Símbolos Suplementares									
Solda com chapa de base	Afastamento	Toda volta	Solda de campo	Contorno					
				Esmerilhar	Convexa				
									

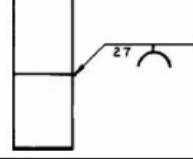
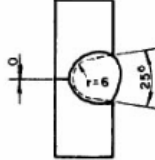
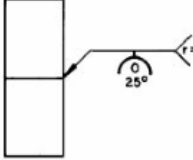
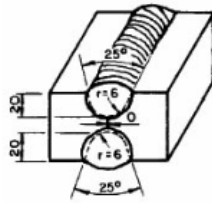
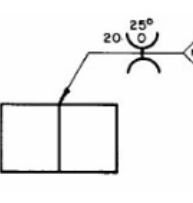
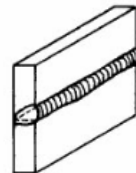
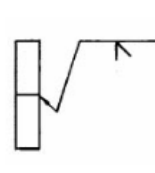
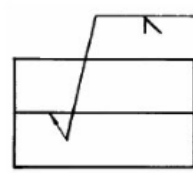
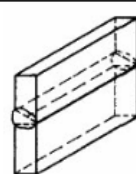
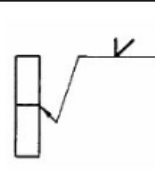
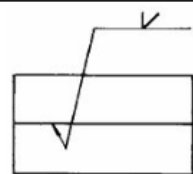
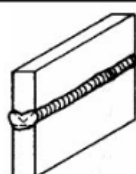
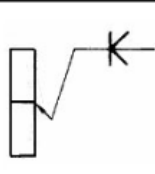
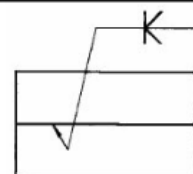
Símbolos de Soldagem

Significado	Representação 1	Representação 2

		-
		-
		-

Símbolos de Soldagem

		-
		-
		-
		
		
		

		-
		-
		-
		
		
		

ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS

Método de inspeção	Características	Limitações
Visual	O mais comum e mais económico. Particularmente bom para soldas com um único passe.	Detecta somente trincas superficiais grosseiras, excessos e falta de solda e imperfeições.
Líquido penetrante	Utilizado quando a geometria da peça é complexa, dificultando a operação do equipamento de partículas magnéticas. Uso instantâneo em qualquer lugar. Detecta defeitos superficiais como trincas (micro-trincas da ordem de 0,001 mm de largura), fissuras, porosidade, mordeduras.	Detecta somente descontinuidades superficiais. Ondulações de soldas reentrantes e ranhuras podem dar falsas indicações. Exame de custo mais elevado do que o de partículas magnéticas.
Partícula magnética	Detecta defeitos na superfície e sub-superfície como trincas, fissuras, porosidade, mordeduras e sobreposição, descontinuidades lineares da ordem de 0,5mm, além de descontinuidades mascaradas por esmerilhamento, óxidos etc., e as escondidas sob pinturas. É um exame mais rápido e económico do que o anterior. Indicações podem ser coletadas e preservadas em fitas plásticas.	Requer relativa lisura da superfície. Falta de cuidado no uso de pontas magnetizadas podem desprezar defeitos de golpeamento de arco. Necessita que o campo magnético seja gerado perpendicularmente à descontinuidade. Necessita em certos casos de desmagnetização da peça. Limpeza posterior. Depende da força do campo magnético.
Radiográfico	Detecta defeitos internos como porosidade, escória, vazios, fissuras, irregularidades, falta de fusão. Indicado para espessuras entre 4 mm e 70 mm. Um filme negativo é registro permanente. Distingão mais fácil do tipo de descontinuidade detectada. Executado em qualquer tipo de superfície.	Defeitos devem ocupar mais que aproximadamente 1,5% da espessura para ser registrado. Somente fissuras paralelas ao colidimento são registradas. Necessidade de acesso pelos dois lados da superfície inspecionada. Radiação perigosa, havendo a necessidade de evacuação de todo pessoal próximo à área em que está sendo realizada a radiografia. Tempo de exposição aumenta com a espessura. Custo mais elevado do que o ultra-sónico. Resultado duvidoso para soldas de filete.
Ultra-sónico	Detecta fissuras em qualquer orientação, escória, falta de fusão, inclusões, rupturas lamelares, vazios. Pode examinar minuciosamente quase qualquer espessura comercial. Alta sensibilidade na detecção de pequenos defeitos. Precisão na localização da descontinuidade e estimativa do tamanho. Inspeção rápida. Necessidade de acesso por somente uma superfície do elemento ensaiado.	Superfícies devem ser lisas. Equipamento deve ser frequentemente calibrado. Operador deve ser qualificado. Grânulos excessivamente grosseiros fornecem falsas indicações. Defeitos classificados por tamanho podem não ser muito exatos. O sistema pode ser sensível a pequenos defeitos que não são nocivos à estrutura. Falta de registro permanente. Difícil aplicação em peças de geometria complexa.

ONDE USAR CADA SOLDA

	Metal-base		Metal da solda compatível			
	ABNT	ASTM	Arco elétrico com eletrodo revestido (SMAW)	Arco submerso (SAW)	Arco elétrico com proteção gasosa (GMAW)	Arco elétrico com fluxo no núcleo (FCAW)
Grupo I	NBR 6648 (CG-26 - $t \leq 20$ mm) NBR 6649 (CF-26) NBR 6650 (CF-26) NBR 7007 (MR 250 - $t \leq 19$ mm)	A36 ($t \leq 19$ mm) A500 Grau A A500 Grau B	AWS A5.1 - E60XX, E70XX AWS A5.5 ^e - E70XX-X	AWS A5.17 - F6XX-EXXX, F6XX-ECXXX, F7XX-EXXX, F7XX-ECXXX AWS A5.23 ^e - F7XX-EXXX-XX, F7XX-ECXXX-XX	AWS A5.18 - ER70S-X, E70C-XC, E70C-XM (exceto -GS) AWS A5.28 ^e - ER70S-XXX, E70C-XXX	AWS A5.20 - E6XT-X, E6XT-XM, E7XT-X, E7XT-XM (exceto -2, -2M, -3, -10, -13, -14 e -GS e exceto -11 com espessura superior a 12 mm) AWS A5.29 ^e - E6XTX-X, E6XT-XM, E7XTX-X, E7XTX-XM
Grupo II	NBR 5000 (G-30) NBR 5000 (G-35) NBR 5004 (F-32/Q-32) NBR 5004 (F-35/Q-35) NBR 5004 (Q-40) NBR 5008 (CGR 400) ^d NBR 5008 (CGR 500) ^d NBR 5008 (CGR 500A) ^d NBR 5920 (CFR 500) ^d NBR 5921 (CFR 400) ^d NBR 5921 (CFR 500) ^d NBR 6648 (CG-26 - $t > 19$ mm) NBR 6648 (CG-28) NBR 6649 (CF-28) NBR 6650 (CF-28) NBR 6650 (CF-30) NBR 7007 (MR 250 - $t > 19$ mm) NBR 7007 (AR-350) NBR 7007 (AR-350 COR) NBR 8261 (Graus B e C)	A36 ($t > 19$ mm) A242 ^{d)} A572 Grau 42 A572 Grau 50 A572 Grau 55 A992 A588 ^d	AWS A5.1 - E7015, E7016, E7018, E7028 AWS A5.5 ^e - E7015-X, E7016-X, E7018-X	AWS A5.17 - F7XX-EXXX, F7XX-ECXXX AWS A5.23 ^e - F7XX-EXXX-XX, F7XX-ECXXX-XX	AWS A5.18 - ER70S-X, E70C-XC, E70C-XM (exceto -GS) AWS A5.28 ^e - ER70S-XXX, E70C-XXX	AWS A5.20 - E7XT-X, E7XT-XM (exceto -2, -2M, -3, -10, -13, -14 e -GS e exceto -11 com espessura superior a 12 mm) AWS A5.29 ^{e)} - E7XTX-X, E7XTX-XM
Grupo III	NBR 5000 (G-42) NBR 5000 (G-45) NBR 5004 (Q-42) NBR 5004 (Q-45) NBR 7007 (AR-415)	A572 Grau 60 A572 Grau 65 A913 ^e	AWS A5.5 ^e - E8015-X, E8016-X, E8018-X	AWS A5.23 ^e - F8XX-EXXX-XX, F8XX-ECXXX-XX	AWS A5.28 ^e - ER80S-XXX, E80C-XXX	AWS A5.29 ^e - E8XTX-X, E8XTX-XM

Curso de Projeto e Cálculo de Estruturas metálicas

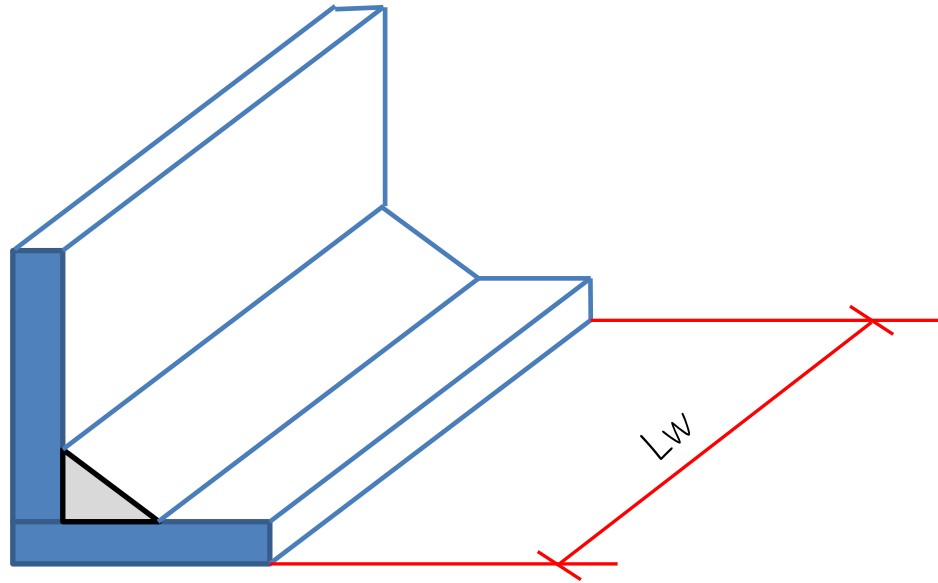
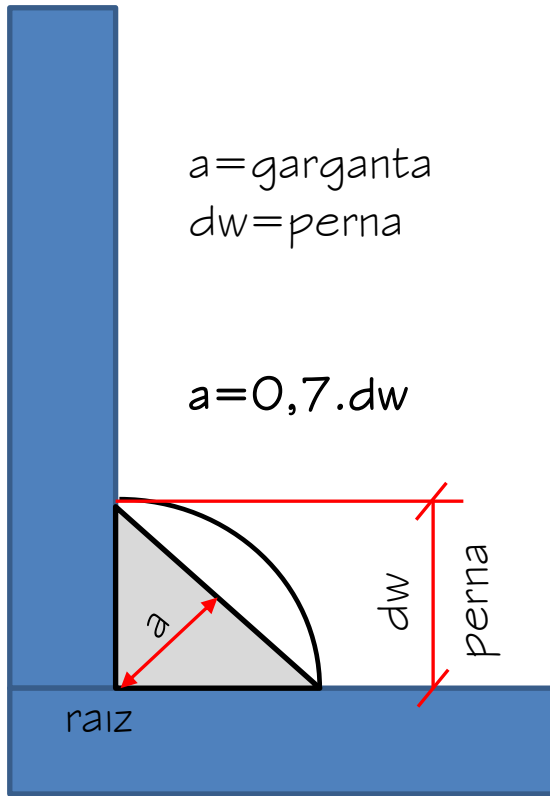
Ligações em Estruturas Metálicas

Ligações Soldadas

Aula 3

Curso de Projeto e Cálculo de Estruturas metálicas

Soldas de Filete



Ruptura da solda na seção efetiva

$$F_{w,Rd} = \frac{0,60 \cdot A_w \cdot F_w}{1,35}$$

$$A_w = L_w \cdot a$$

$$F_{Rd} = \frac{0,60 \cdot A_{MB} \cdot F_y}{1,10}$$

$$A_{MB} = L_w \cdot d_w$$

Soldas de Filete

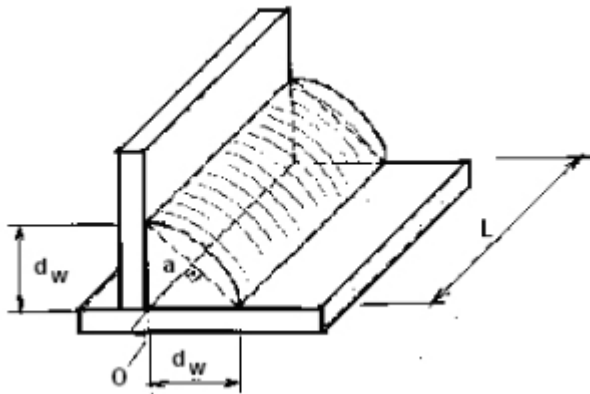
Cisalhamento admissível no filete de solda (kN/cm)

dw(mm)	a=0,7.Dw (cm)	E60XX	E70XX
3	0,21	3,87	4,53
4	0,28	5,16	6,04
5	0,35	6,46	7,54
6	0,42	7,75	9,05
7	0,49	9,04	10,56
8	0,56	10,33	12,07
9	0,63	11,62	13,58
10	0,7	12,91	15,09
11	0,77	14,20	16,60
12	0,84	15,49	18,11
13	0,91	16,78	19,62
14	0,98	18,08	21,12
15	1,05	19,37	22,63
16	1,12	20,66	24,14
17	1,19	21,95	25,65
18	1,26	23,24	27,16
19	1,33	24,53	28,67
20	1,4	25,82	30,18
21	1,47	27,11	31,69
22	1,54	28,40	33,20
23	1,61	29,70	34,70
24	1,68	30,99	36,21
25	1,75	32,28	37,72

Dimensões mínimas

Tabela 10 — Tamanho mínimo da perna de uma solda de filete

Menor espessura do metal-base na junta mm	Tamanho mínimo da perna da solda de filete, d_w ^a mm
Abaixo de 6,35 e até 6,35	3
Acima de 6,35 até 12,5	5
Acima de 12,5 até 19	6
Acima de 19	8
^a Executadas somente com um passe.	



6.2.6.2.2 O tamanho máximo da perna de uma solda de filete que pode ser usado ao longo de bordas de partes soldadas é o seguinte:

- ao longo de bordas de material com espessura inferior a 6,35 mm, não mais do que a espessura do material;
- ao longo de bordas de material com espessura igual ou superior a 6,35 mm, não mais do que a espessura do material subtraída de 1,5 mm, a não ser que nos desenhos essa solda seja indicada como reforçada durante a execução, de modo a obter a espessura total desejada da garganta.

6.2.6.2.4 Podem ser usadas soldas intermitentes de filete, dimensionadas para transmitir solicitações de cálculo, quando a resistência de cálculo exigida for inferior à de uma solda contínua do menor tamanho de perna permitido, e também para ligar elementos de barras compostas. O comprimento efetivo de qualquer segmento de solda intermitente de filete não pode ser menor que 4 vezes o tamanho da perna, nem menor que 40 mm. O uso de soldas intermitentes requer cuidados especiais com flambagens locais e com corrosão.

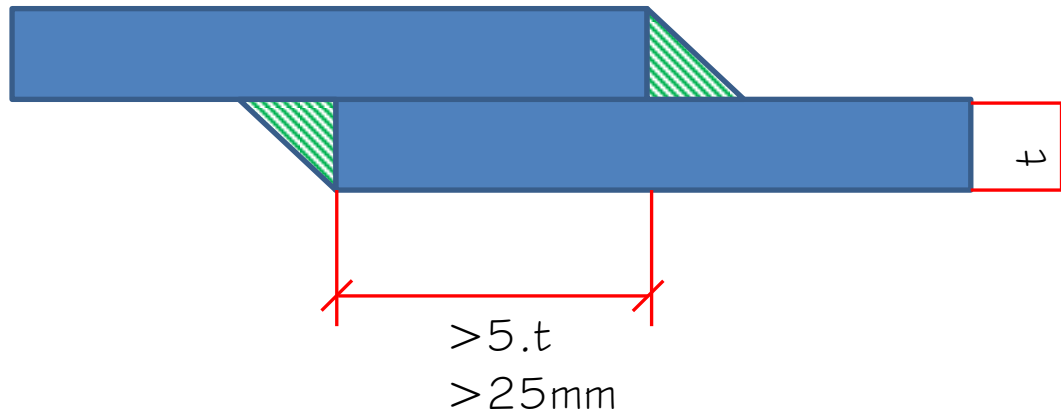
Tabela 9 — Espessura mínima da garganta efetiva de uma solda de penetração parcial

Menor espessura do metal-base na junta mm	Espessura mínima da garganta efetiva ^a mm
Abaixo de 6,35 e até 6,35	3
Acima de 6,35 até 12,5	5
Acima de 12,5 até 19	6
Acima de 19 até 37,5	8
Acima de 37,5 até 57	10
Acima de 57 até 152	13
Acima de 152	16
^a Ver 6.2.2 para definição de garganta efetiva.	

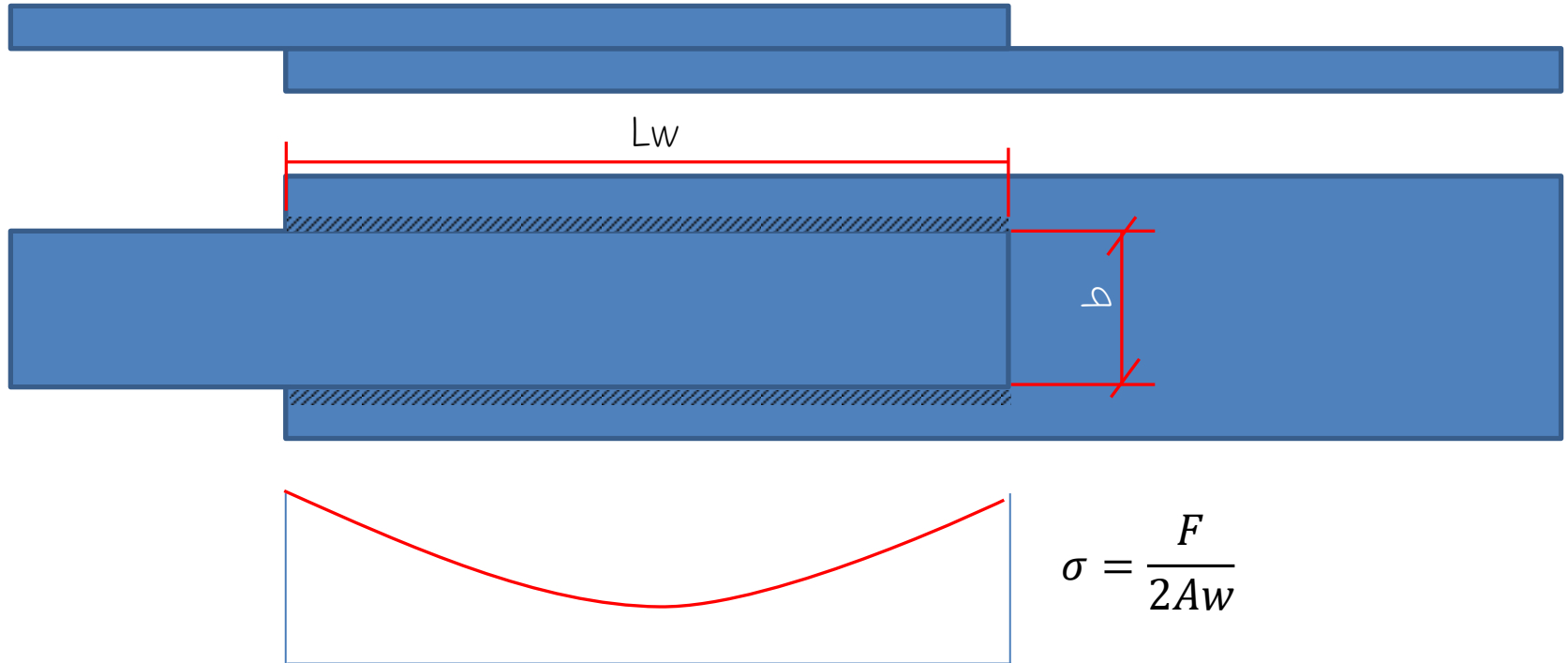
Dimensões mínimas

6.2.6.2.2 O tamanho máximo da perna de uma solda de filete que pode ser usado ao longo de bordas de partes soldadas é o seguinte:

- a) ao longo de bordas de material com espessura inferior a 6,35 mm, não mais do que a espessura do material;
- b) ao longo de bordas de material com espessura igual ou superior a 6,35 mm, não mais do que a espessura do material subtraída de 1,5 mm, a não ser que nos desenhos essa solda seja indicada como reforçada durante a execução, de modo a obter a espessura total desejada da garganta.



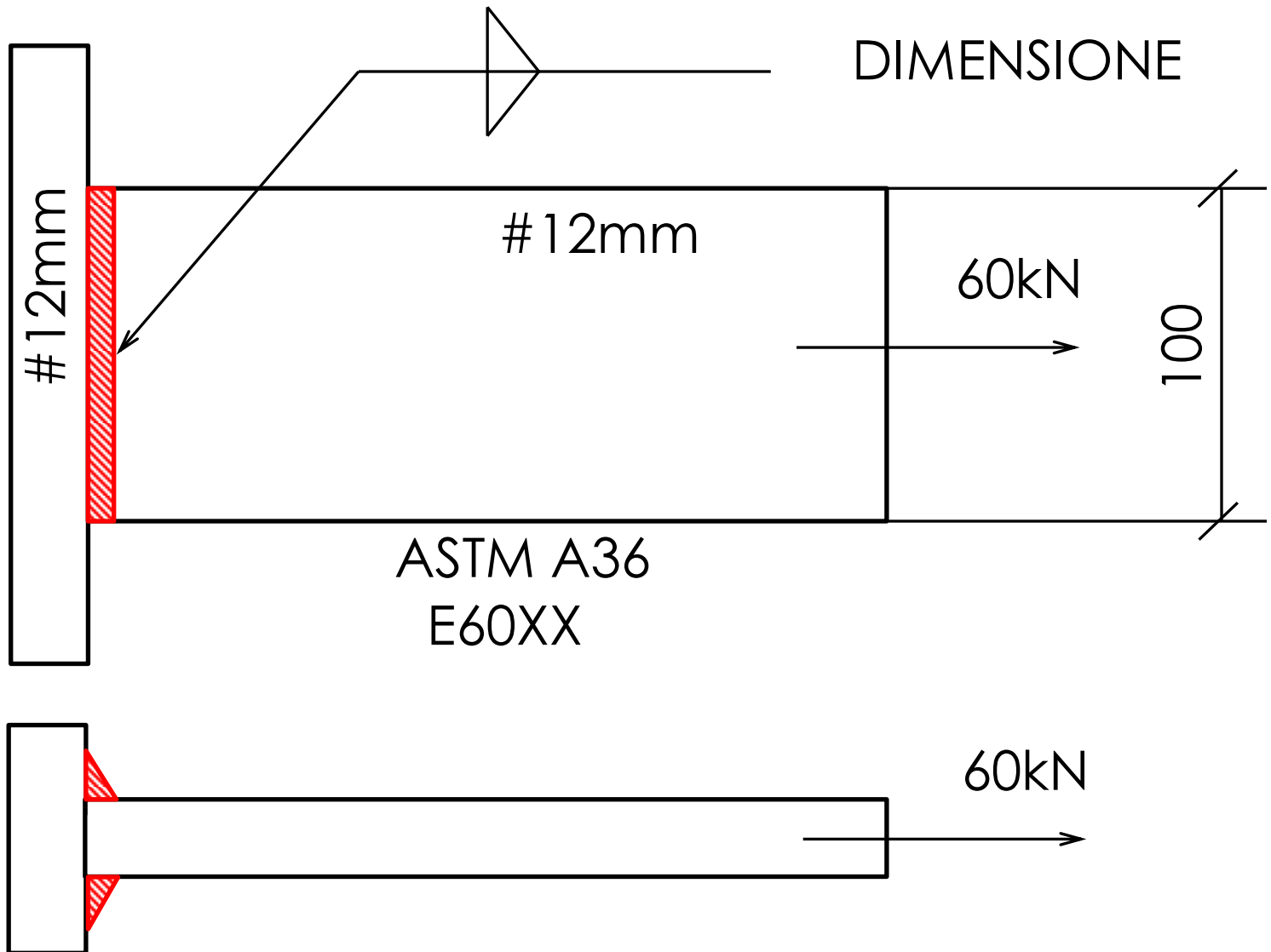
Dimensões mínimas



Se $L_w > 100b$, multiplicar L_w pelo fator: $\beta = 1,2 - \frac{0,002L_w}{b}$

Sendo que $0,6 \leq \beta \leq 1,0$

Exercício 01



Curso de Projeto e Cálculo de Estruturas metálicas

Exercício 01

SOLDA DE FILETE

Ruptura da solda na seção efetiva

$$F_{w,Rd} = \frac{0,60 \cdot A_w \cdot F_w}{1,35}$$

$$F_{w,Rd} = \frac{0,60 \cdot 2 \cdot 10 \cdot 0,5 \cdot 0,7 \cdot 41,5}{1,35}$$

$$F_{w,Rd} = \frac{0,60 \cdot 2 \cdot 10 \cdot 0,5 \cdot 0,7 \cdot 41,5}{1,35}$$

$$F_{w,Rd} = 129,1 \text{ kN} > 60 \text{ kN OK!!!}$$

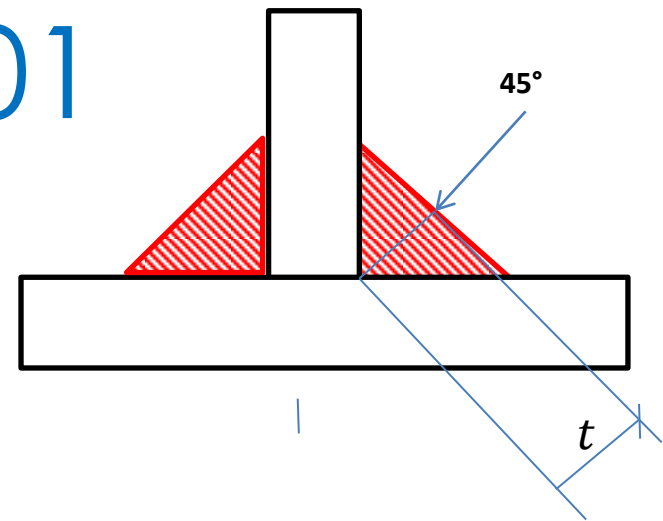


Tabela 10 — Tamanho mínimo da perna de uma solda de filete

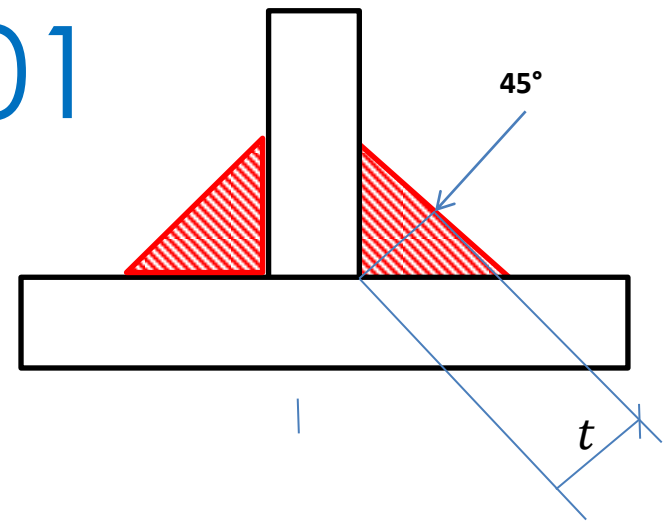
Menor espessura do metal-base na junta mm	Tamanho mínimo da perna da solda de filete, d_w ^a mm
Abaixo de 6,35 e até 6,35	3
Acima de 6,35 até 12,5	5
Acima de 12,5 até 19	6
Acima de 19	8
^a Executadas somente com um passe.	

Exercício 01

SOLDA DE FILETE

Ruptura da solda na seção efetiva

$d_w(\text{mm})$	$a=0,7 \cdot D_w$ (cm)	E60XX	E70XX
3	0,21	3,87	4,53
4	0,28	5,16	6,04
5	0,35	6,46	7,54
6	0,42	7,75	9,05
7	0,49	9,04	10,56
8	0,56	10,33	12,07
9	0,63	11,62	13,58
10	0,7	12,91	15,09
11	0,77	14,20	16,60
12	0,84	15,49	18,11
13	0,91	16,78	19,62
14	0,98	18,08	21,12
15	1,05	19,37	22,63
16	1,12	20,66	24,14
17	1,19	21,95	25,65
18	1,26	23,24	27,16
19	1,33	24,53	28,67
20	1,4	25,82	30,18
21	1,47	27,11	31,69
22	1,54	28,40	33,20
23	1,61	29,70	34,70
24	1,68	30,99	36,21
25	1,75	32,28	37,72



$$F_{w,Rd} = 2 \cdot 10 \cdot 6,46 = 129,2 \text{ kN}$$

Tabela 10 — Tamanho mínimo da perna de uma solda de filete

Menor espessura do metal-base na junta mm	Tamanho mínimo da perna da solda de filete, d_w^a mm
Abaixo de 6,35 e até 6,35	3
Acima de 6,35 até 12,5	5
Acima de 12,5 até 19	6
Acima de 19	8
^a Executadas somente com um passe.	

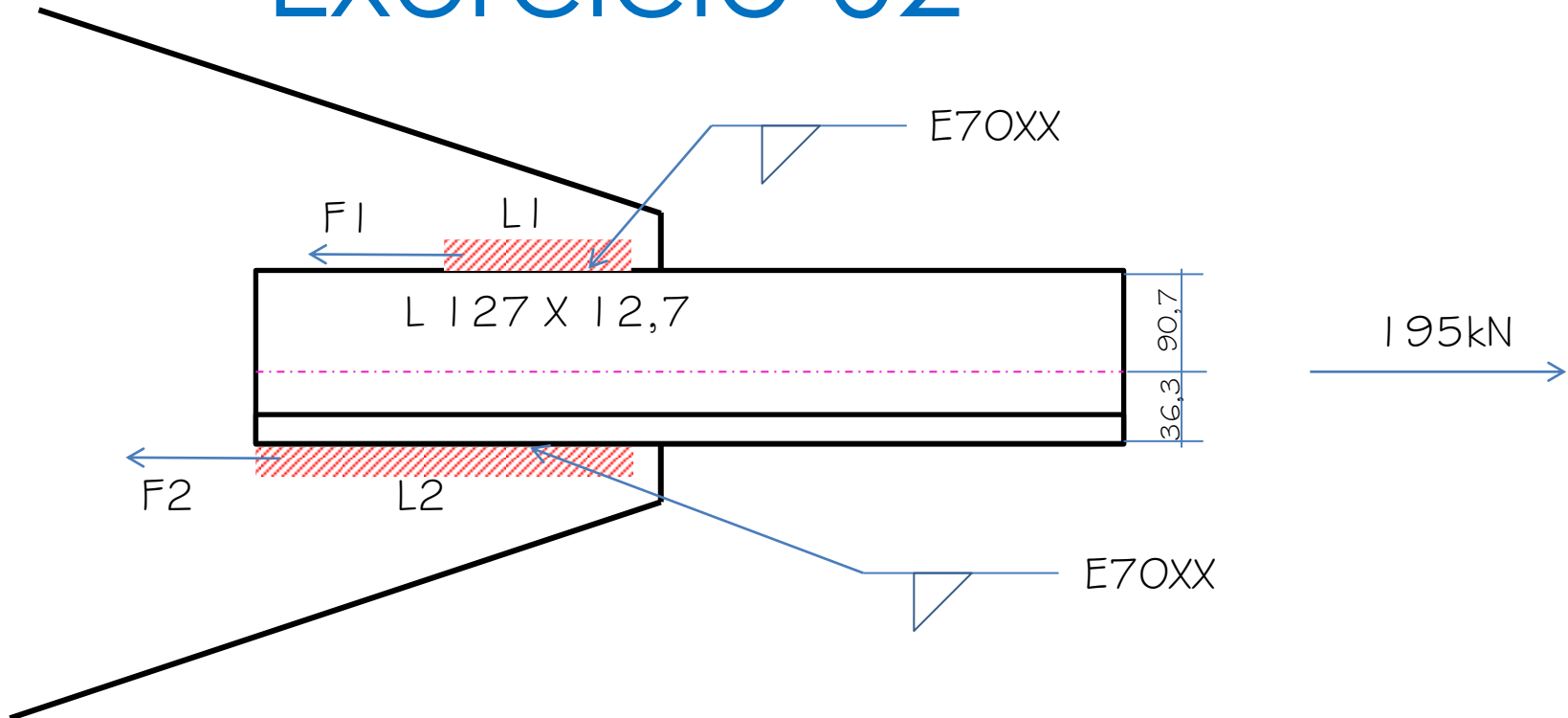
Ligações em Estruturas Metálicas

Ligações Soldadas

Aula 4

Curso de Projeto e Cálculo de Estruturas metálicas

Exercício 02



A equação de equilíbrio de momentos em relação a um ponto no filete inferior fornece:

$$F1 \cdot 12,7 - 195 \cdot 3,63 = 0$$

$$F1 = \frac{195 \cdot 3,63}{12,7} = 55,73 \text{ kN} \quad F2 = 195 - 55,73 = 139,3 \text{ kN}$$

Exercício 02

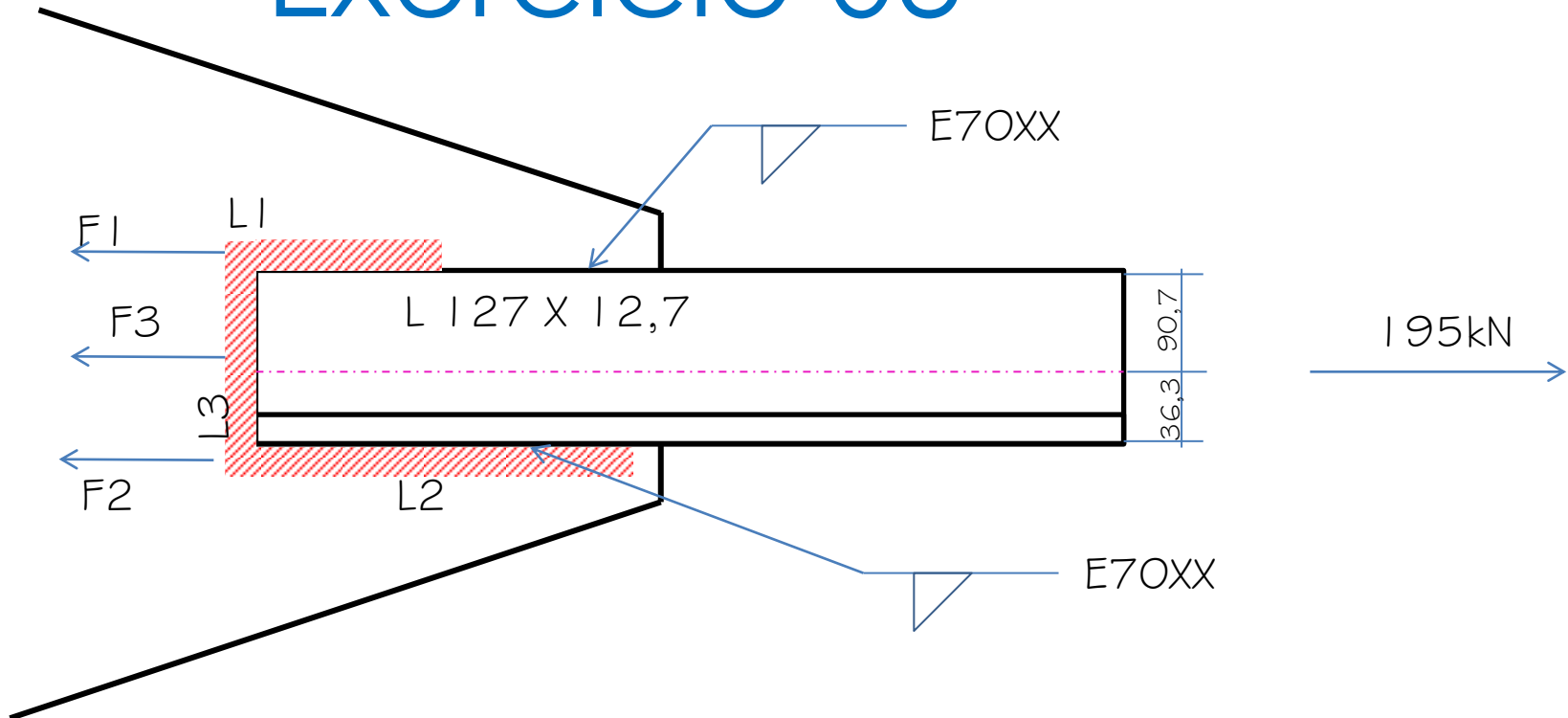
$$F_{w,Rd1} = \frac{0,60 \cdot A_w \cdot F_w}{1,35} \rightarrow F_{w,Rd1} = \frac{0,60 \cdot 0,7 \cdot dw \cdot L_1 \cdot F_w}{1,35} \rightarrow F_{w,Rd1} = \frac{0,60 \cdot 0,7 \cdot 0,5 \cdot L_1 \cdot 48,5}{1,35}$$

$$55,73 = \frac{0,60 \cdot 0,7 \cdot 0,5 \cdot L_1 \cdot 48,5}{1,35} \rightarrow L_1 = \frac{55,73 \cdot 1,35}{0,6 \cdot 0,7 \cdot 0,5 \cdot 48,5} = 7,38cm \sim 80mm$$

$$F_{w,Rd2} = \frac{0,60 \cdot A_w \cdot F_w}{1,35} \rightarrow F_{w,Rd2} = \frac{0,60 \cdot 0,7 \cdot dw \cdot L_2 \cdot F_w}{1,35} \rightarrow F_{w,Rd2} = \frac{0,60 \cdot 0,7 \cdot 0,5 \cdot L_2 \cdot 48,5}{1,35}$$

$$139,3 = \frac{0,60 \cdot 0,7 \cdot 0,5 \cdot L_2 \cdot 48,5}{1,35} \rightarrow L_2 = \frac{139,3 \cdot 1,35}{0,6 \cdot 0,7 \cdot 0,5 \cdot 48,5} = 18,46cm \sim 190mm$$

Exercício 03



$$F_{w,Rd3} = \frac{0,60 \cdot A_w \cdot F_w}{1,35} \rightarrow F_{w,Rd3} = \frac{0,60 \cdot 0,7 \cdot 0,5 \cdot 12,7 \cdot 48,5}{1,35} \rightarrow 95,8 \text{ kN}$$

$$F_{w,Rd1} = \frac{0,60 \cdot A_w \cdot F_w}{1,35} \rightarrow F_{w,Rd1} = \frac{0,60 \cdot 0,7 \cdot 0,5 \cdot L_1 \cdot 48,5}{1,35} \rightarrow 7,54 \cdot L_1 \quad F_{w,Rd3} = 7,54 \cdot L_2$$

Exercício 03

$$7,54 \cdot L_1 + 7,54 \cdot L_2 + 95,8 = 195 \rightarrow 7,54 (L_1 + L_2) + 95,8 = 195 \rightarrow L_1 + L_2 = 13,15cm$$

A equação de equilíbrio de momentos em relação a um ponto no filete inferior fornece:

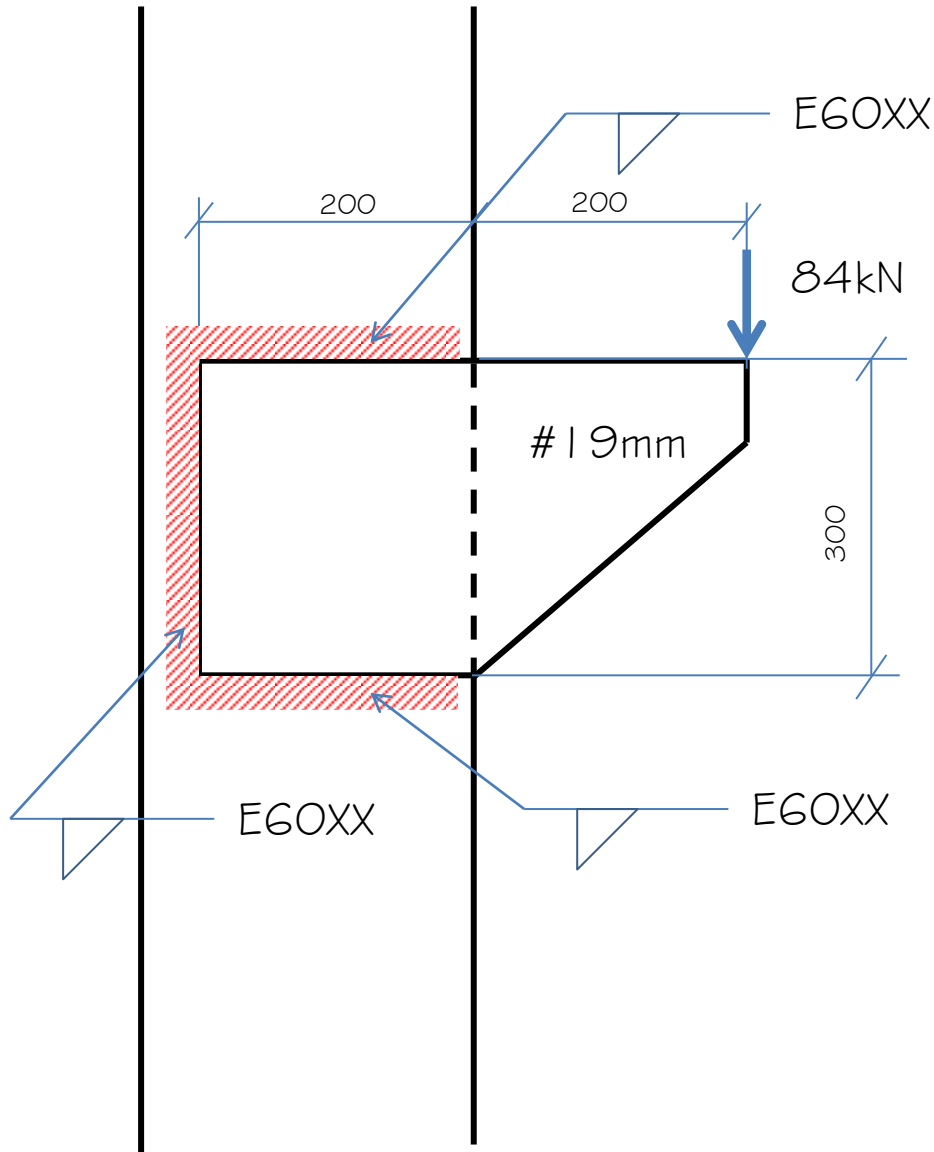
$$F_1 \cdot 12,7 + F_3 \cdot 6,35 - 195 \cdot 3,63 = 0$$

$$7,54 \cdot L_1 \cdot 12,7 + 95,8 \cdot 6,35 - 195 \cdot 3,63 = 0$$

$$L_1 = \frac{707,8 - 608,33}{7,54 \cdot 12,7} = 1,03cm \sim 20mm$$

$$L_1 + L_2 = 13,15cm \rightarrow 1,03 + L_2 = 13,15 \rightarrow L_2 = 12,12cm \sim 130mm$$

Exercício 04



Calcular a ligação do console dado na figura ao lado

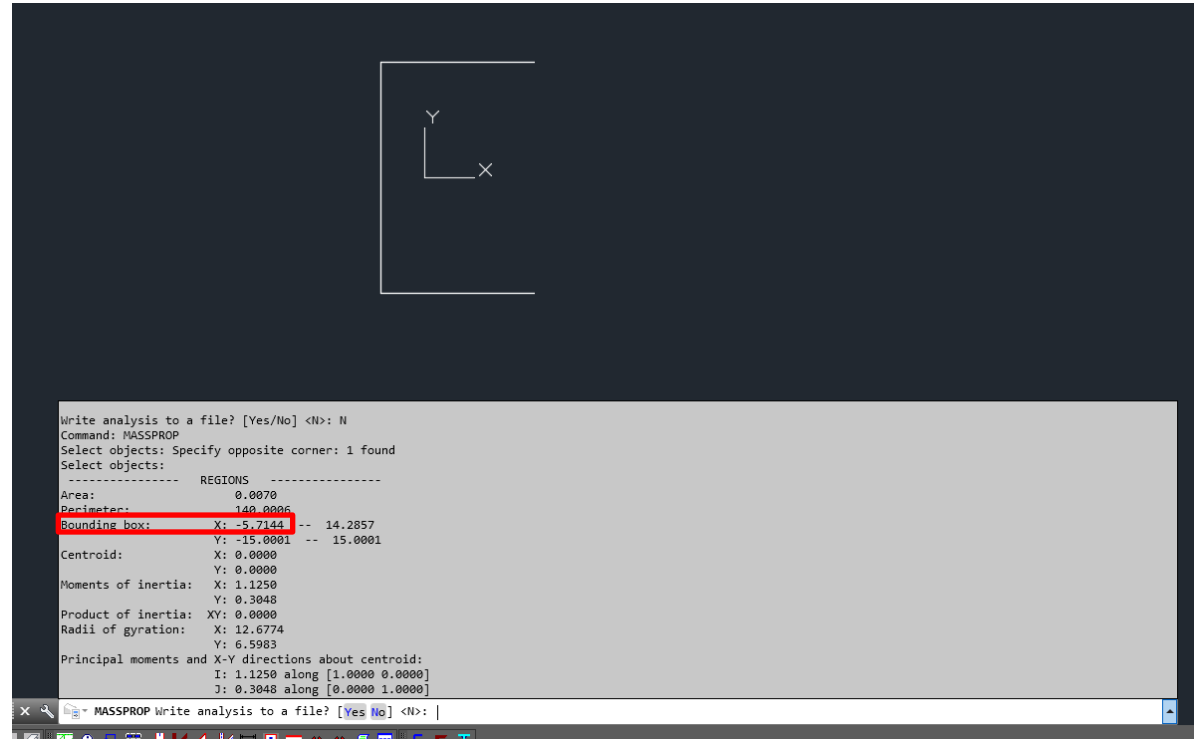
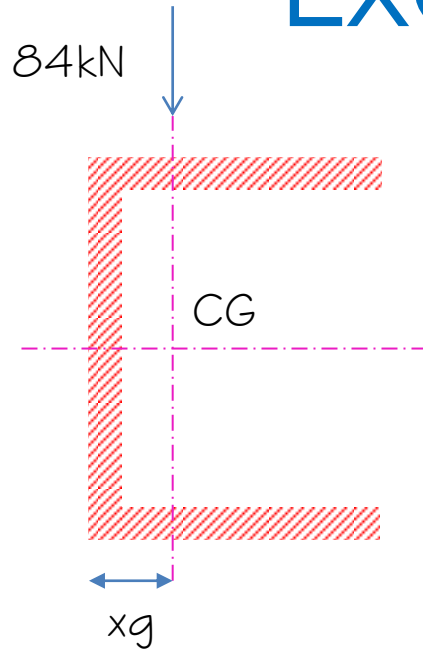
Aço ASTM A36

Tabela 10 — Tamanho mínimo da perna de uma solda de filete

Menor espessura do metal-base na junta mm	Tamanho mínimo da perna da solda de filete, d_w ^a mm
Abaixo de 6,35 e até 6,35	3
Acima de 6,35 até 12,5	5
Acima de 12,5 até 19	6
Acima de 19	8

^a Executadas somente com um passe.

Exercício 04



Exercício 04

Seções	Módulo resistente $W_x = I_x/y$	Momento de inércia polar $I_p (t = 1)$ em relação ao centro de gravidade
	$\frac{h^2}{6}$	$\frac{h^3}{12}$
	$\frac{h^2}{3}$	$\frac{h(3b^2 + h^2)}{6}$
	$b \cdot h$	$\frac{b(3h^2 + b^2)}{6}$
	$\frac{4bh + h^2}{6}$	$\frac{(b+h)^4 - 6b^2h^2}{12(b+h)}$
	$bh + \frac{h^2}{6}$	$\frac{8b^3 + 6b^2h + h^3}{12} - \frac{b^4}{2b+h}$
	$\frac{2bh + h^2}{3}$	$\frac{b^3 + 6b^2h + 8h^3}{12} - \frac{h^4}{2h+b}$
	$bh + \frac{h^2}{3}$	$\frac{(b+h)^3}{6}$
	$\frac{2bh + h^2}{3}$	$\frac{b^3 + 8h^3}{12} - \frac{h^4}{b+2h}$
	$bh + \frac{h^2}{3}$	$\frac{b^3 + 3bh^2 + h^3}{6}$
	πr^2	$2\pi r^3$

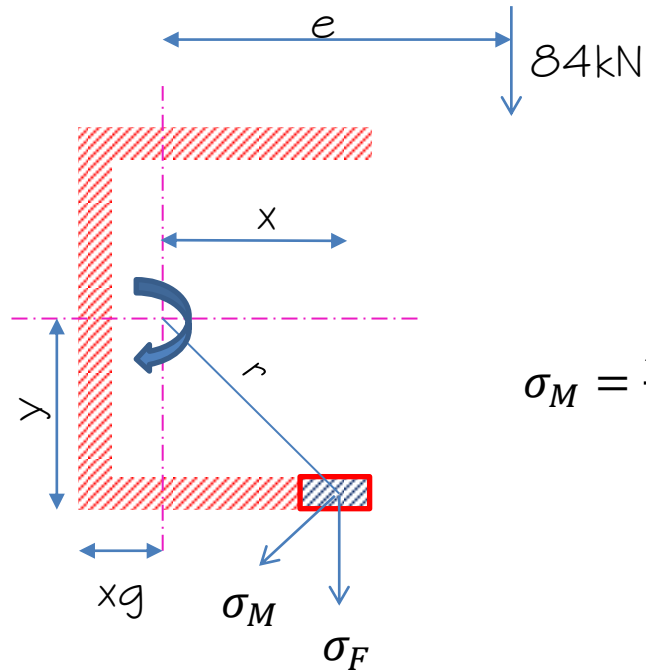
$$x_g = \frac{b^2}{2b + h}$$

$$x_g = \frac{20^2}{2 \cdot 20 + 30} = 5,71 \text{ cm}$$

$$I_{p(t=1)} = \frac{8 \cdot 20^3 + 6 \cdot 20 \cdot 30^2 + 30^2 + 30^2}{12} - \frac{20^4}{2 \cdot 20 + 30} = 14297 \text{ cm}^4 / \text{cm}$$

$$I_{p(t=0,7 \cdot 0,6 \text{ cm})} = 0,7 \cdot 0,6 \cdot 14297 = 6004,74 \text{ cm}^4$$

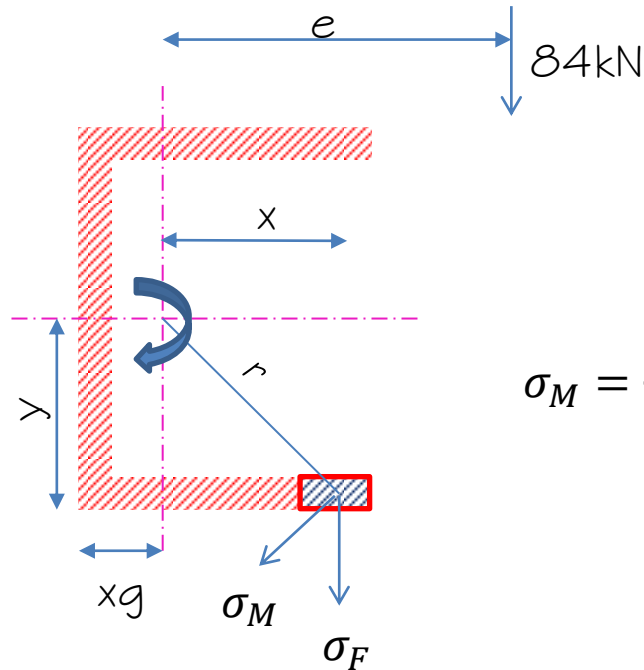
Exercício 04



$$\sigma_F = \frac{F}{\sum t \cdot L}$$

$$\sigma_M = \frac{F \cdot e}{I_p} \cdot r \begin{cases} \sigma_{M_x} = \frac{F \cdot e}{I_p} \cdot y \\ \sigma_{M_y} = \frac{F \cdot e}{I_p} \cdot x \end{cases}$$

Exercício 04

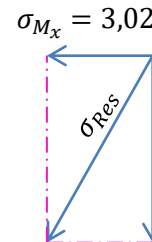


$$\sigma_F = \frac{84}{2 \cdot 20 + 30} = 1,20 \text{ kN/cm}$$

$$\sigma_M = \frac{F \cdot e}{I_p} \cdot r$$

$$\sigma_{M_x} = \frac{84 \cdot (40 - 5,71)}{14297} \cdot 15 = 3,02 \text{ kN/cm}$$

$$\sigma_{M_y} = \frac{84 \cdot (40 - 5,71)}{14297} \cdot (20 - 5,71) = 2,88 \text{ kN/cm}$$



$$\sigma_{M_y} + \sigma_F = 1,20 + 2,88 = 4,08 \text{ kN/cm}$$

$$\sigma_{Res} = \sqrt{4,08^2 + 3,02^2} = 5,07 \text{ kN/cm}$$

Resistência do Metal de solda

$$F_{w,Rd1} = \frac{0,60 \cdot A_w \cdot F_w}{1,35} \rightarrow F_{w,Rd1} = \frac{0,60 \cdot 0,7 \cdot 0,6 \cdot 1 \cdot 41,5}{1,35} \rightarrow 7,74 \text{ kN/cm}$$

Aprovado Perna de 6mm

Resistência do Metal Base

$$F_{w,AMB} = \frac{0,60 \cdot A_{MB} \cdot F_y}{1,10} \rightarrow F_{w,AMB} = \frac{0,60 \cdot 1,9 \cdot 1 \cdot 25}{1,10} \rightarrow 25,9 \text{ kN/cm}$$

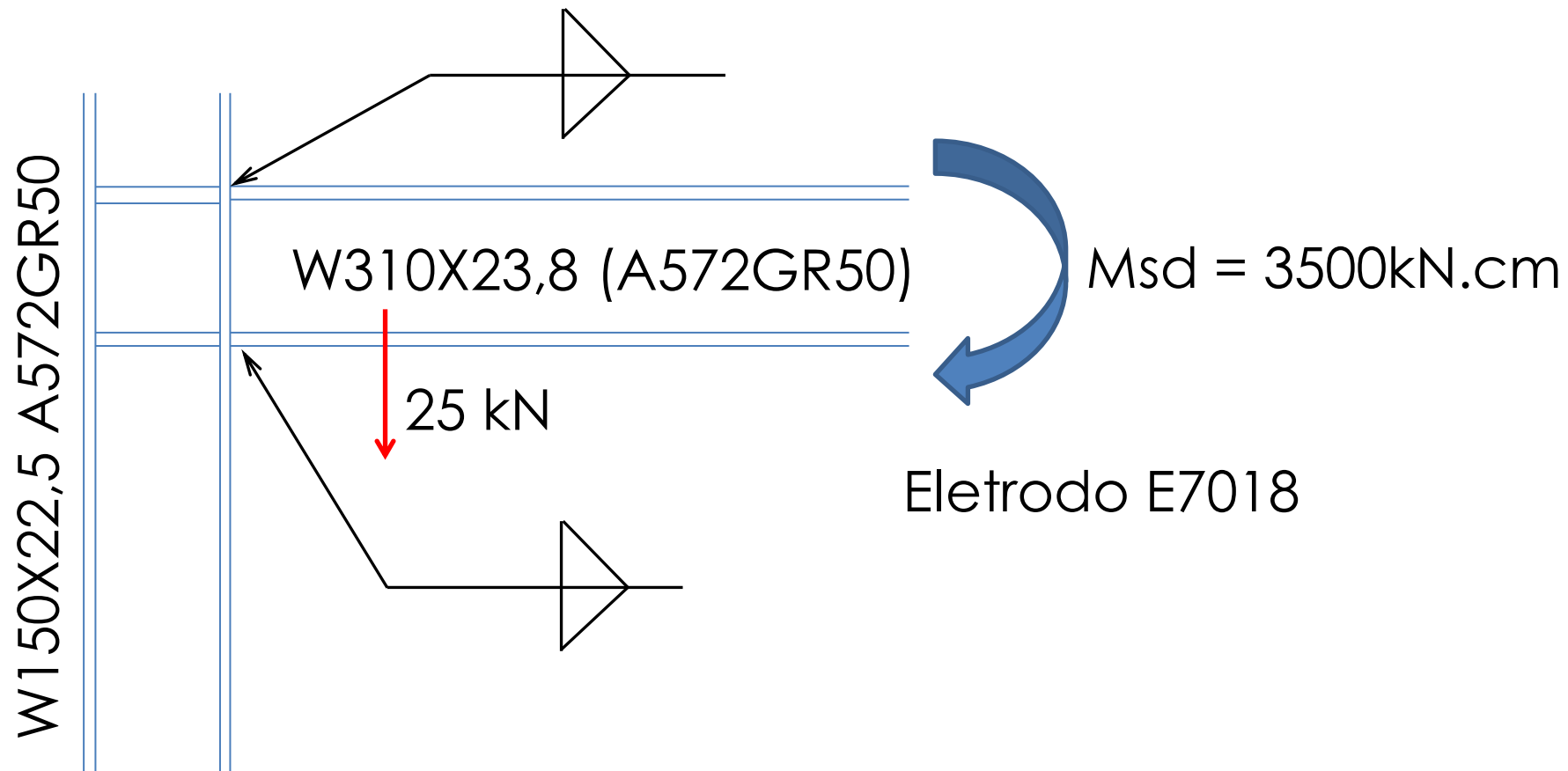
Ligações em Estruturas Metálicas

Ligações Soldadas

Aula 5

Curso de Projeto e Cálculo de Estruturas metálicas

Exercício 05 – Dimensione a solda



Exercício 05 – Dimensione a solda

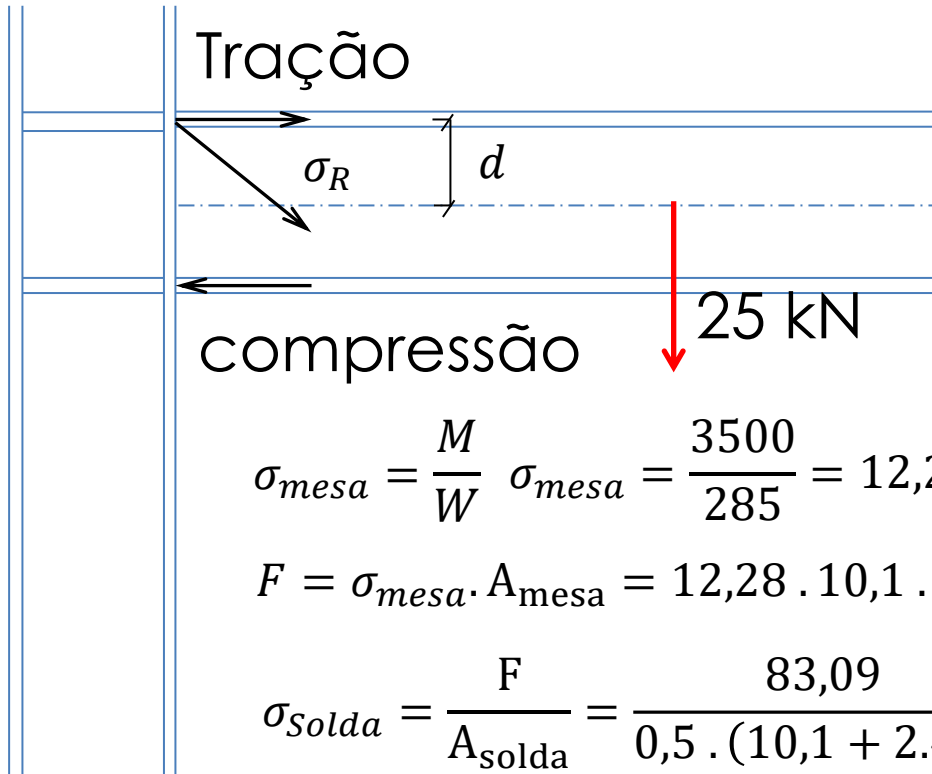
Tabela 10 — Tamanho mínimo da perna de uma solda de filete

Menor espessura do metal-base na junta mm	Tamanho mínimo da perna da solda de filete, d_w^a mm
Abaixo de 6,35 e até 6,35	3
Acima de 6,35 até 12,5	5
Acima de 12,5 até 19	6
Acima de 19	8

^a Executadas somente com um passe.

Perna Mínima: 5mm
Perna Máxima: 5mm

W150X22,5 A572GR50



$$\sigma_{mesa} = \frac{M}{W} \quad \sigma_{mesa} = \frac{3500}{285} = 12,28 \text{ kN/cm}^2$$

$$F = \sigma_{mesa} \cdot A_{mesa} = 12,28 \cdot 10,1 \cdot 0,67 = 83,09 \text{ kN}$$

$$\sigma_{solda} = \frac{F}{A_{solda}} = \frac{83,09}{0,5 \cdot (10,1 + 2 \cdot 4,1)} = 9,08 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_R = \sqrt{9,08^2 + \left(\frac{25}{36,6}\right)^2} = 9,10 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

Curso de Projeto e Cálculo de Estruturas metálicas

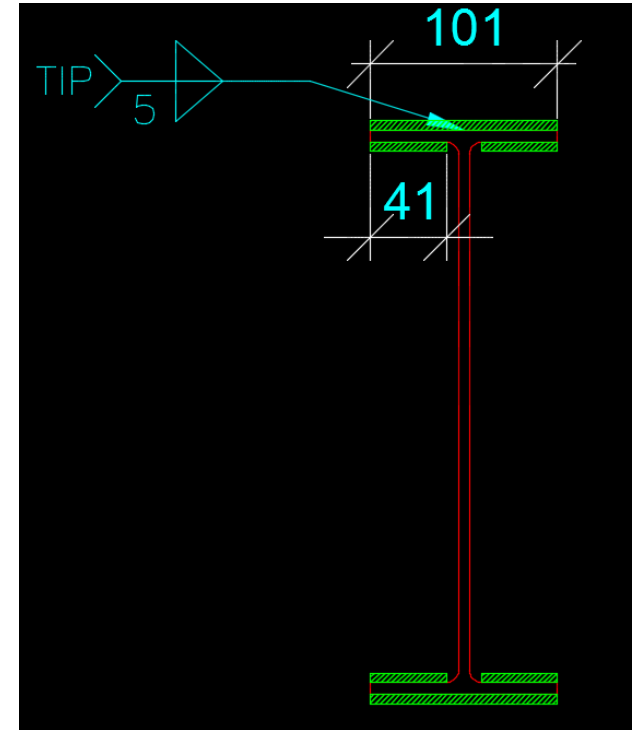
Exercício 05 – Dimensione a solda

$$N_{t,Rd} = \frac{0,6 \cdot A_w \cdot F_w}{1,35}$$

$$\frac{N_{tRd}}{A_w} = \frac{0,6 \cdot F_w}{1,35} = \frac{0,6 \cdot 48,5}{1,35} = 21,55 \text{ kN/cm}^2$$

$$N_{t,Rd} = \frac{0,6 \cdot A_{MB} \cdot F_y}{1,10}$$

$$\frac{N_{tRd}}{A_{MB}} = \frac{0,6 \cdot F_y}{1,10} = \frac{0,6 \cdot 25}{1,10} = 13,63 \text{ kN/cm}^2$$



Ambas as tensões resistentes são maiores que a tensão solicitante, portanto ligação aprovada