

Obras Cívis	1
Coberturas	1.05
Estrutura Metálica	1.05.02

01. DEFINIÇÃO

Consiste no fornecimento de materiais e mão-de-obra para fabricação e montagem de estruturas metálicas para coberturas de edificações.

Considerações Gerais

Estruturas Metálicas

São estruturas formadas por associação de peças metálicas ligadas entre si por meio de conectores ou solda. Estas peças têm suas seções transversais limitadas em função da capacidade dos laminadores e seus comprimentos limitados em função dos transportes disponíveis. Os conectores mais usados são os parafusos, uma vez que os rebites estão cada vez mais em desuso.

Estruturas Metálicas em Aço

Consideram-se como aquelas executadas com peças de perfiladas a partir de ligas de ferro e carbono forjável sem necessidade de tratamento, com teor máximo de carbono de 1,7%, conforme as Normas e Especificações pertinentes.

Principais tipos de aço

Especificação	Teor de Carbono %	Limite de escoamento kgf/mm ²	Tensão mínima de ruptura kgf/mm ²
ASTM A36	0,25 - 0,29	24	42 - 50
ASTM A242	<0,22	29 - 35	50 - 56

Notas: O aço ASTM A242, obtido pela adição de 0,25 a 0,40% de cobre, possui elevada resistência atmosférica. É produzido pela CSN e comercialmente denominado de CORTEN.

A Usiminas produz o aço SAC 50 semelhante ao ASTM A242, com tensão mínima de ruptura 50 kgf/mm².

Propriedades dos aços

Ductilidade - É a capacidade do material de se deformar sob a ação de cargas. Levando-se uma estrutura metálica à ruptura a mesma passa anteriormente por grandes deformações sinalizadoras.

Fragilidade - Sob determinadas condições os aços podem se tornar frágeis como por exemplo sob temperaturas extremadas (baixas temperaturas ambiente ou elevadas em caso de incêndios), podendo provocar rupturas bruscas sem avisos prévio.

Resiliência - É a capacidade de absorver energia mecânica por unidade de volume tracionada em regime elástico.

Tenacidade - É a capacidade de absorver energia total (elástica e plástica) por unidade de volume tracionada até a sua ruptura.

Fadiga - Denomina-se "efeito de fadiga" à ruptura de uma peça sob esforços repetidos, a uma tensão inferior à sua característica de ruptura.

Dureza - Denomina-se "dureza" à resistência à abrasão, ao risco ou à penetração de uma outra peça de dureza conhecida medida através de um dos três processos : Brinnel, Rockwell ou Shore.

Produtos Siderúrgicos para Estruturas

As chapas, barras e perfis laminados são fabricados em laminadores e passados sucessivas vezes até alcançarem as dimensões normatizadas.

As chapas são classificadas em grossas (espessura igual ou superior a 3/16"- 4,76mm) e finas, de acordo com a MSG (Manufacturer's Standard Gauge).

As barras possuem as dimensões da seção transversal muito pequenas em relação ao seu comprimento. Possuem seção quadrada, retangular alongada (barra chata) ou circular.

Os perfis laminados muito usados como peças estruturais, principalmente vigas, possuem seção transversal em "H", "I", "U" e "L"(cantoneiras)

ARAME COBREADO PARA SOLDA GERDAU

TIPOS	DIÂMETRO		TIPO DE EMBALAGEM	PESO POR EMBALAGEM	NORMAS TÉCNICAS ATENDIDAS
	in	mm			
MIG-MAG	0,60 0,80 0,90	1,00 1,20 1,60	CARRETE	15 a 20	AWS A 5.18-93 ER 70 S-6 DIN 8559
CHACUTÉNICA	1,59 2,34 3,18	3,97 4,76 4,76	SACO PLÁSTICO	10	AWS A 5.2-92
ARCOS SUBMARC	1,59 1,99 2,38 3,18	3,97 4,76 4,76	ROLO	25 a 30	AWS A 5.17-93 PARA OS 190S E-12 / EW-12K
TIG	1,59 2,38	3,98 4,76 4,76	TUBO DE FAMÍLIA	10	AWS A 5.18-93 ER 70 S-3

VIGAS "U"

TAMANHO NOMINAL		ALMA	ESPESURA DA ALMA		PESO APROXIMADO kg/m
polegada	mm		mm	polegada	
1" x 1/2" x 1/8"	25,40 x 12,70		3,18	0,125	1,20
1/4" x 1/2" x 1/8"	31,75 x 12,70		3,19	0,125	1,47
1/2" x 1/2" x 1/8"	38,00 x 12,70		3,19	0,125	1,63
2" x 1" x 1/8"	50,80 x 25,40		3,18	0,125	2,41
2" x 1" x 1/16"	50,80 x 25,40		4,76	0,188	3,40
3" x 1 1/2" x 1/8"	76,2 x 35,81	1"	4,32	0,170	6,10
3" x 1 1/2" x 1/16"	76,2 x 38,05	2"	6,55	0,258	7,44
4" x 1 1/2" x 1/8"	101,6 x 40,23	1"	4,67	0,183	8,04
4" x 1 1/2" x 1/16"	101,6 x 41,83	2"	6,27	0,246	9,30
6" x 2"	152,4 x 48,80	1"	5,08	0,200	12,20
6" x 2"	152,4 x 51,70	2"	7,98	0,314	15,60
8" x 2 1/4"	202,2 x 57,13	1"	5,59	0,220	17,10
8" x 2 1/4"	202,2 x 57,13	2"	7,70	0,301	20,35
10" x 2 5/8"	254,0 x 66,68	1"	6,10	0,240	22,77
10" x 2 5/8"	254,0 x 66,68	2"	9,63	0,379	29,76

TAMANHO NOMINAL		ALMA	ESPESURA DA ALMA		PESO APROXIMADO kg/m
polegada	mm		mm	polegada	
3" x 2 2/3" x 3/8"	76,2 x 59,2	1"	4,32	0,170	8,48
3" x 2 2/3" x 3/8"	76,2 x 61,2	2"	6,38	0,231	9,05
4" x 2 5/8"	101,6 x 67,6	1"	4,90	0,193	11,46
4" x 2 5/8"	101,6 x 69,2	2"	6,43	0,233	12,65
3" x 2"	127 x 76,2	1"	5,44	0,214	14,88
3" x 2"	127 x 79,7	2"	8,81	0,347	18,20
6" x 3 3/8"	152,4 x 84,6	1"	5,89	0,232	18,60
6" x 3 3/8"	152,4 x 87,5	2"	8,71	0,343	22,00
8" x 4"	203,2 x 101,6	1"	6,86	0,270	27,38
8" x 4"	203,2 x 101,6	2"	8,86	0,348	30,50
10" x 4 5/8"	254,0 x 117,5	1"	7,87	0,310	37,80
10" x 4 5/8"	254,0 x 117,5	2"	11,35	0,447	44,65

PERFIL "U" SIMPLES**PERFIL "U" ENRIJECIDOS****UDC (DORRADO DE CHAPA)**

DIMENSÕES	S	P	Jx	Wx	ix	ey	iy	Wy	Ir
h	B	d	w = r	cm²	kg/m	cm³	cm	cm	cm
mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm³	cm	cm³	cm
90	25	1,00	1,42	1,12	5,11	2,2	1,98	0,70	0,40
	2,00	1,38	1,66	2,96	1,94	0,71	1,07	0,60	0,78
	2,25	2,07	1,62	3,70	2,02	0,72	1,26	0,71	0,77
	2,65	2,38	1,86	8,66	3,44	1,90	0,75	1,43	0,82
	3,00	2,67	2,10	9,55	3,88	1,88	0,77	1,59	0,92
75	38	1,50	2,28	1,77	20,53	5,4	3,01	1,10	1,27
	2,00	2,20	2,30	31,10	6,5	2,99	1,12	4,55	1,58
	2,25	3,12	2,61	29,43	7,88	2,97	1,14	5,37	1,88
	2,65	3,84	3,01	31,56	8,9	2,95	1,16	6,15	2,17
	3,00	4,35	3,41	37,49	9,9	2,93	1,18	6,91	2,45
	3,75	5,32	4,17	44,71	11,9	2,89	1,22	8,34	3,00
	4,25	5,79	4,54	48,04	12,8	2,87	1,24	9,02	3,27
	4,75	6,48	5,09	57,75	14,0	2,85	1,27	10,00	3,66
100	40	1,50	2,64	2,07	29,95	7,9	3,86	0,96	4,05
	2,00	2,27	2,57	49,01	9,8	3,86	0,97	4,99	1,63
	2,25	3,89	3,04	57,67	11,5	3,84	0,99	5,89	1,22
	2,65	4,53	3,38	53,99	13,1	3,82	1,01	6,75	2,26
	3,00	5,11	4,78	54,97	14,7	3,80	1,03	7,65	2,22
	3,75	6,59	4,47	81,61	16,3	3,76	1,04	8,43	2,85
	4,25	6,77	4,92	89,99	17,7	3,76	1,06	9,22	3,14
	4,75	7,67	5,36	95,85	19,1	3,74	1,08	9,98	3,42
100	50	1,50	2,94	2,31	47,32	9,4	4,00	1,32	7,49
	2,00	2,27	2,57	49,01	9,8	3,86	0,97	4,99	1,63
	2,25	3,89	3,04	57,67	11,5	3,84	0,99	5,89	1,22
	2,65	4,53	3,38	53,99	13,1	3,82	1,01	6,75	2,26
	3,00	5,11	4,78	54,97	14,7	3,80	1,03	7,65	2,22
	3,75	6,59	4,47	81,61	16,3	3,76	1,04	8,43	2,85
	4,25	6,77	5,36	95,85	19,1	3,74	1,08	9,98	3,42
100	50	1,50	3,25	2,63	62,21	12,0	4,94	1,17	8,06
	2,00	3,27	3,41	101,30	15,9	4,92	1,19	9,98	2,61
	2,25	4,97	3,90	119,60	18,0	4,90	1,20	11,78	3,10
	2,65	5,04	3,95	79,60	15,7	3,94	1,26	12,59	3,48
	3,00	5,71	4,48	89,29	17,6	3,92	1,40	14,20	3,94
	3,75	6,38	5,00	97,57	19,5	3,91	1,41	15,73	4,40
	4,25	7,67	6,02	115,1	21,3	3,89	1,43	17,27	4,84
	4,75	8,09	6,91	203,10	31,90	4,80	1,45	18,74	5,26
127	50	1,50	3,25	2,63	62,21	12,0	4,94	1,17	8,06
	2,00	3,27	3,41	101,30	15,9	4,92	1,19	9,98	2,61
	2,25	4,97	3,90	119,60	18,0	4,90	1,20	11,78	3,10
	2,65	5,04	3,95	79,60	15,7	3,94	1,26	12,59	3,48
	3,00	5,71	4,48	89,29	17,6	3,92	1,40	14,20	3,94
	3,75	6,38	5,00	97,57	19,5	3,91	1,41	15,73	4,40
	4,25	7,67	6,02	115,1	21,3	3,89	1,43	17,27	4,84
	4,75	8,09	6,91	203,10	31,90	4,80	1,45	18,74	5,26
127	50	1,50	3,25	2,63	62,21	12,0	4,94	1,17	8,06
	2,00	3,27	3,41	101,30	15,9	4,92	1,19	9,98	2,61
	2,25	4,97	3,90	119,60	18,0	4,90	1,20	11,78	3,10
	2,65	5,04	3,95	79,60	15,7	3,94	1,26	12,59	3,48
	3,00	5,71	4,48	89,29	17,6	3,92	1,40	14,20	3,94
	3,75	6,38	5,00	97,57	19,5	3,91	1,41	15,73	4,40
	4,25	7,67	6,02	115,1	21,3	3,89	1,43	17,27	4,84
	4,75	8,09	6,91	203,10	31,90	4,80	1,45	18,74	5,26
127	50	1,50	3,25	2,63	62,21	12,0	4,94	1,17	8,06
	2,00	3,27	3,41	101,30	15,9	4,92	1,19	9,98	2,61
	2,25	4,97	3,90	119,60	18,0	4,90	1,20	11,78	3,10
	2,65	5,04	3,95	79,60	15,7	3,94	1,26	12,59	3,48
	3,00	5,71	4,48	89,29	17,6	3,92	1,40	14,20	3,94
	3,75	6,38	5,00	97,57	19,5	3,91	1,41	15,73	4,40
	4,25	7,67	6,02	115,1	21,3	3,89	1,43	17,27	4,84
	4,75	8,09	6,91	203,10	31,90	4,80	1,45	18,74	5,26
127	50	1,50	3,25	2,63	62,21	12,0	4,94	1,17	8,06
	2,00	3,27	3,41	101,30	15,9	4,92	1,19	9,98	2,61
	2,25	4,97	3,90	119,60	18,0	4,90	1,20	11,78	3,10
	2,65	5,04	3,95	79,60	15,7	3,94	1,26	12,59	3,48
	3,00	5,71	4,48	89,29	17,6	3,92	1,40	14,20	3,94
	3,75	6,38	5,00	97,57	19,5	3,91	1,41	15,73	4,40
	4,25	7,67	6,02	115,1	21,3	3,89	1,43	17,27	4,84
	4,75	8,09	6,91	203,10	31,90	4,80	1,45	18,74	5,26
127	50	1,50	3,25	2,63	62,21	12,0	4,94	1,17	8,06
	2,00	3,27	3,41	101,30	15,9	4,92	1,19	9,98	2,61
	2,25	4,97	3,90	119,60	18,0	4,90	1,20	11,78	3,10
	2,65	5,04	3,95	79,60	15,7	3,94	1,26	12,59	3,48
	3,00	5,71	4,48	89,29	17,6	3,92	1,40	14,20	3,94
	3,75	6,38	5,00	97,57	19,5	3,91	1,41	15,73	4,40
	4,25	7,67	6,02	115,1	21,3	3,89	1,43	17,27	4,84
	4,75	8,09	6,91	203,10	31,90	4,80	1,45	18,74	5,26
127	50	1,50	3,25	2,63	62,21	12,0	4,94	1,17	8,06
	2,00	3,27	3,41	101,30	15,9	4,92	1,19	9,98	2,61
	2,25	4,97	3,90	119,60	18,0	4,90	1,20	11,78	3,10
	2,65	5,04	3,95	79,60	15,7	3,94	1,26	12,59	3,48
	3,00	5,71	4,48	89,29	17,6	3,92	1,40	14,20	3,94
	3,75	6,38	5,00	97,57	19,5	3,91	1,41	15,73	4,40
	4,25	7,67	6,02	115,1	21,3	3,89	1,43	17,27	

Obras Civis	1
Coberturas	1.05
Estrutura Metálica	1.05.02

Os fios trefilados são obtidos puxando-se, a frio, uma barra de aço sucessivamente através de fieiras de diâmetros decrescentes. Os cabos e cordoalhas constituem associações de fios.

Os parafusos, porcas e arruelas constituem peças especiais . Os parafusos podem ser classificados em:

Comuns - obtidos em forja com aços de moderado teor de carbono, tendo, geralmente, numa extremidade, uma cabeça quadrada ou sextavada e na outra, rosca com porca .

Ajustados - são torneados e considerados peças de precisão.

De alta resistência - são produzidos com aços carbono temperado, sendo o mais comum o aço ASTM A325.

Estruturas Metálicas em Alumínio

São aquelas executadas com perfis confeccionados a partir de ligas de alumínio.

Tais ligas, além do aspecto decorativo, devem apresentar resistência mecânica e resistência a corrosão.

Conforme o fim a que se destina ou o seu fabricante pertencerão aos grupos binários (Al-Mn, Al-Mg, Al-Si ou Al-Mg₂Si) ou aos grupos ternários (Al-Mg-Si, Al-Mn-Mg, Al-Mn-Si, Al-Cu-Si, dentre outros).

Estruturas Metálicas Típicas para Coberturas

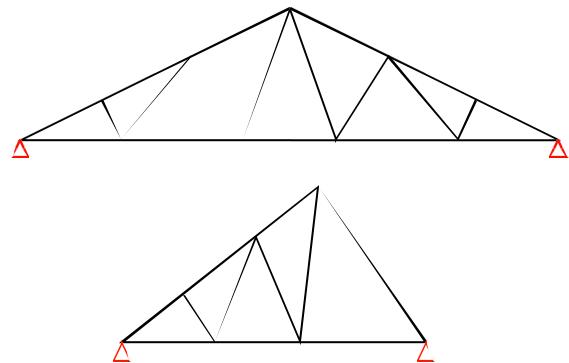


Figura 01. Treliças de Coberturas.

Ligações com solda

Nestas especificações serão consideradas somente as soldas por fusão, isto é, aquelas em que, através do calor, consegue-se a fusão local de duas peças em contato.

Nomenclatura e definições

Pontos de Solda - segmentos de solda, aplicados na montagem de oficina, para manter na posição adequada as peças a serem unidas.

Cordão de Solda - metal de solda depositado ao longo de uma junta formando um elemento contínuo.

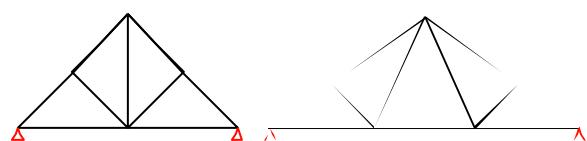
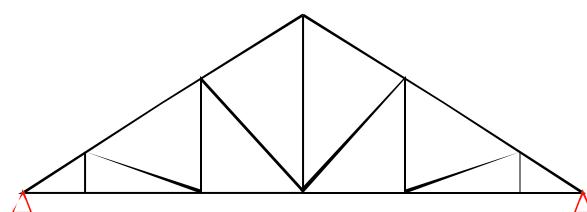
Cratera - depressão no cordão de solda, formado pelo arco voltaico no momento de sua extinção.

Solda de Filete (solda de ângulo) - solda de seção transversal aproximadamente triangular, unindo duas superfícies aproximadamente ortogonais.

Garganta de um Filete (altura de um filete) - altura relativa à hipotenusa do maior triângulo retângulo que puder ser inscrito na seção transversal do filete.

Lados de um Filete (pernas de um filete) - são os catetos do maior triângulo que puder ser inscrito na seção transversal de um filete.

Passe - metal de solda depositado em uma passagem do eletrodo ao longo do eixo da solda.



Obras Civis	1
Coberturas	1.05
Estrutura Metálica	1.05.02

Sobreposto - metal de solda escorrido sobre o metal base, sem fusão local.

Mordedura - depressão causada por fusão no metal base, ao pé da solda.

Raiz da Junta - zona da junta em que é menor o afastamento das peças a unir.

Abertura da Raiz - distância entre as peças a unir, na raiz da junta.

Junta de Topo - junta entre duas peças, topo a topo, dispostas aproximadamente no mesmo plano.

Chapa Auxiliar de Espera (cobre-junta) - material usado como apoio, atrás da junta, durante a soldagem, que evita o vazamento da solda através da fresta. Após a solda poderá ser retirada ou não.

Símbolos de Projeto

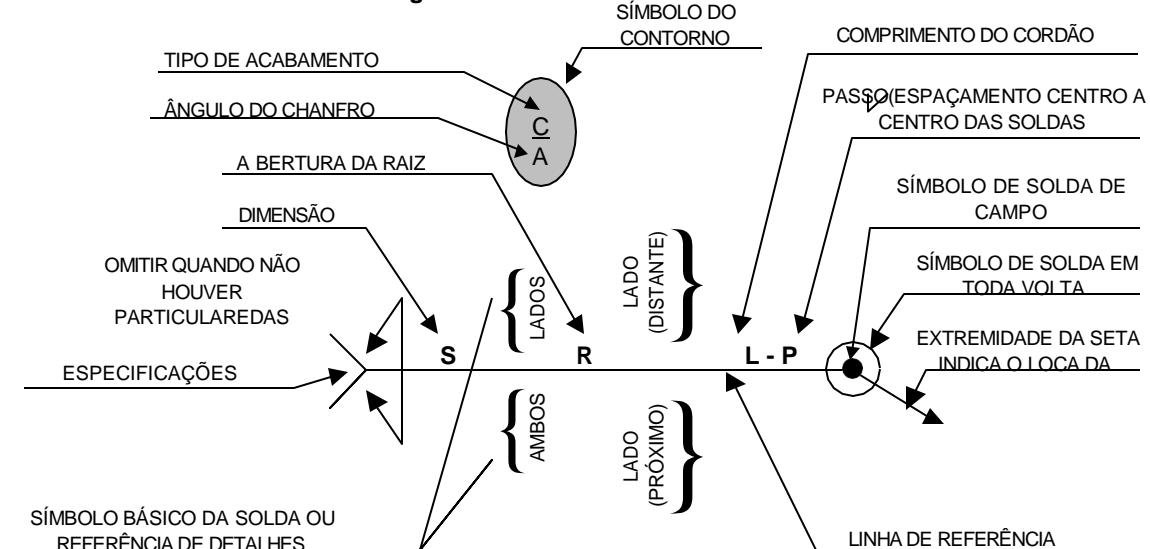
Símbolos Básicos

TIPO DE SOLDA		TOPO			
FILETE	SEM CHANFRO	COM CHANFRO			
	∨	BISEL	∪	J	
△		∨		ϒ	∪

Símbolos Suplementares

SOLDA PASSE EM TODA VOLTA	SOLDA NO CAMPO	ACABAMENTO DE SOLDA
○	•	—

Significado dos Símbolos de Solda



Obras Civis	1
Coberturas	1.05
Estrutura Metálica	1.05.02

Quanto à posição, as soldas poderão ser :

- ⑧ Verticais;
- ⑧ Horizontais;
- ⑧ Intermittentes;

⑧ Tipo sobre cabeça.

Quanto ao tipo, poderão ser :

- ⑧ de topo;
- ⑧ Tipo filete;
- ⑧ Intermittentes;
- ⑧ Tipo ranhura;
- ⑧ Tipo tampão.

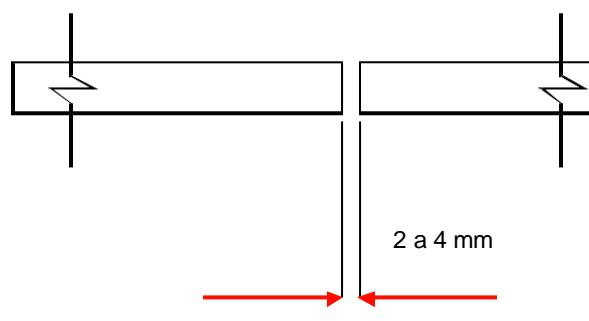
Notas: As soldas de topo, quando bem executadas, têm resistência igual ou maior que o metal base e não há necessidade de se calcular as tensões nelas desenvolvidas.

As soldas de ranhura ou tampão são aquelas de enchimento.

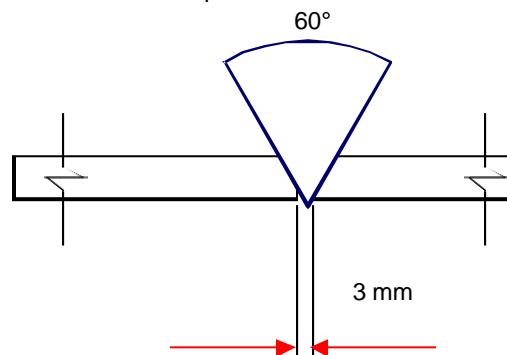
Nas soldas de topo as peças podem ser unidas com ou sem premetro das extremidades.

Os entalhes poderão ser :

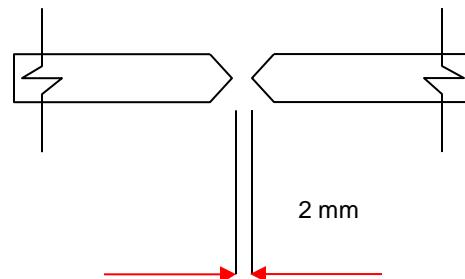
Entalhe Reto



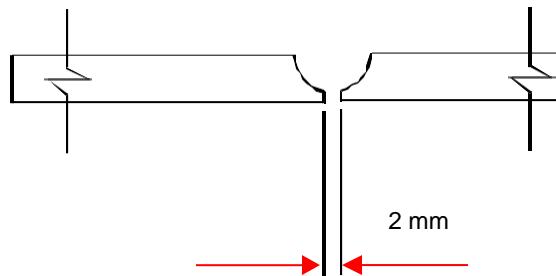
Entalhe em V Simples



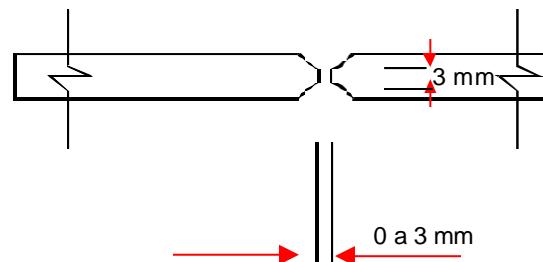
Entalhe em V Duplo



Entalhe em U Simples



Entalhe em U duplo



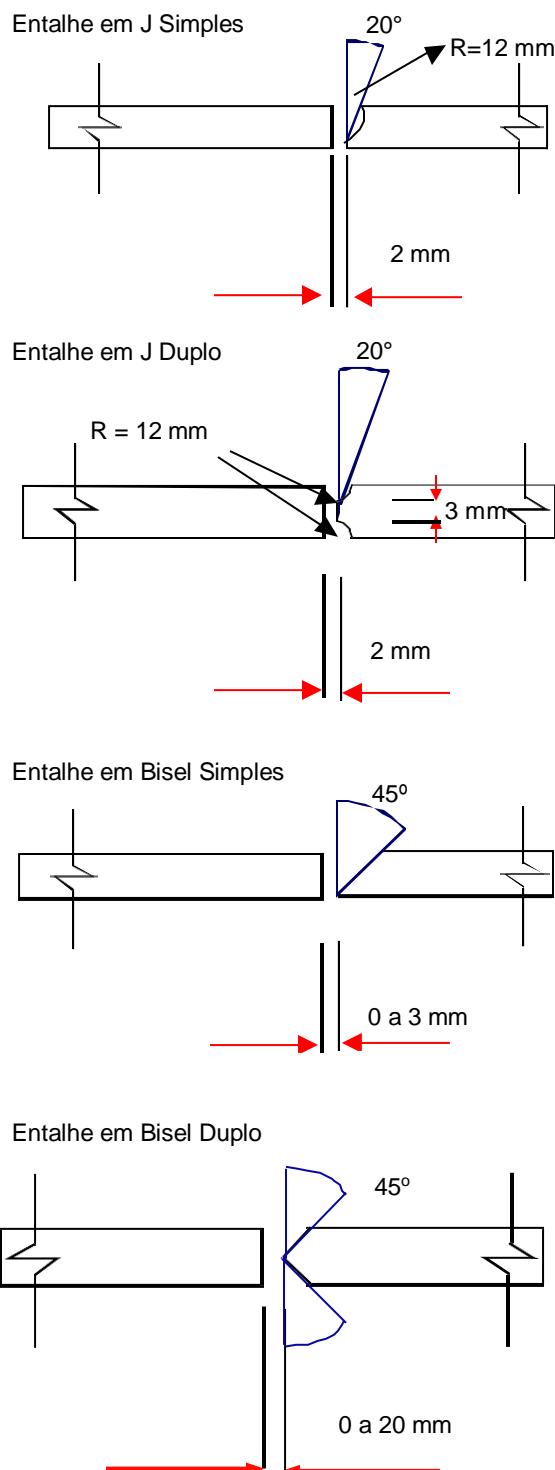


Figura 02. Tipos de Entalhes.

02. MÉTODO EXECUTIVO

A fabricação da estrutura obedecerá o projeto executivo e a especificação.

A Contratada elaborará um minucioso Plano de Trabalho para a montagem da estrutura compreendendo, pelo menos :

- ⑧ Cronograma de recebimento das peças no canteiro;
- ⑧ Cronograma referente à produção e montagem, considerando-se a pré-montagem da estrutura, as diversas fases da pintura na oficina e no campo, o transporte para o local da obra e a estocagem das peças no canteiro;
- ⑧ Esquema de controle de recebimento;
- ⑧ A lista das ferramentas e equipamentos com as respectivas quantidades a serem disponibilizados durante a montagem;
- ⑧ A definição de local para instalação da oficina;
- ⑧ Estudo do canteiro de obras como um todo, compreendendo barracões para almoxarifado, escritórios refeitórios e alojamentos;
- ⑧ Lay-out de estocagem das peças no canteiro, por dimensão e/ou peso, com definição das dimensões máximas das pilhas e das distâncias entre as mesmas em função dos equipamentos de manuseio e transporte interno a serem utilizados;
- ⑧ Estabelecimento e quantificação das áreas que deverão ser cobertas;
- ⑧ Estudo do suprimento e distribuição de energia elétrica para a montagem da estrutura e suas providências junto a concessionária local.
- ⑧ A identificação dos funcionários, devidamente habilitados e treinados, responsáveis pela segurança do trabalho durante as operações de transporte, manuseio e montagem;

Obras Civis	1
Coberturas	1.05
Estrutura Metálica	1.05.02

Cortes das Peças

Todos os cortes obtidos por tesoura ou maçarico deverão receber acabamento retirando-se rebarbas e entalhes. Os cantos reentrantes deverão ser arredondados com o maior raio possível, de forma a evitar o aparecimento de fissuras.

Ligações com Parafusos

Furação

Os diâmetros dos furos para parafusos não ajustados deverão ter uma folga máxima de 1,6 mm em relação ao diâmetro do parafuso.

No caso de parafusos ajustados, este valor da folga será de 0,5 mm.

Nas furações, a precisão deverá ser tal que, após a montagem, um pino de diâmetro igual 0,9 d, sendo “d” o diâmetro nominal do furo possa ser introduzido perpendicularmente às faces das peças sem deformar os furos.

As peças a serem furadas em conjunto deverão ser rigorosamente apertadas, para evitar a penetração de rebarbas entre as superfícies de contato.

Ligações com Solda

As ligações com solda serão executadas conforme definições em projeto, considerando-se sua posição, seu tipo e o tipo de entalhe nas peças a serem unidas.

Disposições Gerais

As disposições desta especificação referem-se à solda manual elétrica, isto é, a arco elétrico.

No caso de solda automática ou semi-automática, solda oxi-acetilênica ou outros métodos enquadrados como solda por fusão, deverão ser atendidas as particularidades de cada um desses processos e as recomendações dos fabricantes de equipamentos e dos materiais de adição correspondentes.

Nenhuma solda deverá ser executada sem que previamente hajam sido adequadamente determinados o tipo e diâmetro dos eletrodos, o tipo e regulagem do equipamento, o número de passes, a direção e a seqüência de solda a empregar, tendo em

consideração o metal base, o tipo de junta, a dimensão, a posição da solda e outros fatores relativos ao trabalho a ser executado.

Nos casos de soldas de maior responsabilidade deverá ser preparado plano de soldagem completo, acompanhado de esboços explicativos, no qual fiquem perfeitamente determinados não somente os elementos variáveis referidos no item anterior como também medidas especiais que se façam necessárias para minimizar as deformações e as tensões residuais introduzidas pela solda.

Preparação das Juntas

As superfícies a serem soldadas deverão estar isentas de umidade, óxido, escória, graxa, tinta e outros materiais estranhos. A película de óxido de laminação que resista a um forte escovamento e uma leve camada de óleo de linhaça poderão ser toleradas.

Superfícies a serem soldadas na montagem de canteiro não deverão, preferivelmente, receber pintura de oficina. Se pintadas todavia, a tinta, numa faixa de 5 cm de cada lado da junta, deverá ser completamente removida antes da execução da solda.

As superfícies a serem soldadas deverão apresentar-se lisas e uniformes, sem rebarbas, entalhes ou outros defeitos que possam prejudicar a solda.

Na preparação de bordas por corte a maçarico, este deverá ser, sempre que possível, guiado mecanicamente. A escória proveniente do corte deverá ser retirada.

Montagem Provisória das Peças para Soldagem

Peças que devam receber solda de filete deverão ser montadas de forma a assegurar o melhor contato possível. Se a separação entre as peças ultrapassar 1,5 mm, a dimensão da solda deverá sofrer acréscimo igual à separação correspondente. Em nenhum caso será admitida, todavia, separação maior que 5 mm.

A separação entre peças sobrepostas que se unam através de solda de filete não deverá, também, exceder de 1,5 mm, sendo que, no caso de não receberem solda em toda a volta, o ajuste entre as

Obras Civis	1
Coberturas	1.05
Estrutura Metálica	1.05.02

superfícies deverá ser tal que impeça a penetrações de água após a pintura (veja figura abaixo).

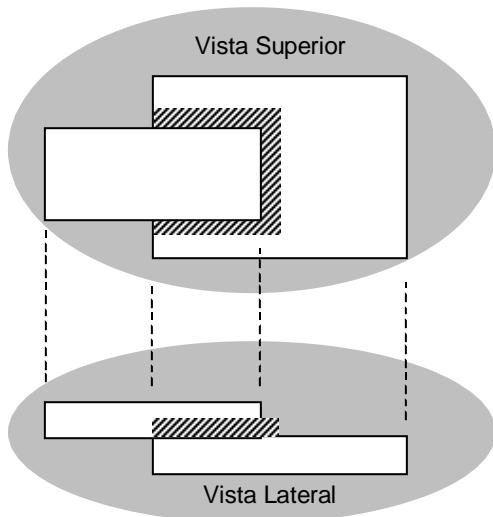


Figura 03. Detalhe de Ajuste de peças.

Peças que devam receber solda de topo deverão ser montadas de forma a assegurar o posicionamento cuidadoso dos eixos respectivos.

Erros nos cortes que provoquem desvio da posição do paralelismo das bordas superior a 3 mm deverão ser corrigidos. Ao fazer a correção, as peças não deverão girar, uma em relação à outra, no plano de posicionamento, de ângulo superior a 2°.

A montagem das peças para a execução da solda deverá ser feita por meio de pontos de solda, parafusos, grampos, cunhas, posicionadores ou outros dispositivos especiais, de forma que sejam mantidas firmemente e em posição correta. As peças deverão ser posicionadas de modo a compensar empenos e retracções previsíveis.

Pontos de solda utilizados na montagem de oficina, quando aplicados em locais que irão receber solda definitiva, deverão ser rigorosamente inspecionados, sendo-lhes exigida qualidade compatível com a imposta à solda final.

A aplicação da solda definitiva deverá ser precedida dos cuidados normais de limpeza e garantir a fusão completa com os pontos de solda existentes na junta. Pontos de solda defeituosos deverão ser previamente removidos.

Execução da Solda

O metal depositado deverá apresentar-se limpo, uniforme e sem falhas. Para tal, deverão ser adotadas precauções adequadas na soldagem como sejam: utilização de eletrodos revestidos, arco protegido por fluxo ou gás inerte ou outros meios que impeçam a combinação do metal em fusão com os gases da atmosfera.

A técnica de execução de soldagem a arco elétrico deverá assegurar:

- ® Que o metal base esteja em fusão ao entrar em contato com o metal de adição;
- ® Que o metal depositado não escorra sobre o metal base que não esteja em fusão;
- ® Que o metal base não sofra mordeduras ao longo das bordas de solda.

Cuidados especiais deverão ser tomados na manipulação do eletrodo ao abrir e fechar o arco. A cada interrupção, deste a abertura subsequente deverá ser feita adiante da solda já depositada para, num movimento de retorno, proceder ao completo enchimento da cratera. Em toda abertura do arco e, quando do término de um passe, na sua extinção, o eletrodo deverá ter seu curso retardado de forma a assegurar a perfeita fusão do metal base no início e o enchimento da cratera ao término do cordão.

Os cordões de solda de topo solicitados por tensões próximas das admissíveis deverão ser prolongados com o auxílio de barras curtas de extensão, preparadas de forma idêntica à da junta principal. Na remoção dessas barras, após o término da solda, dever-se-á das acabamento adequado às extremidades do cordão, que deverão facear com as bordas das peças soldadas.

No caso de peças de espessura inferior a 20 mm poderão ser dispensadas essas barras desde que, nas extremidades, a solda seja removida até ser encontrado metal sólido e são, efetuando-se, em seguida, o enchimento do trecho escavado até obter-se dimensões idênticas às da solda principal.

Em soldas de topo de penetração completa, executadas em ambos os lados, a raiz do cordão inicial deverá ser limpa completamente por maçarico, talhadeira ou outro processo adequado, antes de ser

Obras Cívís	1
Coberturas	1.05
Estrutura Metálica	1.05.02

feita a solda do lado oposto. Dispensa-se essa limpeza no caso de soldas na posição plana em juntas de topo sem chanfro, de peças com espessuras não superiores a 8 mm, com abertura na raiz superior ou igual à metade de espessura da peça mais delgada a soldar.

Em soldas de topo de penetração completa, executadas com chapa auxiliar de espera, do mesmo material que o metal base, o metal depositado deverá fundir-se com o metal da chapa de espera ao longo de toda a extensão da junta.

A chapa auxiliar de espera poderá ter removida após o término da soldagem, desde que nenhum dano seja causado ao metal base ou ao metal de solda e a superfície desta, respeitada a dimensão especificada, resulte plana ou ligeiramente convexa.

As soldas de topo de penetração incompleta deverão ser executadas com a maior penetração, uniformidade e limpeza interna que sejam possíveis obter para o tipo de junta e o método de soldagem empregado.

As soldas deverão ser executadas, sempre que praticável, na posição plana.

O processo e a seqüência de soldagem adotados em cada caso deverão ser tais que minimizem os efeitos da retração da solda, como empeno das peças e tensões residuais.

Ao se executar uma solda que deverá trabalhar à tração, deverão ser tomadas medidas especiais para que as partes que possam oferecer algum impedimento à retração tenham possibilidade de retrair-se, deformar-se ou deslocar-se suficientemente, a fim de evitar tensões residuais exageradas.

As soldas finais de um conjunto estrutural rígido, quando não for possível evitar elevadas tensões residuais de tração, deverão ser feitas, preferivelmente, em elementos submetidos à compressão.

A progressão da soldagem deverá ter o sentido dos pontos de menor para os pontos de maior liberdade relativa de movimento. Em geral, isto significará executar a solda do meio para as extremidades da junta.

Na fabricação de peças compostas, as emendas de oficina dos elementos componentes, quando necessárias, deverão ser executadas antes que esses elementos sejam soldados entre si.

Quando conveniente, cordões de solda constituídos de múltiplos passes poderão ser martelados com golpes leves de ferramenta de ponta arredondada. O martelamento deverá ser feito após o resfriamento da solda a uma temperatura suportável mas, ainda, sensível ao tato. Deverão ser adotadas precauções no sentido de evitar excesso de martelamento que provoque escamas ou deformações no metal de solda ou o torne suscetível a trincas.

Em peças submetidas a solicitações dinâmicas, o metal base com espessura superior a 26 mm, no local da solda, deverá ser pré-aquecido conforme indicado na tabela abaixo.

O pré-aquecimento deverá levar a superfície do metal base, numa faixa de 15 cm em torno da solda a ser executada, à temperatura especificada que deverá ser mantida como mínima, entre passes, durante toda a execução da solda.

Espessura da peça mais espessa no ponto de solda	Temperatura mínima de pré-aquecimento e entre passos			
	Processos de solda a baixo teor de hidrogênio	Outros processos		
Metal base	A7 e A36	A373	A7 e A36	A373
Acima de 26 e até 51 mm	10°C	-	95°C	40°C
Acima de 51 mm	65°C	40°C	150°C	95°C

O calor da solda depositada deverá se dissipar naturalmente, tão lento quanto possível, tanto do metal de soldas como do metal base. Em nenhum caso poderão ser adotadas medidas para acelerar o resfriamento.

Em casos especiais poderão ser empregados tratamentos térmicos após a solda para reduzir as tensões residuais e as deformações desde que planejados e controlados rigorosamente.

Obras Civis	1
Coberturas	1.05
Estrutura Metálica	1.05.02

Pintura da Estrutura

O preparo das superfícies, o tipo de tinta e o número de demãos dependerão da agressividade do meio ambiente a que as peças estruturais serão submetidas.

Preliminarmente, deverão ser removidos óleos, graxas e gorduras, através da aplicação de solventes emulsificáveis, seguida de lavagem com água abundante

Assim, considera-se satisfatório o esquema técnico abaixo :

	Ambiente		
Atividade	Rural, urbano afastado da faixa litorânea, industrial leve	Urbano litorâneo, industrial agressivo	Marinho
Preparo da Superfície	Jato abrasivo comercial, padrão de acabamento Sa 1 ou SSPC-SP6, ou, a critério da fiscalização, escovação mecânica.	Jato abrasivo "metal quase branco", padrão de acabamentos 2 ½ ou SSPC-SP10	Jato abrasivo "metal quase branco", padrão de acabamentos a 2 ½ ou SSPC-SP10
Base	Duas demãos de 50µm de espessura cada, de tinta de fundo sintético óxido de ferro secagem rápida	Duas demãos de primer epoxy poliamida, 2 componentes, 66µm cada, intervalo entre demãos:18 hs	Duas demãos de primer epoxy poliamida alta, espessura 100 µm cada, 2 componentes , intervalo entre demãos:12 hs
Pintura de Acabamento	Duas demãos de esmalte sintético	Duas demãos de Poliuretano Alifático, 2 componentes, intervalo entre demãos:24 hs	Três demãos de Poliuretano Alifático, 2 componentes , intervalo entre demãos:24 hs

Montagem

Preferencialmente, a estrutura será levada pronta para a montagem, devendo o construtor executar, no campo, os retoques em função de pequenas avarias localizadas.

03. CRITÉRIOS DE CONTROLE

Controle da Fabricação

Durante a fabricação, toda a estrutura será inspecionada, observando-se a obediência à concepção do projeto e a conformidade com os desenhos aprovados pelo seu autor.

Tal acompanhamento compreenderá as seguintes atividades:

- ⑧ Obtenção do Certificado de Qualidade do aço, compreendendo lote, tipo de aço, tensões nos ensaios de laboratório e data de fabricação;
- ⑧ Verificação dos eletrodos utilizados e da qualidade das soldas;
- ⑧ Aferição e controle das dimensões e espessuras das peças construídas;
- ⑧ Verificação das furações e, se incorretas, avaliação da possibilidade de serem efetuadas correções que não prejudiquem a segurança da ligação;
- ⑧ Verificação dos raios de curvatura do dobramento das chapas que devem ser compatíveis com a ductilidade do aço escolhido para a peça, observando sempre o aparecimento de micro fissuras durante tal operação;
- ⑧ Verificação do preparo das superfícies para pintura, quer através de lixamento, quer através de jateamento de areia.

Tolerâncias nas Dimensões

Para peças com ambas as extremidades aplinadas será admitida uma tolerância no comprimento especificado de + / - 1 mm.

Obras Civis	1
Coberturas	1.05
Estrutura Metálica	1.05.02

Para peças com extremidades não aplinadas serão admitidas as seguintes tolerâncias no comprimento especificado (C):

⑧ + / - 2 mm para $C \leq 5,0$ m;

⑧ + / - 3 mm para $5 < C \leq 15,0$ m;

⑧ + / - $1,2 \sqrt{C}$ mm para $C > 15,0$ m.

Controle da Montagem

A montagem da estrutura metálica deverá ser considerada no planejamento global da obra onde está inserida, de maneira a não obstacular o desenvolvimento de outros serviços.

Toda e qualquer peça deverá ser inspecionada no recebimento para observação quanto a avarias na pintura e deformações ou empenamentos decorrentes do içamento, carga, transporte e descarga no canteiro.

A carga das peças deverá ser realizada de tal forma a facilitar a descarga e o consequente empilhamento na ordem de retirada para montagem.

Todos os travamentos e escoramento provisórios deverão ser executados rigorosamente alinhados e a prumo como se definitivo fossem.

Todas as locações e nivelamentos serão executadas a aparelho topográfico por profissional de comprovada experiência.

As peças individuais serão consideradas aprumadas, niveladas e alinhadas quando o erro apresentado não ultrapassar a 1/500 do respectivo comprimento.

Os cortes, recortes ou furações na obra deverão ser evitados ao máximo face às precárias condições técnicas de execução quando comparadas com as condições da oficina. Serão admitidos, desde que em pequena escala de ocorrência, a título de pequenas correções de ajustagem.

Todo parafuso ao ser apertado manualmente ou com torquímetro será sinalizado com tinta como forma efetiva e segura de controle. Quando for utilizado o torquímetro, este deverá ser aferido com a freqüência recomendada pelo INMETRO ou outro Instituto de Tecnologia assemelhamento.

As áreas de contato dos parafusos de alta resistência deverão ser inspecionadas e verificada a existência de ferrugem, rebarbas, pintura etc.

Deverão ser verificadas todas as peças que entrarão em contato com o concreto, não devendo as mesmas serem pintadas.

Também não deverão ser pintadas, na oficina, as superfícies a serem soldadas no canteiro, até uma distância de pelo menos 50 mm de cada lado da junta.

Faz parte do controle de montagem a execução da proteção contra o fogo das partes vitais da estrutura as quais deverão estar identificadas no projeto, inclusive com indicação da proteção a ser adotada.

A CONTRATADA deverá proceder os testes exigidos pela Fiscalização, devendo a última estar presente durante sua execução. Deverão ser fornecidas, à Fiscalização os certificados de teste de todos os materiais ou os certificados de concordância com a Norma Brasileira. O aceite de relatórios, certificados ou da desistência de qualquer parte desta inspeção não isentará a CONTRATADA da responsabilidade de fornecimento do material em concordância com esta Especificação.

Os testes serão executados em amostras selecionadas ao acaso de cada lote de material.

Os parafusos deverão ser submetidos ao “teste de cunha e resistência à tração” e deverão satisfazer às cargas mínimas especificadas. Os parafusos deverão revelar seus limites de resistência pela sua quebra, quando puxados com a porca no lugar, e seus limites de resistência pela sua quebra, quando puxados com a porca no lugar, e não pelo espaçamento das roscas, mesmo que apresentem falha acima da carga mínima de ruptura.

Controle de Qualidade da Solda

Todas as soldas deverão ser inspecionadas por técnicos habilitados e credenciados aos quais serão dadas todas as condições de acesso e desempenho.

A inspeção consistirá, em geral, no acompanhamento da execução pela observação, sob a proteção de máscara apropriada, a intervalos regulares, da técnica e habilidade empregadas por cada soldador ou operador, a fim de verificar que estejam sendo obtidos

Obras Civis	1
Coberturas	1.05
Estrutura Metálica	1.05.02

fusão completa, penetração adequada e metal de solda limpo.

Essas observações deverão ser feitas com maior freqüência no caso de soldas executadas em condições adversas ou de difícil acesso.

A inspeção deverá verificar o tamanho, comprimento e localização de todas as soldas examinando-as cuidadosamente quanto aos defeitos superficiais e acabamento.

Uma cuidadosa e sistemática verificação deverá ser feita para assegurar que nenhuma solda prevista nos desenhos seja omitida.

Ensaios magnéticos, radiografias, provas destrutivas ou outros métodos adequados serão empregados quando explícita e previamente determinados ou quando se façam necessários para complementar a inspeção visual.

Os planos de soldagem deverão ter o seu cumprimento fiscalizado.

Todos os soldadores ou operadores deverão estar devidamente qualificados de acordo com o MB-262.

A Fiscalização exigir, na execução de peças de maior responsabilidade, que os operadores e soldadores possuam marcas apropriadas com as quais identifiquem os trechos de solda por eles executados.

Defeitos e Tolerância de Fabricação

Os cordões de solda deverão apresentar superfície lisa e uniforme e obedecer às dimensões estabelecidas pelo projeto, não se admitindo, em qualquer ponto, dimensões inferiores às especificadas. Serão toleradas exceções nas dimensões das soldas, desde que não envolvam imperfeições acentuadas de forma, nem provoquem deformações ou tensões de retração consideráveis.

A superfície das soldas de filete poderá ser ligeiramente convexa, plana ou ligeiramente côncava.

Exceto em cantos externos a convexidade "c" não deverá exceder o valor $0,1 b + 1 \text{ mm}$, onde "b" é o tamanho da solda de filete, conforme figura a seguir:

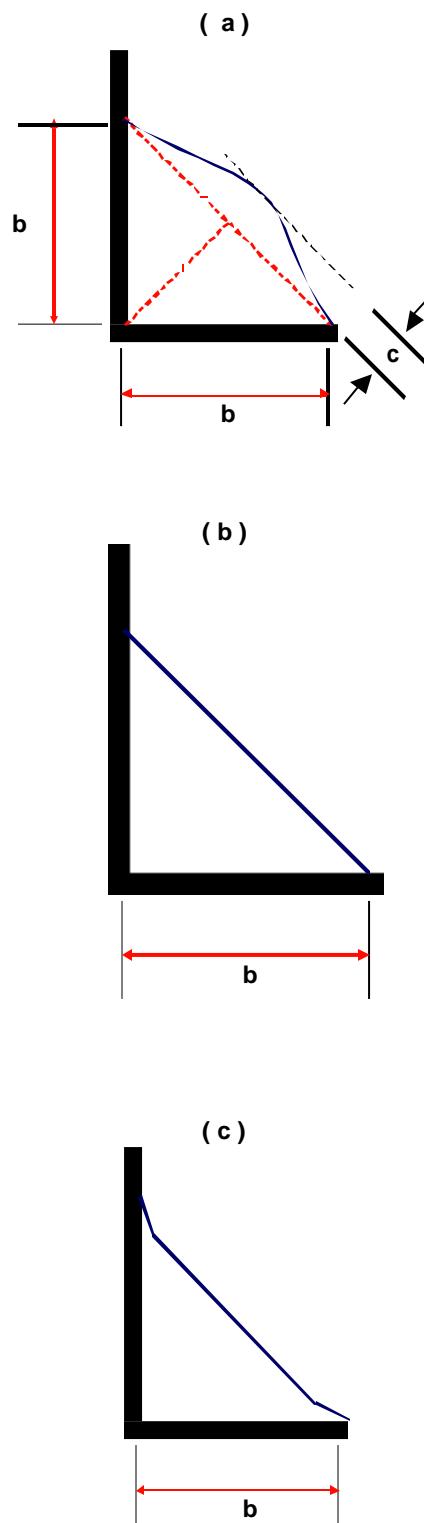


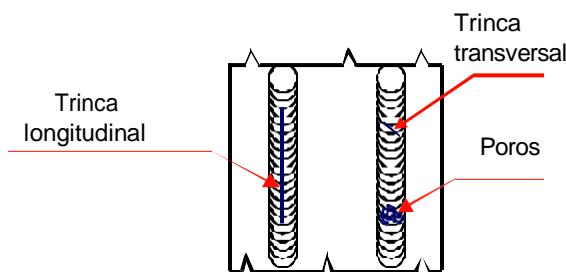
Figura 04. Superfícies de Soldas de Filete.

Estrutura Metálica

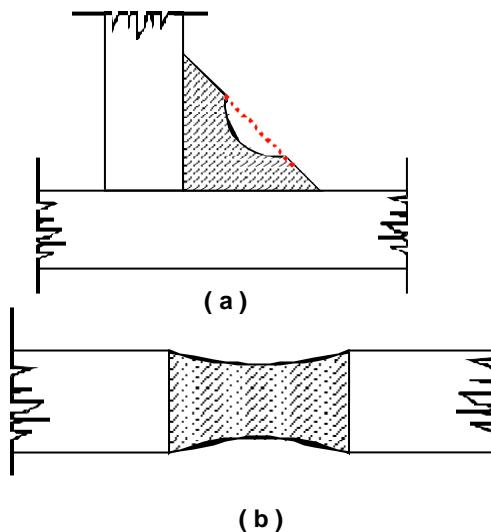
A superfície das soldas de topo poderá apresentar ligeira convexidade a fim de assegurar plenamente a área da seção transversal da junta. A altura da convexidade "c" não deverá, neste caso, exceder 3 mm.

Serão causa de rejeição das soldas executadas defeitos como os abaixo indicados sempre que excedam as tolerâncias estabelecidas pela Fiscalização.

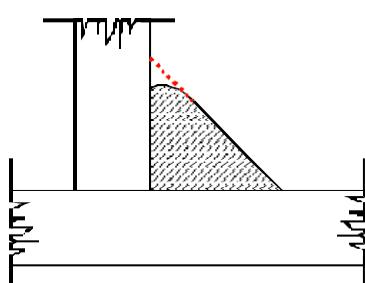
1)



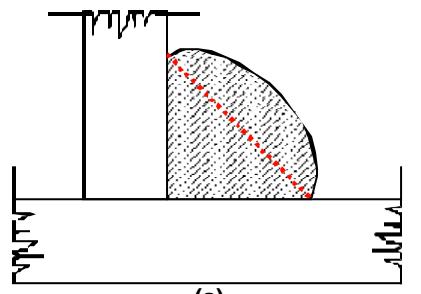
2) FALTA DE GARGANTA



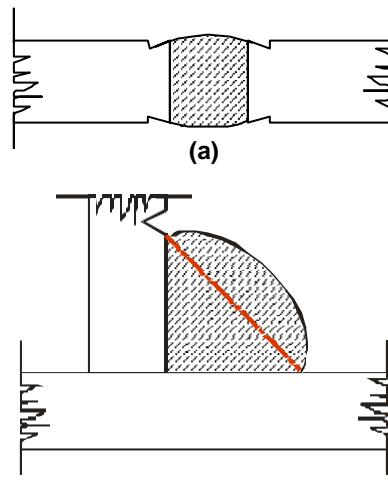
3) FALTA DE LADO



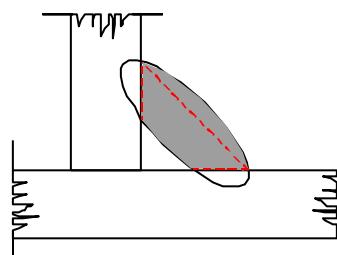
4) CONVEXIDADE EXCESSIVA



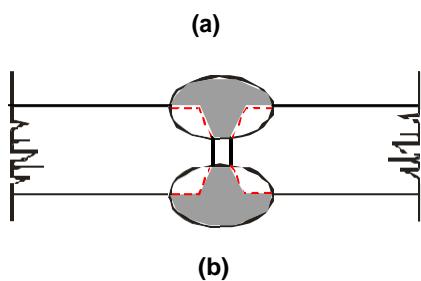
5) MORDEDURA DO METAL BASE



6) FALTA DE FUSÃO OU DE PENETRAÇÃO



Obras Civis	1
Coberturas	1.05
Estrutura Metálica	1.05.02



7) SOBREPOSTO

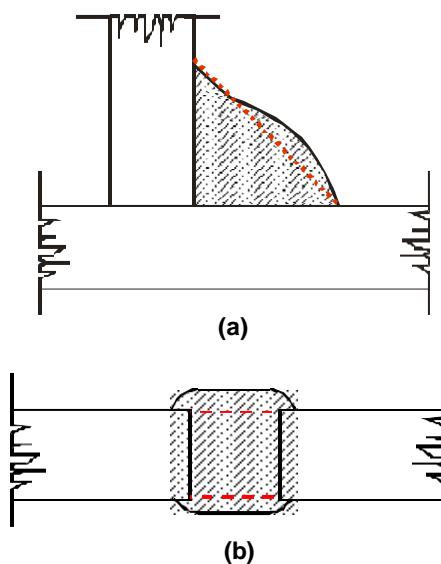


Figura 05. Soldas – Defeitos Inaceitáveis.

Métodos Corretivos

Os defeitos superficiais das soldas executadas poderão ser corrigidos pela limpeza ou remoção, com ou sem aplicação de solda adicional. No caso de defeitos internos, tais como trincas, inclusões de escória, porosidade excessiva e outros, a solda deverá ser removida completamente em toda a zona afetada e substituída por solda isenta dos defeitos mencionados.

Soldas trincadas no sentido longitudinal deverão ser removidas em toda a sua extensão, a menos que, pelo emprego de método adequado, se possa determinar com segurança os limites da trinca para delimitação da zona a ser removida, que deverá ser,

no mínimo, igual à extensão da trinca, acrescida de 5 mm para cada lado

Sempre que a execução da correção exigir a deposição de solda adicional não se deverá utilizar eletrodo de diâmetro superior a 5 mm.

Peças com imperfeições de montagem ou alinhamento poderão ser desmembradas por corte e ressoldadas. Peças com deformações devidas aos efeitos do calor introduzido pela solda poderão ser desempenhadas por meios mecânicos ou pela aplicação cuidadosamente controlada de calor; a temperatura das áreas aquecidas não deverá exceder 650°C.

Controle de Defeitos Superficiais

Controle com Líquidos Penetrantes

O método consiste em, sobre a superfície previamente limpa e isenta de graxas, óleo etc., espalhar um líquido penetrante e de baixa tensão superficial contendo um pó fluorescente que penetra no capilar. Seca-se a superfície e aplicar-se um revelador a base de talco ou gesso o qual absorve o líquido penetrante existente nas cavidades. Com a ajuda de uma lâmpada ultravioleta pode-se analisar as manchas formadas indicadoras dos defeitos superficiais.

Controle Magnetoscópico

Consiste na magnetização da peça a controlar, obtendo-se um desvio das linhas de força do campo magnético em correspondência a cada descontinuidade. Caso o defeito se encontre próximo à superfície, as linhas de força o circundarão saindo da peça e fechando-se através do ar. Aplicando-se um revelador magnético sobre a superfície da peça haverá um adensamento onde as linhas de força exercerem atração. A ocorrência da falta de uniformidade na distribuição do revelador denunciará os defeitos superficiais.

Controle de Descontinuidades Internas

Controle Radiográfico

São empregados Raios X através de aparelhos especiais, ou Raios γ , emitidos por isótopos radioativos (Irídio 192, Césio 137 ou Cobalto 60). Tais raios atravessam os materiais a serem inspecionados

Obras Civis	1
Coberturas	1.05
Estrutura Metálica	1.05.02

e, do outro lado, impressionam uma emulsão fotográfica. Existindo uma cavidade no material analisado, o filme apresentará um enegrecimento nesta região.

Ao contrário da cavidade, havendo excesso de espessura, o filme apresentará uma mancha mais clara.

A interpretação das radiografias se faz em aparelhos chamados negatoscópicos e requer suficiente conhecimento e experiência, pois constitui o mais importante dos Testes de Aceitação de soldas em estruturas.

Controle por Ultra-Som

Este teste é geralmente realizado por firmas especializadas. Baseia-se nas propriedades das ondas acústicas ao incidirem sobre superfícies de separação entre dois meios de diferentes características acústicas, tais como densidade, velocidade e impedância.

Segurança do Trabalho

Todo o pessoal envolvido na obra trabalhará uniformizado. Será obrigatório o uso de capacetes, luvas, óculos de proteção, perneira e protetor toráxico para os envolvidos com solda, esmerilhadeira ou corte, calçados de alta aderência e cintos de segurança do tipo pára-quedista.

Deverão ser instaladas redes de proteção.

Nas áreas de jateamento serão tomadas todas as medidas visando preservar a saúde do trabalhador, observando-se as Normas de Segurança e Medicina do Trabalho, em particular a NR15 : "Atividades e Operações Insalubres"

04. CRITÉRIOS DE MEDAÇÃO E PAGAMENTO

Os serviços serão medidos pelas áreas de projeção horizontal (área delimitada pelas linhas da projeção do telhado), em metros quadrados, conforme dimensões do projeto.

O pagamento será efetuado por preço unitário contratual, conforme medição aprovada pela Fiscalização.

05. DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

Estruturas Metálicas em Geral

FONTE	AUTOR	EDITORA
Estruturas Metálicas - Projeto e Detalhes para Fabricação	Arthur Ferreira dos Santos	Editora McGraw-Hill
Estruturas de Aço	Walter Pfeil	Livros Técnicos e Científicos Editora S/A
Dimensionamento Prático Segundo as Normas Brasileiras	Walter Pfeil	Livros Técnicos e Científicos Editora S/A
Caderno de Encargos	Eng. Miller Fernandes Guedes	Editora PINI

Estruturas Metálicas em Aço

FONTE	CÓDIGO	DESCRÍÇÃO
ABNT	EB-782/85(NBR 9971)	Elementos de fixação dos componentes das Estruturas Metálicas
ABNT	EB-1742/86	Aços para perfis laminados, chapas grossas e barras usadas em estruturas fixas.

Obras Civis	1
Coberturas	1.05
Estrutura Metálica	1.05.02

ABNT	MB-4/77 (NBR 6152)	Material metálico - Determinação das propriedades mecânicas à tração
ABNT	MB-5/88 (NBR 6153)	Produto metálico - Ensaio de dobramento semiguiado
ABNT	NB -14/86 (NBR 8800)	Projeto e execução de estrutura de aço para edifícios - Método dos estados limites
ABNT	NB -143/67	Cálculo das estruturas de aço constituídas por perfis leves
ABNT	PB-347/79 (NBR 6355)	Perfis estruturais de aço formados a frio
ABNT	PB-348/78 (NBR 5884)	Perfis estruturais soldados de aço

Estruturas Metálicas em Alumínio

FONTE	CÓDIGO	DESCRÍÇÃO
ABNT	CB-32/79 (NBR 6834)	Alumínio e suas ligas
ABNT	CB-79/80 (NBR 6835)	Alumínio e suas ligas - Têmperas
ABNT	CB-131/85 (NBR 8968)	Tratamento de superfície do alumínio e suas ligas
ABNT	EB-1259/81(NBR 7000)	Alumínio e suas ligas - Propriedades mecânicas de produtos estrudados
ABNT	EB-1421/83 (NBR 8117)	Alumínio e suas ligas - Barras, arames, perfis e tubos extrudados
ABNT	EB-1422/83 (NBR 8118)	Alumínio e suas ligas - Arames e Barras
ABNT	MB-2411/85 (NBR 9243)	Alumínio e suas ligas - Tratamento de superfície - Determinação da qualidade de selagem da anodização pelo método de perda de massa
ABNT	PB-986/82 (NBR7823)	Alumínio e suas ligas - Chapas - Propriedades mecânicas
ABNT	TB-165/80 (NBR 6599)	Alumínio e suas ligas - Processos e produtos
ABNT	PB-1018/83 (NBR 8116)	Alumínio e suas ligas - Tolerâncias dimensionais de produtos extrudados