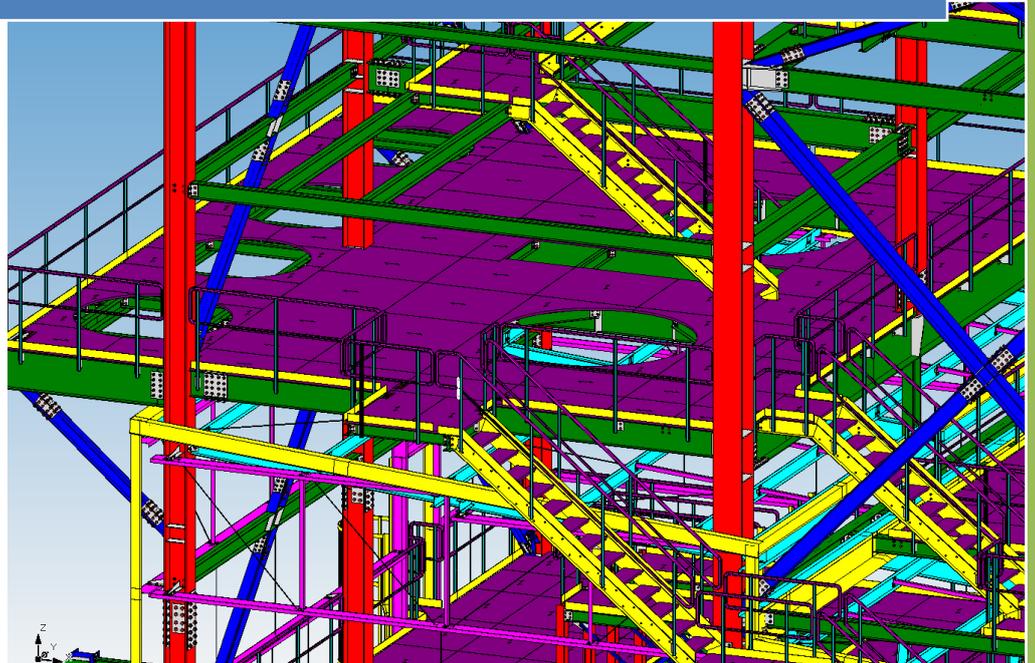


2020

Curso de Detalhamento Fundamentos e Prática atual



Eng. Bernardo Rath Garcia

Capítulo 1 – Introdução

O objetivo deste trabalho é fornecer informações teóricas de embasamento aplicadas à realidade atual de detalhamento, ou seja, incluindo e entendendo como funcionam as ferramentas atuais de detalhamento. Também serão apresentadas práticas e recomendações para o processo e gerenciamento do detalhamento.

Como em qualquer área da engenharia, existem padrões e nomenclaturas próprias do mercado de estruturas metálicas. Estas padronizações e nomenclaturas ajudam o entendimento dos projetos, sejam eles feitos por escritório de projeto ou fabricante. A padronização de desenhos, que segue a norma americana do AISC, tem sofrido adaptações e simplificações por conta das tecnologias atuais de projeto.

Atualmente, os detalhamentos são feitos utilizando-se softwares 3D capazes de aumentar a produtividade e confiabilidade do projeto final. Os desenhos e demais informações são enviadas eletronicamente, o que confere agilidade. Mas todas estas “novidades” escondem algumas armadilhas, que vamos discutir nas recomendações e boas práticas de projeto.

O aço e suas características

O aço é um composto de ferro e outros metais que lhe conferem propriedades tais como alta resistência mecânica e ductilidade (capacidade de se deformar). O aço usado para estruturas são produzidos pelas siderúrgicas (Arcelor Mittal, Usiminas, CSN, Gerdau e outras) e chegam às fábricas para serem trabalhadas.

Existem diferentes tipos de aço disponíveis no mercado, e é muito importante definir adequadamente quais devem ser usados nas peças que detalhamos. Esta importância ficará evidente quando discutirmos a elaboração das listas de materiais, que sempre incluem uma coluna discriminando a qualidade do aço utilizado para cada item.

Entre as propriedades do aço, as mais comuns e necessárias ao detalhamento são:

- a. Massa específica: 7.850Kg/m³
- b. Módulo Elasticidade $E = 200.000$ MPA

A NBR 7007 tem por objetivo estabelecer requisitos mínimos para os aços carbono e os chamados aços microligados, laminados a quente para aplicação em perfis para uso estrutural. Os aços abrangidos por essa norma são classificados segundo suas propriedades mecânicas, nos seguintes graus: o aço carbono NBR 7007 grau MR 250 e os aços microligados NBR 7007 grau AR 350, NBR 7007 grau AR 415 e NBR 7007 grau AR 350 COR.



Fundada em 1940, a ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas – é o órgão responsável pela normalização técnica no Brasil, fornecendo a base necessária ao desenvolvimento tecnológico nacional. É uma entidade privada, sem fins lucrativos, reconhecida como Fórum Nacional de Normalização – ÚNICO – através da Resolução n.º 07 do CONMETRO, de 24.08.1992. É membro fundador da ISO (*International Organization for Standardization*), da COPANT (Comissão Pan-americana de Normas Técnicas) e da AMN (Associação Mercosul de Normalização).

Página: <http://www.abnt.org.br/>

Propriedades mecânicas e equivalências com a ASTM

NBR 7007					Norma americana				
GRAU	LIMITE DE ESCOAMENTO		RESISTÊNCIA A TRAÇÃO (MÍNIMA)		ASTM	LIMITE DE ESCOAMENTO		RESISTÊNCIA A TRAÇÃO	
	MPa	kgf/cm ²	MPa	kgf/cm ²		MPa	kgf/cm ²	MPa	kgf/cm ²
MR 250	250	2500	400	4000	A36	250	2500	400	4000
AR 350	350	3500	450	4500	A572 / 50 T1	345	3450	450	4500
AR 415	415	4150	520	5200	A572 / 60 T1	415	4150	520	5200
AR 350 COR	350	3500	485	4850	A588 / B	345	3450	485	4850
NBR é a sigla de Norma Brasileira aprovada pela ABNT					ASTM – American Society for Testing and Materials				

Classificação dos aços estruturais pela ASTM:

AÇO CARBONO				
Norma	Grau	Limite de escoamento (MPa / kgf/cm ²)	Resistência a Tração (MPa / kgf/cm ²)	Aplicação e propriedades
ASTM A36	-	250 / 2550	400 a 550 / 4080 a 5610	Perfis, chapas e barras
ASTM A570	33	230 / 2346	360 / 3672	Perfis dobrados Maleável
	40	280 / 2856	380 / 3876	
	45	310 / 3162	410 / 4182	
ASTM A500	A	232 / 2366	320 / 3264	Tubos redondos com ou sem costura
	B	296 / 3019	408 / 4162	
	A	274 / 2795	320 / 3264	Tubos retangulares com ou sem costura
	B	323 / 3295	408 / 4162	
ASTM A501	-	250 / 2550	408 / 4162	Tubos pesados Quadr., retangular, redondo

AÇO CARBONO DE ALTA RESISTÊNCIA				
Norma	Grau	Limite de escoamento (MPa / kgf/cm ²)	Resistência a Tração (MPa / kgf/cm ²)	Aplicação e propriedades
ASTM A441	1	345 / 3519	485 / 4947	Estruturas metálicas Alta resistência
	2	345 / 3519	485 / 4947	
	3	315 / 3213	460 / 4692	
ASTM A572	42	290 / 2958	415 / 4233	
	50	345 / 3519	450 / 4590	

AÇO CARBONO DE ALTA RESISTÊNCIA MECÂNICA E A CORROSÃO ATMOSFÉRICA				
Norma	Grau	Limite de Escoamento (MPa / kgf/cm²)	Resistência a Tração (MPa / kgf/cm²)	Aplicação e propriedades
ASTM A242	1	345 / 3519	480 / 4896	Estruturas expostas Alta resistência à corrosão
	2	345 / 3519	480 / 4896	
	3	315 / 3213	460 / 4692	
ASTM A588	-	345 / 3519	485 / 4947	Pontes e viadutos

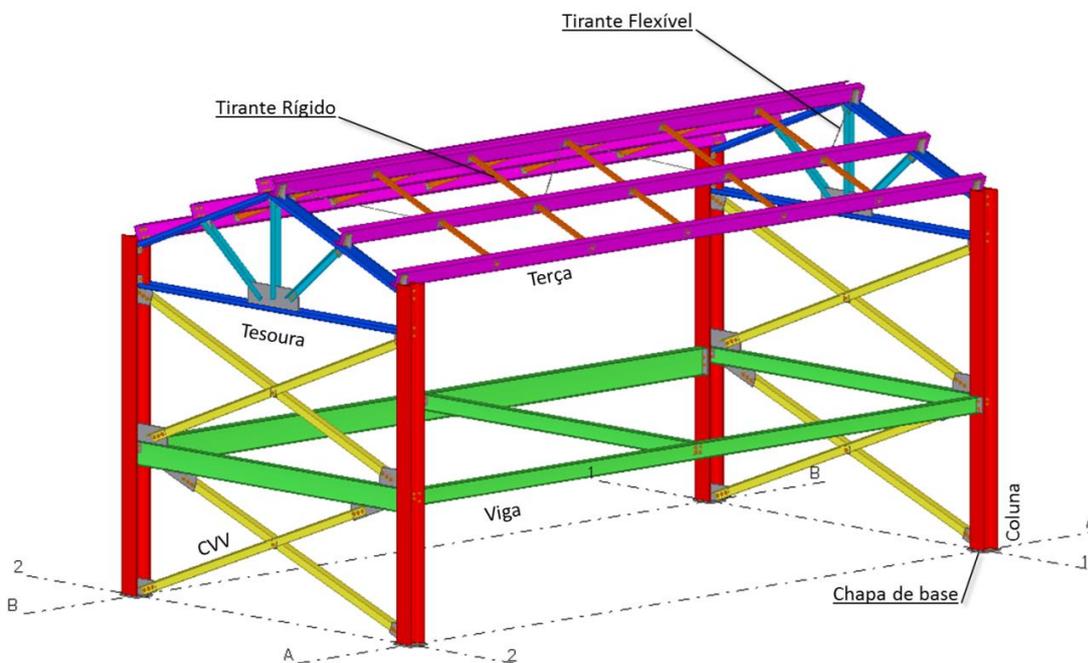
Classificação dos aços estruturais pela NBR:

AÇO PARA PERFIS ESTRUTURAIS				
Norma	Grau	Limite de Escoamento (MPa / kgf/cm²)	Resistência a Tração (MPa / kgf/cm²)	Aplicação e propriedades
NBR 6648	CG-24	235 / 2397	380 / 3876	Chapas grossas
	CG-26	255 / 2601	410 / 4182	
NBR 6649	CF-24	240 / 2448	370 / 3774	Chapas finas laminadas a frio
	CF-26	260 / 2652	410 / 4182	
NBR 6650	CF-24	240 / 2448	370 / 3774	Chapas finas laminadas a quente
	CF-26	260 / 2652	410 / 4182	
	CF-28	280 / 2856	440 / 4488	
	CF-30	300 / 3060	490 / 4998	

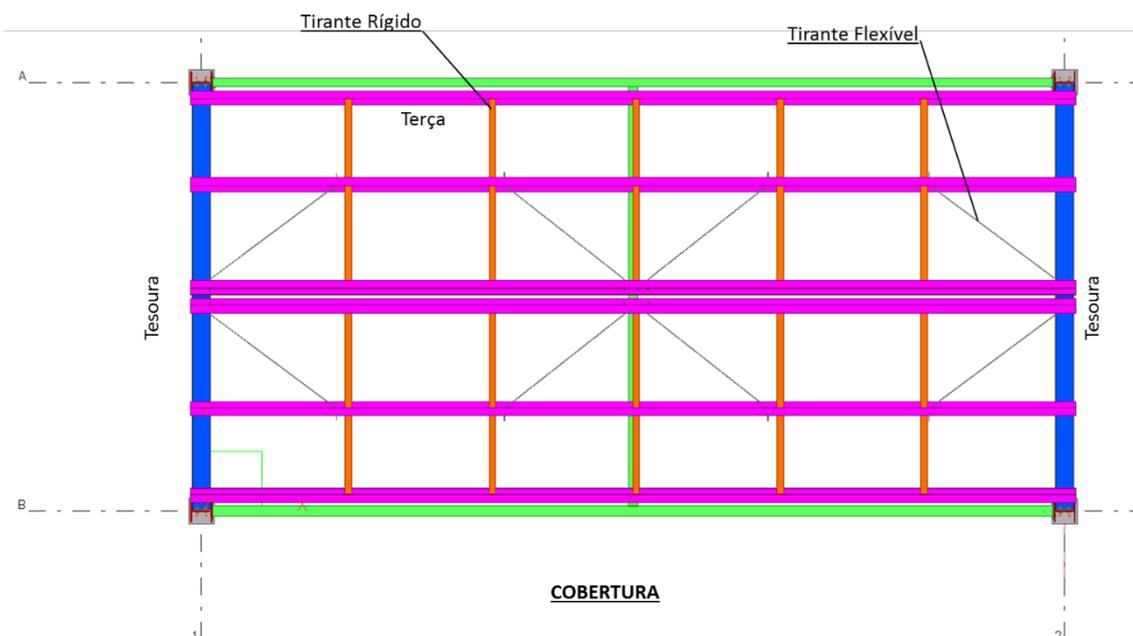
Terminologias em estruturas metálicas

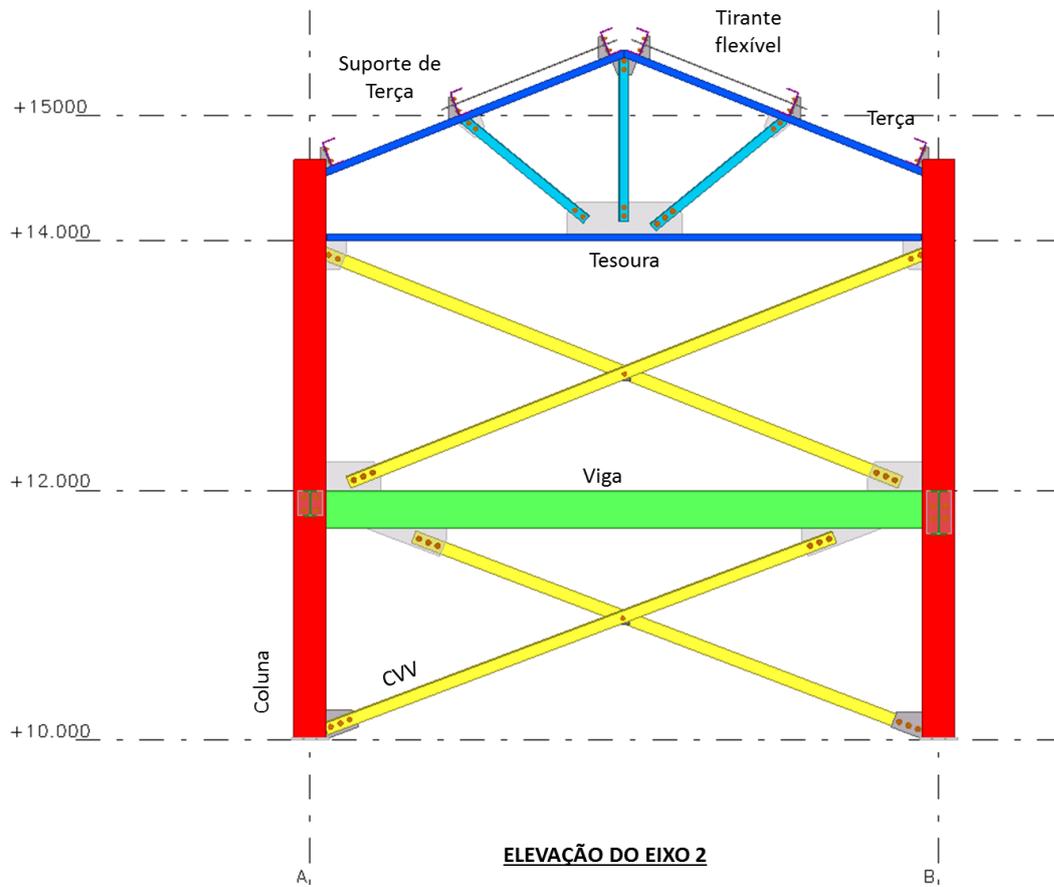
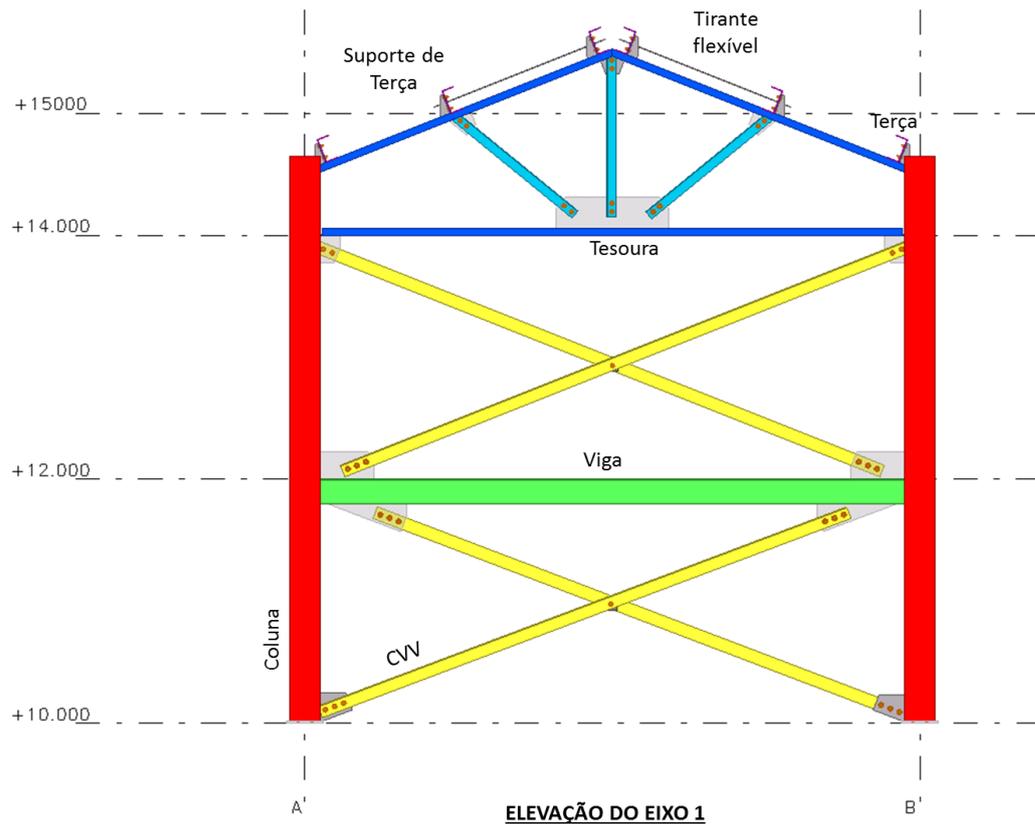
Como dissemos antes, cada área possui suas terminologias e padrões. É importante entender as principais terminologias usadas no mercado de estruturas metálicas.

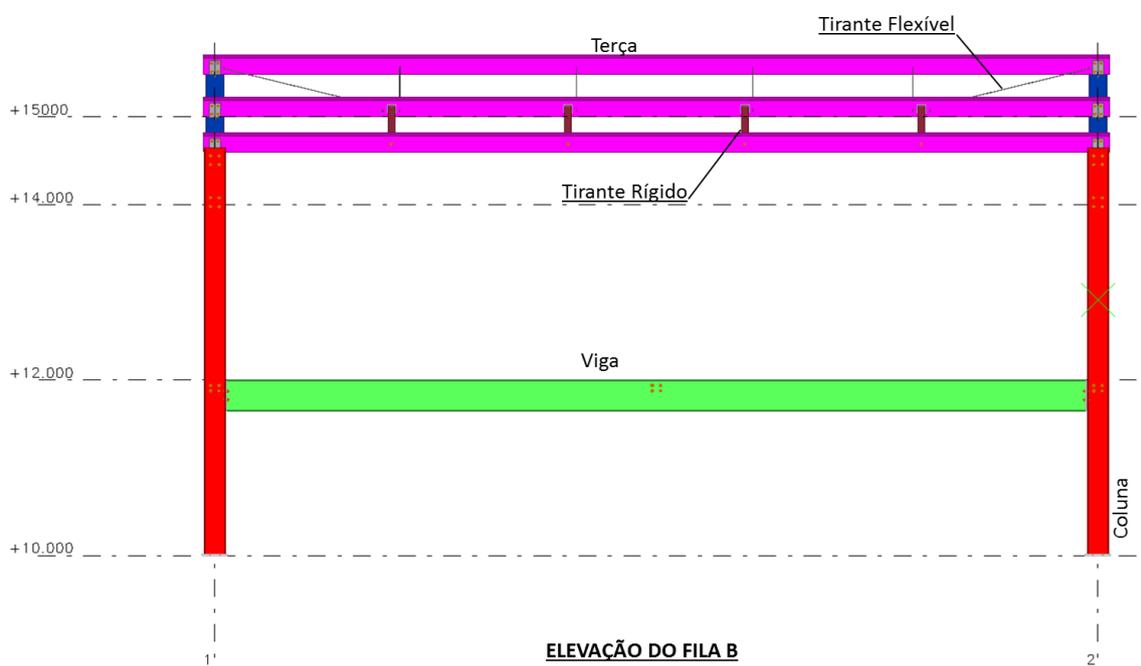
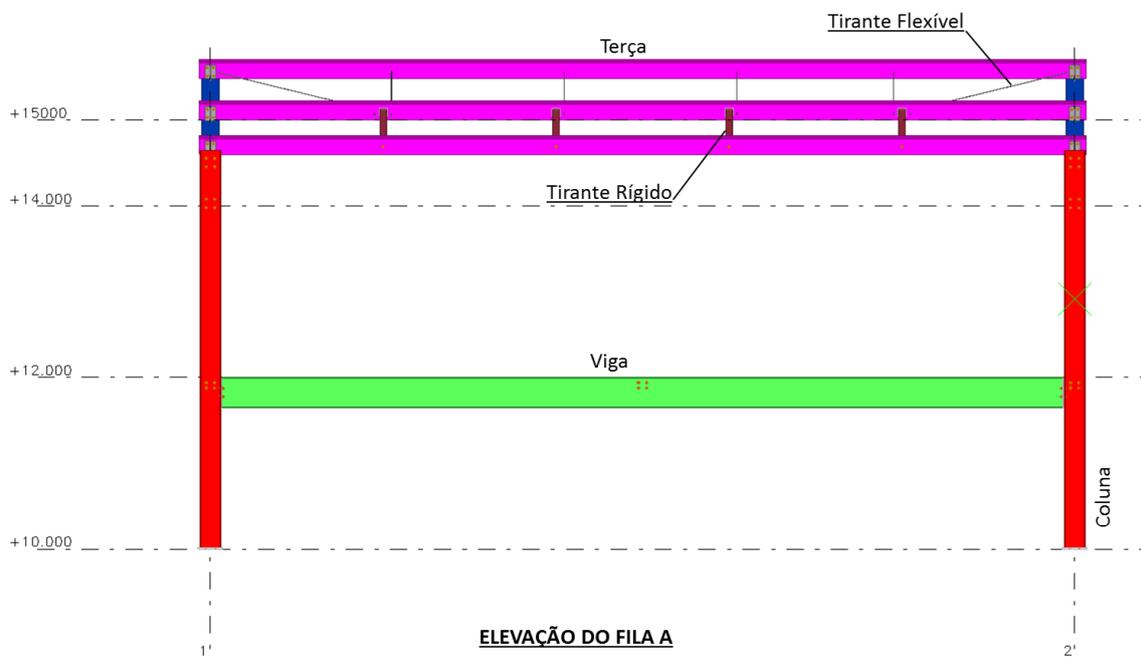
Abaixo um modelo didático para demonstrar nomenclaturas e representações de filas e eixos :



Planta de cobertura:







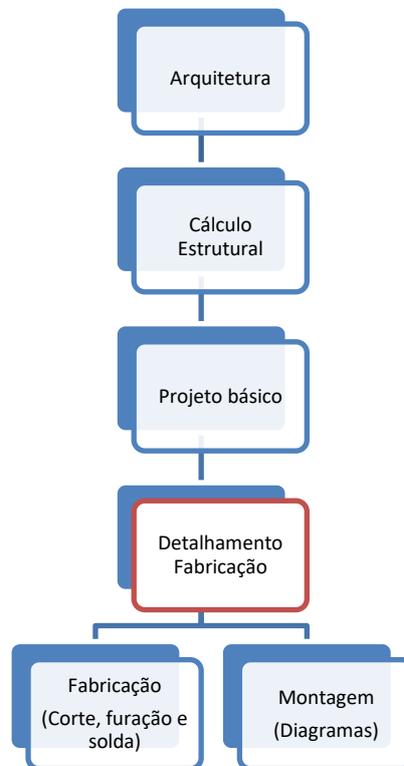
Etapas de projeto

Os projetos, desde sua idealização, passam normalmente pelas seguintes etapas:

- a. Projeto de Arquitetura
- b. Projeto Estrutural (Básico/Executivo)
- c. Detalhamento de Fabricação

O projeto estrutural, conforme necessidade da obra pode ter padrões de apresentação e quantidades de informações diferentes. Normalmente são divididos em:

- a. Projeto unifilar: Projeto mais simples, mas que determina a geometria, perfis, lista de material com peso previsto para obra e notas gerais para a estrutura;
- b. Projeto executivo: Bem mais elaborado, estuda as interferências a fundo, determina todas as ligações (ou critérios para as ligações) da obra, listas de material e demais informações necessárias ao desenvolvimento do detalhamento e fabricação.



O projeto de detalhamento, que é nosso objetivo, deve ser completo e possuir 100% das informações necessárias para compra dos materiais, fabricação das peças e para montagem para a obra.

O escopo de serviços deve ser sempre bem definido no início dos trabalhos, mas o usual de mercado é que o detalhamento deve seguir o projeto executivo, sem precisar buscar informações junto à implantação, equipamentos ou arquitetura da obra. Estas informações e interfaces são resolvidas pelo projeto executivo.

O projeto de detalhamento fornece informações para todas as etapas de fabricação, transporte e montagem das estruturas:

Compra de matéria prima antecipada, responsabilidade do projeto

Como já vimos, as fábricas não produzem o aço. Elas fabricam as estruturas utilizando perfis e chapas fabricadas pelas siderúrgicas. Para isso, estes materiais devem ser comprados com antecedência, de forma a não interromper o processo de fabricação por falta de material.

O projeto básico já fornece uma lista de material que pode ser usada para o provisionamento, mas é comum que as fábricas precisem de uma lista mais detalhada para efetuar as compras. Uma forma comum de se obter uma lista de compra antecipada, é a partir do modelo 3D da estrutura. Finalizada a etapa de modelagem, os programas atuais fornecem listas detalhadas e com grande confiabilidade.

Os parafusos de ligação também devem ser comprados com antecedência. No entanto, não é possível ter uma lista de compra dos parafusos até que tenhamos todo o detalhamento executado.

Processos de fabricação

A matéria prima (perfis e chapas) passa por vários processos que as transformam em peças da estrutura final. Para todas estas operações, são utilizadas informações oriundas do detalhamento de fabricação.

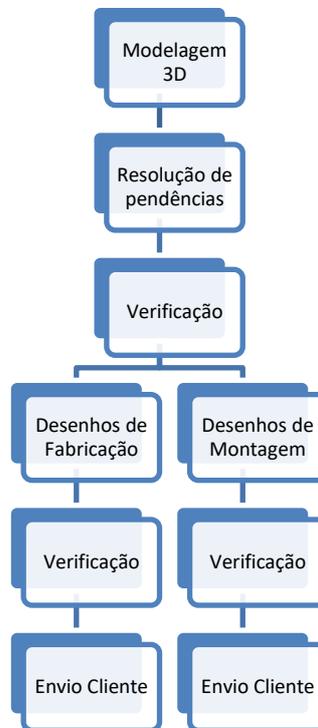
Embora o processo de fabricação seja mais complexo do que estamos colocando aqui, podemos resumir esta operação em :

- a. Corte: Operação que deixa perfis no comprimento correto e chapas na forma necessária. O comprimento das peças e detalhes de corte são determinados pelo detalhamento.
- b. Furação: Os furos, necessários para as ligações parafusadas, são definidos (localização e diâmetros) pelos desenhos de detalhe.
- c. Solda: As peças das estruturas são normalmente formadas por mais de um elemento, que devem ser soldados para formar o conjunto. O detalhamento define como posicionar os elementos e que solda deve ser usada.

Operações como preparação, jateamento e pintura são inerentes ao planejamento de fabricação e normalmente não são preocupações do detalhamento. Exceção ao caso onde existem algumas limitações por conta do processo de pintura ou galvanização. De qualquer forma, não entraremos nestes detalhes aqui.

Processo de detalhamento

O processo de detalhamento de fabricação, utilizando-se ferramentas de modelagem 3D, atualmente pode ser esquematizado da seguinte forma:



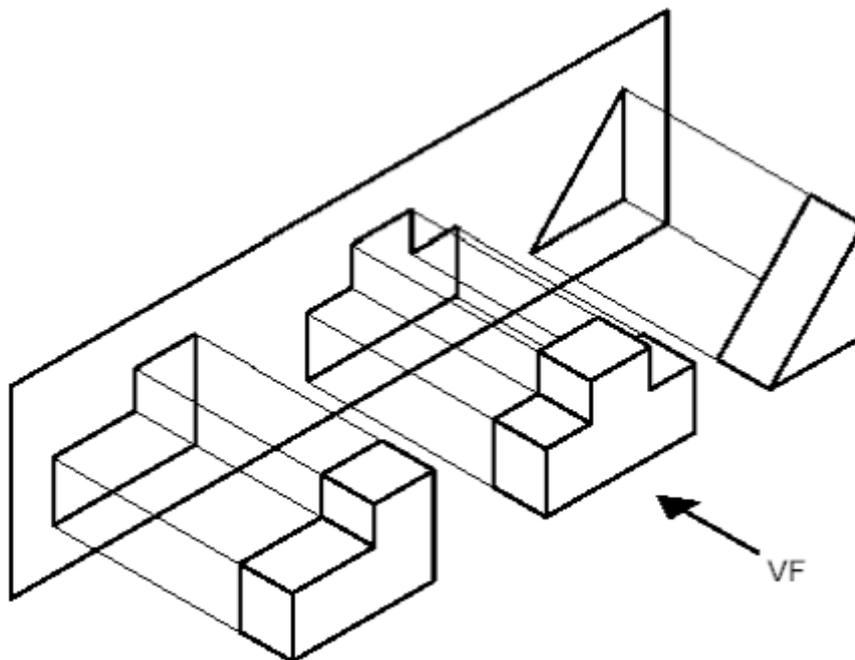
Capítulo 2 Desenho técnico de estruturas metálicas

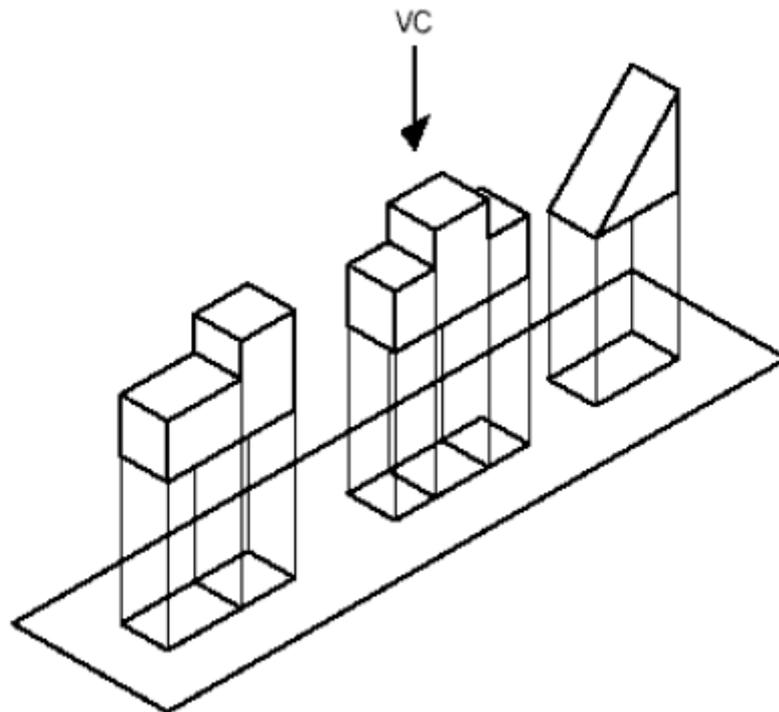
Noções de desenho técnico

O desenho de estruturas metálicas possui poucas e intuitivas regras de representação que permitem uma leitura clara dos desenhos.

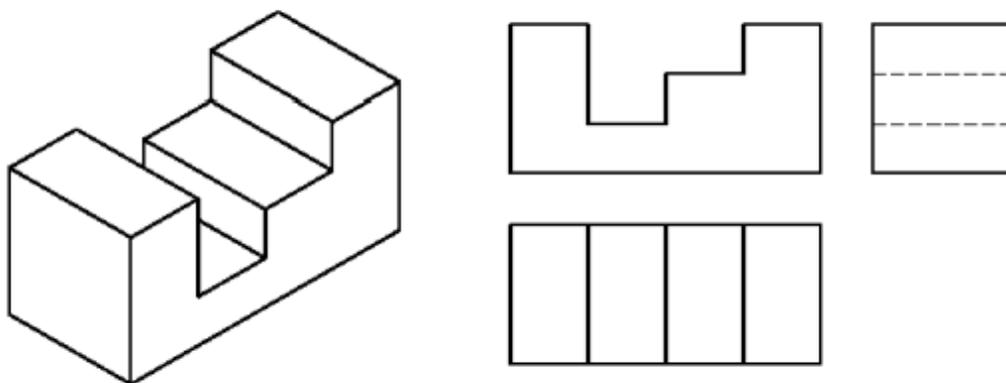
Os perfis e chapas são desenhados com linha contínua que representam seu contorno. O desenho de linhas escondidas (tracejadas) é necessário para ajudar a identificar os perfis e suas composições.

A representação de peças mecânicas exigem 3 projeções ortogonais. A vista de frente, de cima e de lado :

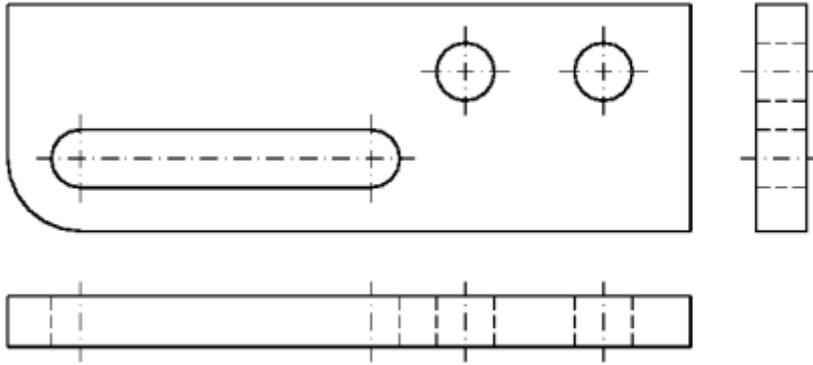




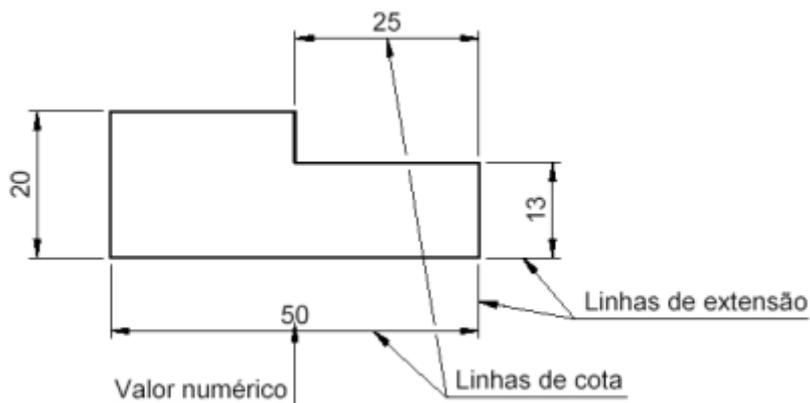
Reparem na peças abaixo, representadas em 3 vistas :



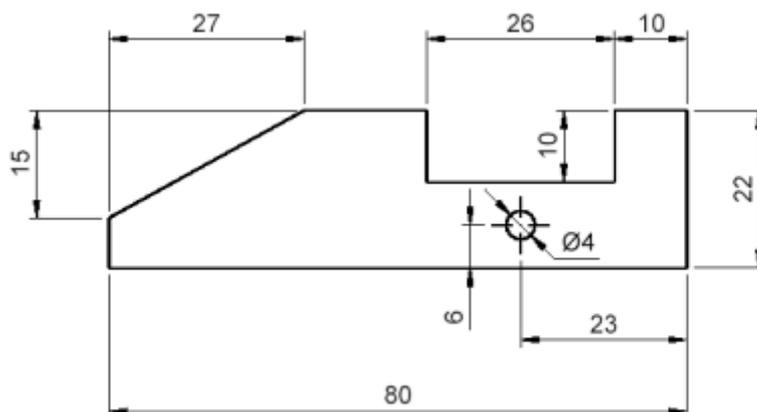
As furações, dependendo da vista que está sendo representada, será um círculo ou a projeção do furo :



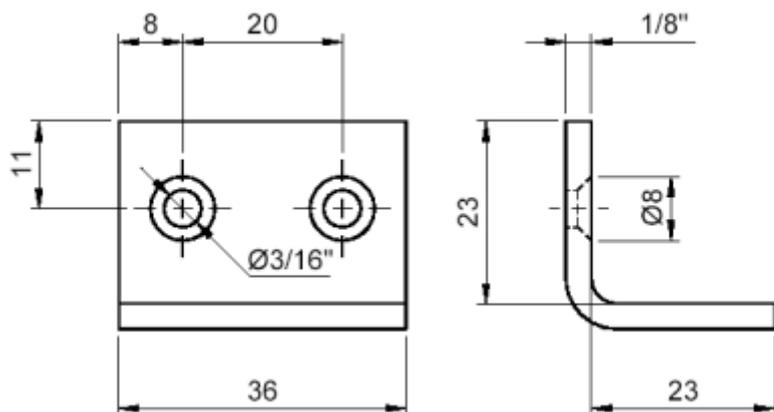
As dimensões em estrutura metálicas são sempre em milímetro, e não se utilizam casas decimais. Ou seja, a precisão exigida para as peças é de até um milímetro. Para indicar as dimensões e posicionamentos, utilizamos as cotas :



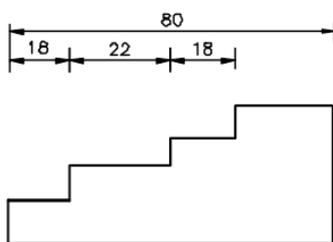
As cotas devem ser colocadas de forma que sejam lidas da esquerda para direita, e de baixo para cima.



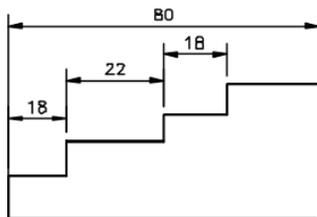
As cotas nos rebatimentos, complementam as informações de fabricação das peças :



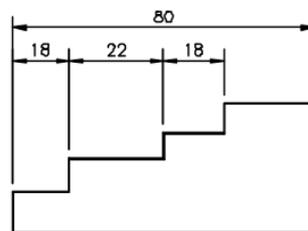
Erros comuns de cotagens :



a) Errado

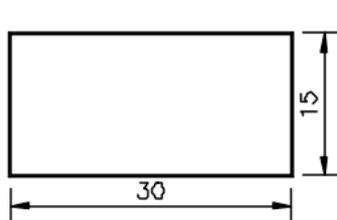


b) Errado

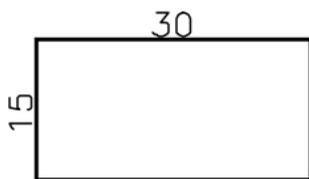


c) Correto

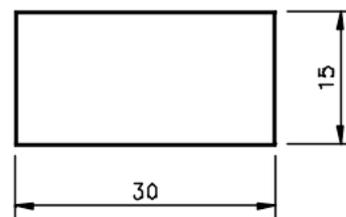
Errado, as linhas de chamada estão longe do detalhe em (a) e não estão numa mesma linha em (b)



a) Errado

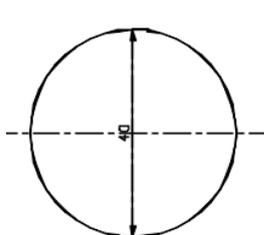


b) Errado

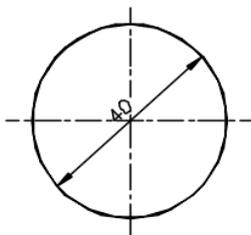


c) Correto

Errado, as cotas estão muito próximas do contorno em (a) e sobre o contorno da peça em (b)



a) Errado



b) Correto

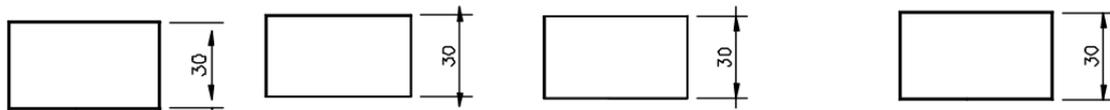


c) Errado



d) Correto

Errado, a cota de diâmetro está sobre um dos eixos em (a) e a cota do arco não toca o contorno em (b)



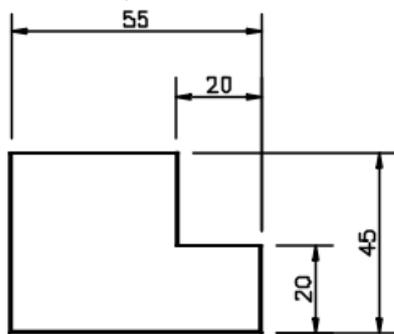
a) Errado

b) Errado

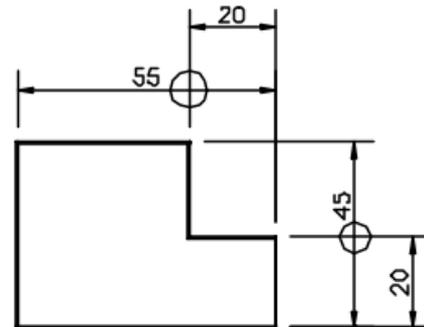
c) Errado

d) Correto

Errado, as setas não tocam a linha de chamada em (a) e ultrapassam a linha de chamada em (b) e (c)



a) Correto

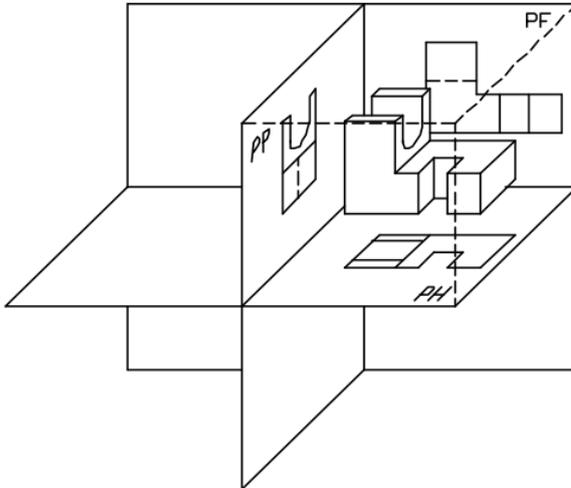


b) Errado

Errado, as linhas de chamada interceptam a linha de cota em (b)

Vistas Ortogonais (Projeções Ortogonais)

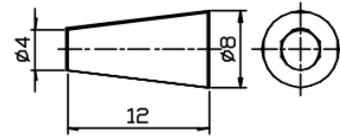
Projeção 1º Diedro (Sistema SI)



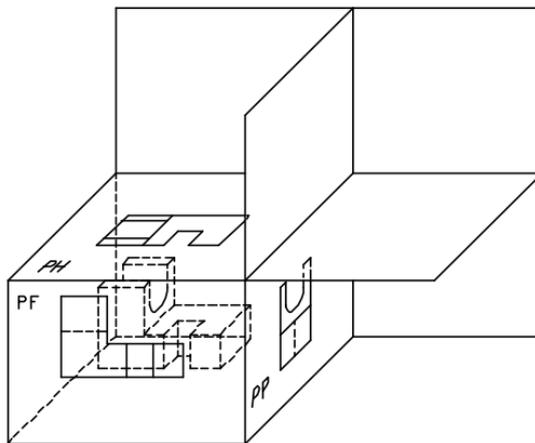
Principais planos de projeção

PF - Plano Frontal
PH - Plano Horizontal
PP - Plano de Perfil

Símbolo do 1º diedro



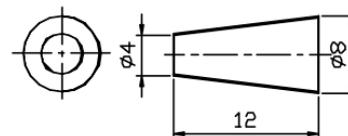
Projeção 3º Diedro (Sistema Norte Americano)



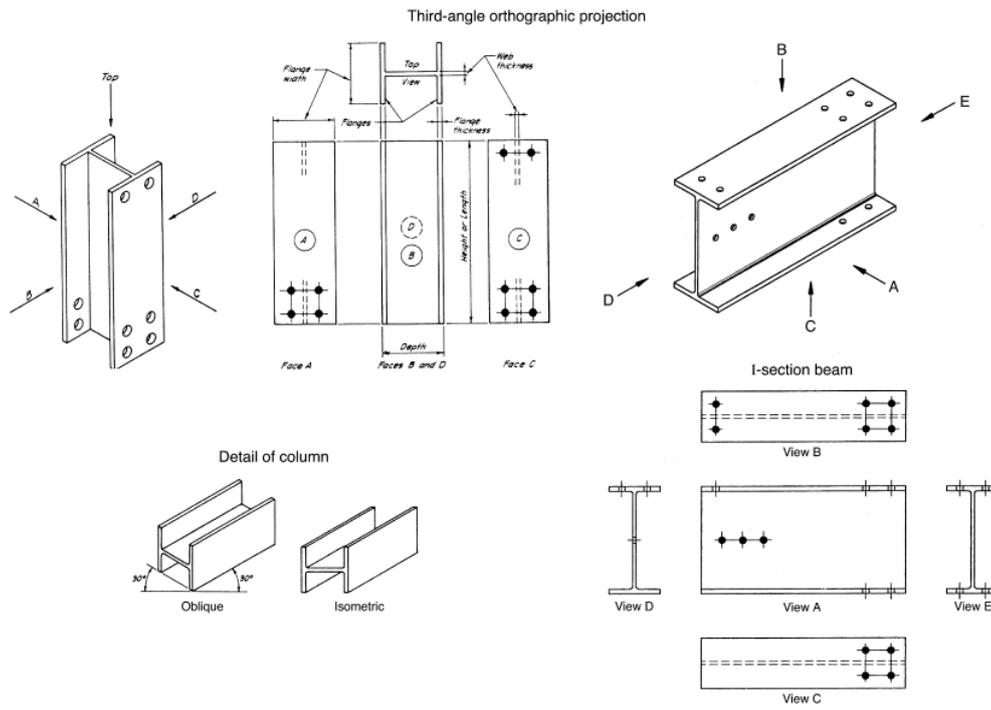
Principais Planos de Projeção

PF - Plano Frontal
PH - Plano Horizontal
PP - Plano de Perfil

Símbolo do 3º diedro



Exemplo de desenhos em 3º diedro

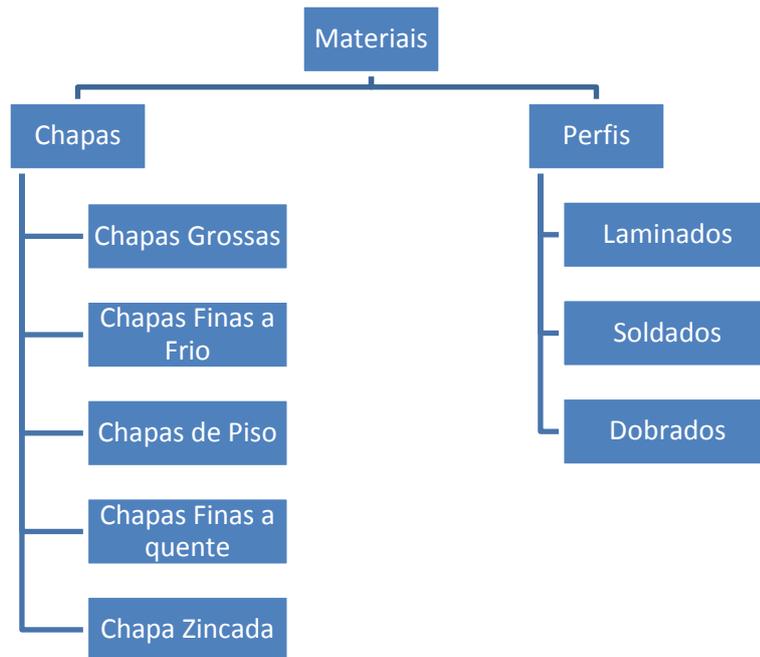


STRUCTURAL DETAILING IN STEEL

Representações gráficas para estruturas metálicas

As estruturas metálicas são compostas de chapas, perfis e elementos de conexão. Para o detalhamento de fabricação, é necessário conhecer e saber representar adequadamente todos estes tipos de elementos.

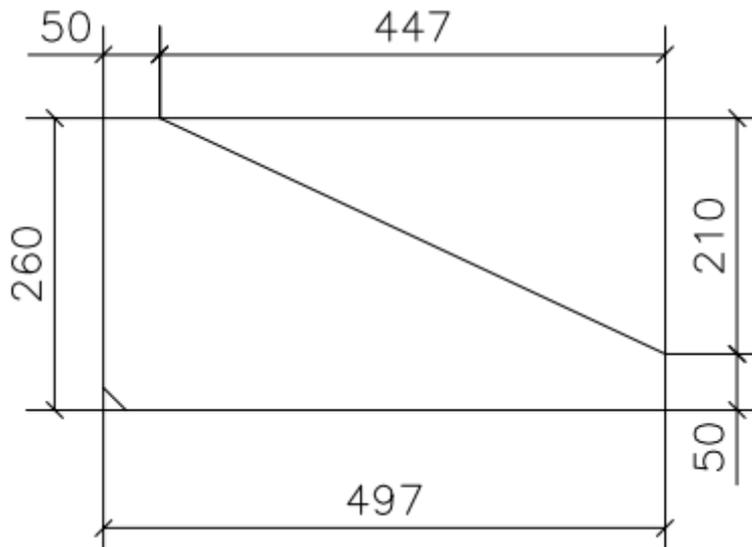
O materiais utilizados na fabricação de estruturas metálicas podem ser classificados da seguintes forma :



1. Chapas

As chapas são representadas com seu contorno. Possuem duas dimensões que correspondem ao retângulo que envolve a chapa e uma bitola, que é sua espessura. As espessuras de chapas podem ser representadas em polegadas ou em milímetros (mm).

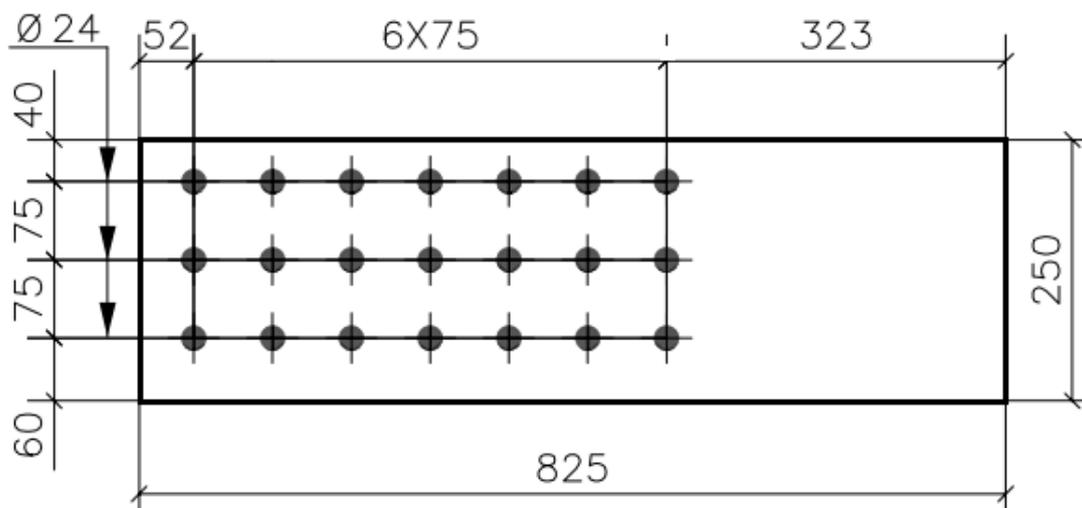
Exemplo de chapa :



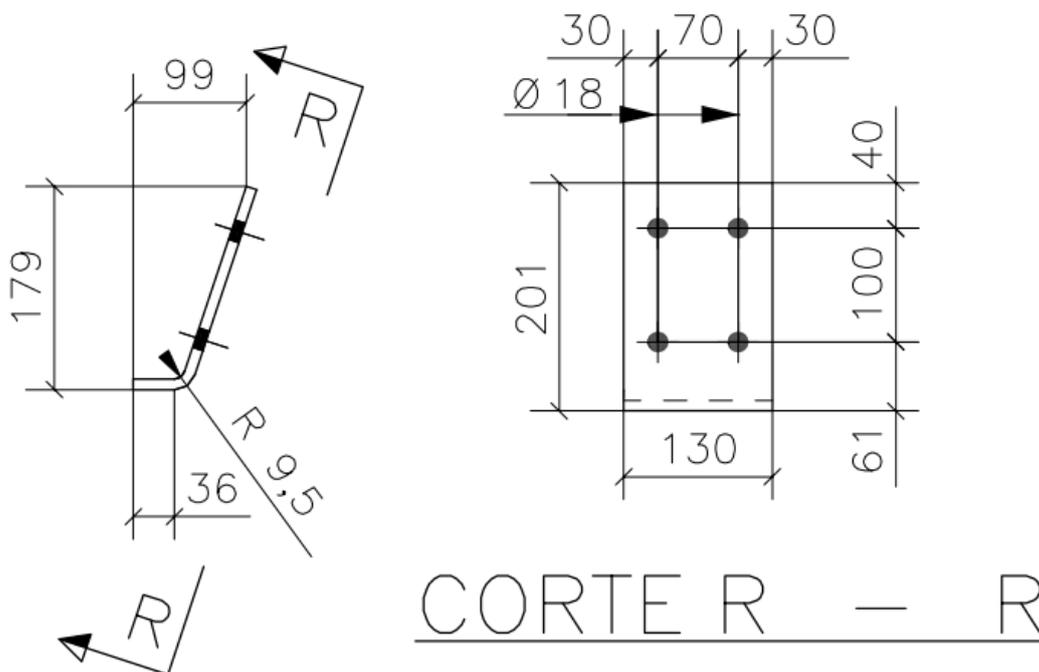
Notar que :

- Estão definidas as duas dimensões principais da chapa (497 x 260)
- O desenho possui as cotas auxiliares que definem os recortes da chapa
- Especificada a bitola (espessura) da chapa, temos 100% das informações necessárias para a fabricação desta chapa.

Exemplo de chapa com furação :



Exemplo de chapa com furação e dobra :



Chapas (Laminados planos)

Os produtos laminados são classificados pela ABNT segundo as normas da ABNT NBR 11888 e 11889.

Normas de fabricação para qualidade estrutural :

NORMA	GRAU	C (máx)	Mn (máx)	Si (máx)	P (máx)	S (máx)	Cu (mín)	
NBR 6650	CF-21	0,20	-	-	0,040	0,040	-	
	CF-24	0,25						
	CF-26							
	CF-28							
	CF-30							0,30
ASTM A36	-	0,26	(2)	0,40	0,040	0,050	(1)	
ASTM A570	30	0,25	0,90	-	0,035	0,040	(1)	
	33		1,35					
	36 / 1			0,40				
	36 / 2							0,90
	40							
	45							
50	1,35	-						
ASTM A283	A	0,14	0,90	0,40	0,035	0,040	(1)	
	B	0,17						
	C	0,24						
	D	0,27						

Notas:

1. Quando especificado, 0,20% (mín.)
2. Para cada redução de 0,01% do carbono máximo especificado, um acréscimo de 0,06% de manganês até o máximo de 1,35%.

Propriedades mecânicas :

NORMA	GRAU	LIMITE DE ESCOAMENTO (MPa)	LIMITE DE RESISTÊNCIA (MPa)	DOBRAMENTO A 90°
NBR 6650	CF-21	210	340	1,0e
	CF-24	240	370	1,5e
	CF-26	260	410	2,0e
	CF-28	280	440	2,5e
	CF-30	300	490	3,0e
ASTM A36	-	250	400 - 500	-
ASTM A570	30	205	340	1,0e
	33	230	360	1,0e
	36 / 1	250	365	1,5e
	36 / 2	250	400 - 500	2,0e
	40	275	380	2,0e
	45	310	415	2,0e
	50	345	450	2,5e
ASTM A283	A	165	310 - 415	-
	B	185	345 - 450	-
	C	205	380 - 515	-
	D	230	415 - 550	-

e = espessura da chapa

Chapas Grossas

São produtos oriundos do laminador de chapas grossas (LCG) e do laminador de tiras a quente (LTQ). São fornecidos nas espessuras de 1/4" a 4" nas larguras de 1000mm a 2440mm.

CHAPAS GROSSAS									
ESPESSURA	POL	1/4	5/16	3/8	1/2	5/8	3/4	7/8	1
	mm	6,3	8,0	9,5	12,5	16,0	19,0	22,4	25,0
MASSA	kg/m ²	49,46	62,80	74,58	98,13	125,60	149,15	175,80	196,25

CHAPAS GROSSAS									
ESPESSURA	POL	1.1/4	1.1/2	1.3/4	2	2.1/2	3	4	-
	mm	31,5	37,5	44,5	50,0	63,0	75,0	100,0	-
MASSA	kg/m ²	247,28	294,38	349,33	392,50	494,55	588,75	785,00	

Chapas Finas a Frio

Produto laminado a frio com espessuras que variam de 0,45mm a 1,90mm e larguras entre 1000mm e 1500mm.

CHAPAS FINAS A FRIO										
ESPESSURA	MSG	26	24	22	21	20	19	18	16	14
	mm	0,45	0,60	0,75	0,85	0,90	1,06	1,20	1,50	1,90
MASSA	kg/m ²	3,53	4,71	5,89	6,67	7,06	8,32	9,42	11,78	14,92

Chapas de Piso (Xadrez)

Produto laminado com detalhes em alto relevo, utilizadas para pisos em geral. São produzidas nas espessuras de 0,30mm a 9,5mm e na largura de 1200mm. As chapas de piso são fornecidas em qualidade comercial, portanto sem garantia de composição química ou

propriedades mecânicas. Mediante acordo prévio poderão ser fornecidas segundo normas estruturais com o limite de resistência inferior a 490MPa (LR < 490MPa).

CHAPA DE PISO - XADREZ										
ESPESSURA	POL	1/8	3/16	1/4	5/16	3/8	-	-	-	-
	mm	3,00	4,75	6,3	8,0	9,5	-	-	-	-
MASSA	kg/m ²	24,00	38,00	49,39	62,72	74,48	-	-	-	-

Chapas Finas a Quente

Produto oriundo do laminador de tiras a quente. São produzidas nas espessuras de 1,20mm a 4,75mm e na largura de 1000mm a 1500mm.

CHAPA FINA A QUENTE										
ESPESSURA	MSG	18	16	14	13	12	11	10	9	8
	POL	-	-	-	-	-	1/8	-	-	-
	mm	1,20	1,50	1,90	2,25	2,65	3,00	3,35	3,75	4,25
MASSA	kg/m ²	9,42	11,78	14,92	17,66	20,80	23,55	26,30	29,44	33,36

CHAPA FINA A QUENTE										
ESPESSURA	MSG	7	-	-	-	-	-	-	-	-
	POL	-	3/16	-	-	-	-	-	-	-
	mm	4,50	4,75	-	-	-	-	-	-	-
MASSA	kg/m ²	35,32	37,29	-	-	-	-	-	-	-

Chapas Zincadas

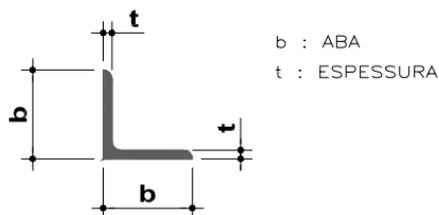
Produto laminado a frio e revestido integralmente com uma camada de zinco pelo processo de imersão a quente. São produzidas nas espessuras de 0,35mm a 1,95mm e na largura de 1000mm a 1500mm.

CHAPA ZINCADA											
ESPESSURA	MSG	30	28	26	24	22	20	19	18	16	14
	mm	0,35	0,43	0,50	0,65	0,80	0,95	1,11	1,25	1,55	1,95
MASSA	kg/m ²	2,80	3,44	4,00	5,20	6,40	7,60	8,88	10,00	12,40	15,60

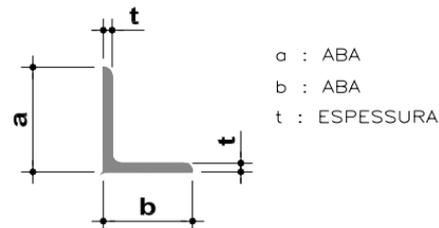
2. Perfis Laminados

Os Perfis laminados são comprados prontos, conforme padronização de fabricação das usinas siderúrgicas. Os perfis laminados principais em função da sua seção transversal são :

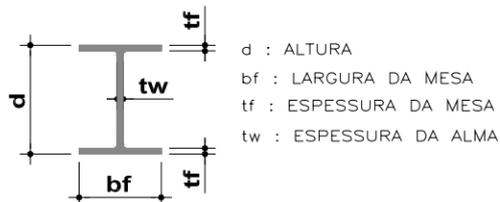
CANTONEIRA DE ABAS IGUAIS



CANTONEIRA DE ABAS DESIGUAIS



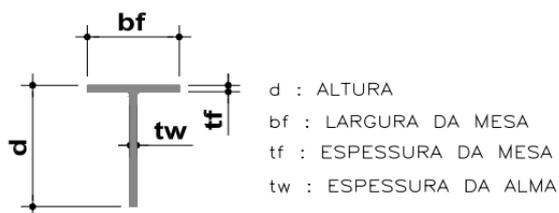
PERFIL 'I'



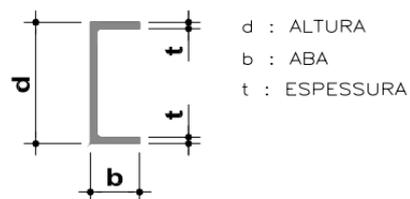
PERFIL 'H'



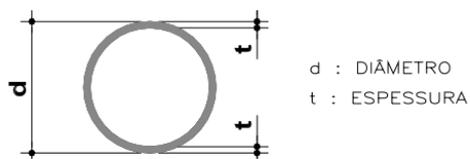
PERFIL 'Tê'



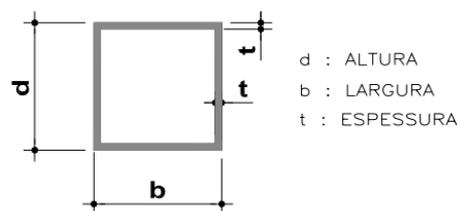
PERFIL 'U'



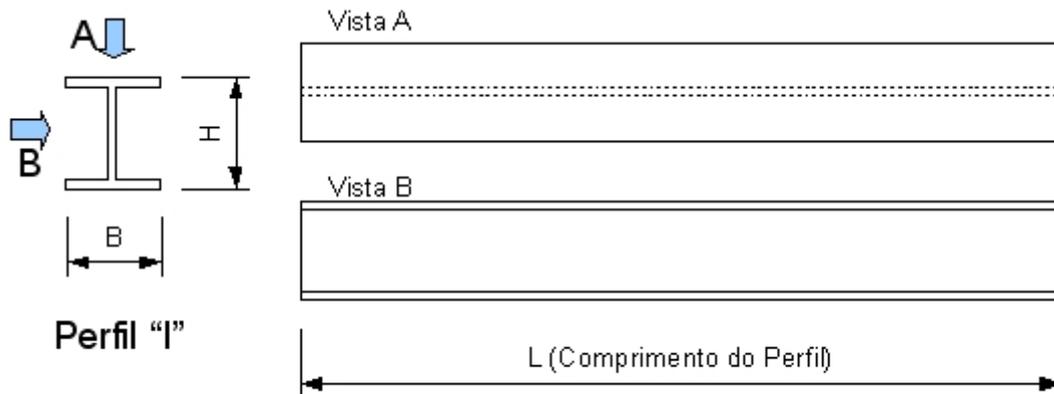
TUBO CIRCULAR



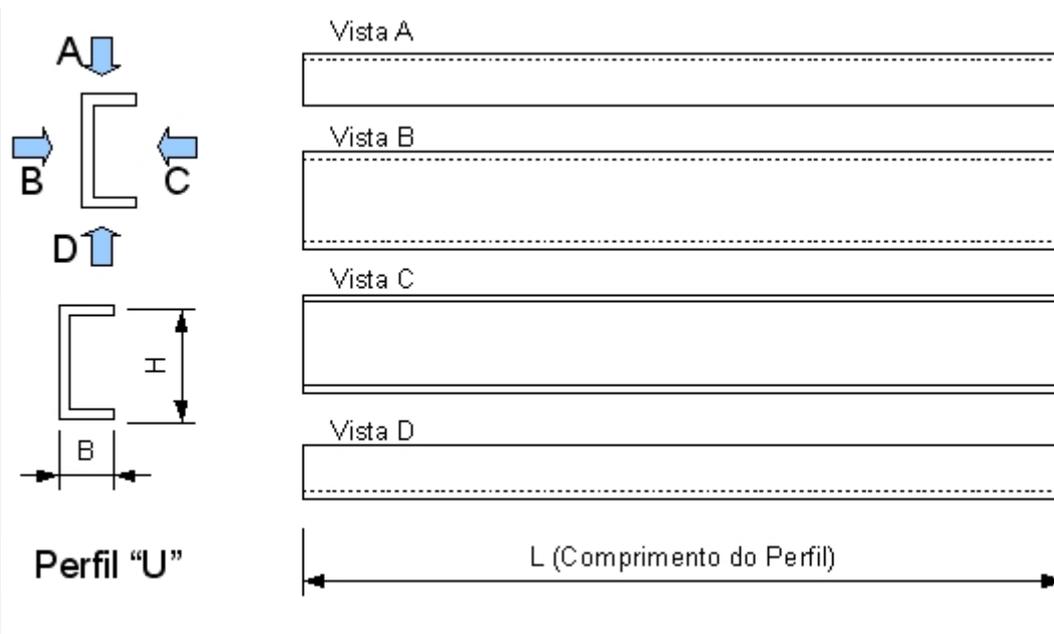
TUBO QUADRADO OU RETANGULAR



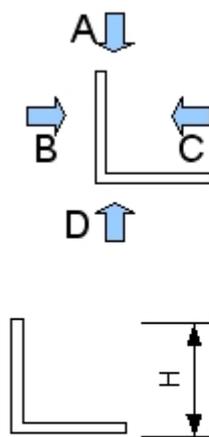
Representações gráficas dos perfis :



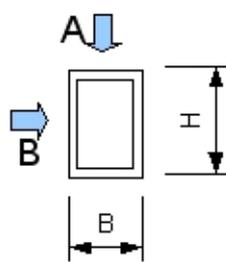
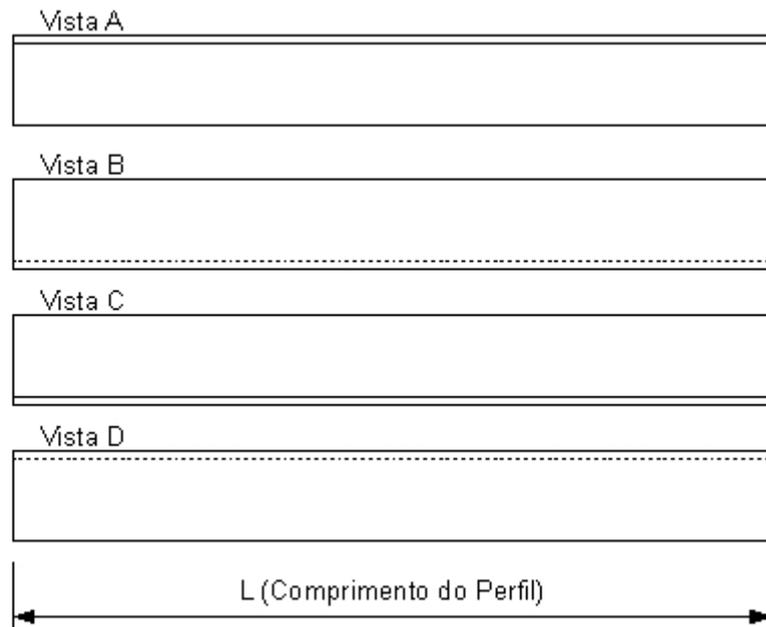
<p>Flange Superior</p> <p>Flange Inferior</p> <p>"Alma" do perfil</p>	<p>O perfil "I" é composto por duas "flanges" e uma "alma". Para o caso dos perfis laminados, as flanges sempre possuem a mesma largura e espessura.</p> <p>As flanges também são chamadas de mesas</p>
---	---



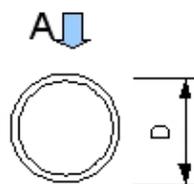
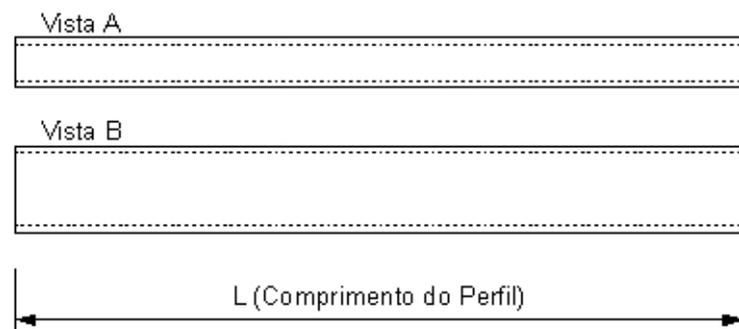
Deve-se procurar representar peças com perfil "U" através da Vista "B" acima, ou seja, sempre visto de costas. Isto para que fique mais rápida a leitura e diferenciação em relação aos perfis tipo "I".



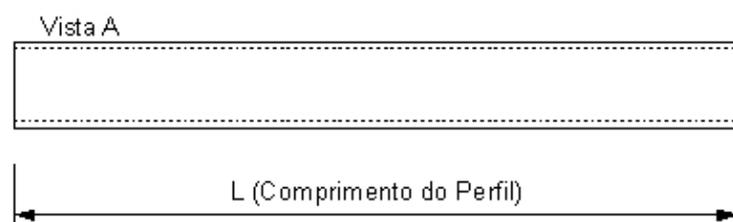
Cantoneira



Tubo Retangular



Tubo Redondo



Vamos apresentar os principais perfis laminados utilizados para estruturas metálicas no mercado nacional.

Barras redondas

Muito utilizadas na fabricação de chumbadores e contraventamentos. As barras redondas são produzidas por laminação com aços de acordo com a norma brasileira NBR 7007 / MR250 (ASTM A36) para fins estruturais e de serralheria. Também podem ser produzidas segundo as normas SAE 1010 / 1020 / 1045 para fins mecânicos.

BITOLAS	6,35	7,94	9,52	12,70	15,88	19,05	22,22	25,4
	1/4"	5/16"	3/8"	1/2"	5/8"	3/4"	7/8"	1"
MASSA (kg/m)	0,25	0,39	0,56	0,99	1,55	2,24	3,04	3,98

BITOLAS	6,35	7,94	9,52	12,70	14,29	15,88	19,05	20,64
	1/4"	5/16"	3/8"	1/2"	9/16"	5/8"	3/4"	13/16"
MASSA (kg/m)	0,25	0,39	0,56	0,99	1,26	1,55	2,24	2,63

BITOLAS	22,22	25,4	28,58	30,16	31,75	33,34	34,93	36,51
	7/8"	1"	1.1/8"	1.3/16"	1.1/4"	1.5/16"	1.3/8"	1.7/16"
MASSA (kg/m)	3,04	3,98	5,04	5,61	6,22	6,85	7,52	8,22

BITOLAS	38,10	30,99	41,28	44,45	46,04	47,63	50,80
	1.1/2"	1.9/16"	1.5/8"	1.3/4"	1.13/16"	1.7/16"	2"
MASSA (kg/m)	8,95	9,71	10,50	12,20	13,10	14,00	15,90

BITOLAS	52,39	53,98	57,15	58,74	60,33	61,91	63,50	65,09
	2.1/16"	2.1/8"	2.1/4"	2.5/16"	2.3/8"	2.7/16"	2.1/2"	2.9/16"
MASSA (kg/m)	16,90	18,00	20,10	21,30	22,40	23,60	24,90	26,10

BITOLAS	66,68	69,85	73,03	76,20	77,79	79,37	-	-
	2.5/8"	2.3/4"	2.7/8"	3"	3.1/16"	3.1/8"	-	-
MASSA (kg/m)	27,40	30,10	32,90	35,80	37,30	38,80	-	-

Barras Chatas

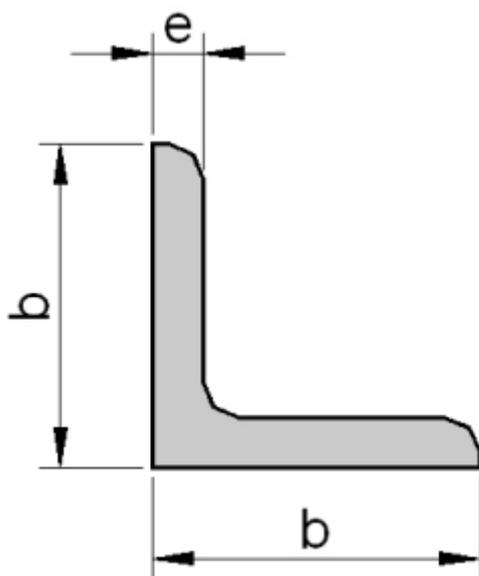
As barras chatas são laminadas com aços produzidos de acordo com a norma brasileira NBR 7007 / MR250 (ASTM A36) para fins estruturais e de serralheria. Também podem ser produzidas segundo as normas SAE 1020 / 1045 / 1060 e 1070. As principais aplicações são na mecânica em máquinas e equipamentos e na indústria mecânica em geral. São fornecidas no comprimento de 6,0m.

ESPESSURA	MASSA (kg/m)							
	LARGURA							
	3/8"	1/2"	5/8"	3/4"	7/8"	1"	1.1/4"	1.1/2"
2,5mm	-	0,25	0,31	-	-	-	-	-
1/8"	0,24	0,32	0,40	0,48	0,55	0,63	0,79	0,95
3/16"	0,36	0,47	0,59	0,71	0,83	0,95	1,19	1,42
1/4"	-	0,63	0,79	0,95	1,11	1,27	1,58	1,90
5/16"	-	-	0,99	1,20	1,40	1,58	1,98	2,37
3/8"	-	-	1,19	1,42	1,66	1,99	2,37	2,85
7/16"	-	-	-	-	-	-	-	-
1/2"	-	-	-	1,90	2,20	2,53	3,16	3,80
5/8"	-	-	-	-	-	3,16	3,95	4,75
3/4"	-	-	-	-	-	3,80	4,75	7,70
1"	-	-	-	-	-	-	-	7,59

ESPESSURA	MASSA (kg/m)							
	LARGURA							
	2"	2.1/4"	2.1/2"	3"	3.1/2"	4"	5"	6"
2,5mm	-	-	-	-	-	-	-	-
1/8"	1,27	-	1,58	1,90	2,21	2,54	-	-
3/16"	1,90	-	2,37	2,85	3,32	3,80	-	-
1/4"	2,53	3,56	3,17	3,80	4,42	5,06	-	-
5/16"	3,17	4,27	3,96	4,75	5,53	6,33	-	-
3/8"	3,80	4,30	4,74	5,69	6,64	7,59	-	-
7/16"	-	-	-	-	7,75	-	-	-
1/2"	5,06	5,70	6,33	7,60	8,86	10,13	-	-
5/8"	6,33	7,12	7,92	9,50	11,08	12,66	-	-
3/4"	7,59	8,85	9,49	11,40	13,28	15,19	-	-
1"	10,12	11,39	12,65	15,19	17,7	20,26	-	-

Cantoneiras de abas iguais

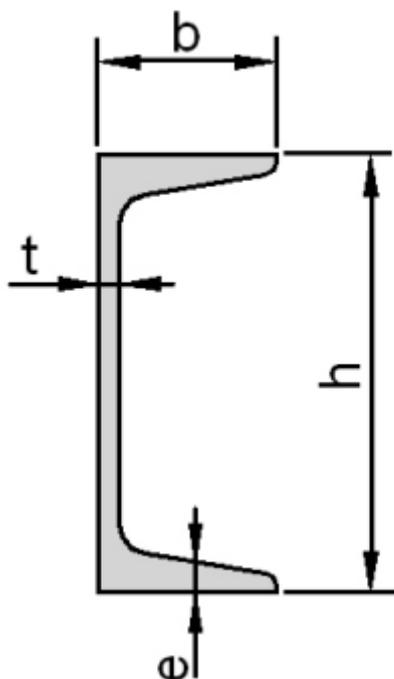
As cantoneiras são laminadas com aços produzidos de acordo com a norma brasileira NBR 7007 / MR250 (ASTM A36) para fins estruturais e de serralheria. Também podem ser produzidas segundo as normas NBR 7007 / AR350 / AR415 e AR350 COR. As principais aplicações são em estruturas metálicas e equipamentos e na indústria mecânica em geral. São fornecidas no comprimento de 6,0m.



Veja detalhes no Anexo – Tabelas de perfis

Perfil U padrão americano

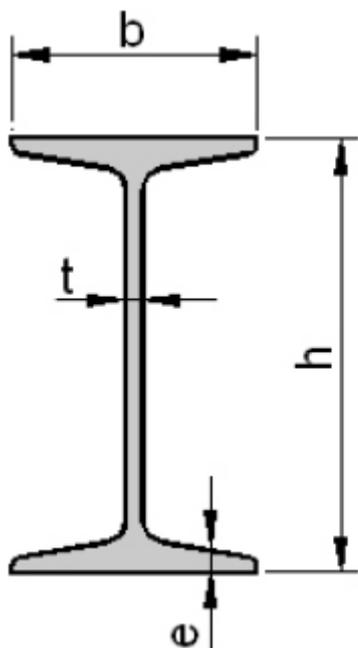
Os Perfis U são laminados com aços produzidos de acordo com a norma brasileira NBR 7007 / MR250 (ASTM A36) para fins estruturais, maquinário, rodoviários, agrícolas e de serralheria. Também podem ser produzidas segundo as normas NBR 7007 / AR350 / AR415 e AR350 COR. As principais aplicações são em estruturas metálicas e equipamentos e na indústria mecânica em geral. São fornecidas no comprimento de 6,0m.



Ver tabela de perfis para mais detalhes.

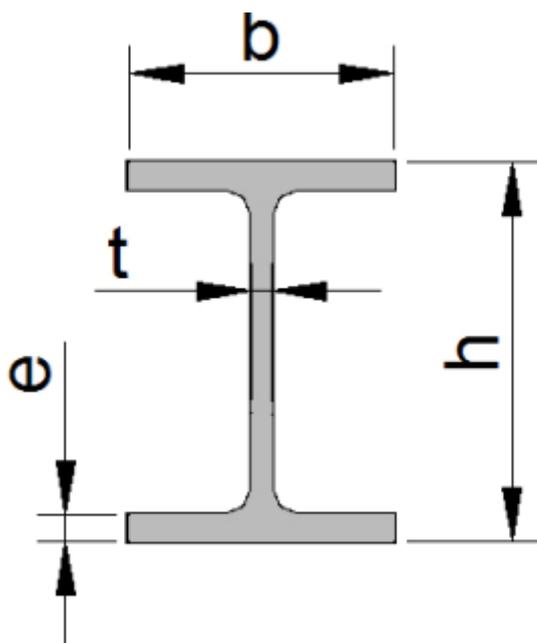
Perfil “I” padrão americano

Os Perfis I são laminados com aços produzidos de acordo com a norma brasileira NBR 7007 / MR250 (ASTM A36) para fins estruturais, maquinário, rodoviários e agrícolas. Também podem ser produzidas segundo as normas NBR 7007 / AR350 / AR415 e AR350 COR. As principais aplicações são em estruturas metálicas e equipamentos e na indústria mecânica em geral. São fornecidas no comprimento de 6,0m.



Perfil “I” e “H” de abas paralelas

Os Perfis I e H de abas paralelas são laminados com aços produzidos de acordo com a norma brasileira NBR 7007 / MR250 (ASTM A36) para fins estruturais, maquinário, rodoviários e agrícolas. Também podem ser produzidas segundo as normas NBR 7007 / AR350 COR. As principais aplicações são em estruturas metálicas e equipamentos, na indústria mecânica em geral e principalmente na indústria da construção civil. São fornecidos no comprimento de 6,0 a 24,0m sob consulta.



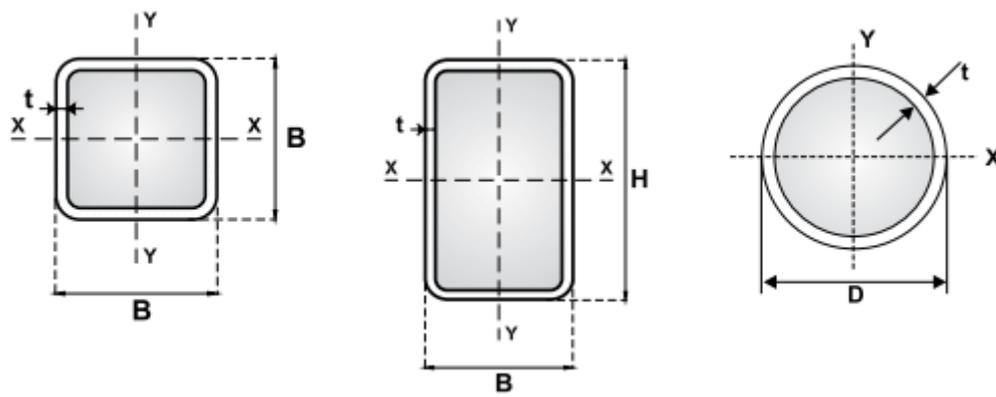
Tubos de seção circular e retangular

Os tubos estruturais são fabricados principalmente pela Vallourec Mannesmann nas seguintes qualidades :

Propriedades Mecânicas

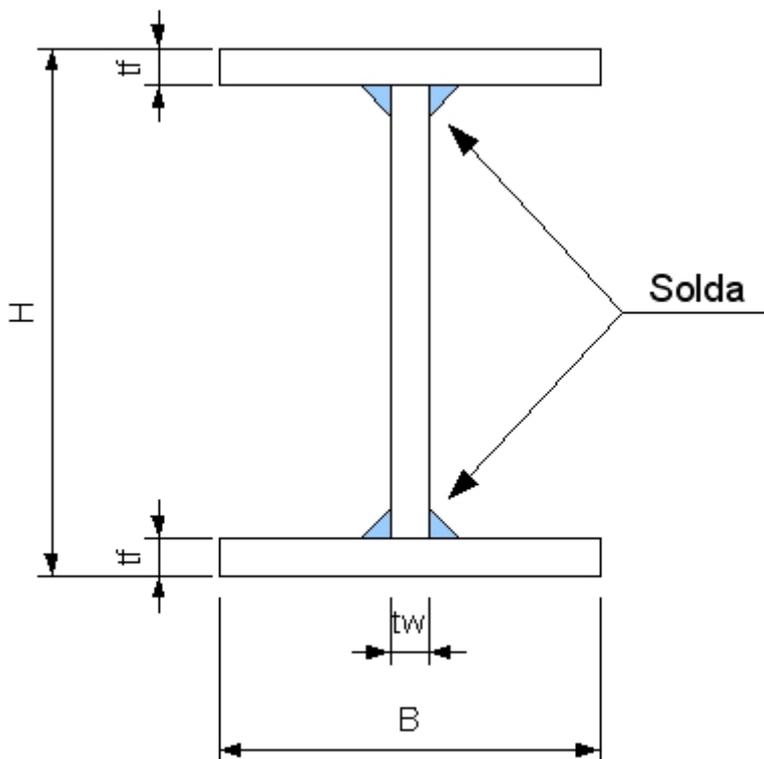
Aços Estruturais VMB				Especificações ASTM Similares aos Aços VMB	
	Designação Comercial	Limite de Escoamento (f_y)	Limite de Resistência à Tração (f_u)	Norma	Grau
		(MPa)	(MPa)		
Laminados (Circulares)	VMB 250	≥ 250	≥ 400	ASTM A 501	A
	VMB 300	≥ 300	≥ 415	EN10210	S275J2H
	VMB 350	≥ 350	≥ 485	ASTM A 501	B
	VMB 250cor	≥ 250	≥ 400	ASTM A 714	Grau IV
	VMB 300cor	≥ 300	≥ 415	-	-
	VMB 350cor	≥ 350	≥ 485	ASTM A 618	Ia, Ib e II III
*Conformados a Frio (Quadrados e Retangulares)	VMB 250	≥ 250	≥ 400	ASTM A 500	D
	VMB 300	≥ 300	≥ 415	ASTM A 500	B
	VMB 350	≥ 350	≥ 485	ASTM A 500	C
	VMB 250cor	≥ 250	≥ 400	ASTM A 500	D (com cobre)
	VMB 300cor	≥ 300	≥ 415	ASTM A 500	B (com cobre)
	VMB 350cor	≥ 350	≥ 485	ASTM A 500	C (com cobre)

* Tubos conformados à frio são obtidos a partir dos tubos laminados a quente, assim a tolerância de parede aplicável a esses são definidas pelas normas de tubos laminados à quente.



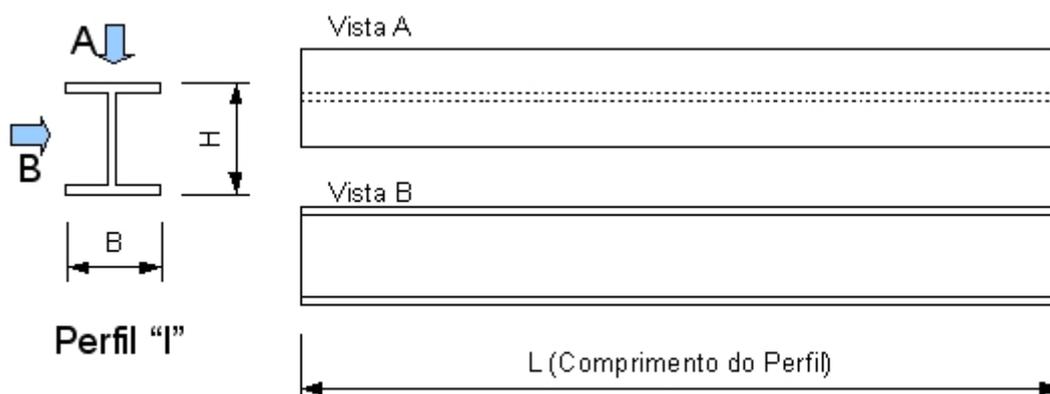
3. Perfis Soldados

Os perfis soldados, são montados através de chapas. O caso mais comum é o perfil “I” soldado.



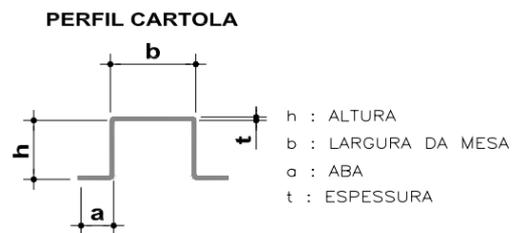
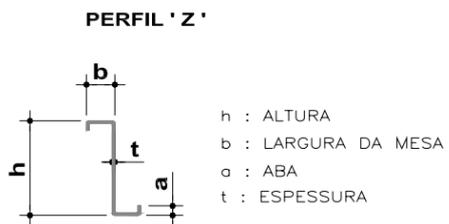
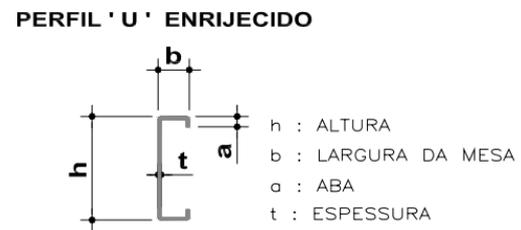
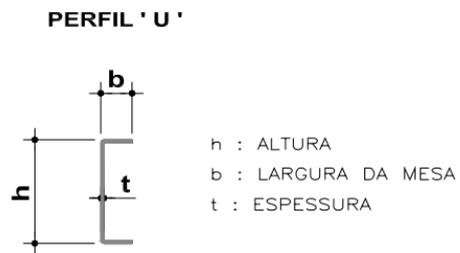
Os perfis soldados (PS) podem ser descritos através da sua altura “H” e do seu peso unitário (PS400x60 Kg/m) ou através de suas medidas, obedecendo a ordem PS H x B x t_f x t_w (PS600x300x1/2”x1/4”). Existem perfis soldados tabelados, do tipo “VS”, “CVS” e “CS” que normalmente são descritos pela altura e peso (VS 600 x 95, CS 450 x 154, etc...)

A representação gráfica é a mesma para perfis “I” laminados :



4. Perfis Dobrados

Estes perfis são feitos a partir de tiras de chapas dobradas, formando a seção transversal necessária ao projeto. As formas mais comuns são :



5. Cálculo de pesos

Cálculo de peso unitário (Kg/m)

A fórmula para cálculo do peso unitário de perfis é :

$$Peso(kg / m) = Area(cm^2) \times 0,785$$

Para unitário de chapas (Kg/m²) :

$$Peso(kg / m^2) = Espessura(mm) \times 7,85$$

Perfis Laminados

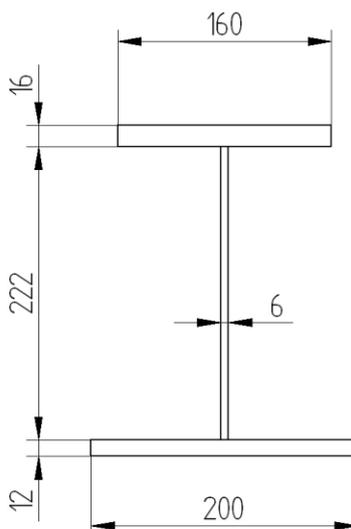
Para perfis laminados o peso unitário é sempre tabelado e muitas vezes faz parte da própria descrição do perfil (Ex. W530x66,0 – significa que pesa 66 Kg/m). Deve-se ter o cuidado especial para as unidades, uma vez que o comprimento dos perfis é dado em mm e o peso em Kg/m.

Exemplos :

- ⊗ W530x66 x 4560mm = 301 Kg (66 Kg/m x 4,56m)
- ⊗ L2.1/2"x3/16" x 2340mm = 11 Kg (4,57 Kg/m x 2,34m)

Perfis Soldados

Muitos perfis soldados são tabelados, o que torna o cálculo de peso similar ao dos perfis laminados. Para os casos de perfis não tabelados, calcula-se o peso unitário da seguinte forma :

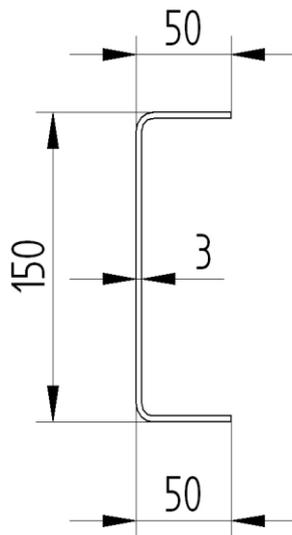


- a) Calcula-se a área da seção transversal em cm² : $Area = 16 \times 1,6 + 20 \times 1,2 + 22,2 \times 0,6 = 62,92 \text{ cm}^2$
- b) Multiplica-se a área por 0,785 (já que o peso específico do aço é de 7.850

$$\text{Kg/m}^3) : \text{Peso} = 62,96 \times 0,785 = 49,42 \text{ Kg/m}$$

Perfis dobrados

De forma similar aos perfis laminados, calculamos a área em cm² e multiplicamos por 0,785 para obter o peso unitário em Kg/m. Existe porém uma peculiaridade no cálculo da área transversal dos perfis dobrados que considera o esticamento da chapa para cada dobra feita. O processo de cálculo é o seguinte :



- Calcula-se a soma das dimensões do perfil : $L = 5 + 15 + 5 = 25\text{cm}$
- Subtrai-se para cada dobra, 2 vezes o valor da espessura : $L1 = 25 - 2 \times (2 \times 0,3) = 23,80\text{cm}$
- Multiplica-se pela espessura para obter a área : $A = 23,80 \times 0,30 = 7,14 \text{ cm}^2$
- Multiplica-se a área por 0,785 : $\text{Peso} = 7,14 \times 0,785 = 5,61 \text{ Kg/m}$

Chapas

O peso unitário das chapas é em Kg/m² ao invés de Kg/m como nos perfis. Pode-se calcular o peso unitário de uma chapa multiplicando-se sua espessura em mm por 7,85 (Ex.: CH 1/4" Peso = 6,35 mm x 7,85 = 49,8 Kg/m²)

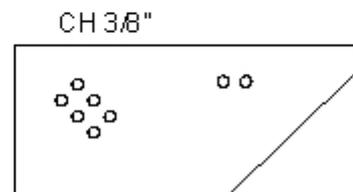
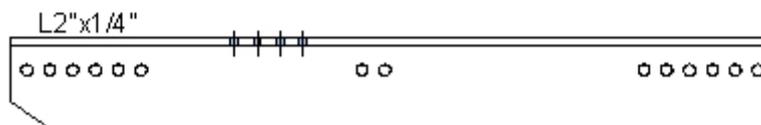
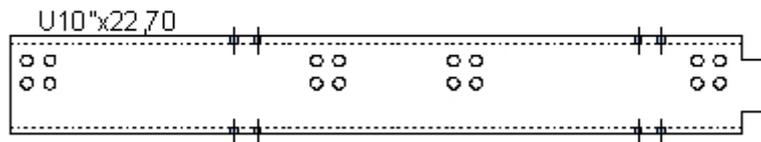
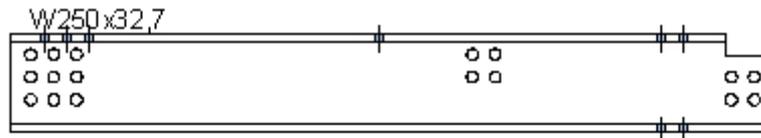
Desenhos de peças metálicas

No desenho das peças, deve-se lembrar dos seguintes itens obrigatórios :

- a. A representação gráfica do perfil (como mostrado anteriormente), que indica o tipo de perfil e se a visualização é de cima, de lado, etc... Como vimos anteriormente, apenas a representação gráfica, não é suficiente para determinarmos qual o perfil desenhado (qual a diferença entre a representação de um tubo retangular e de um tubo redondo?). Por isso sempre escrevemos, junto ao desenho, qual a bitola do perfil ou chapa;
- b. As cotas de corte. Um perfil possui no mínimo uma cota, que determina o seu comprimento. Uma chapa possui no mínimo duas cotas, a altura e largura. Adicionalmente, haverá recortes e formatos diferentes, e deve-se colocar tantas cotas quanto forem necessárias para que a fábrica possa cortar o perfil ou chapa corretamente.
- c. As cotas de furação. Todos os furos das peças devem estar cotados adequadamente.
- d. Diâmetro dos furos.
- e. As cotas de montagem. Necessárias para os conjuntos. Depois de fabricadas as peças isoladas, estas cotas devem determinar como posicionar uma peça em relação a outra para soldagem.
- f. As indicações de solda. Todas as peças de um conjunto são soldadas entre si, e o desenho deve especificar esta solda.

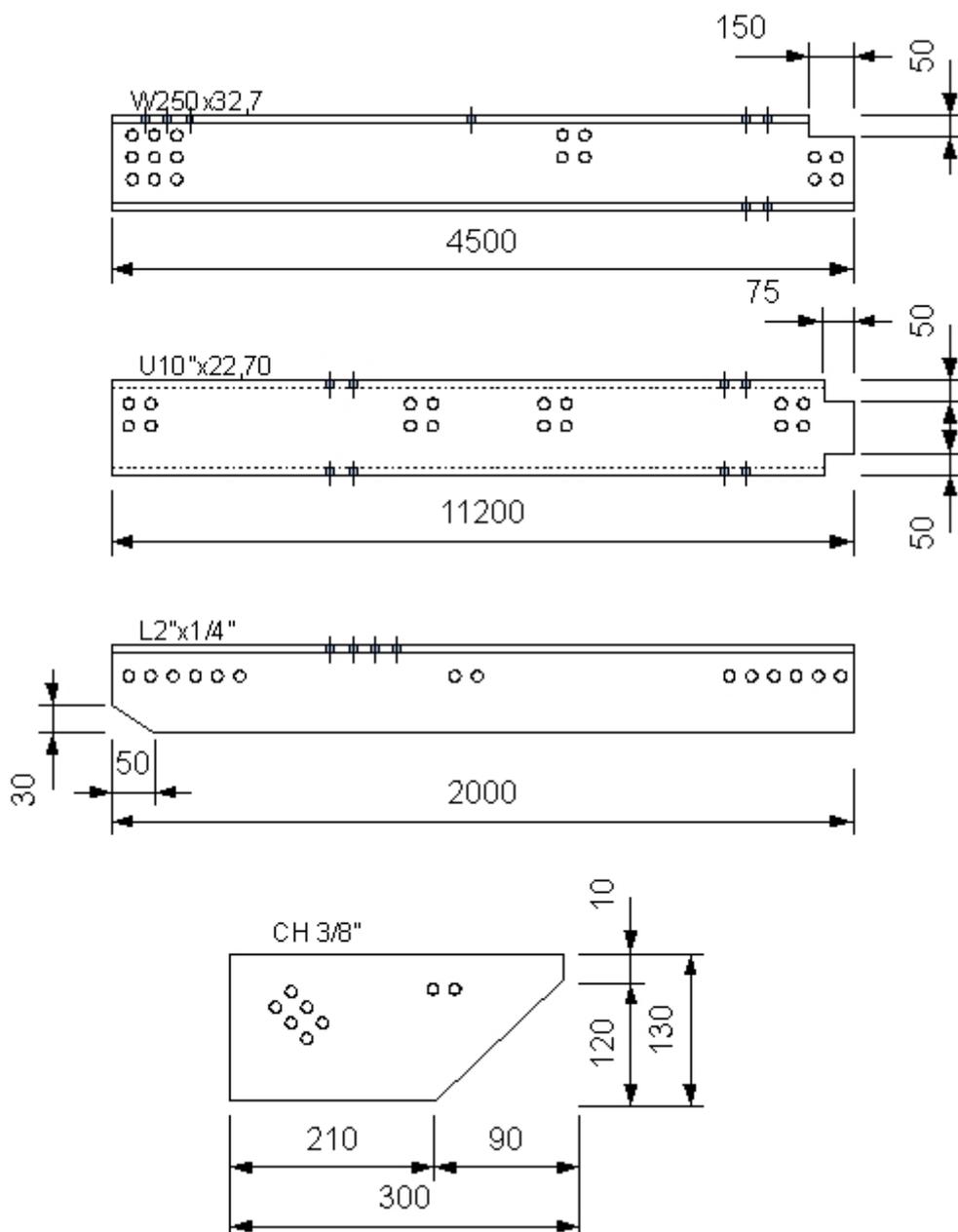
Passo 1 - Representação gráfica do perfil e bitola

Notar abaixo que estão representados perfis e chapas conforme convenção mostrada anteriormente, lembrando da inclusão da bitola de cada peça. Notar que estas peças possuem recortes e furações.



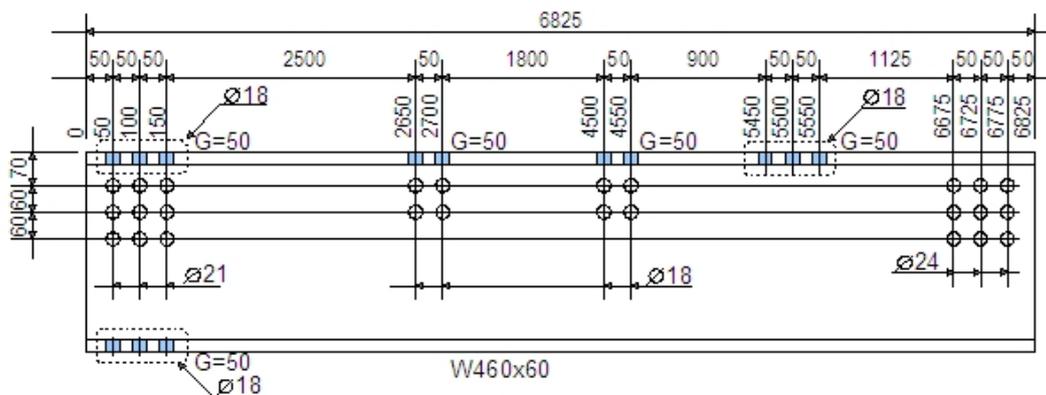
Passo 2 - Cotas de fabricação (corte)

Todas as cotas são em milímetros, e não se usam casas decimais. Notar que apesar do perfil “I”, “U” e da cantoneira terem comprimentos muito diferentes, eles estão representados com o mesmo tamanho no desenho. Isto porque, para perfis, usa-se uma escala apenas para a altura e não para o comprimento. O comprimento do desenho deve ser o suficiente para se indicar com clareza os recortes e furações. Notar também que para os perfis não estão cotadas as alturas. Elas não devem ser cotadas, os perfis já possuem uma altura que vem da usina e esta informação é desnecessária e redundante para fabricação. Já para a chapa, usa-se a escala na altura e comprimento e deve-se cotar todas as dimensões de corte.



Passo 3 - Cotas de furação e diâmetro dos furos

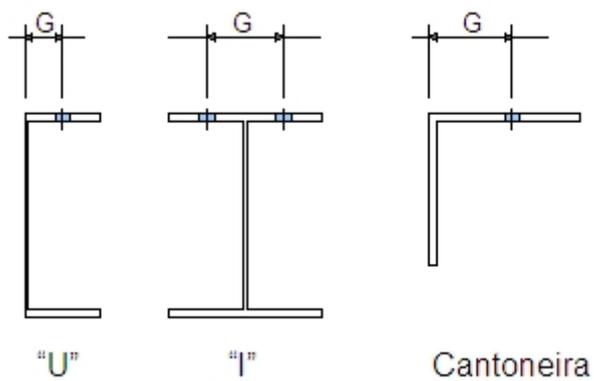
Abaixo, veja um exemplo de cotas de uma viga, incluindo as cotas de furação :



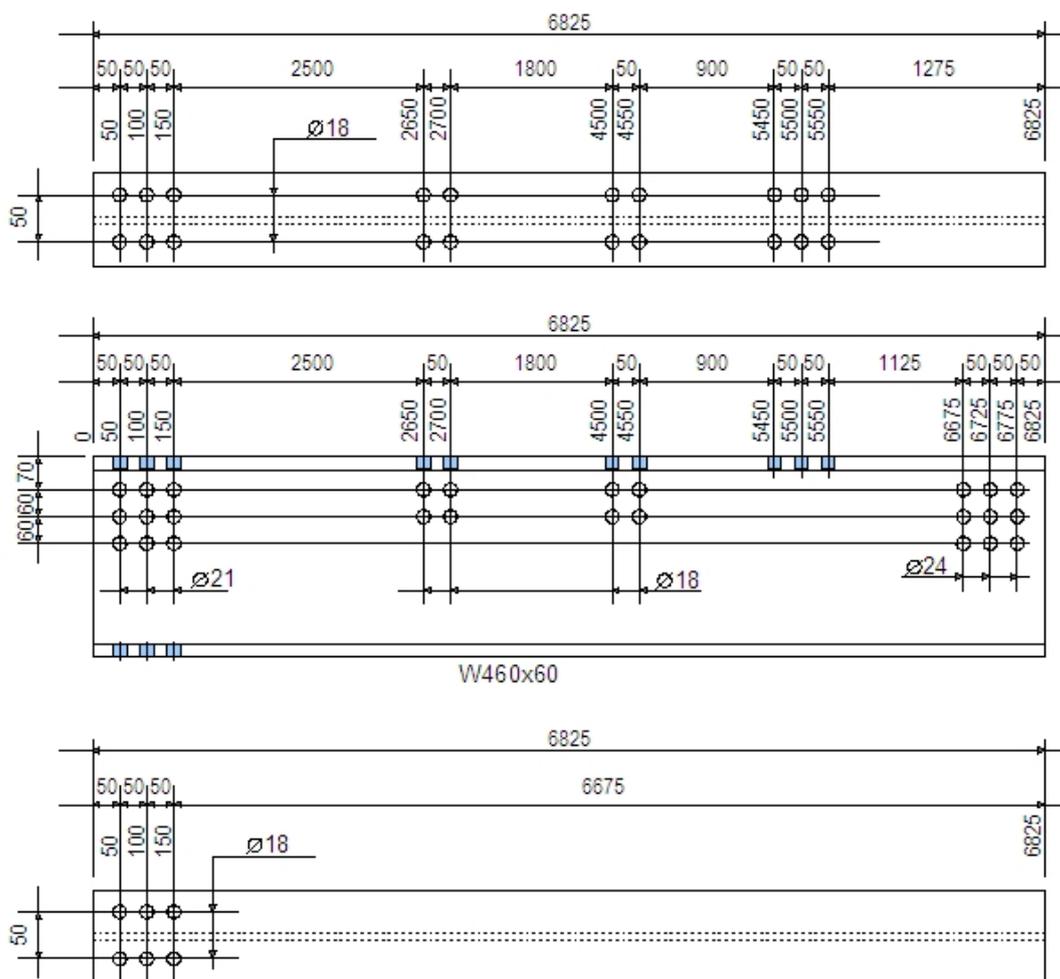
Notar nas cotas acima :

- O desenho acima já obedece as exigências de representação, bitola e cotas de corte;
- Cota-se sempre o centro dos furos;
- Todos os furos possuem a definição do seu diâmetro. Quando se coloca a indicação do diâmetro de furo nas linhas de furação, significa que os furos contidos nesta linha possuem este diâmetro;
- Estão cotados os furos no sentido horizontal e vertical;
- As cotas que determinam as linhas de furação na horizontal são cotadas de cima para baixo. Da mesma forma que não se cota a altura da viga, cota-se as linhas de furação na horizontal sem completar a cota até a parte de baixo da viga;
- No sentido longitudinal da viga, cota-se entre furos e fornece-se as cotas acumuladas;
- As cotas em projeção (nas mesas da viga), possuem uma indicação "G=50". Isto significa : "Gabarito de furação de 50mm" (veja abaixo a interpretação de gabarito de furação)

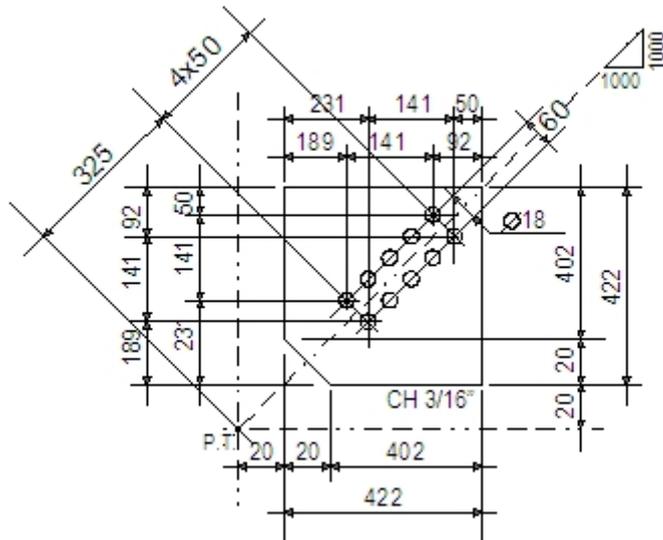
Os gabaritos de furos, quando indicados nos furos em projeção de perfis, devem ser interpretados da seguinte forma :



Uma outra forma de representar a mesma viga, sem o uso do gabarito seria :



Em alguns casos, as linhas de furos são inclinadas :



Notar no desenho acima :

- O desenho acima já obedece as exigências de representação, bitola e cotas de corte;
- O diâmetro dos furos está indicado;
- Está definida a inclinação dos furos através do triângulo (1000x1000). Sempre que houver uma linha de referência inclinada, deve-se mostrar o ângulo, preferencialmente usando-se o triângulo com um dos lados igual a 1000.
- Define-se as linhas de trabalho (tracejadas) e o ponto de trabalho (P.T.), que é um ponto de construção das peças, normalmente a interseção entre eixos de perfis. A peça está posicionada em relação ao PT e às linhas de trabalho;
- Além da locação da linha de trabalho inclinada, determina-se a posição dos furos iniciais e finais de cada linha em relação às dimensões da chapa;
- Não é necessário a cota horizontal e vertical de todos os furos. Além de poluir o desenho,

Critérios para levantamento de peso em projetos básicos

Todo projeto básico de estruturas metálicas deve possuir uma lista de material resumida, incluindo o peso previsto para cada material e uma previsão de peso para as ligações.

Os critérios para levantamento de peso são :

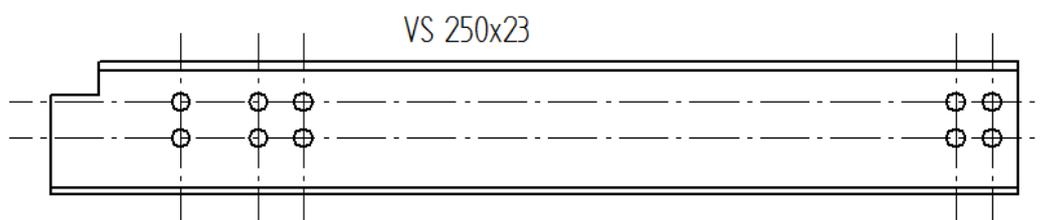
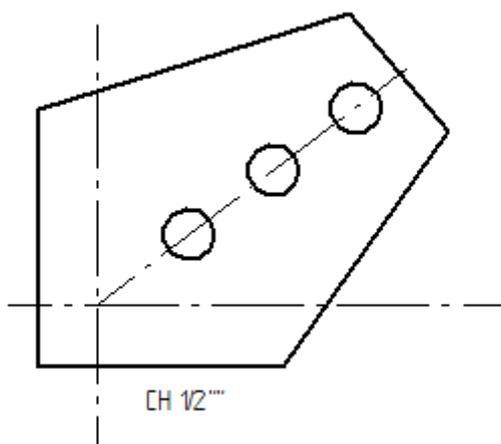
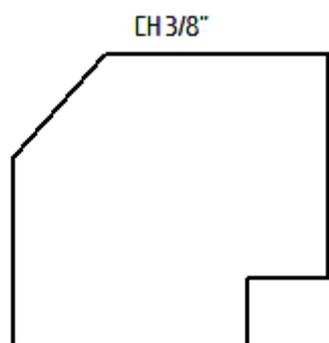
- a. Cada peça (viga, coluna, contravento, etc...) terá seu peso calculado considerando-se sem comprimento teórico. Despreza-se os recortes que serão feitos para ligações.
- b. Chapas de piso e grades são levantados pela área de cobertura, sem levar em conta pequenos recortes e ajustes.
- c. O peso de elementos de ligação (chapas, cantoneiras, parafusos, etc...) é estimada como 10% do peso teórico dos perfis.
- d. Devem ser levantadas individualmente (não incluso no percentual acima) chapas de base de colunas pesadas ou casos especiais onde o peso seja significativo.
- e. Não se faz estimativa de parafusos no projeto básico.

Exercícios

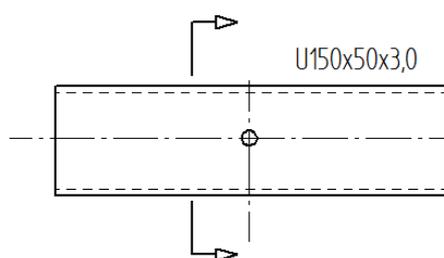
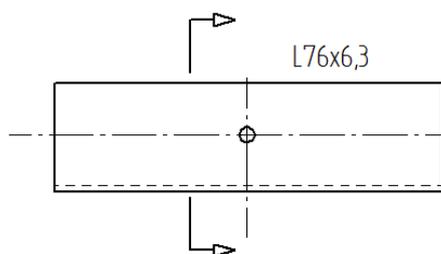
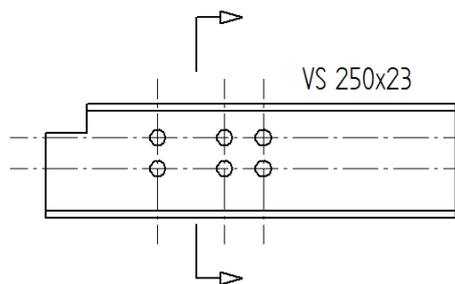
Exercício 1 : Desenhe abaixo (mão livre e sem escala) as seguintes peças metálicas e indique o seu peso:

- a. Cantoneira L102x9,5x 1.000
- b. U8"x17,10x2.000
- c. W150x13x500
- d. PS200x100x9,5x6,3x10500
- e. CH1/2"x150x300
- f. U100x50x3,0x6000

Exercício 2 : As peças abaixo precisam ser cotadas para fabricação. Adote dimensões quaisquer e informe as cotas necessárias para fabricação.



Exercício 3 : Desenhe a mão livre, o corte indicado nas figuras abaixo :



Capítulo 3 – Elementos de conexão : Parafusos e soldas

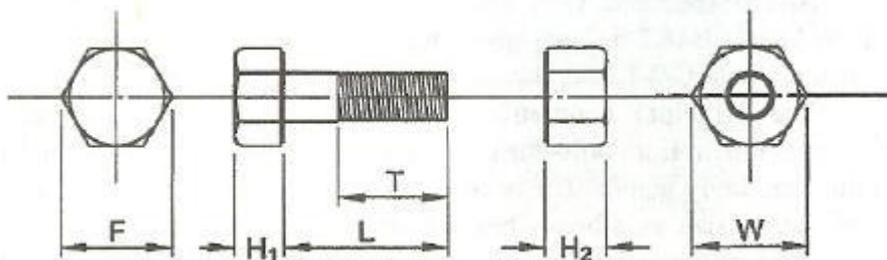
Ligações parafusadas

Tipos de parafusos

Os principais tipos de parafuso são:

- Parafusos comuns ASTM A307 : São parafusos de custo mais acessível, utilizados em conexões de menor responsabilidade tais como ligações de terças e longarinas, fixação de guarda-corpo, estruturas secundárias ou com baixa carga.
- Parafusos de alta resistência ASTM A325 ou ASTM 394 : São utilizados em ligações de maior responsabilidade, tal como emendas de peças estruturais, ligações de treliças, ligações de colunas e vigas, etc...

As dimensões segundo o ASTM para os parafusos de alta resistência são :



Parafuso	F (mm)	H1 (mm)	T (mm)	W (mm)	H2 (mm)
1/2"	22	8	25	22	12
5/8"	27	10	32	27	15
3/4"	32	12	35	32	19
7/8"	37	14	38	37	22
1"	41	15	45	41	25

Dimensão dos furos

O diâmetro de furação para cada bitola de parafuso é padronizada como segue :

Parafuso	Furo (mm)
1/2" (12,7mm)	14,50
5/8" (16mm)	18
3/4" (19mm)	21
7/8" (22mm)	24
1" (25,4mm)	27

Note que o tamanho dos furos é sempre um pouco maior que o diâmetro do parafuso, isto para que haja uma tolerância na fabricação. A folga, segundo a norma americana, é de 1/16" (1,6mm).

Cálculo do comprimento dos parafusos

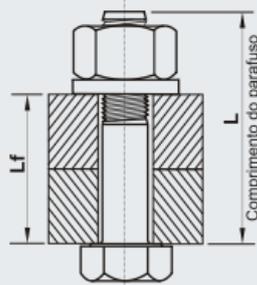
O comprimento dos parafusos é calculado a partir da espessura a ser apertada ("GRIP"). Para determinar o comprimento necessário do parafuso, o valor mostrado na tabela abaixo deve ser adicionado ao "grip" (espessura total a ser apertada dos materiais a serem conectados, não incluindo as arruelas). Para cada arruela pesada, adicionar 4mm no comprimento. Os valores tabelados abaixo já consideram as tolerâncias de fabricação e uma rosca suficiente para a porca.

Bitola Parafuso	Adicionar ao "Grip" para calcular comprimento do parafuso
1/2"	18mm (11/16")
5/8"	22 mm (7/8")
3/4"	25 mm (1")
7/8"	29 mm (1.1/8")
1"	32 mm (1.1/4")

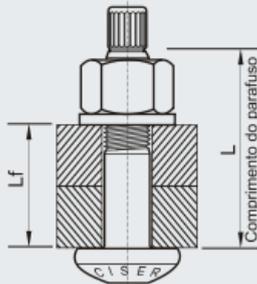
Na prática, utilizamos as tabelas dos fabricantes indicando qual comprimento usar para cada intervalo de Grip (abaixo tabela da Ciser – Parafusos A325):

DETERMINAÇÃO DO COMPRIMENTO ADEQUADO

ASTM A325



ASTM A325-TC



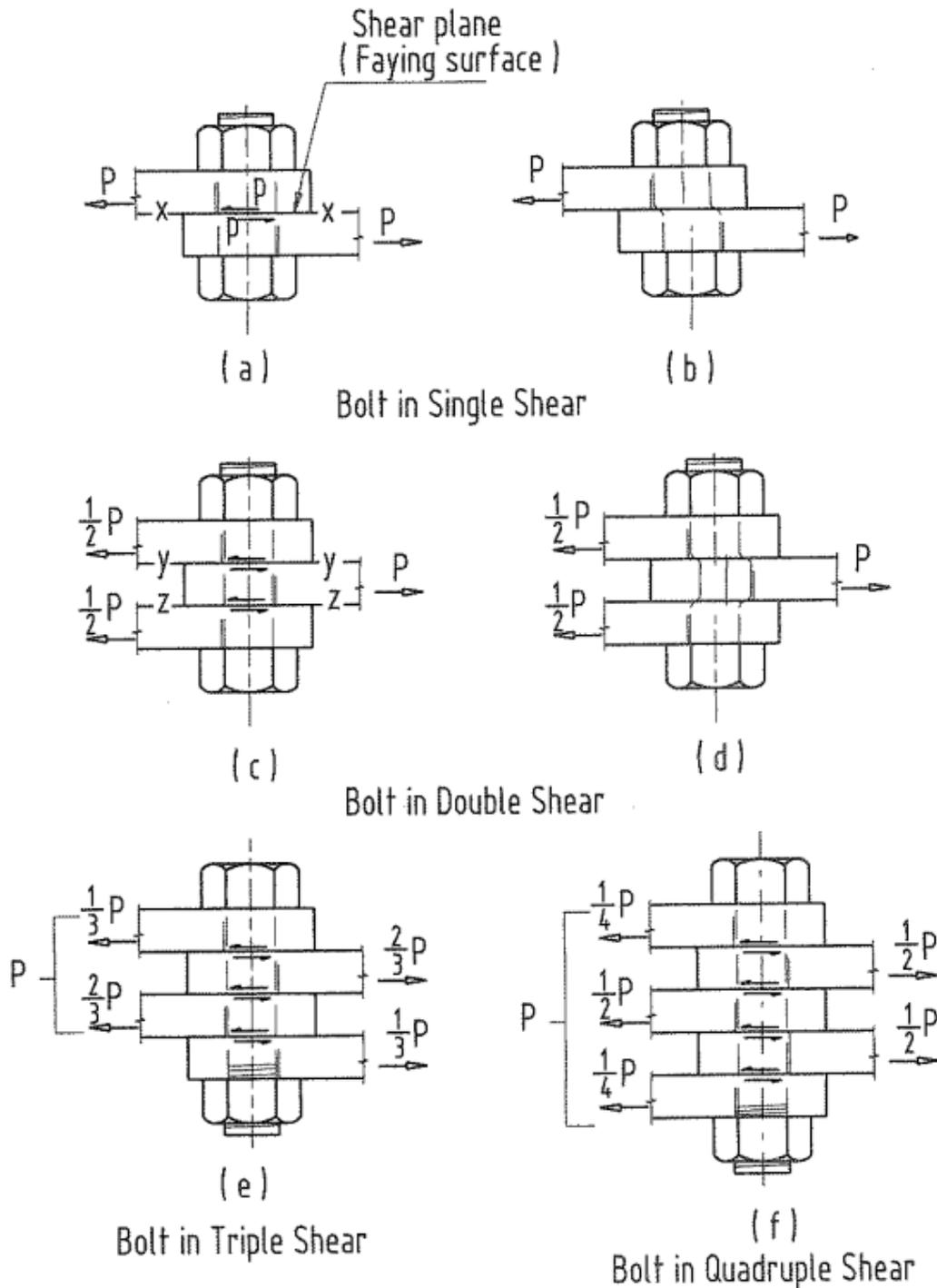
COMPRIMENTO DE FIXAÇÃO LF (mm)

BITOLA L	1/2"	5/8"	3/4"	7/8"	1"
1.1/4"	8 - 13				
1.1/2"	13 - 19	8 - 16			
1.3/4"	19 - 25	16 - 22	13 - 19 *	11 - 16	
2"	25 - 32	22 - 28	19 - 25 *	16 - 22	
2. 1/4"	32 - 38	28 - 35	25 - 32 *	22 - 28	18 - 25
2. 1/2"	38 - 44	35 - 41	32 - 38 *	28 - 35	25 - 32
2.3/4"	44 - 50	41 - 47	38 - 44 *	35 - 41	32 - 38
3"	50 - 57	47 - 54	44 - 50 *	41 - 47	38 - 44
3. 1/4"	57 - 63	54 - 60	50 - 57 *	47 - 54	44 - 50
3. 1/2"	63 - 70	60 - 66	57 - 63 *	54 - 60	50 - 57
3. 3/4"	70 - 76	66 - 73	63 - 69 *	60 - 66	57 - 63
4"	76 - 82	73 - 79	69 - 76 *	66 - 73	63 - 70
4. 1/4"	82 - 89	79 - 85	76 - 82	73 - 79	70 - 76
4. 1/2"	89 - 95	85 - 92	82 - 89	79 - 86	76 - 82
4. 3/4"				86 - 92	82 - 89
5"				92 - 98	89 - 95
5. 1/4"				98 - 105	95 - 101
5. 1/2"				105 - 111	101 - 108
5. 3/4"				111 - 117	108 - 114
6"				117 - 124	114 - 120

Por exemplo : Se estivermos parafusando uma chapa de 1/4" com outra de 3/8" (Grip = 15,85mm) com um parafuso de 1/2" (A325), precisaremos de um parafuso de 1/2"x 1.1/2".

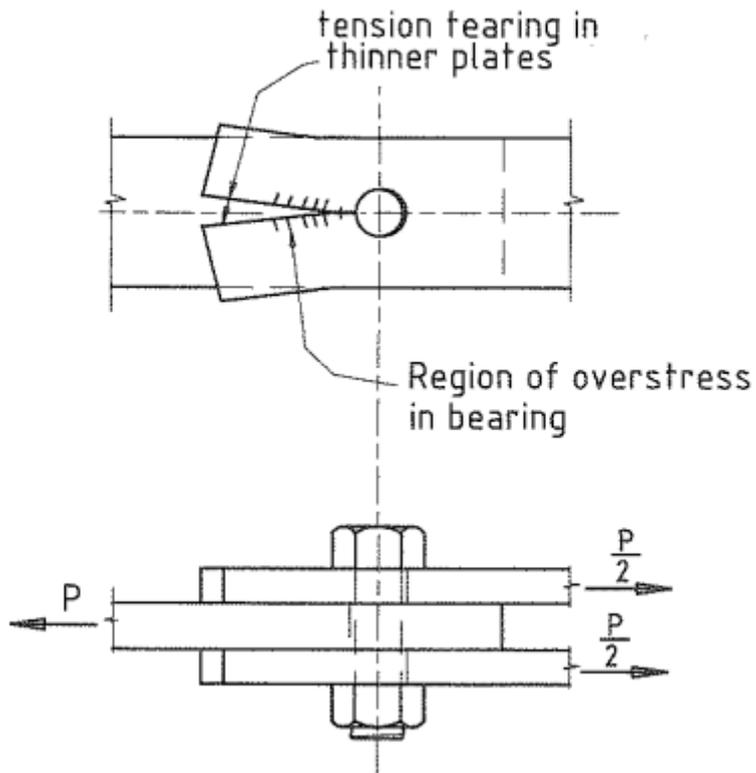
Tipos de ligação

Os parafusos podem estar sujeitos a um cisalhamento simples (um plano de corte apenas), ou a múltiplos planos de corte, conforme figuras abaixo :



Distâncias entre furos nas ligações

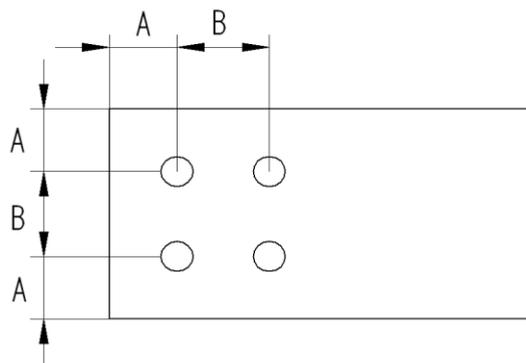
A distância entre furos e de furo a borda do perfil ou chapa, são muito importantes. Uma distância entre furo e borda muito pequena, pode ocasionar o rasgamento da chapa.



Basicamente, deve-se obedecer as seguintes regras na furação de perfis e chapas :

- Distância mínima de furo a qualquer borda de $1,5 \times D$
- Distância mínima entre furos de $3,0 \times D$

Abaixo um resumo dos valores mínimos e valores usuais para projeto :



Parafuso	Furo (mm)	Distância Mínima (mm)		Distância Usual (mm)	
		(A)	(B)	(A)	(B)
1/2"	14,50	22	38	30	50
5/8"	18,00	24	48	30	60
3/4"	21,00	29	57	40	70
7/8"	24,00	33	66	45	80
1"	27,00	38	76	50	90
1.1/4"	34,00	48	95	55	100
1.1/2"	40,00	58	114	65	120
1.3/4"	46,00	67	133	75	140

Para furação alternada :

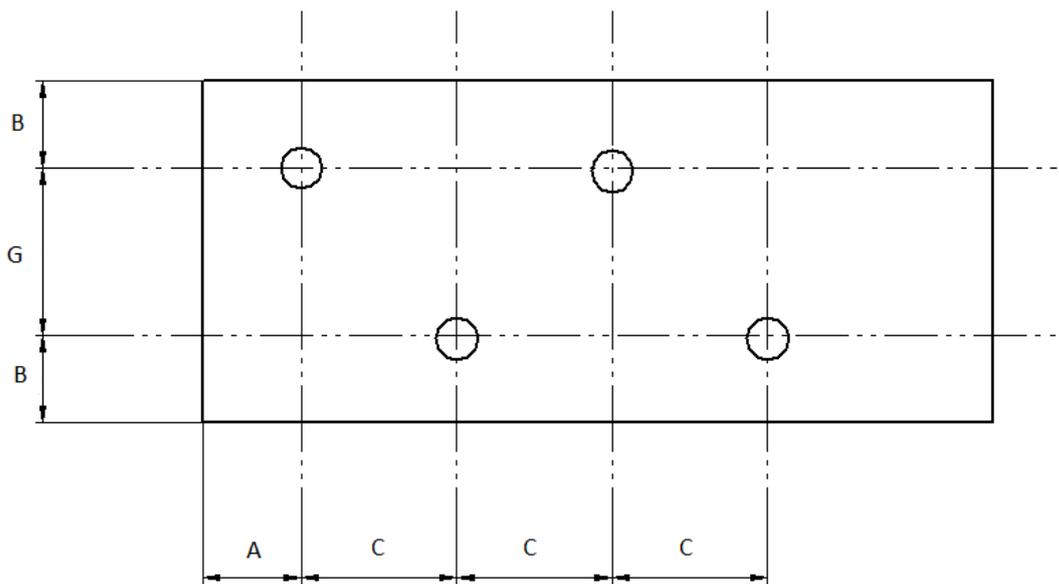
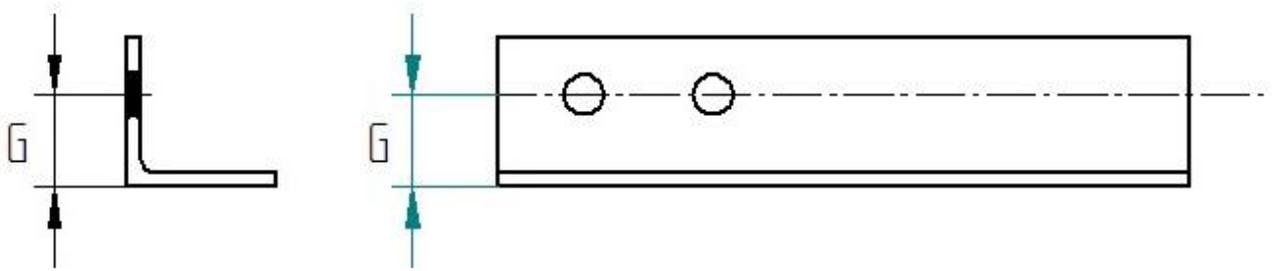


Tabela de relação entre as dist. "G" e "C"

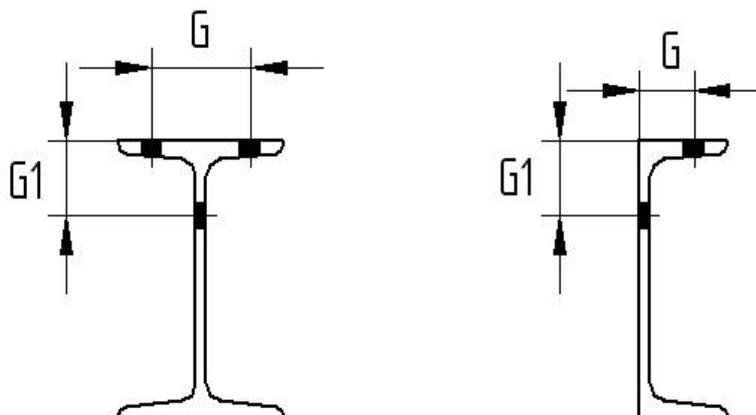
Paraf.	Valores "G"													Distância "C"
	25	32	38	45	51	57	64	70	76	83	89	95	102	
1/2"	29	22												
5/8"	41	35	29	16										
3/4"	51	48	41	35	25									
7/8"	64	61	54	51	45	35	19							
1"	73	70	67	64	57	51	41	29						
1.1/8"	83	79	76	73	70	64	57	51	38	22				
1.1/4"	92	89	86	86	83	76	70	64	57	48	35			
1.3/8"	102	102	98	95	92	89	83	79	73	64	54	45	25	
1.1/2"	111	111	108	105	102	98	95	86	79	73	64	51	38	

Gabaritos de furação para cantoneiras



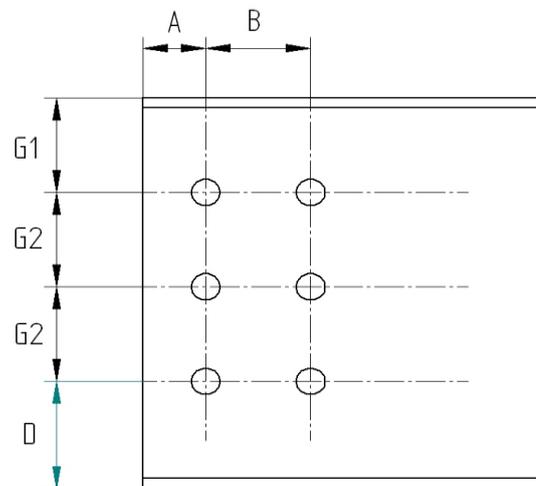
Bitola	Paraf. Máximo	Gabarito (mm)
L1.1/2"	1/2"	22
L1.3/4"	1/2"	25
L2"	1/2"	30
L2.1/2"	5/8"	35
L3"	5/8"	40
L4"	3/4"	55
L5"	1"	75
L6"	1"	90

Para perfis padrão americano (I, H e U)



Bitola	Gab. Mesa (G)	Paraf. Máximo Mesa	Gab. Alma (G1)
PERFIS TIPO "I"			
I6"x18,50	50	5/8"	57
I8"x27,30	58	3/4"	64
I10"x37,70	70	3/4"	64
I12"x60,60	76	3/4"	70
PERFIS TIPO "H"			
H6"x37,10	90	7/8"	64
PERFIS TIPO "U"			
U4"x8,0	25	1/2"	51
U6"x12,2	29	5/8"	57
U8"x17,1	35	3/4"	64
U10"x22,8	38	3/4"	64
U12"x30,7	44	7/8"	64

Gabaritos para perfis "I" (Tipo W e soldados)

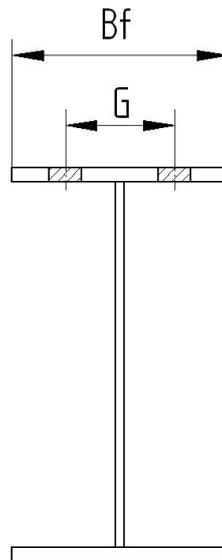


Para ligações de vigas, utiliza-se os seguintes parâmetros :

Perfis	Parafuso	A (mm)	B (mm)	G1 (mm)	G2 (mm)
Até 200mm de altura	5/8"	30	60	45	60
Maiores que 200 mm	3/4"	40	70	75	75

- O desenho exemplo mostra 3 linhas horizontais de furação, mas o número de linhas permitida será função da altura do perfil;
- Evitar variações na padronização acima;
- Podem haver tantas linhas de furos horizontais quantas necessárias, desde que obedecidas as medidas "G1", "G2" e que "D" seja menor ou igual a "G1"

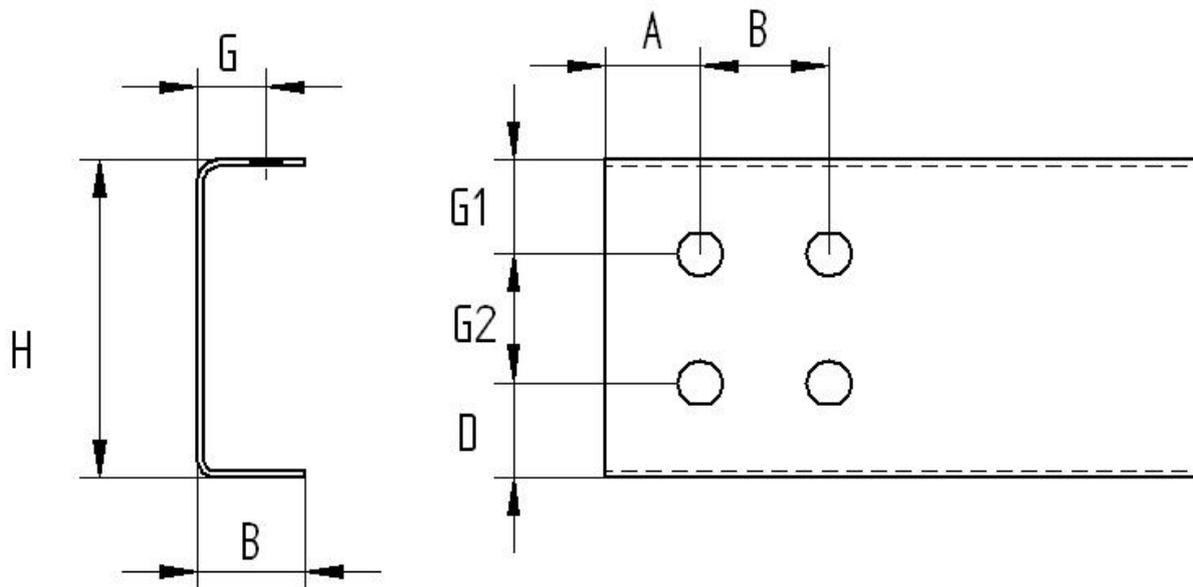
Para ligações na mesa das vigas :



Parafuso	G (mm)	Bf mínimo (mm)
1/2"	55	100
5/8"	70	120
3/4"	80	140
7/8"	90	150
1"	90	160

Para perfis de chapa dobrada

Para perfis de chapa dobrada, os parafusos usados são os de 1/2" e eventualmente os de 5/8". Os gabaritos de furação serão (lembrando que a medida "D" deve ser sempre igual ou maior



que "G1"):

Para furação na alma da viga :

Parafuso	A (mm)	B (mm)	G1 (mm)	G2 (mm)
1/2"	30	50	30	50
5/8"	30	60	30	60

Para furação na mesa da viga :

Parafuso	G (mm)	B mínimo (mm)
1/2"	25	50
5/8"	30	60

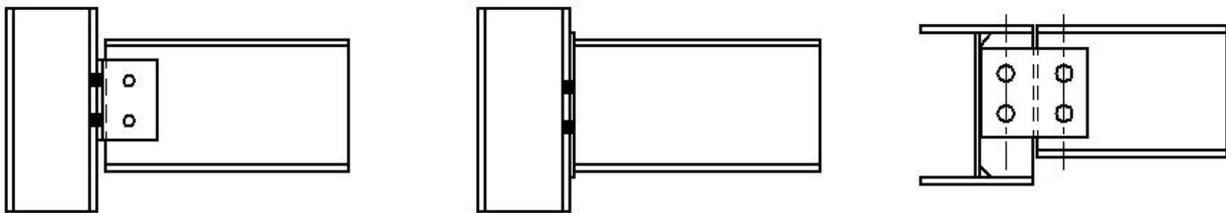
Ligações parafusadas típicas

Existe uma infinidade de detalhes de ligações, que variam em função das exigências de projeto e de resistência, bem como de necessidades de montagem e/ou de fabricação. Os exemplos abaixo são apenas uma mostra das soluções mais comuns. A definição dos elementos de ligação (chapas e cantoneiras), bem como bitola e quantidade de parafusos são definidas caso a caso pela engenharia :

Ligações de viga

As ligações de viga principais são :

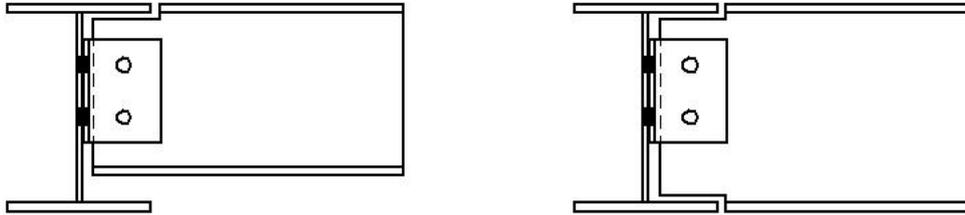
- a. Com cantoneiras de ligação
- b. Com chapa de topo
- a) Com chapa de ligação



Para ligações com cantoneiras observar que :

- a) O comprimento da cantoneira deve ser igual ou superior à metade da altura da seção;
- b) A distância do furo superior até a face superior da viga deve ser igual ou inferior à distância do furo inferior até a face inferior da viga;
- c) Devem ser obedecidas as padronizações de gabaritos de furação;

As vigas podem ter recortes de encaixe em uma ou nas duas mesas. Os encaixes devem ter as dimensões necessárias para evitar a interferência mais uma folga de 10mm :



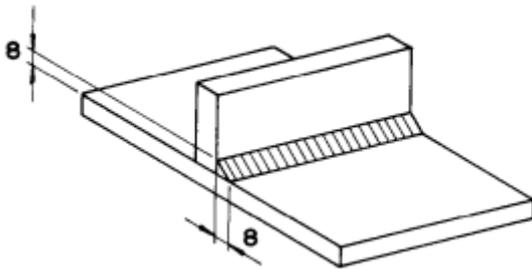
Ligações Soldadas

Definição

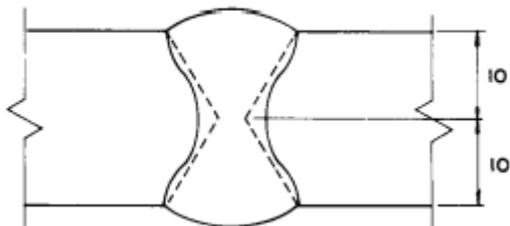
A soldagem é um processo que visa a união localizada de materiais de forma permanente, baseada na ação de forças em escala atômica semelhantes às existentes no interior do material e é a forma mais importante de união permanente de peças usadas industrialmente.

Para fins de estruturas de aço, os dois tipos mais importantes de soldagem são : Soldas de filete e soldas de entalhe.

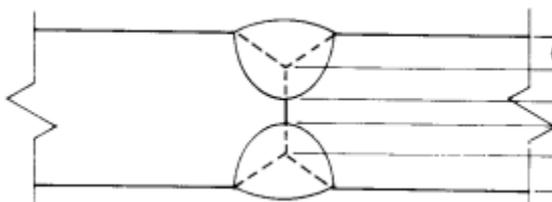
Exemplo de uma solda com filete de 8mm :



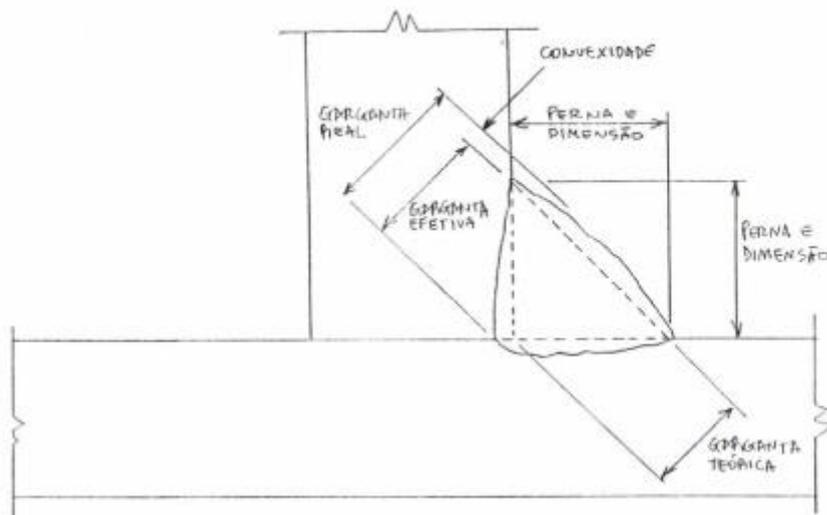
Exemplo de solda de entalhe com penetração total :



Exemplo de solda de entalhe com penetração parcial :



Nomenclatura

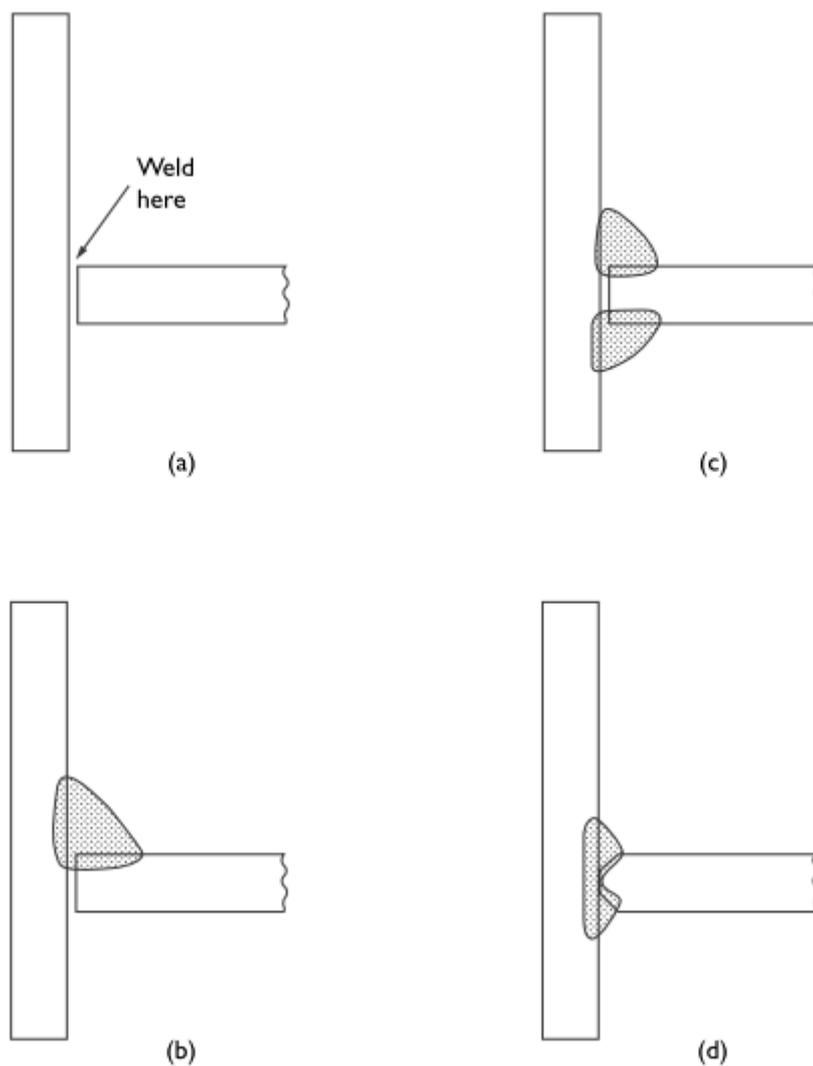


Simbologia

As soldas devem ser representadas de forma clara nos projetos de detalhamento. A definição de que solda usar, é feita pelo cálculo e projeto básico. No detalhamento, é preciso assegurar que todas as soldas sejam indicadas de acordo com a definição do projeto básico. Estas informações serão usadas pelo pessoal de fábrica e inspeção.

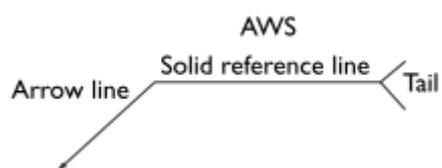
Para representação gráfica das soldas, o mercado nacional utiliza a simbologia do AWS (American Welding Society – Sociedade americana de soldagem). Em alguns projetos básicos europeus, encontramos a simbologia de solda conforme ISO. Uma análise desta simbologia está fora do escopo deste estudo.

A simples indicação de onde soldar, não é suficiente para a fabricação das peças e ofereceria alto risco. Veja na figura abaixo a indicação de “solde aqui” e três tipos de interpretação para isso :

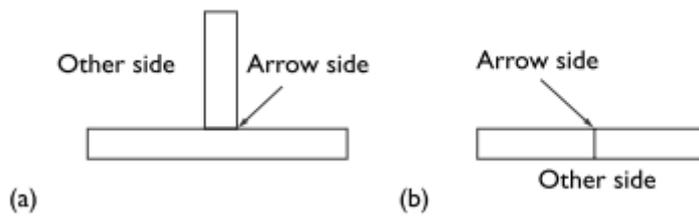


A figura (b) mostra um filete simples, a (c) um filete duplo e a (d) uma solda de entalhe. Obviamente que existe uma diferença significativa em termos de resistência das três soldas apresentadas.

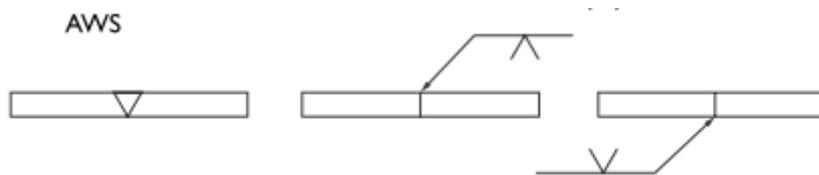
Para representar as soldas, utilizamos uma seta (indicando a localização), uma linha sólida que contém a tipologia e a cauda da solda com informações complementares (nem sempre necessárias):



A seta, que aponta para a localização da solda, também pode indicar a solda do “lado oposto”. Veremos que isto é muito útil na hora de elaborar os desenhos.



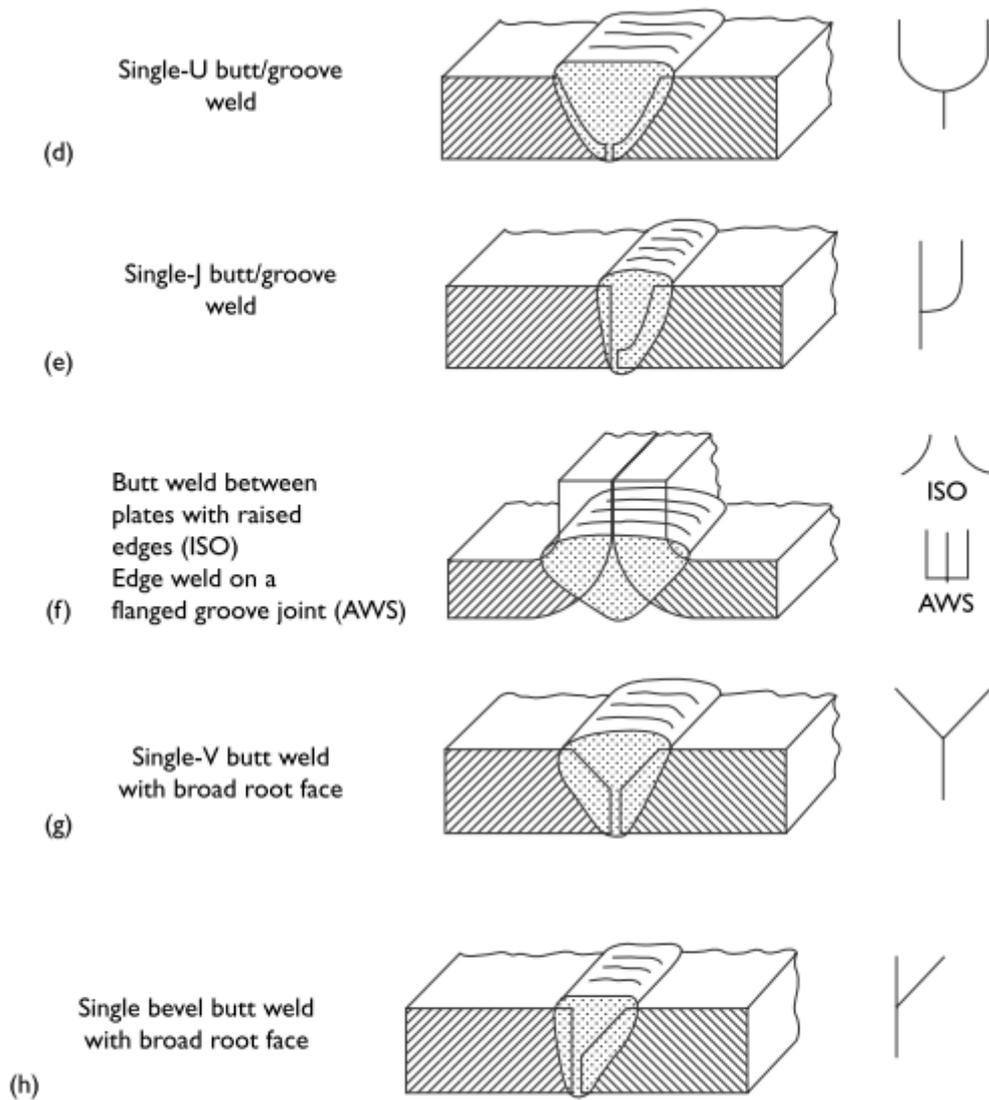
A simbologia da solda no lado da seta é indicada abaixo da linha e a solda do lado oposto acima da linha. Veja abaixo :



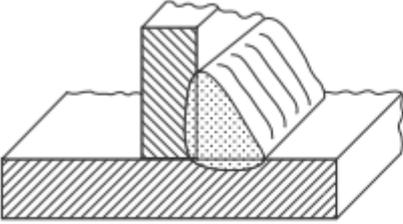
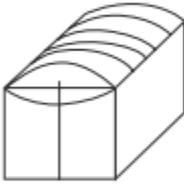
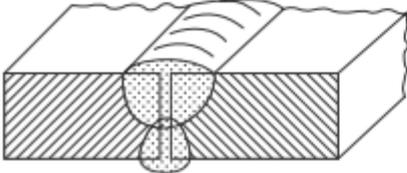
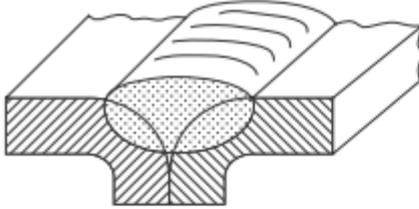
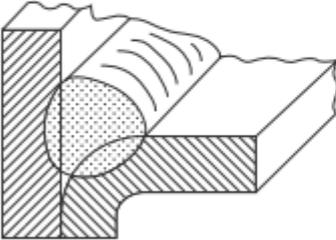
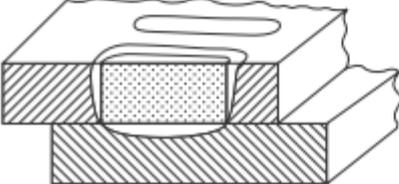
Simbologia para soldas de entalhe

As simbologias usadas para as soldas de entalhe, estão indicadas abaixo :

	Designation	Illustration	Symbol
(a)	Single-V butt/groove weld		
(b)	Square butt/groove weld		
(c)	Single bevel butt/groove weld		

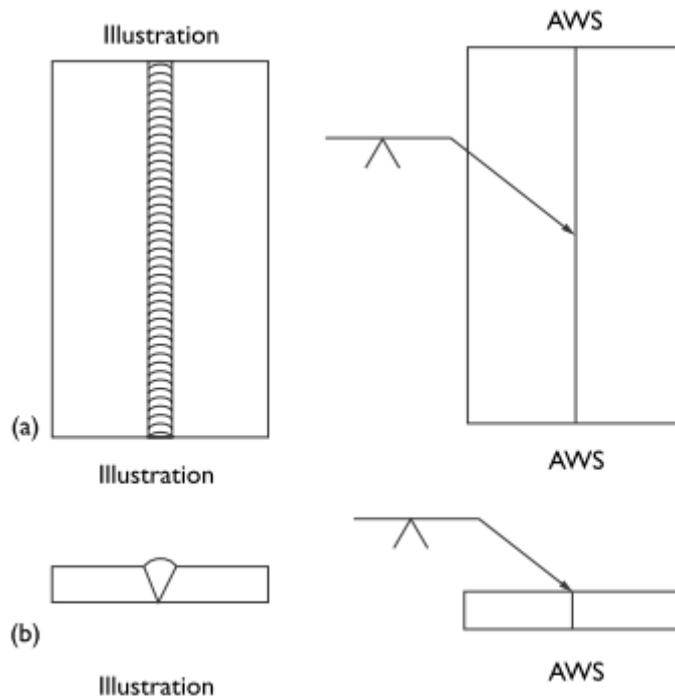


Outros símbolos de solda :

	Designation	Illustration	Symbol
(a)	Fillet weld		
(b)	Edge weld		 ISO  AWS
(c)	Backing run (ISO) Back or backing weld (AWS)		
(d)	Flare-V-groove weld (AWS)		
(e)	Flare-bevel-groove weld (AWS)		
(f)	Plug or slot weld		

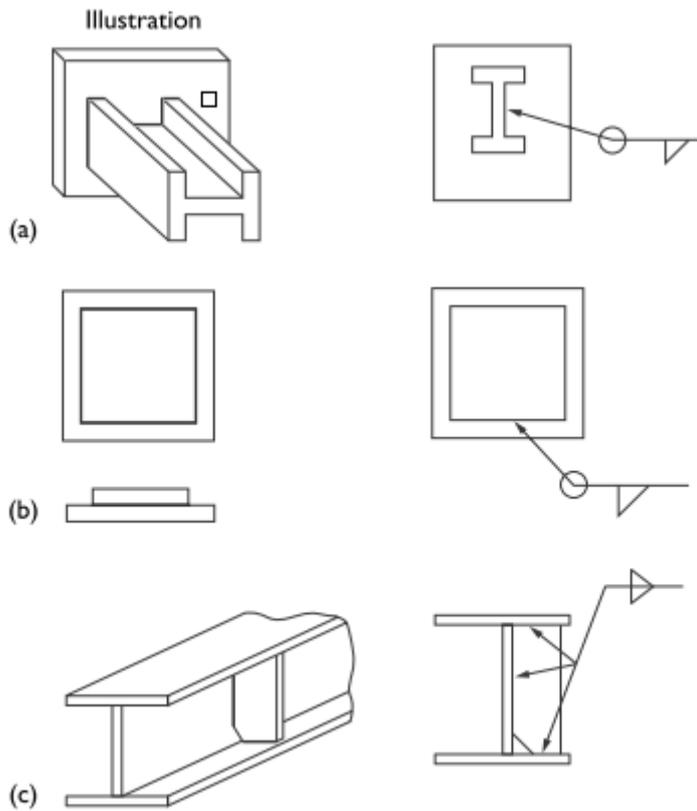
Localização da simbologia

Veja abaixo a solda de entalhe em “V”. A localização da simbologia nos desenhos pode ser em planta (a) ou em corte (b).



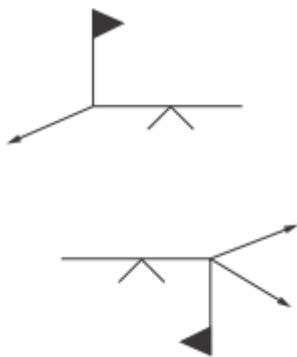
Soldas periféricas ou de contorno

Algumas vezes são necessárias soldas em todo o contorno de peças. Para indicar isto, basta colocar um círculo no final da seta de solda. Veja exemplos abaixo :



Soldas de campo

Se as soldas devem ser executadas em campo (na montagem), ao invés de soldas de fábrica, a simbologia recebe um bandeira :



Dimensões da solda

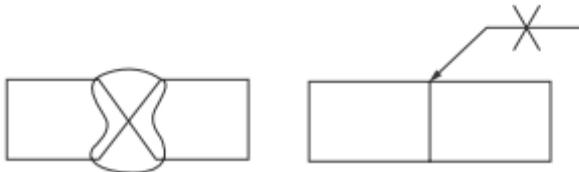
Além do tipo de solda, temos que definir algumas dimensões na simbologia de solda. Por exemplo, para solda de entalhe onde nenhuma dimensão é informada, a interpretação da fábrica é de que se trata de uma solda com penetração total :

Illustration



9.1 Single-V butt/groove weld with full penetration.

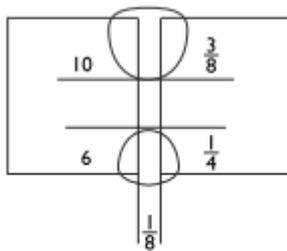
Illustration



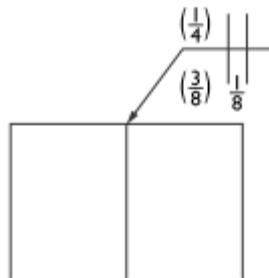
9.2 Double-V butt/groove weld with full penetration.

Para penetração parcial, temos que indicar o tamanho da solda :

Illustration



AWS



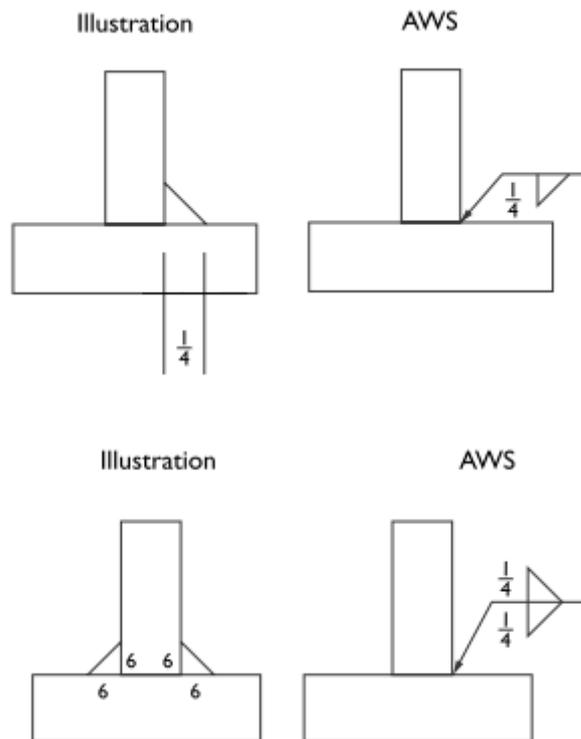
Illustration



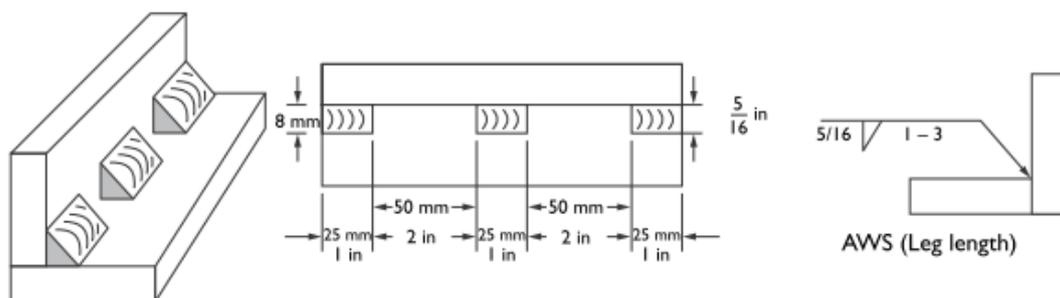
AWS



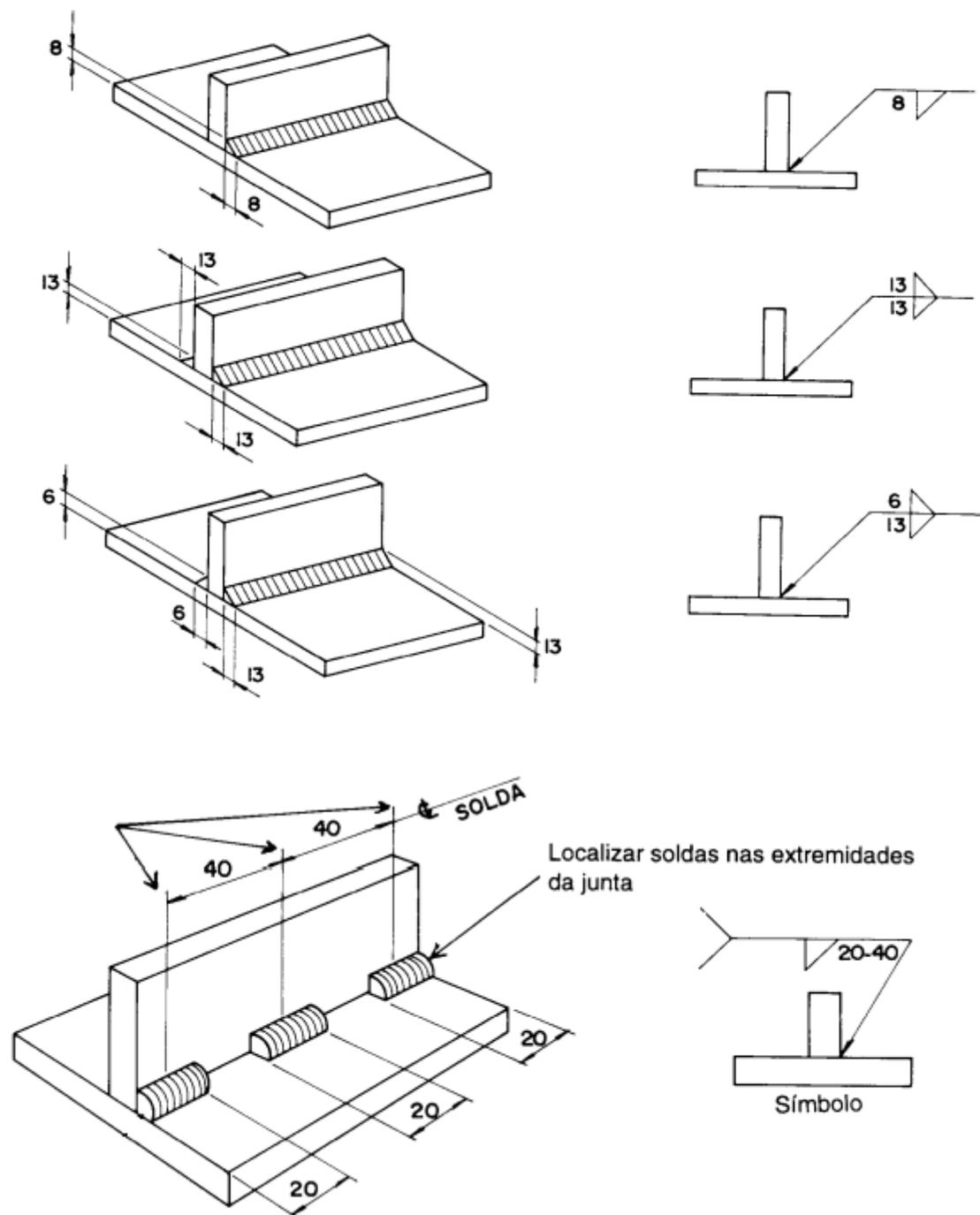
Para soldas de filete, temos que indicar o tamanho do filete a ser usado. O tamanho do filete é dado pela “perna” da solda :

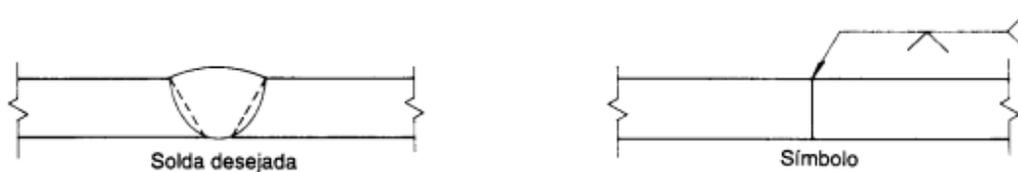
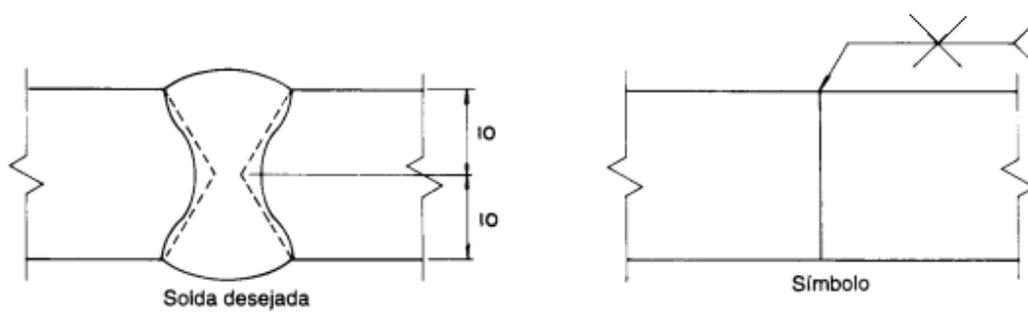
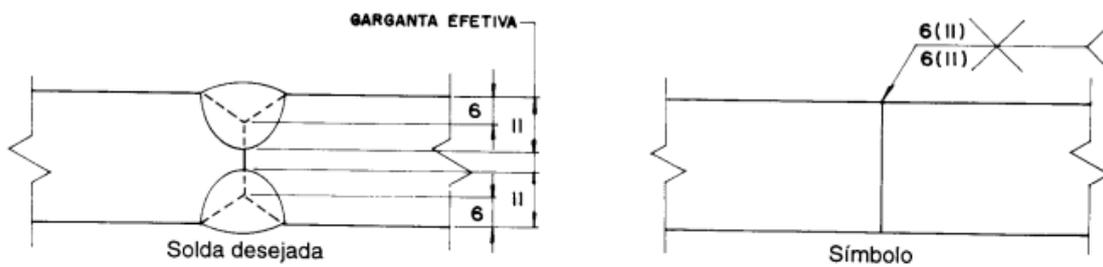
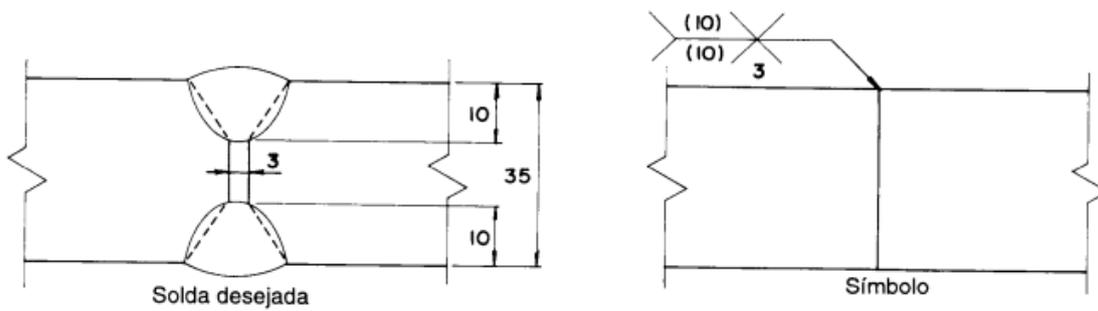
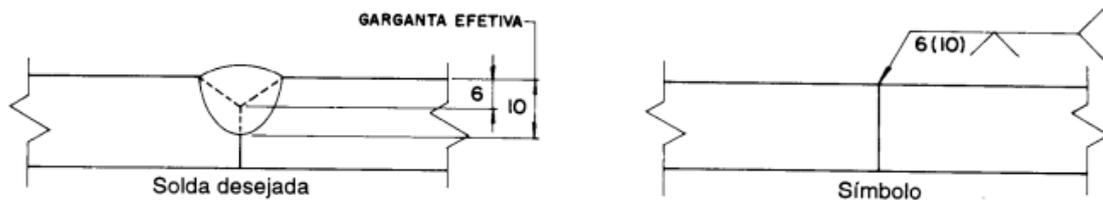


O comprimento longitudinal da solda é indicado a direita do símbolo. Se for uma solda contínua, basta indicar o comprimento total. Se for intermitente, indica-se o comprimento da solda e a distância entre centros :



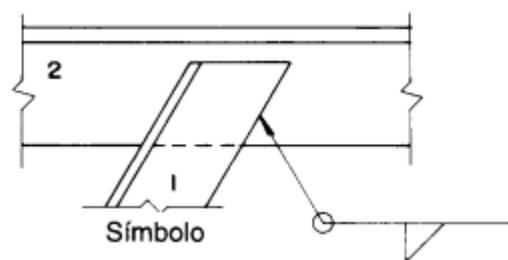
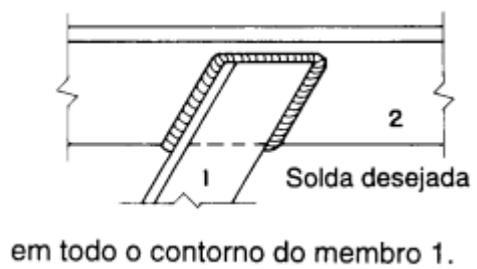
Exemplos de soldas e sua simbologia :





A garganta efetiva é indicada entre parênteses. No caso dos exemplos da Fig. 3.10 (c) e (e), situa-se entre as dimensões da profundidade do chanfro e o símbolo de solda.





Chumbadores e inserts

Chumbadores são peças metálicas rosqueadas que fazem a fixação de estruturas metálicas em estruturas de concreto armado. Podem ser para fixação de bases de colunas, apoio de vigas metálicas chegando em colunas de concreto, etc...

Os chumbadores podem ser classificados em dois grupos principais:

- Chumbadores pré-instalados (são colocados antes da concretagem e permanecem fixos pelo atrito e resistência ao arrancamento do concreto após sua cura)
- Chumbadores pós-instalados (são colocados no concreto já curado. Executa-se uma furação no concreto e se instala o chumbador). Estes chumbadores podem ser de expansão (ou mecânicos, onde sua resistência ao arranchamento é por atrito) ou químicos (resistência ao arranchamento da cola química que age entre a superfície do concreto e a barra metálica).

Esquema de um chumbadores pós-instalados

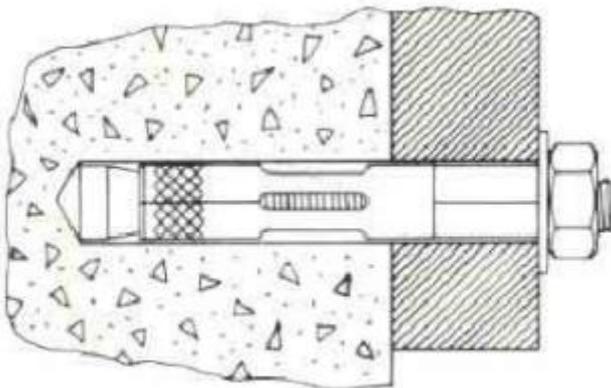


Figura 5.7 – Chumbador de expansão

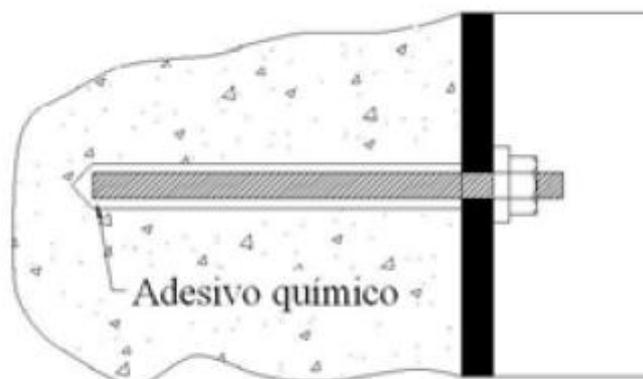
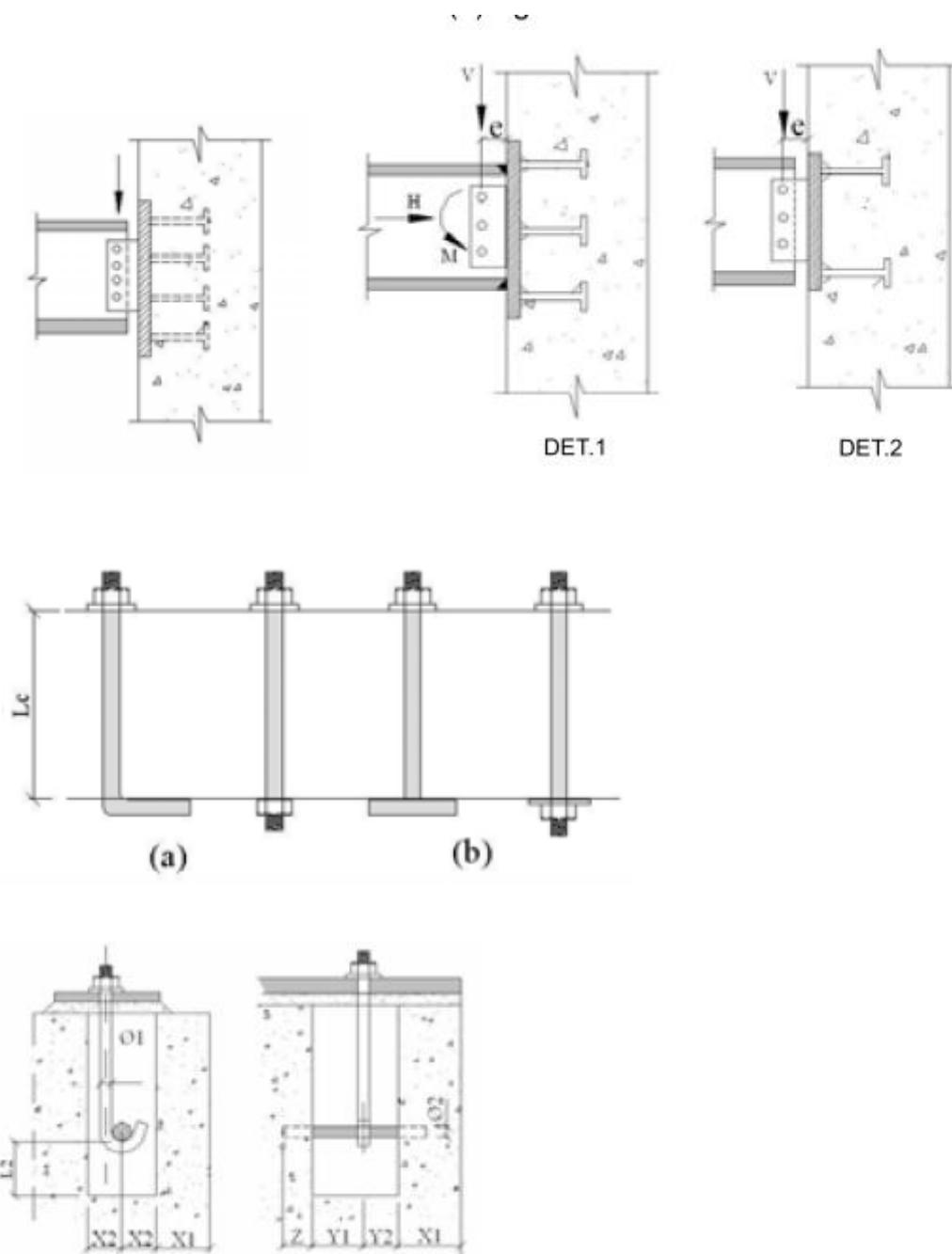


Figura 5.8 – Fixador químico

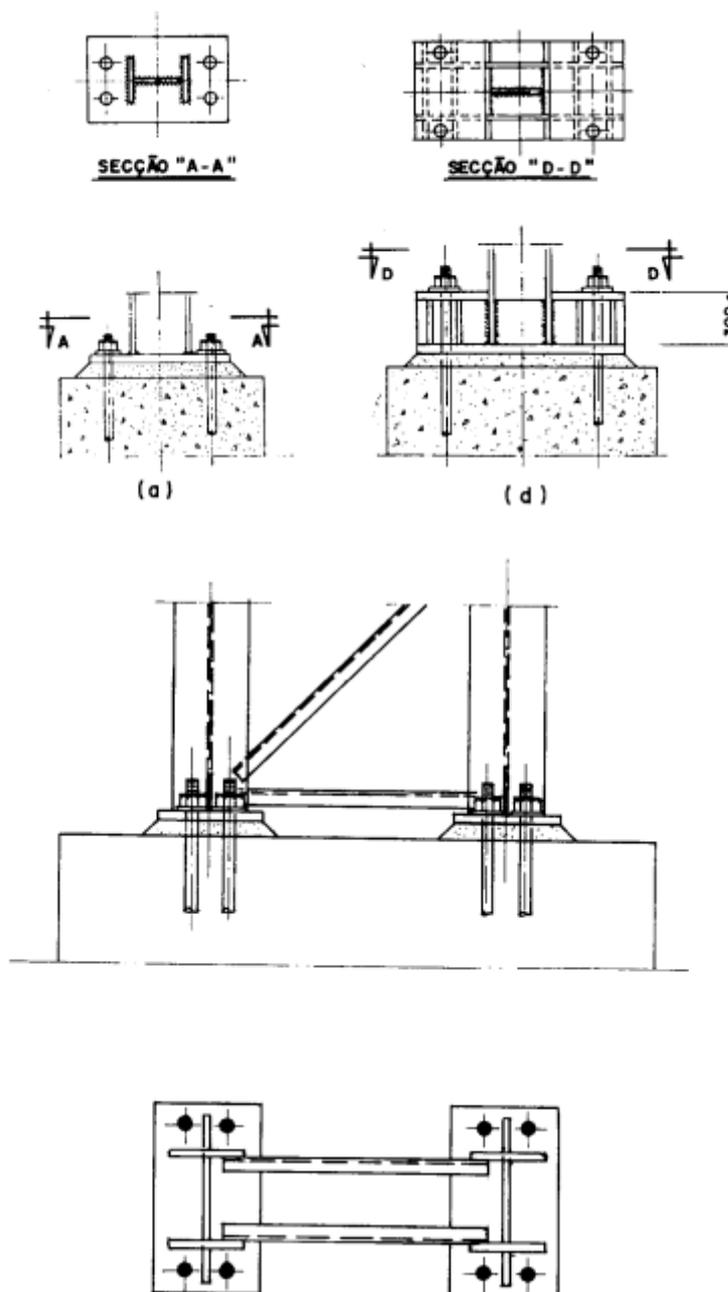
Seja qual for a tipologia dos chumbadores, é comum que os desenhos de chumbação (aqueles que quantificam e posicionam os chumbadores na obra) tenham que ser emitidos

antecipadamente. Para colunas, principalmente colunas pesadas, os chumbadores são pré-instalados. Isto exige que estejam disponíveis na obra durante a montagem das formas de concreto das bases.

Os “inserts” metânicos são uma opção de interface entre as estruturas de concreto e as metânicas. Nada mais é do que uma chapa metâlica, soldada em barras que ficam dentro do concreto armado e garantem sua resistênça ao arrancamento ou cisalhamento.

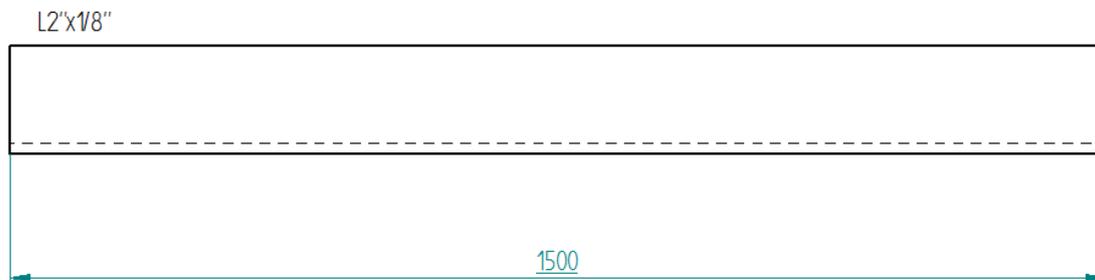


Exemplos de placas de base com chumbadores :



Exercício 1 : Detalhe uma cantoneira L2"x1/8" com 1500mm de comprimento que deve receber dois parafusos de 1/2" em cada extremidade (em uma mesma aba):

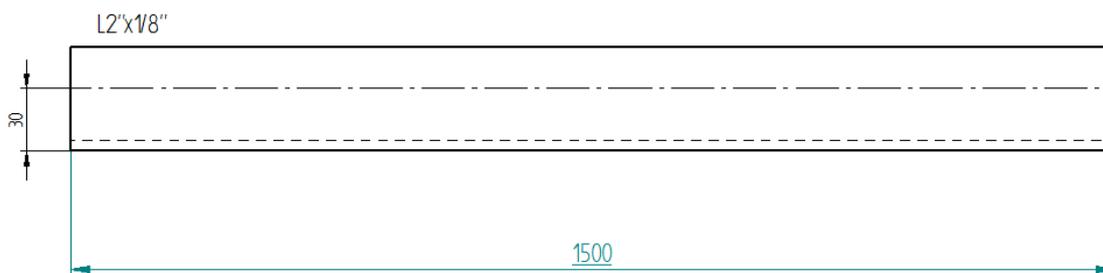
Passo 1 - O primeiro passo, é representar a cantoneira :



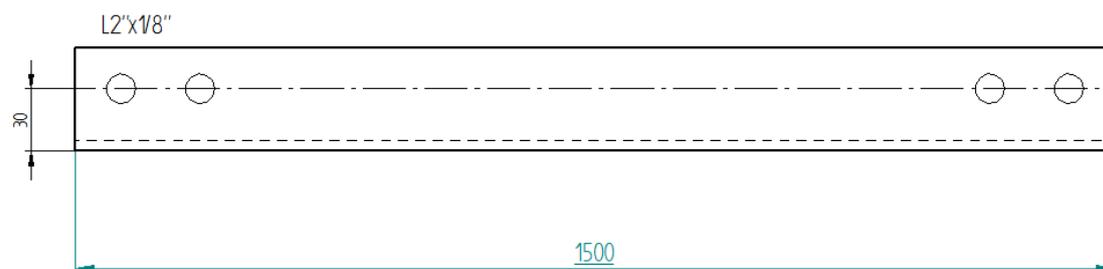
Note que :

- A cantoneira está representada de costas, que é a representação preferencial;
- A bitola está definida, ou seja, não se faz necessário (e deve-se evitar) cotar a dimensão da aba do perfil. Da mesma forma, não é necessário um corte para mostrar o perfil.
- Foi definido o comprimento total de corte. Se a cantoneira não tivesse furos, já estaríamos com todas as definições de fabricação.

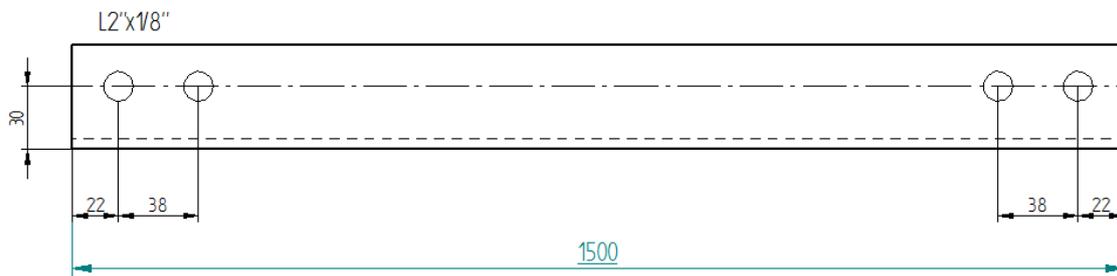
Passo 2 – Vamos definir a linha de furação. Vamos procurar nas tabelas de gabaritos de furação para perfis laminados. Lá encontraremos que o gabarito de furação para a cantoneira de 2" é de 30mm.



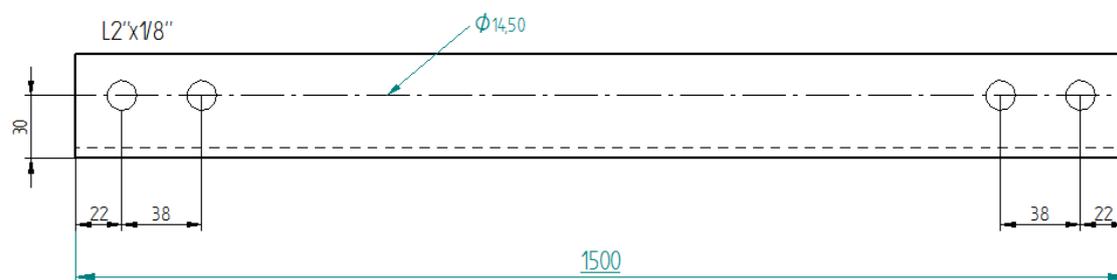
Passo 3 – Podemos representar os furos :



Para determinar a localização dos furos, vamos nos lembrar das indicações das distâncias entre furos e de furo a bora, que no caso de parafusos $\frac{1}{2}$ " são de 38mm e 22mm respectivamente :

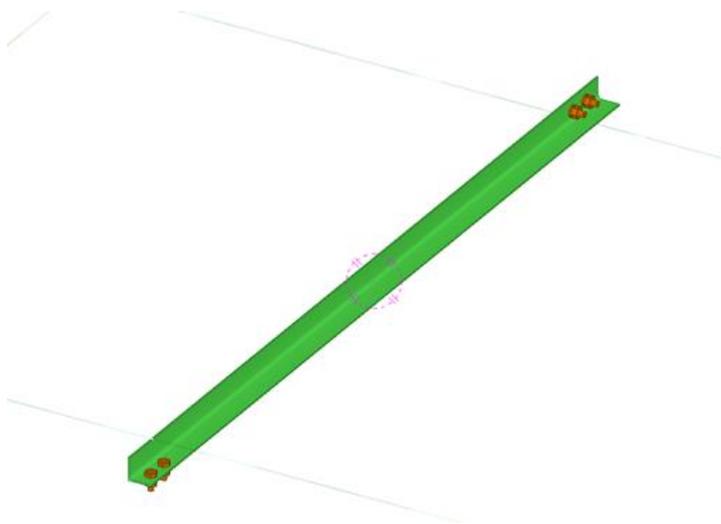


Passo 4 – Basta indicar o diâmetro dos furos a serem fabricados. Conforme manual, no caso de parafusos de $\frac{1}{2}$ ", usamos furos de 14,50mm :

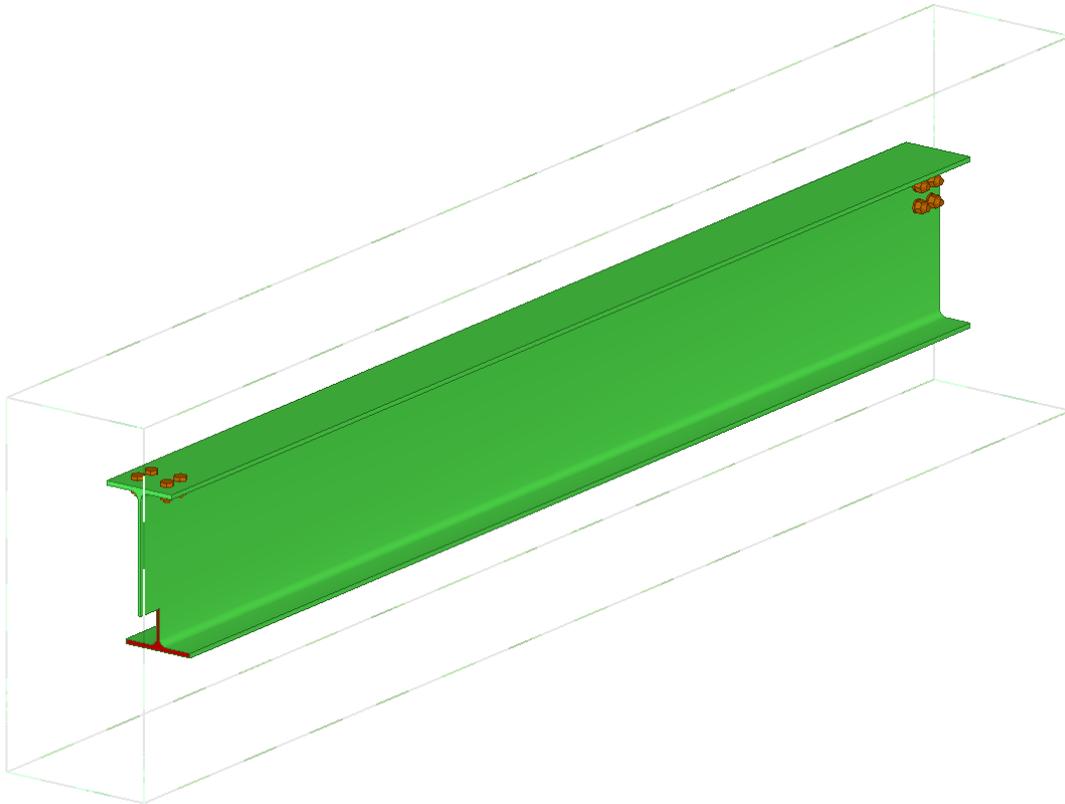


Note que não é necessário indicar o diâmetro dos furos individualmente, já que todos os furos na linha de gabarito possuem o mesmo diâmetro.

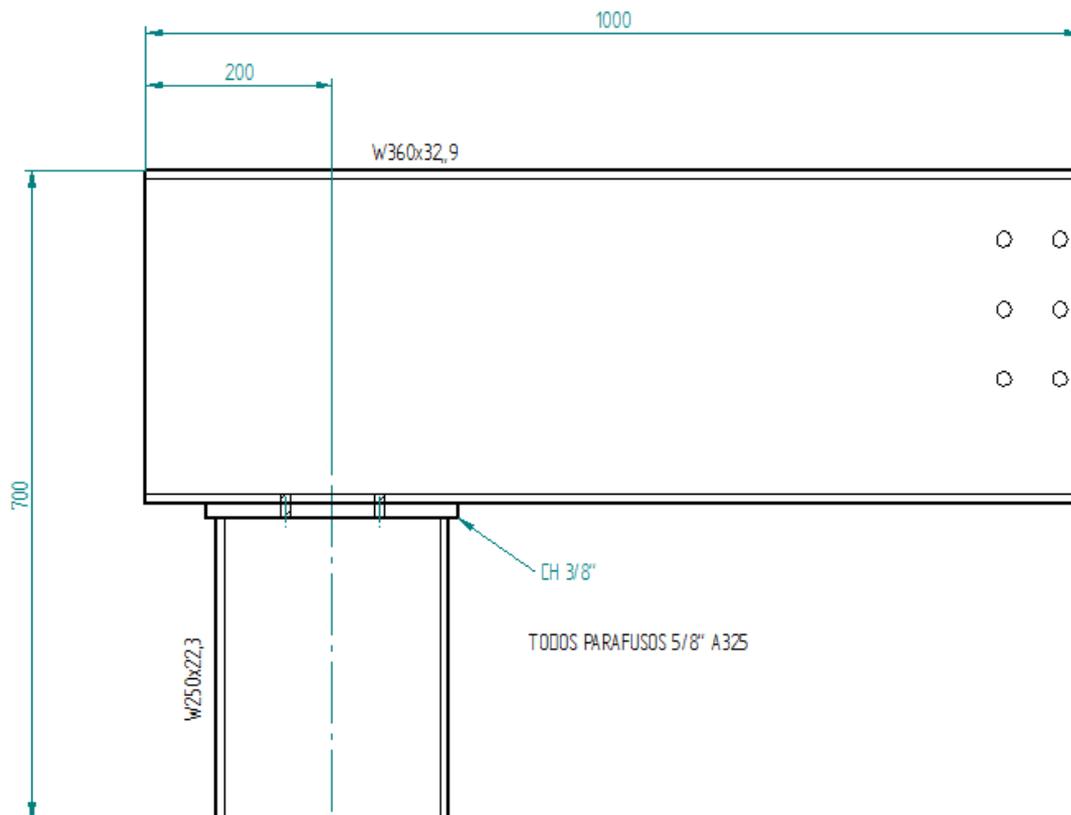
Exercício 2 : Detalhe a cantoneira de L3x1/4" abaixo com parafusos de 1/2" (comprimento de 2000mm).



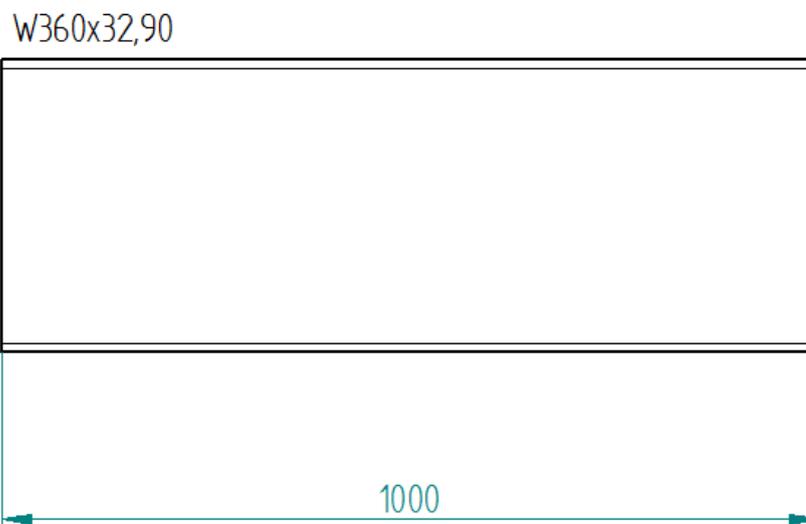
Exercício 3 : Detalhe a viga da ilustração abaixo, considerando parafusos de 5/8" e perfil HP 250x62. O recorte na mesa inferior é de 60x60mm.



Exercício 4 : Detalhe a viga abaixo e calcule o comprimento dos parafusos da ligação entre coluna e viga.



Passo 1 – Vamos iniciar com a viga. Temos que fazer a representação de perfil (indicando a bitola) e a cota de corte :



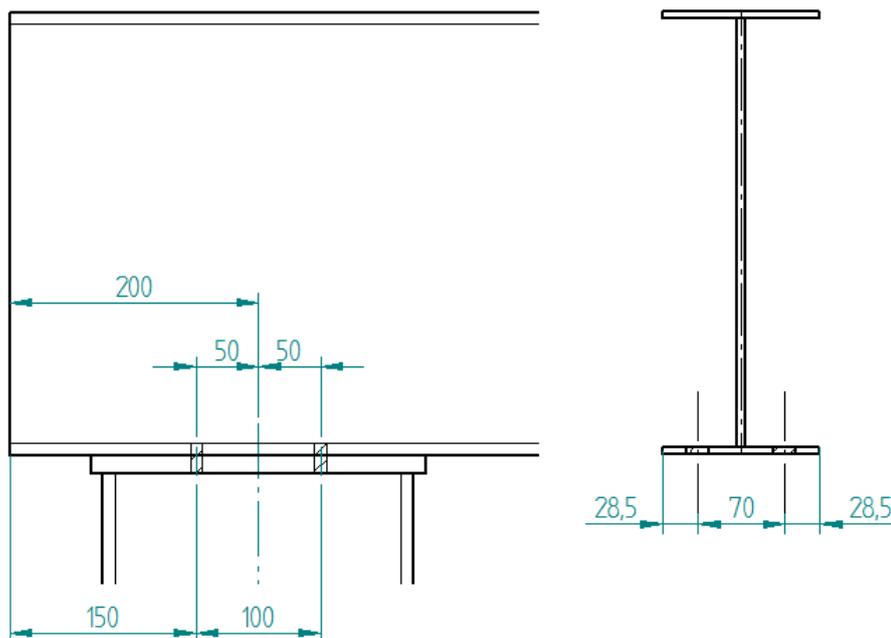
Passo 2 – Vamos colocar as linhas de furação na extremidade direita da viga, considerando que:

- Para parafusos de 5/8" usamos distância entre furo e borda de 30mm e entre furos de 60mm.
- Para ligação de vigas de W360, a primeira linha de furos fica a 75mm do topo e as demais a 75mm cada.
- Lembrar de indicar o diâmetro do furo (não do parafuso), que para 5/8" será de 18mm

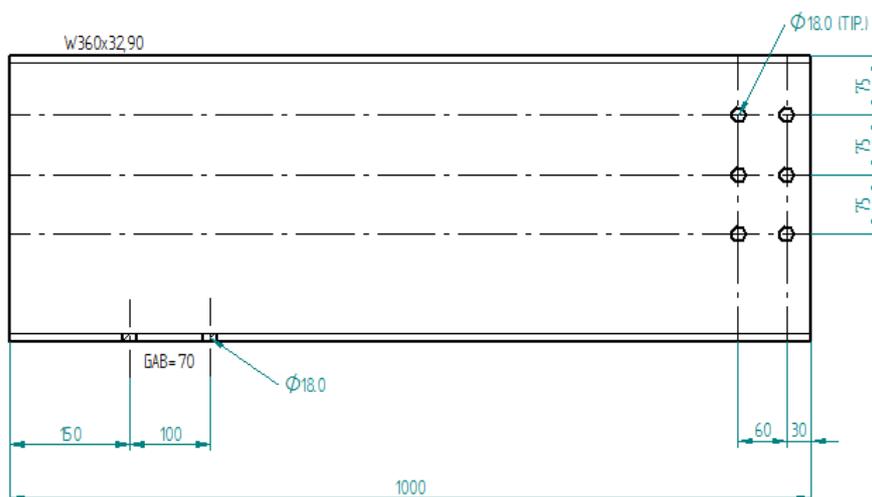


Passo 3 – Vamos inserir a furação do apoio na coluneta, considerando que :

- O gabarito de furação para a mesa do perfil W360, quando usamos parafusos de 5/8" é de 70mm
- No sentido longitudinal, vamos adotar uma distância entre furos de 100mm. Desta forma, teremos aproximadamente 75mm entre os furos e as extremidades do perfil da coluna.
- Temos que verificar se a aba da viga suporta os parafusos de 5/8" com o gabarito de 70mm. Perceba na figura abaixo, que sobra uma distância entre furo e borda de 28,50mm. Considerando que o limite mínimo é de 24mm, podemos aceitar. Na tabela de gabaritos, notar que existe uma coluna em que se especifica a dimensão mínima da mesa. Para o caso de 5/8", a mesa mínima é de 120mm. Temos 127mm, portanto suficiente. Para o eventual uso de 3/4", a mesa mínima já é de 140mm, portanto não poderíamos usar para o W360x32,9.



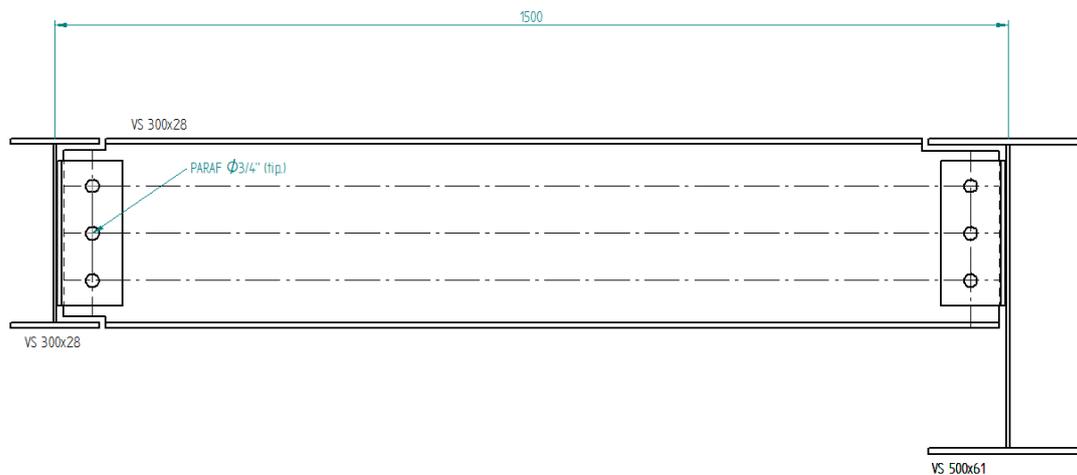
Passo 4 – Basta indicar a furação de apoio na coluneta, lembrando de informar o gabarito de furação $G=70\text{mm}$



Passo 5 – Para calcular o comprimento dos parafusos, basta ver na tabela de comprimentos. O “Grip” será de $8,5\text{mm} + 9,50\text{mm} = 18\text{mm}$. Usaremos paraf. $5/8" \times 1.3/4"$

L	BITOLA		
	1/2"	5/8"	3/4"
1.1/4"	8 - 13		
1.1/2"	13 - 19	8 - 16	
1.3/4"	19 - 25	16 - 22	13 - 19 *
2"	25 - 32	22 - 28	19 - 25 *

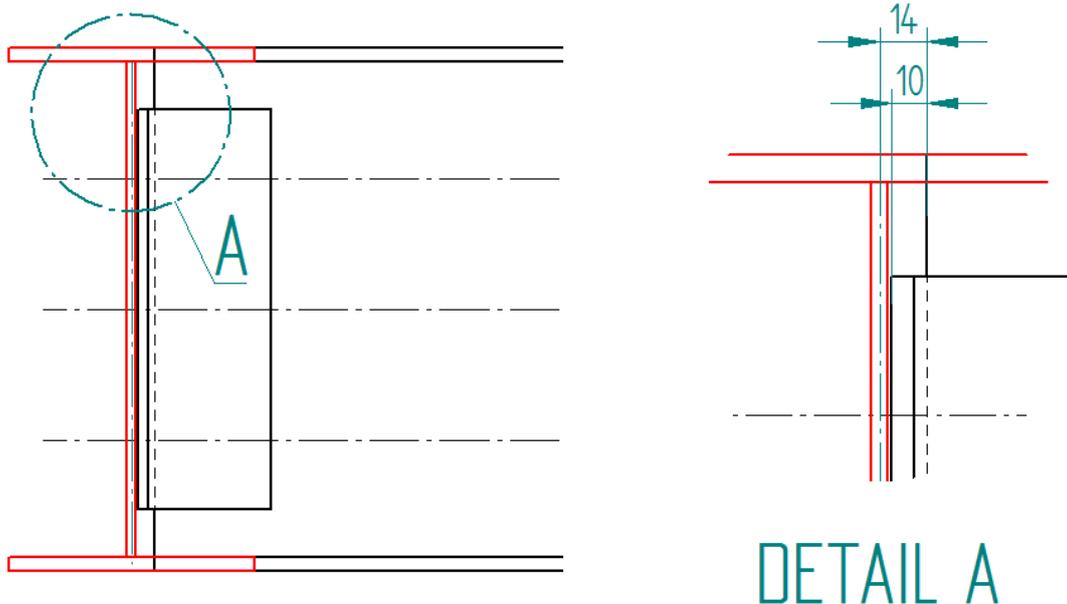
Exercício 5 : Detalhe a viga com 1500m de vão abaixo.



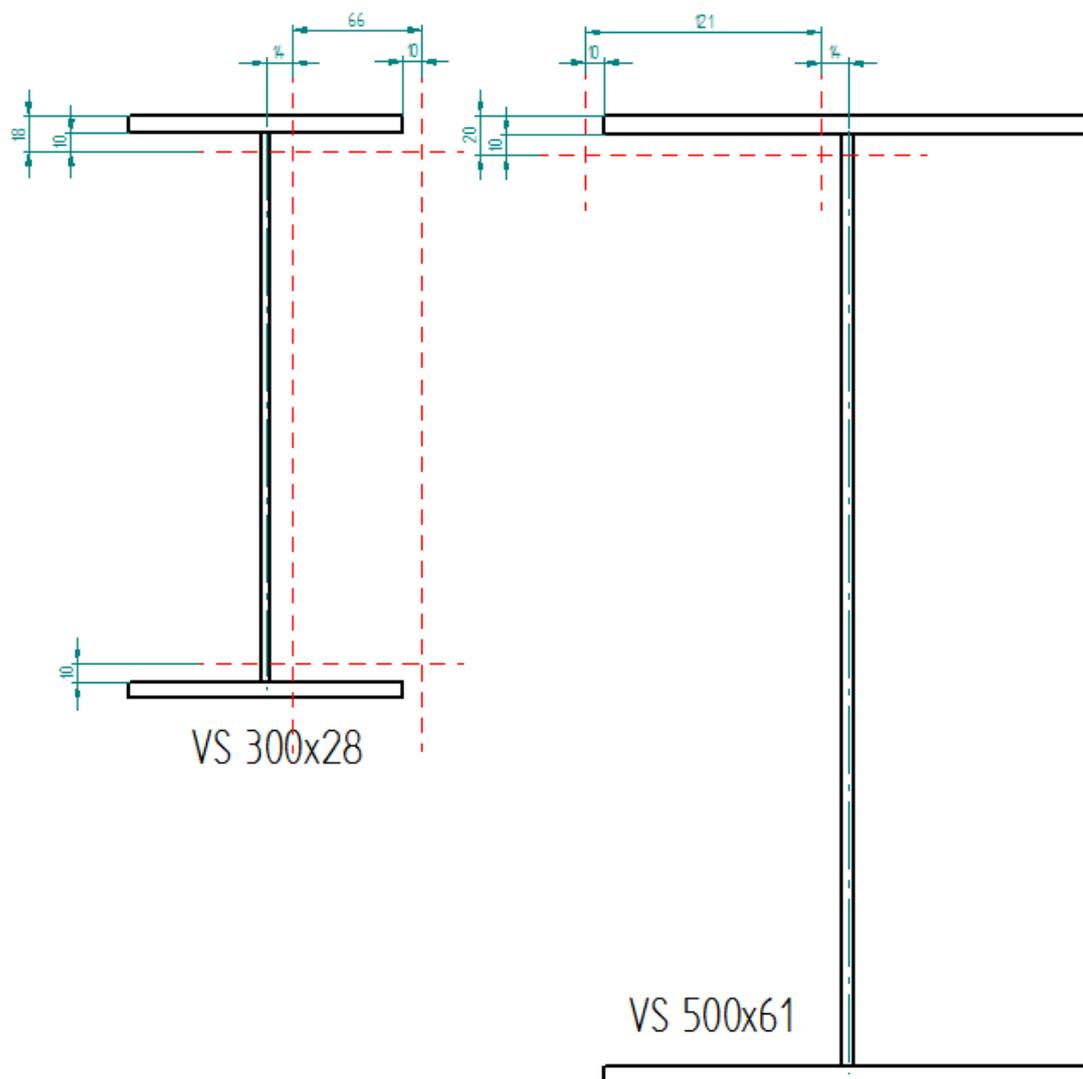
Passo 1 – Para calcular o comprimento da viga, temos que considerar descontos nas extremidades.

Notar que :

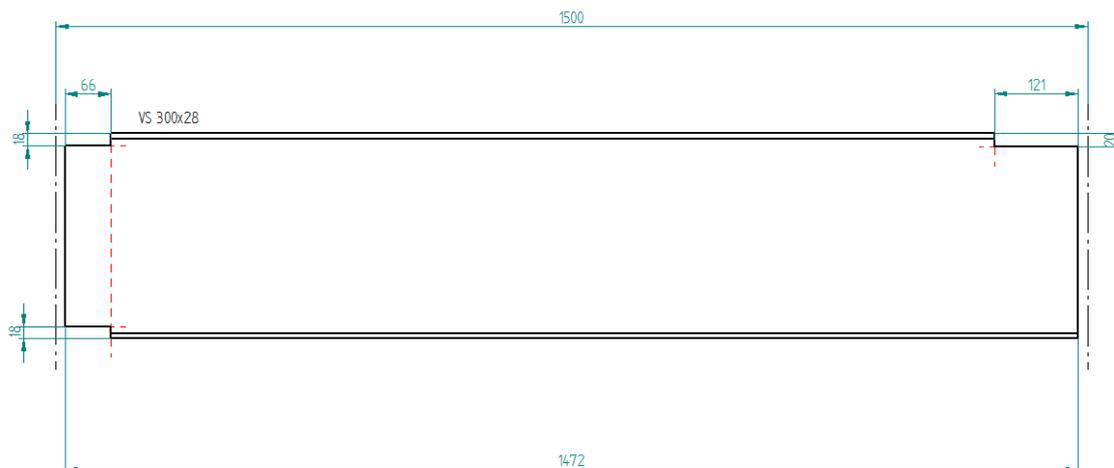
- Existe uma folga de 10mm entre o final da viga e a face da cantoneira;
- Existe uma folga entre a face da cantoneira e a alma da viga de 1mm;
- Considerando que a alma da VS 300x28 é de 4,75mm, o desconto total de 14mm = $4,75/2 + 1\text{mm} + 10\text{mm} = 14\text{mm}$ (arredondado)
- Para a viga da direita (VS 500x61, alma = 6,3mm), desconto = $6,3/2 + 1\text{mm} + 10\text{mm} = 14\text{mm}$ (arredondado).



Passo 2 – Vamos calcular os recortes necessários para resolver a interferência entre as vigas. As linhas tracejadas são as linhas de corte, mantendo uma distância de 10mm das bordas das vigas. Temos que :



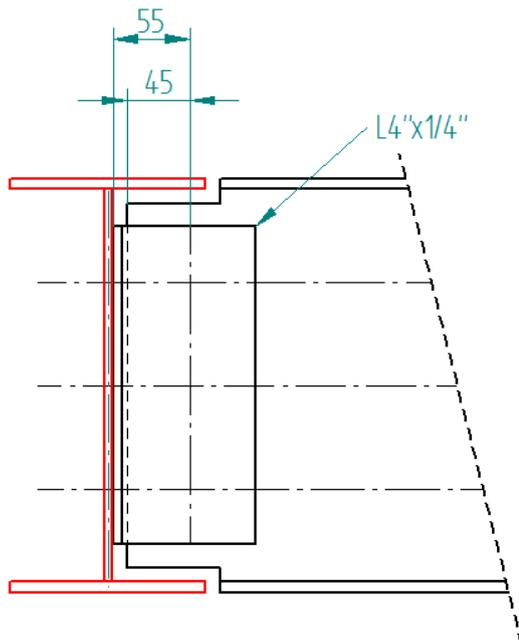
Passo 3 – Com os recortes e descontos calculados, podemos desenhar o perfil da viga :



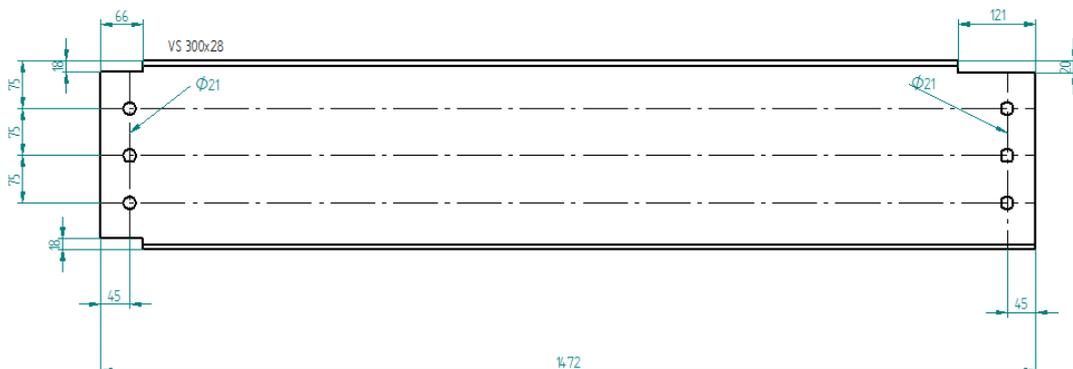
Notar que :

- As linhas entre eixos (dist. 1500mm), bem como as linhas de recorte tracejadas, estão indicadas para fins didáticos apenas. Elas não fazem parte do desenho final de detalhamento;
- As cotas de recorte de encaixe fazem parte do detalhamento;
- O comprimento final da viga será 1472.

Passo 4 – Para determinar a linha de furo vertical nas extremidades do perfil, é preciso levar em conta a cantoneira a ser usada. No nosso caso, estamos usando parafusos de $\frac{3}{4}$ " o nos leva a usar uma cantoneira de 4" ou maior (ver tabela que relaciona bitolas de cantoneiras com paraf máximo a ser usado). Notar que a distância de 45mm entre furo e borda é maior do que 40mm (dist. mínima).



Passo 5 – Vamos inserir as linhas de furação considerando parafusos de 3/4". Sabemos que a distância entre furo e borda deve ser de 45mm (ver acima) e as linhas de furos horizontais estão espaçadas de 75mm. Sendo assim :



Notar que :

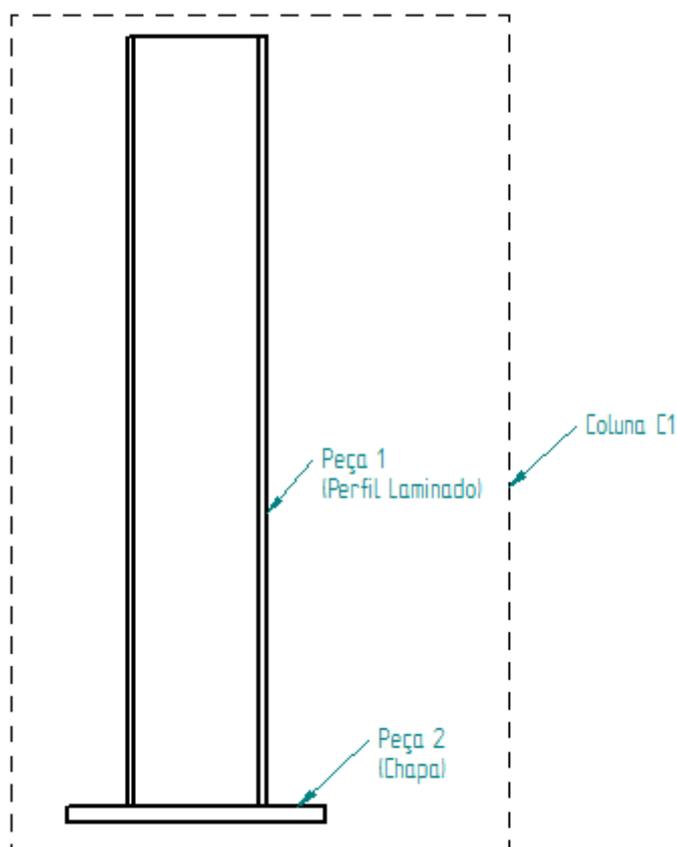
- Temos a bitola especificada e a cota de corte;
- Temos as cotas de recorte que completam as informações de corte da peça;
- Estão definidas as cotas dos eixos de furos na horizontal e vertical;
- Estão definidos os diâmetros de furação.

Capítulo 4 – Conjuntos e Marcações

Conceito de conjuntos e marcação

As partes da estrutura metálica que são transportadas e montadas em obra, geralmente são compostas por várias peças soldadas entre si, formando um “conjunto” ou “peça de embarque”. Usamos nomenclatura de peça para a parte isolada (perfil ou chapa) e de conjunto para a montagem destas peças em um único item de embarque.

No exemplo abaixo, a Coluna C1 (conjunto) é formada pelas peças 1 e 2 (peças).



Cada peça é inicialmente fabricada isoladamente, com todos os seus recortes, dobras e furação. Posteriormente são soldadas entre si compondo então o conjunto. Desta forma existem marcas para peças individuais (Peça 1 e 2 no exemplo acima) e uma marca do conjunto (Coluna C1).

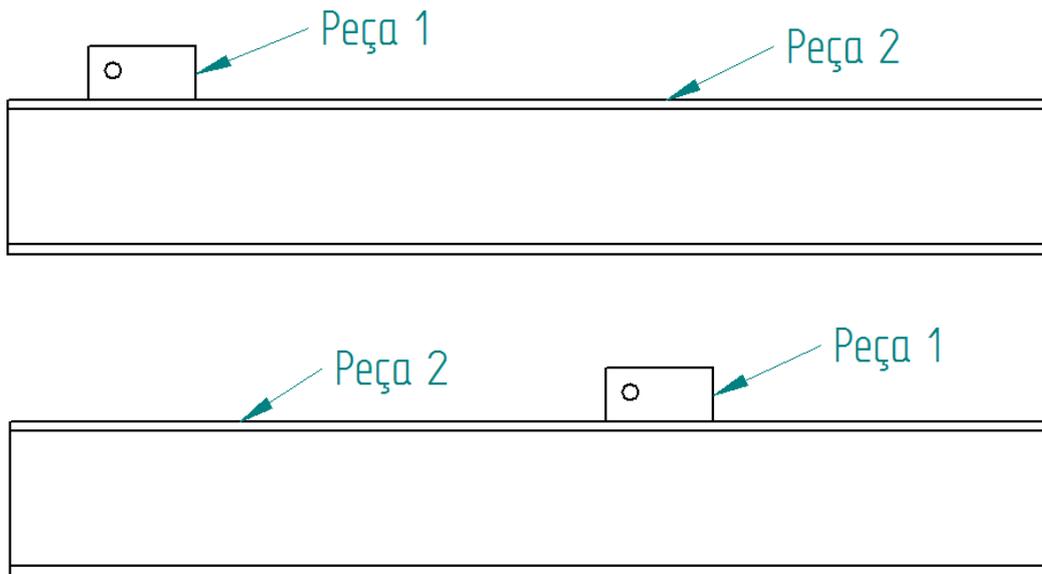
Nos diagramas de montagem, listas de embarque e demais informações para manuseio da estrutura fabricada, referem-se exclusivamente às marcas de conjuntos. As marcas das peças isoladas perdem a importância.

Desenho de um conjunto

O que difere o desenho de um conjunto daquele feito para as peças? O que falta indicar num desenho de conjunto que não foi indicado nos desenhos de peças que vimos até aqui? Precisamos incluir :

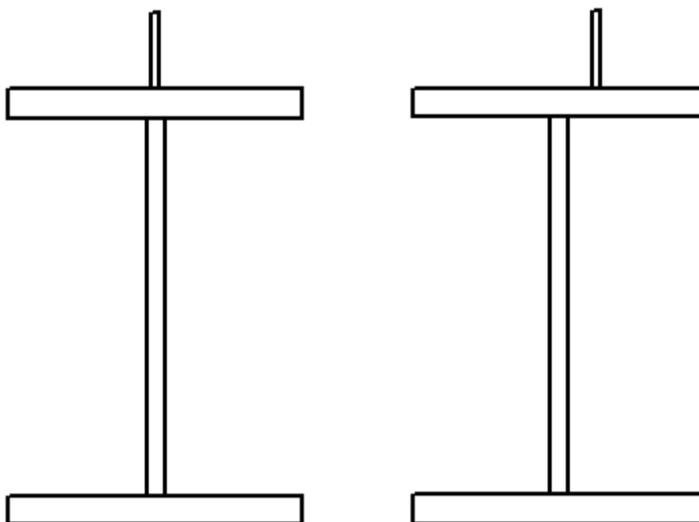
- a. Cotas de locação
- b. Indicação de Soldas

Por exemplo, a viga abaixo :

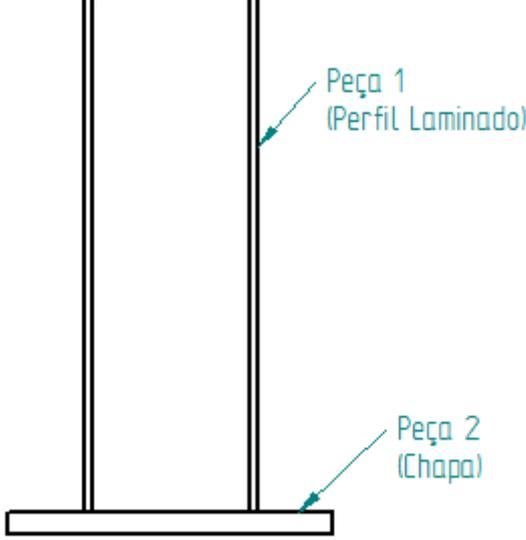
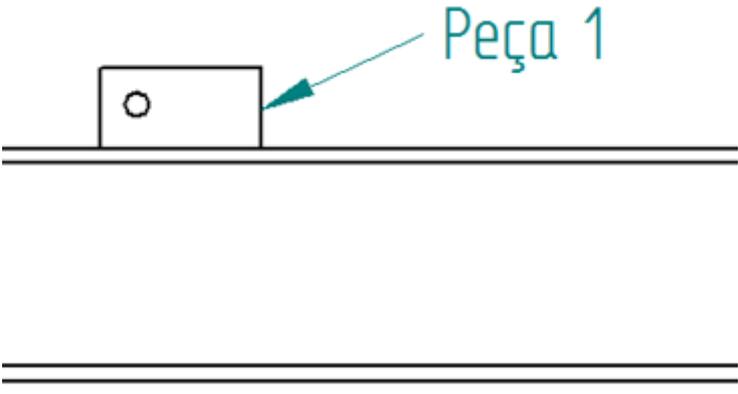


Sem uma cota de locação da peça 1 em relação a Peça 2, é impossível definir como construir a viga. A Peça 1 pode estar em qualquer lugar, desde que encostada na mesa da viga.

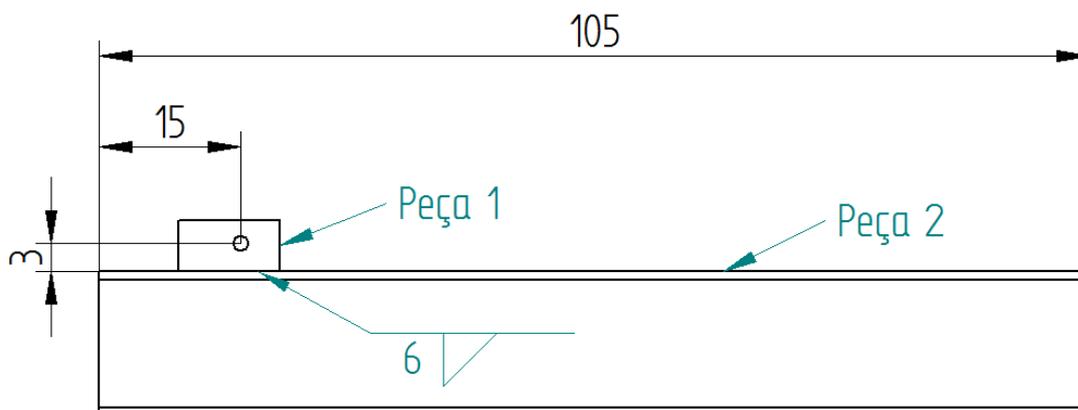
Vendo a viga de frente, também podemos ter temos uma indefinição :



Algumas chapas, como no caso acima, não precisam de cota de locação caso estejam centradas e/ou alinhadas com alguma extremidade do perfil. Por exemplo :

 <p>Peça 1 (Perfil Laminado)</p> <p>Peça 2 (Chapa)</p>	<p>A Chapa de base da coluna será considerada centrada ao perfil da coluna caso não haja nenhum outro detalhe</p>
 <p>Peça 1</p>	<p>A Chapa da peça 1 ao lado será considerada centrada na mesa da viga, caso não haja outro detalhe.</p>

Voltando ao exemplo acima e considerando que tenhamos todas as informações de fabricação das peças 1 e 2 isoladamente, ainda falta definir a locação (ou posição) da peça 1 em relação a peça 2. Precisamos de 2 cotas (se a chapa estiver centrada no perfil) ou 3 cotas caso seja excêntrica.



Notar que :

- a. Definimos a posição da peça 1 (chapa) no sentido longitudinal da viga com a cota 15;
- b. Mesmo que tenhamos a peça detalhada no desenho, devemos colocar a cota vertical, para assegurar a eventual folga para solda e para facilitar a inspeção;
- c. As cotas de locação estão em relação ao centro do furo. Sempre que possível, devemos posicionar chapas a partir de um dos furos;
- d. Notar a indicação da solda de filete. Temos que definir a localização da chapa e a solda a ser usada para fixa-la.

Lista de material (composição)

Como o conjunto é formado por duas ou mais peças, temos que fazer uma lista de composição do conjunto. No exemplo acima, a viga V1 é formada de 1 peça “1” e de uma peça “2”. Como veremos adiante, esta lista de composição pode ficar bem mais complicada.

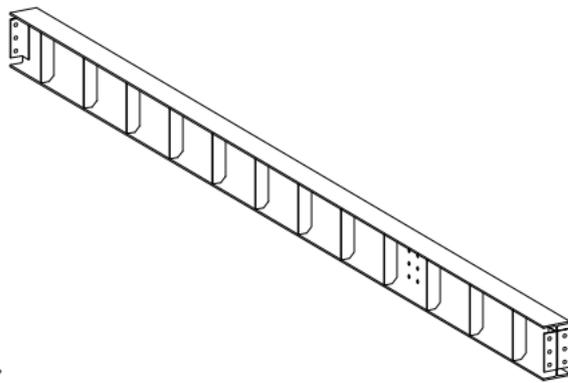
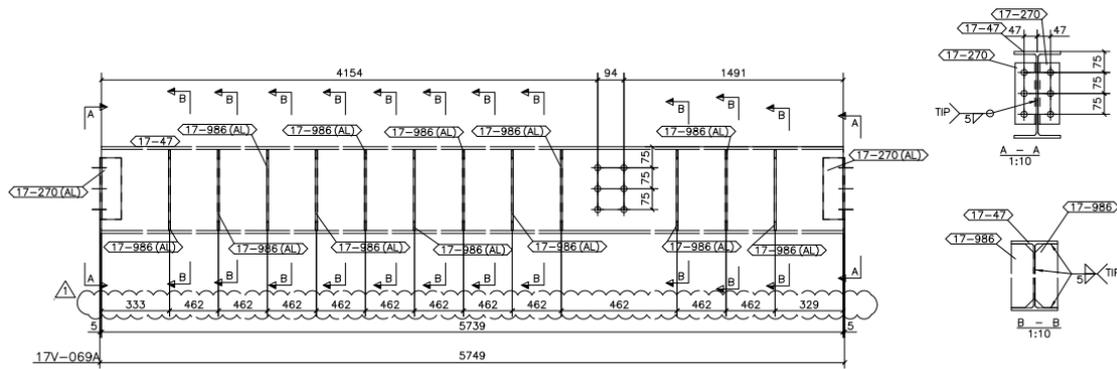
A lista de material, mostrada nos desenhos deve definir os dados do conjunto (marcação, quantidade e peso) além de incluir para cada peça componente :

- A marca de identificação;
- Bitola;
- Dimensões;
- Quantidade de peças necessárias para cada conjunto;
- Tipo de material;
- Peso unitário e total.

Veja abaixo um exemplo de Lista de Material :

LISTA DE MATERIAIS								
ITEM	QUANT.	DESCRICAO	MATERIAL	PESO		PINTURA m ²	OBS.	
				UNIT.	TOTAL			
	1	COLUNA 26Y101A		26647	26647	166.76		
14	18	CH9.5x200 x 528	USICML350	7.88	141.75	4.05		
22	18	CH16x208 x 223	USICML350	5.66	101.94	1.89		
23	2	CH16x290 x 688	USICML350	24.49	48.98	0.85		
24	13	CH16x290 x 1247	USICML350	44.31	576.02	9.90		
29	18	CH9.5x200 x 528	USICML350	7.88	141.75	4.05		
36	18	L127x127x9.5 x 1283	A36	23.47	422.48	11.82		
37	16	L152x152x12.7 x 1607	A36	46.68	746.92	15.75		
39	1	PS600x784 x 12800	USICML350	10018.	10018.	44.93		
42	1	PS600x569 x 2250	USICML350	1274.4	1274.4	8.09		
43	2	CH50x225 x 250	USICML350	22.08	44.16	0.32		
44	2	CH50x200 x 225	USICML350	16.82	33.63	0.25		
45	1	CH50x200 x 225	USICML350	16.78	16.78	0.13		
48	2	CH75x940 x 940	A36	520.22	1040.4	4.10		
50	1	CH16x300 x 1950	USICML350	87.89	87.89	1.15		
51	1	CH16x287 x 375	USICML350	8.46	8.46	0.15		
52	1	CH16x286 x 375	USICML350	8.46	8.46	0.15		
54	1	CH16x292 x 1247	USICML350	45.70	45.70	0.78		
55	2	CH16x286 x 420	USICML350	14.74	29.49	0.52		
56	2	CH16x290 x 1113	USICML350	39.66	79.33	1.36		
57	1	CH25x400 x 1060	USICML350	83.21	83.21	0.92		
65	2	L152x152x12.7 x 1483	A36	43.08	86.16	1.82		
72	1	PS600x784 x 12800	USICML350	10018.	10018.	44.92		
92	4	CH63.5x170 x 250	USICML350	12.38	49.51	0.37		
362	1	CH63.5x170 x 250	USICML350	13.44	13.44	0.10		
367	1	CH50x200 x 225	USICML350	16.85	16.85	0.13		
874	1	PS600x667 x 2250	USICML350	1493.4	1493.4	8.00		
875	1	CH63.5x170 x 250	USICML350	12.38	12.38	0.09		
878	2	CH63.5x170 x 250	USICML350	12.38	24.75	0.18		
PESO TOTAL CALCULADO =				26647				
AREA TOTAL PINTURA =				166.76				

Exemplo de uma Viga



VISTA 3D
SEM ESCALA

LISTA DE MATERIAIS

POSIÇÃO	QTDE	DESCRIÇÃO	MATERIAL	PESO (kg)		Área (m2)
				Unit.	Total	
	1	VIGA 17V-069A		257.56	257.56	8.61
17-47	1	W310X38.7x5739	A572-GR.50	223.88	223.88	7.17
17-270	4	L3X1/4x220	A36	1.60	6.40	0.27
17-986	24	CH6.3x80x289	A36	1.14	27.36	1.17

Informações no Carimbo deste desenho :

<p>TODAS AS MEDIDAS ESTÃO EM MILIMETROS, EXCETO INDICAÇÃO CONTRÁRIA.</p>																								
<p>NOMENCLATURA PADRÃO PARA PROJETOS: EM-0000-00X-000-RO0</p> <pre> graph TD A[EM-0000-00X-000-RO0] --- B[REVISÃO DA PRANCHA] A --- C[NÚMERO SEQUENCIAL] A --- D[TIPOLOGIA DE PRODUTO SE NECESSÁRIO] A --- E[TIPOLOGIA DE PROJETO] A --- F[SEQUENCIA DA OBRA] A --- G[NOME DA OBRA] </pre> <p>TIPOLOGIA DE PROJETO: A - APROVAÇÃO I - INFORMAÇÕES O - ORÇAMENTO (VISTAS, CORTES, M - MONTAGEM (VISTAS, CORTES E DETALHES) F - FABRICAÇÃO R - REAÇÕES (SOMENTE PARA CÁLCULO)</p> <p>SEQUENCIA DA OBRA: 00 - CHUMBAÇÃO E BASES DE CONCRETO 01 A 99 - ETAPAS DA OBRA</p>		<p>SIMBOLOGIA DE FUROS</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>SIMB.</th> <th>(mm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td>8(5/16")</td> </tr> <tr> <td></td> <td>12(3/8")</td> </tr> <tr> <td></td> <td>14(1/2")</td> </tr> <tr> <td></td> <td>18(5/8")</td> </tr> <tr> <td></td> <td>22(3/4")</td> </tr> <tr> <td></td> <td>25(7/8")</td> </tr> <tr> <td></td> <td>28(1")</td> </tr> <tr> <td></td> <td>34(1.3/8")</td> </tr> <tr> <td></td> <td>40(1.1/2")</td> </tr> <tr> <td></td> <td>55(2")</td> </tr> </tbody> </table>	SIMB.	(mm)		8(5/16")		12(3/8")		14(1/2")		18(5/8")		22(3/4")		25(7/8")		28(1")		34(1.3/8")		40(1.1/2")		55(2")
SIMB.	(mm)																							
	8(5/16")																							
	12(3/8")																							
	14(1/2")																							
	18(5/8")																							
	22(3/4")																							
	25(7/8")																							
	28(1")																							
	34(1.3/8")																							
	40(1.1/2")																							
	55(2")																							

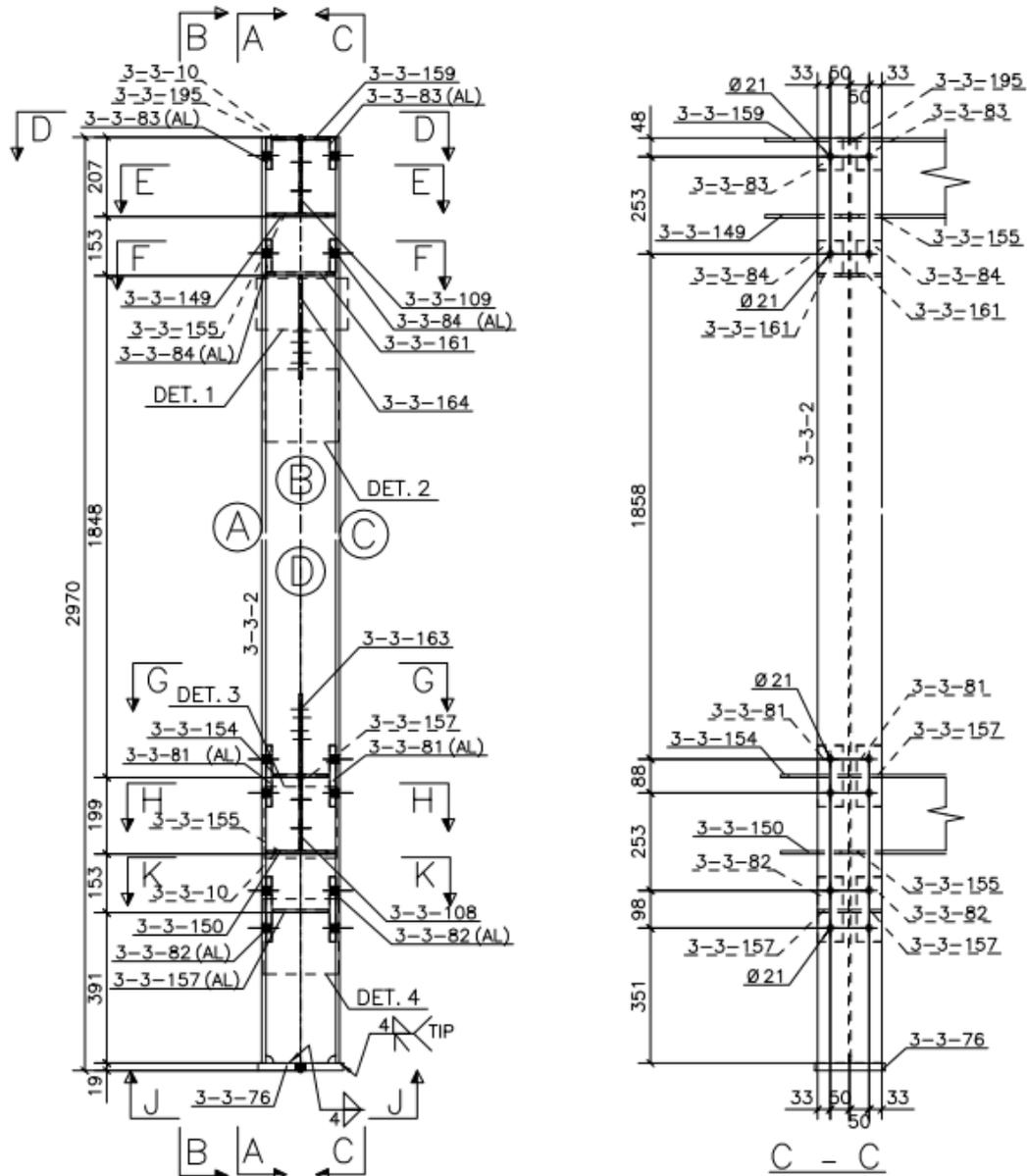
Notar que :

- O conjunto é formado por peças diferentes : 17-47, 17-270 e 17-986;
- Estão definidas as cotas de corte de todas as peças do conjunto. Muitos detalhamentos deixam as informações das peças para os desenhos de croquis, deixando assim o desenho de detalhamento mais limpo e fácil de manusear;
- Estão definidas as cotas de furação e o diâmetro dos furos;
- Está definida a solda necessária para compor o conjunto (a simbologia de solda será vista mais adiante);
- Estão definidas as cotas de montagem, locando de forma clara onde devem ser soldadas as chapas na viga;
- Todas as peças possuem uma marca de referência;
- Notar a escala vertical do desenho e que a viga está "interrompida" para tornar o desenho mais legível;
- Cotas de locação das nervuras. Cotar no centro da chapa ou na face?
- Vantagens e desvantagens da utilização da simbologia de furos.

Na lista de material, notar que :

- Notar que os perfis laminados possuem apenas um dimensão e que a chapa possui duas dimensões;
- A importância da indicação da qualidade do material;
- A quantidade de cada um dos componentes que é necessária para a montagem da viga.

Exemplo de uma coluna :



1210-C3231A

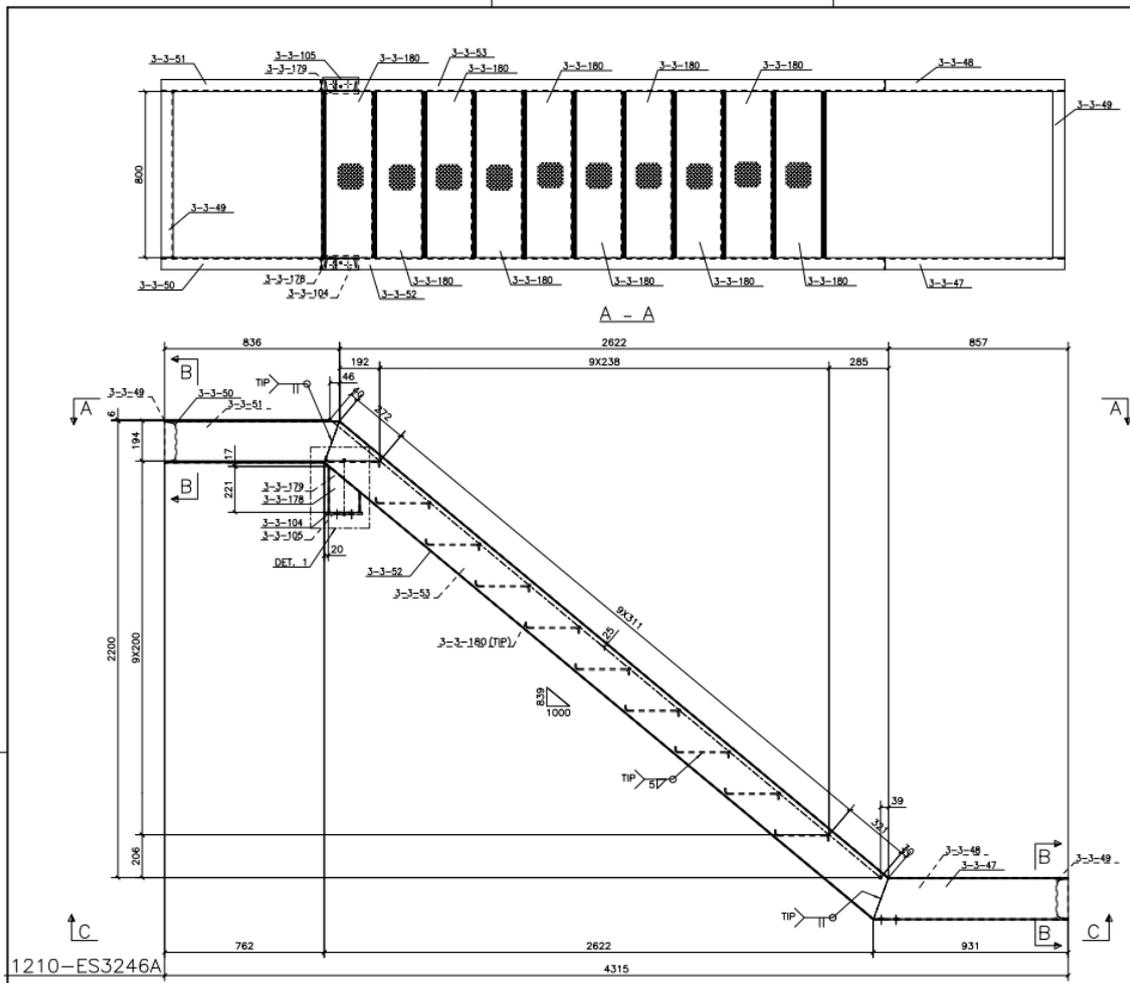
RQUE FACE "C" NORTE (1c/A1&A2)

LISTA DE MATERIAIS							
ITEM	QTD.	DESCRIÇÃO	MATERIAL	PESO (kg)		PINTURA m ²	NºFUROS UNIT.
				UNIT.	TOTAL		
	2	COLUNA 1210-C3231A		201.0	401.9	12.0	
3-3-2	2	W200X35.9x2951	A572-GR.50	105.9	211.7	6.1	24
3-3-10	4	W200X26.6x863	A572-GR.50	23.2	92.7	3.2	0
3-3-76	2	CH19X180x220	A36	5.9	11.8	0.2	2
3-3-81	8	CH16X65x158	A36	1.3	10.4	0.2	2
3-3-82	8	CH16X65x168	A36	1.4	11.0	0.2	2
3-3-83	8	CH16X65x84	A36	0.7	5.4	0.1	1
3-3-84	8	CH16X65x85	A36	0.7	5.6	0.1	1
3-3-108	2	CH6.3x175x189	A36	1.6	3.3	0.1	4
3-3-109	2	CH6.3x189x215	A36	2.0	4.0	0.2	4
3-3-121	8	CH6.3x100x188	A36	0.9	7.4	0.3	2
3-3-149	2	CH8X178.6x215	A36	2.4	4.8	0.2	0
3-3-150	2	CH8X175x179	A36	2.0	3.9	0.1	0
3-3-154	2	CH8X142.6x175	A36	1.6	3.1	0.1	0
3-3-155	4	CH8X79.4x179	A36	0.9	3.6	0.1	0
3-3-157	6	CH8X79.4x143	A36	0.7	4.3	0.2	0
3-3-159	2	CH8X146.6x215	A36	2.0	4.0	0.1	0
3-3-161	4	CH8X79.4x175	A36	0.9	3.5	0.1	0
3-3-163	2	CH8X163.4x209	A36	2.1	4.3	0.1	4
3-3-164	2	CH8X169.5x268	A36	2.9	5.7	0.1	4
3-3-195	2	CH8X79.4x147	A36	0.7	1.5	0.1	0
PESO TOTAL MATERIAL:							402.0
AREA TOTAL:							12.0

Notar que :

- Está mostrado parte do detalhamento apenas;
- O nível de complexidade cresce facilmente quando conjuntos possuem mais peças;
- Neste caso, serão fabricadas duas colunas iguais, cada uma delas pesa 201 kg.
- A coluna de quantidade indica o total de peças a serem usadas para as duas colunas.

Exemplo de uma escada



LISTA DE MATERIAIS							
ITEM	QTD.	DESCRIÇÃO	MATERIAL	PESO (kg)		PINTURA m ²	NºFUROS UNIT.
				UNIT.	TOTAL		
	1	ESCADA 1210-ES3246A		342.6	342.6	7.3	
3-3-47	1	U203X17.1x931	A36	15.9	15.9	0.5	2
3-3-48	1	U203X17.1x931	A36	15.9	15.9	0.5	2
3-3-49	2	U203X17.1x800	A36	13.7	27.4	1.0	0
3-3-50	1	U203X17.1x836	A36	14.3	14.3	0.5	0
3-3-51	1	U203X17.1x836	A36	14.3	14.3	0.5	0
3-3-52	1	U203X17.1x3497	A36	59.8	59.8	2.1	0
3-3-53	1	U203X17.1x3497	A36	59.8	59.8	2.1	0
3-3-104	1	CH9.5x69x172	A36	0.9	0.9	0.0	2
3-3-105	1	CH9.5x77x172	A36	1.0	1.0	0.0	2
3-3-178	1	U152X12.2x221	A36	2.7	2.7	0.1	0
3-3-179	1	U152X12.2x221	A36	2.7	2.7	0.1	0
3-3-180	10	CH6.3X294X800	NTU-USIPISO	12.8	127.8	0.0	0
PESO TOTAL MATERIAL:						343.0	
AREA TOTAL:						7.3	

Sistema de numeração de desenhos e conjuntos

O uso de um sistema de numeração com sufixos e prefixos pode facilitar muito as operações de fábrica e montagem. Um sistema de numeração também pode diminuir a quantidade de marcação de fábrica necessária para os conjuntos.

Existem diversos sistemas e critérios, com suas respectivas vantagens e desvantagens. O detalhamento deve seguir as orientações do cliente, preferencialmente definidas no início dos trabalhos.

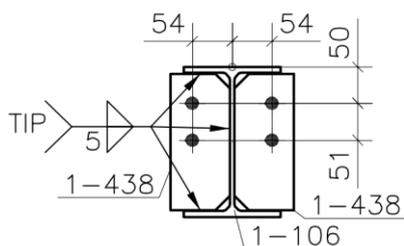
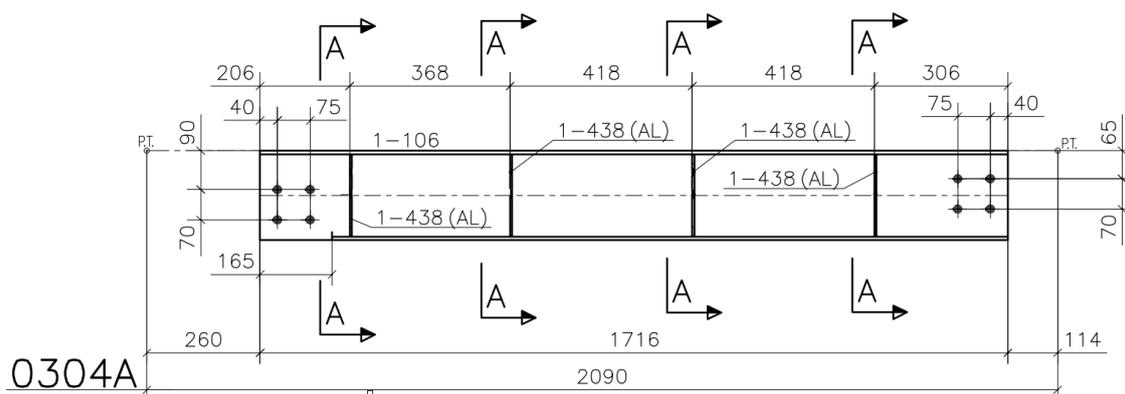
Da mesma forma que os conjuntos, a numeração dos desenhos possui padronizações e sistemas que permitem identificar fases da obra, número do contrato, disciplina (concreto, aço, equipamentos, etc..) e demais informações relevantes para o gerenciamento do projeto. O detalhamento deve sempre seguir estas orientações na numeração dos desenhos.

Independente do sistema de numeração de desenhos adotado pelo cliente, sempre haverá uma numeração sequencial dos desenhos. Esta numeração pode iniciar do 1 e ir seguindo até o último desenho, ou pode ser dividido por fases (desenhos 101 a 199 da fase 1, desenhos 201 a 299 da fase 2, etc...)

Um prática comum é usar o número do desenho como prefixo para a marca dos conjuntos. Por exemplo, se a coluna "C1" está no desenho de número 15, sua marca será : "15-C1". Este critério ajuda a rápida referência entre peças e seus desenhos para a fábrica, verificadores, inspetores e montagem.

Já a marcação das peças isoladas, normalmente é feita por números simples e sequenciais, iniciando 1 e indo até o último número utilizado. Este critério é mais utilizado atualmente com o uso de modeladores 3D que possuem grande capacidade de gerenciar a marcação de peças. Uma peça com a marca "1", por exemplo, será idêntica em qualquer desenho que ela seja usada para formar conjuntos. Isto pode ajudar na produtividade de fábrica. Já, se uma destas chapas de marca "1" tiver um recorte diferente, os programas automaticamente mudam esta marcação para que não haja interferência.

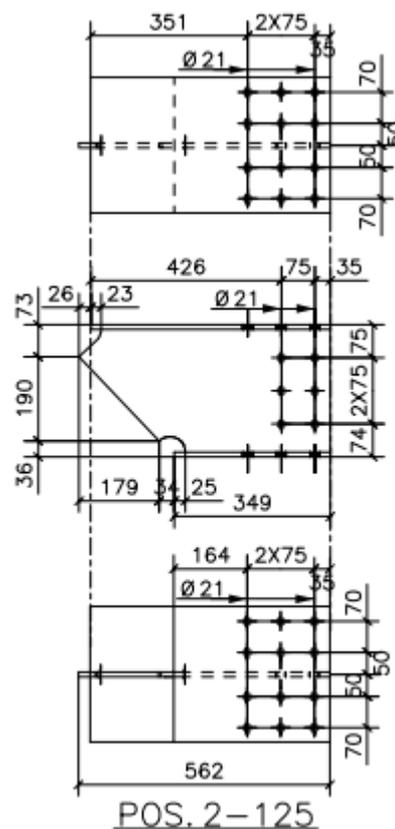
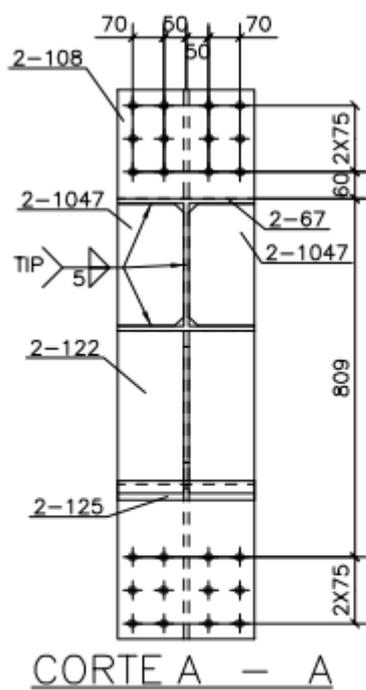
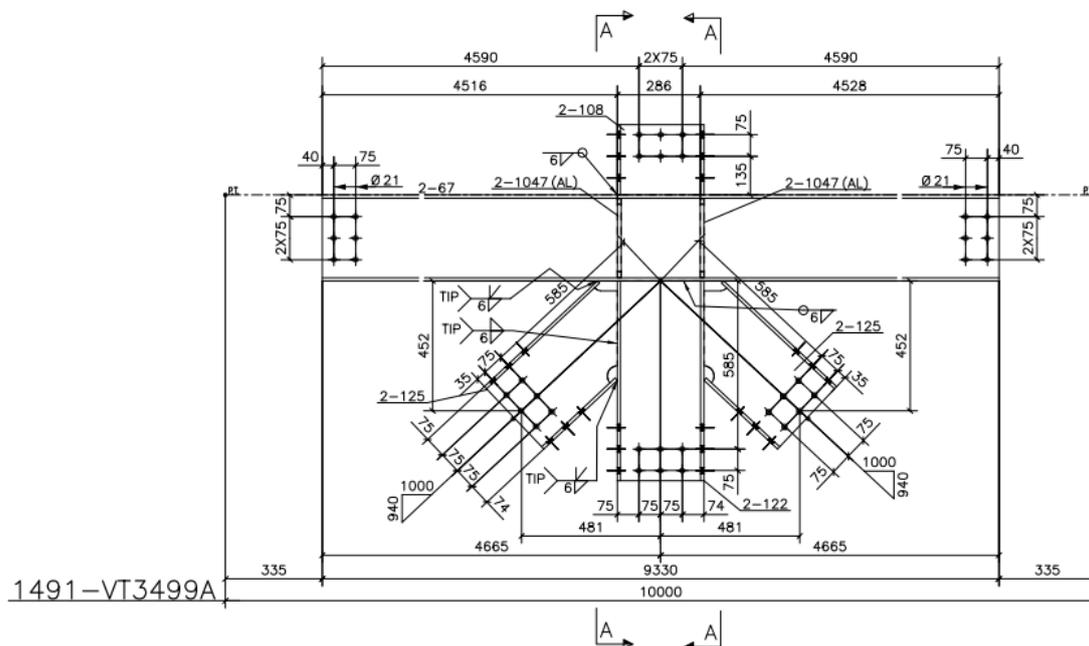
Exercício 1. Faça a LM da viga abaixo :



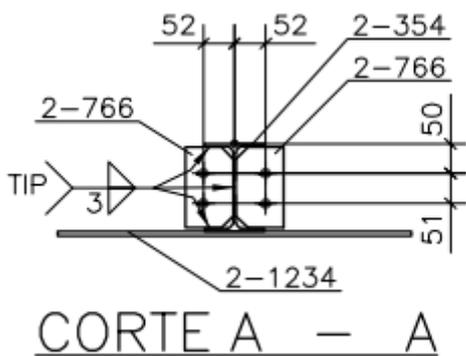
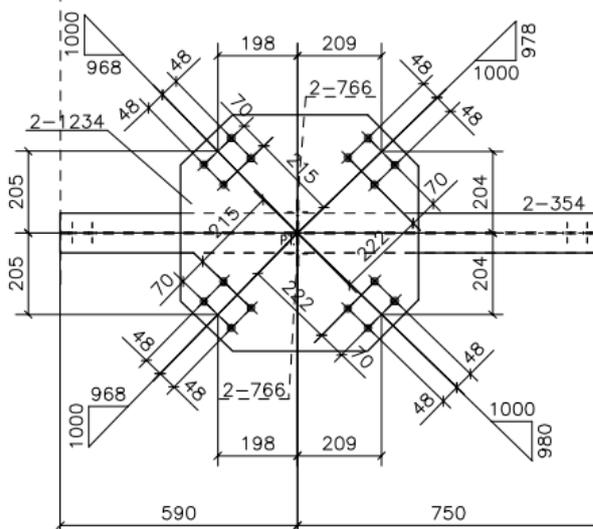
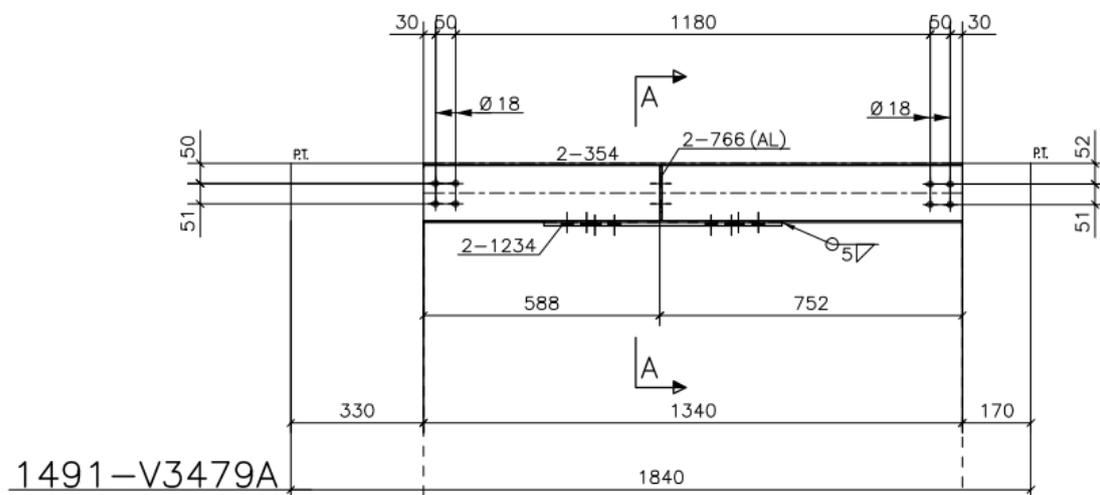
CORTE A - A

LISTA DE MATERIAIS							
ITEM	QTD.	DESCRIÇÃO	MATERIAL	PESO (kg)		PINTURA m ²	NºFUROS UNIT.
				UNIT.	TOTAL		
	16	VIGA 0304A					

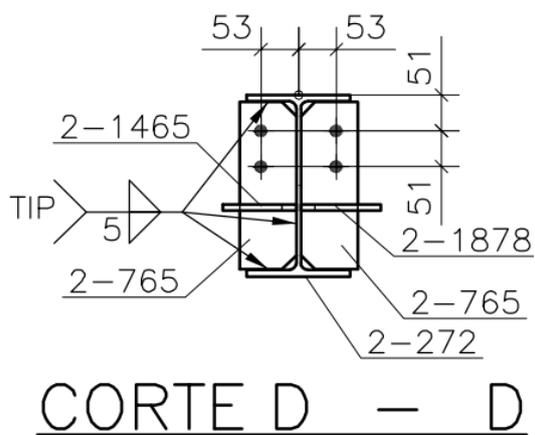
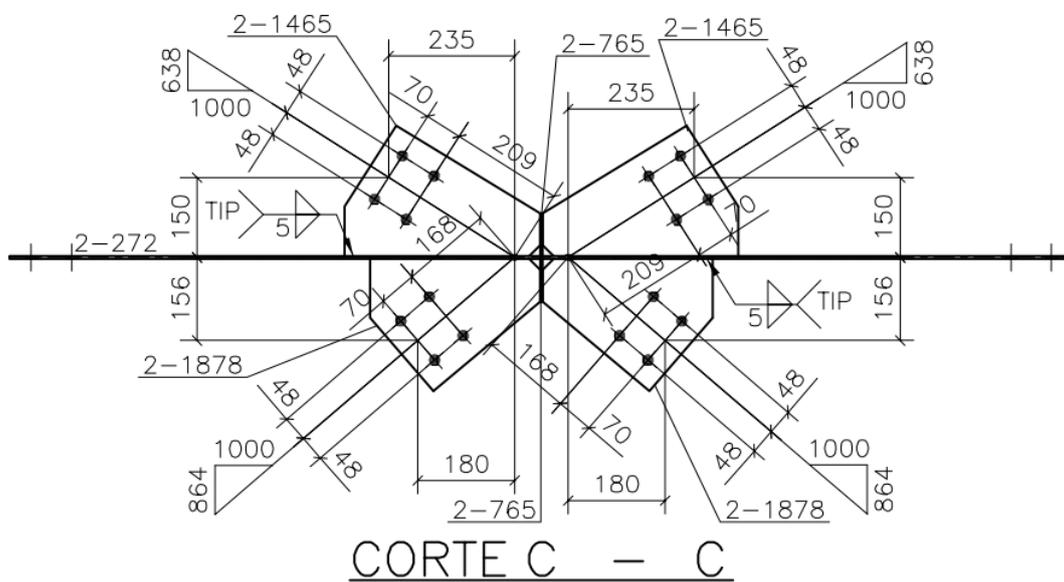
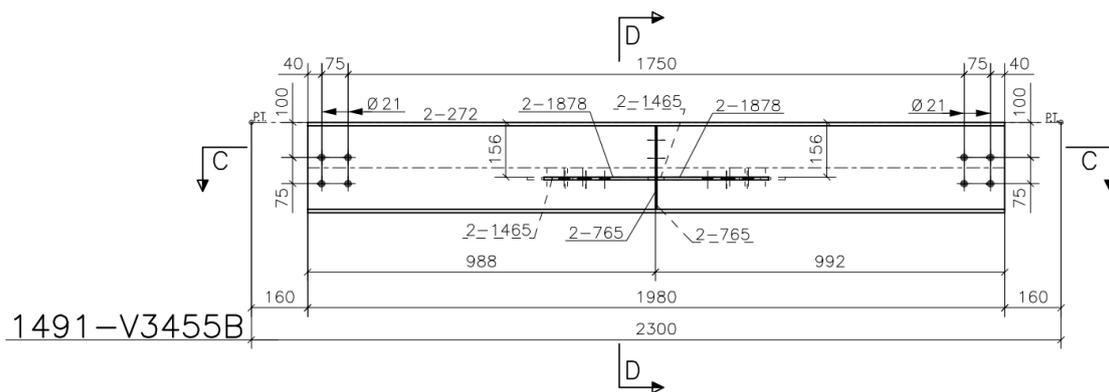
Exercício 2. Faça a LM do conjunto abaixo :



Exercício 3 , Faça a LM:



Exercício 4 :



Respostas :

Exercício 1 :

LISTA DE MATERIAIS							
ITEM	QTD.	DESCRIÇÃO	MATERIAL	PESO (kg)		PINTURA m ²	NºFUROS UNIT.
				UNIT.	TOTAL		
	16	VIGA 0304A		50.7	810.4	29.4	
1-106	16	W200X26.6x1716	A572-GR.50	46.1	737.1	25.3	0
1-438	128	CH4.8X81.6x188	A36	0.6	73.3	4.1	0

Exercício 2 :

LISTA DE MATERIAIS							
ITEM	QTD.	DESCRIÇÃO	MATERIAL	PESO (kg)		PINTURA m ²	NºFUROS UNIT.
				UNIT.	TOTAL		
	1	VIGA DE TRAV. 1491-VT3499A		910.4	910.4	20.5	
2-67	1	HP310X79x9330	A572-GR.50	732.4	732.4	16.5	12
2-108	1	HP310X79x245	A572-GR.50	19.2	19.2	0.4	30
2-122	1	HP310X79x695	A572-GR.50	54.6	54.6	1.2	30
2-125	2	HP310X79x562	A572-GR.50	44.1	88.3	2.0	30
2-1047	4	CH12.5X147.5x275	A36	4.0	15.9	0.4	0

Exercício 3 :

LISTA DE MATERIAIS							
ITEM	QTD.	DESCRIÇÃO	MATERIAL	PESO (kg)		PINTURA m ²	NºFUROS UNIT.
				UNIT.	TOTAL		
	1	VIGA 1491-V3479A		40.3	40.3	1.6	
2-354	1	W150X13x1340	A572-GR.50	17.5	17.5	0.9	8
2-766	2	CH4.8X80x136	A36	0.4	0.8	0.0	2
2-1234	1	CH8X591.4x593	A36	22.0	22.0	0.7	16

Exercício 4 :

	1	VIGA 1491-V3455B		87.9	87.9	2.7	
2-272	1	W250X32.7x1980	A572-GR.50	65.4	65.4	2.1	8
2-765	2	CH4.8X80x238	A36	0.7	1.4	0.1	2
2-1465	2	CH8X244.3x365	A36	5.6	11.2	0.3	4
2-1878	2	CH8X247x317	A36	4.9	9.8	0.2	4

Capítulo 5 – Desenhos de Detalhamento

Introdução

Este capítulo tem por objetivo, olhar em maior detalhe as particularidades na fabricação e no detalhamento dos principais tipos de peças estruturais :

- a. Chumbação (Planta de Chumbação)
- b. Colunas
- c. Vigas
- d. Vigas Treliçadas
- e. Vigas de Rolamento
- f. Contraventos Verticais
- g. Escadas e Guarda-Corpos

As estruturas que envolvem cobertura e fechamentos (Tesouras, terças, etc...) serão tratadas no capítulo 6.

Chumbadores e a Planta de Chumbação

Quando o detalhamento dos chumbadores está no escopo do detalhamento, o cliente precisa receber a planta de chumbação com muita antecedência. Ao contrário de todo o restante da estrutura, os chumbadores são necessários já na fase de concretagem das bases.

O desenho de chumbação é muito simples, mas inclui informações que dependem de definições importantes da obra. Isto porque inclui :

- a. Locação da obra, incluindo definição dos eixos e filas com suas respectivas distâncias;
- b. Detalhe das bases das colunas, com dimensões e arranjo dos chumbadores;
- c. Definição dos níveis de apoio (bases) da estrutura metálica.

Gabaritos de Chumbação

O correto posicionamento dos chumbadores nos blocos de concreto possibilita a montagem posterior das colunas. Como veremos a seguir, furações para chumbadores possuem folgas mais generosas do que as ligações parafusadas, mas mesmo assim são tolerâncias baixas e exigem uma concretagem correta dos chumbadores.

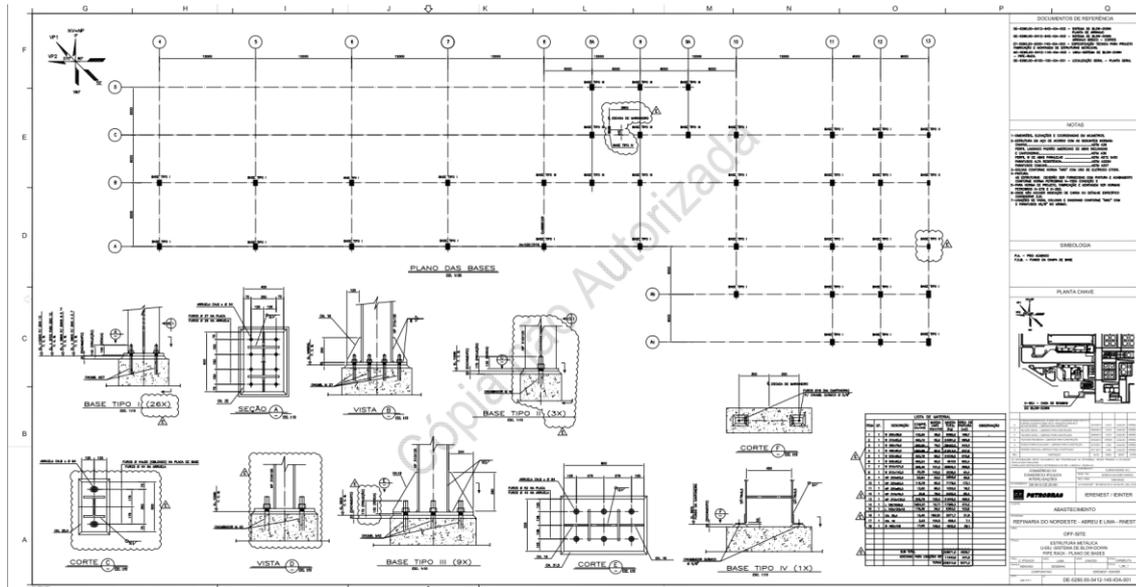
Em função das dificuldades inerentes ao processo de concretagem, é comum a elaboração de gabaritos de chumbação. Esses gabaritos asseguram que a distância entre chumbadores será mantida durante a concretagem.

O gabarito pode ser fabricado com chapas finas e/ou cantoneiras. Normalmente os gabaritos indicam as linhas de eixo (riscadas na chapa) para ajudar a topografia na verificação de sua posição. No gabarito, a furação é feita sem folgas, ou seja, diâmetro do furo igual ao diâmetro do chumbador.

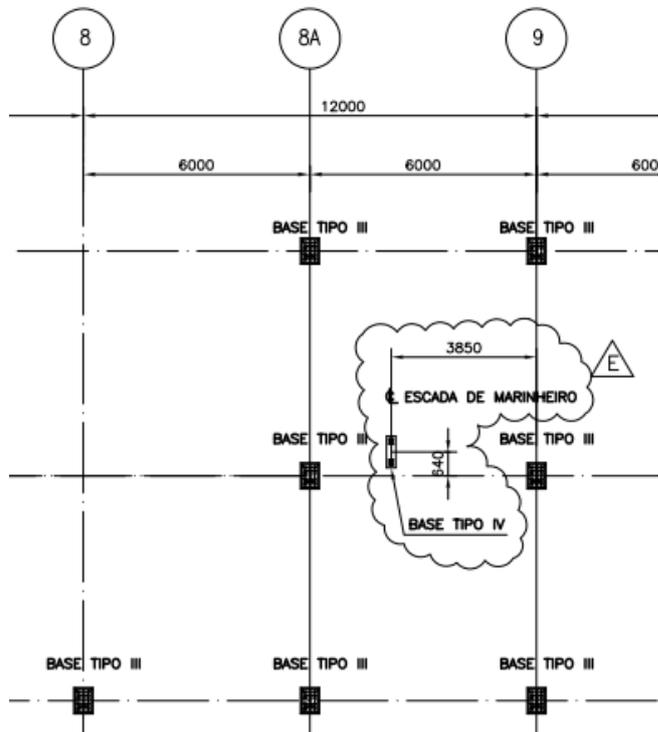
O gabarito de chumbeação pode ser reutilizado sem problemas. Se o cronograma de concretagem das bases permitir, pode-se fazer um número reduzido de gabaritos que serão reutilizados a cada nova fase de concretagem. Esta definição deve ser feita pelo montador em conjunto com a obra civil. Não é função do detalhamento, planejar a quantidade de gabaritos a ser fabricado.

Exemplo ilustrativo

Abaixo temos um exemplo real de plano de bases



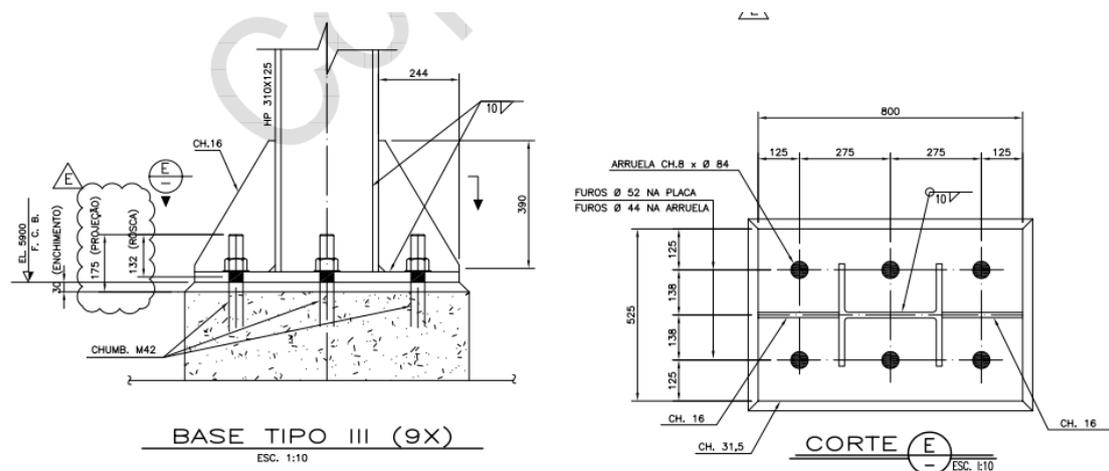
Ampliando a parte central do desenho, temos :



Notar que :

- Nomenclatura dos eixos;
- Distância entre eixos;
- Definido o tipo de cada base.

Veja detalhe da base tipo III :

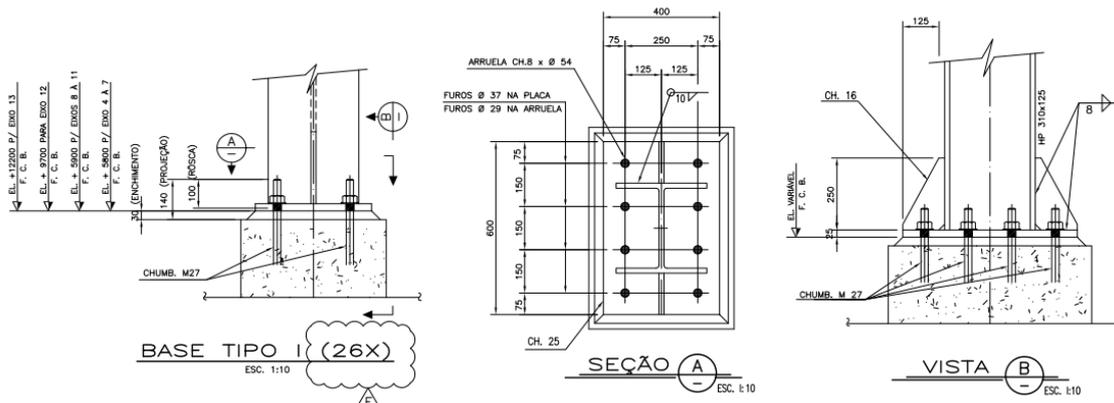


Notar :

- A Elevação (Nível do apoio de concreto) está definida (EL 5.900);

- Está definida a altura do Grout (Enchimento) em 30mm;
- Dimensões da chapa de apoio, de forma que o projeto de fundações tenha conhecimento para o detalhe dos blocos;
- Localização dos Chumbadores;
- Cota que o chumbador deve ficar acima do nível do bloco;

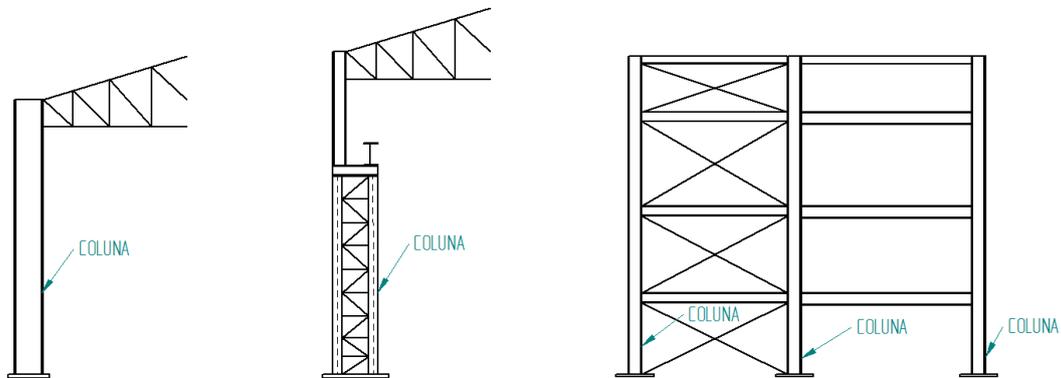
No desenho da Base Tipo I, temos mais informações que merecem nota :



- Fornece os diferentes níveis de apoio para cada eixo da estrutura, sem a necessidade de se repetir o detalhe;
- Especifica quantas vezes ocorre o detalhe (26x);

Colunas

As colunas são elementos estruturais verticais que transmitem os esforços da estrutura para as bases.

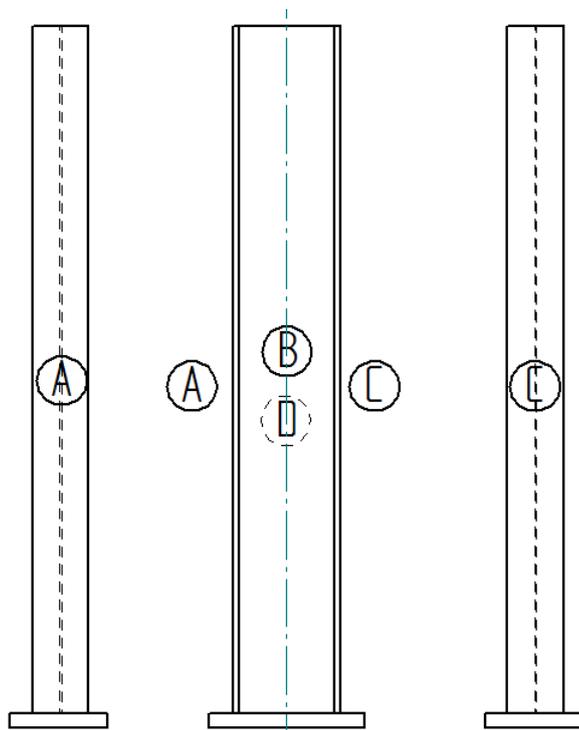


As colunas podem ser de alma cheia (perfis laminados ou soldados), perfis compostos (dois ou mais perfis soldados entre si) ou treliçadas.

As colunas de menor porte, para sustentar as terças de fechamento lateral, lances de escada, pequenas plataformas, etc... também são denominadas de “colunetas”.

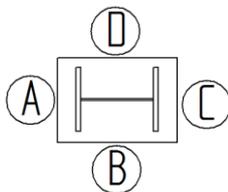
Desenho de colunas

Abaixo um desenho didático de uma coluna para que possamos analisar alguns aspectos importantes :



COLUNA C1 (A/2)
MARQUE FACE "A" NORTE

- As colunas são desenhadas, preferencialmente na vertical;
- As faces são identificadas pelas letras A, B, C e D. A letra A é sempre uma das mesas, a face B normalmente é a vista principal. As faces são identificadas no sentido anti-horário. A figura abaixo mostra como "nomear" as faces, mas nunca se identifica em planta apenas na vista da coluna.



- As colunas são normalmente desenhadas com as 3 vistas principais. A Face "D", normalmente não necessita ser desenhada e é representada com linhas pontilhadas.
- Está definido que a face "A" deve ser orientada para o Norte de projeto. Desta forma o montador sabe como será a orientação da coluna em obra.
- Está informada a localização da coluna no projeto através das informações de eixo (A/2). Alguns projetos incluem no nome da coluna a informação dos eixos. Por exemplo : Coluna C1 seria a coluna na interseção dos eixos "C" e "1".

- f. Pontos de referência importantes são cotados também com a Elevação (ver nos exemplos).

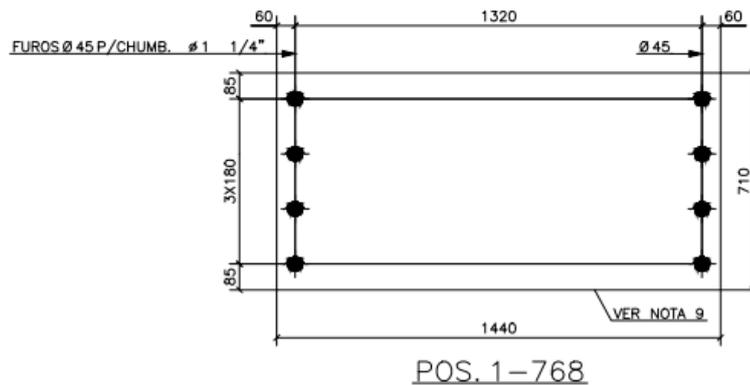
Alguns exemplos de detalhes de colunas :

<p>0240A MARQUE FACE "A" LESTE (8/A)</p>	<ul style="list-style-type: none"> a. Faces identificadas com as letras; b. Nome da coluna definido (0240A) c. Orientação de montagem (Face "A" Leste) d. Eixos de localização informados (8/A) e. Elevação do apoio (EL931650) informada. (FICB = Face Inferior da Chapa de Base)
	<ul style="list-style-type: none"> a. Cortes são sempre indicados de cima para baixo b. Elevação de chegada da viga (EL 937200) informada. (TV = Topo da Viga)
	<ul style="list-style-type: none"> a. Elevações de Viga e do PT da emenda informados; b. Faces informadas

Chapas de base das colunas

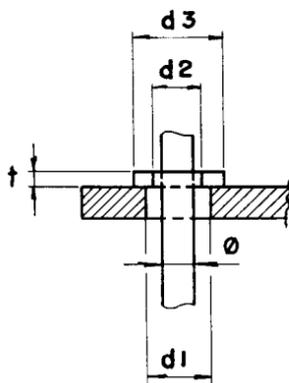
As chapas de base das colunas, possuem duas preocupações principais dentre todas as recomendações para detalhamento de chapas :

- A solda entre a chapa e coluna. Esta solda é sempre uma solda crítica e costuma vir com alguma recomendação de ensaio. Nos exemplos de colunas do item anterior, podemos ver as soldas especificadas (Soldas de entalhe) com a informação de ensaio (US = Ultra Som)
- Furação para os chumbadores. A furação para os chumbadores não seguem as mesmas folgas das demais conexões parafusadas. Sendo assim, para placas de base, especificamos o diâmetro do chumbador a ser usado e o diâmetro da furação.



A recomendação do Prof. Ildony para furos na chapa de base e na arruela seguem abaixo :

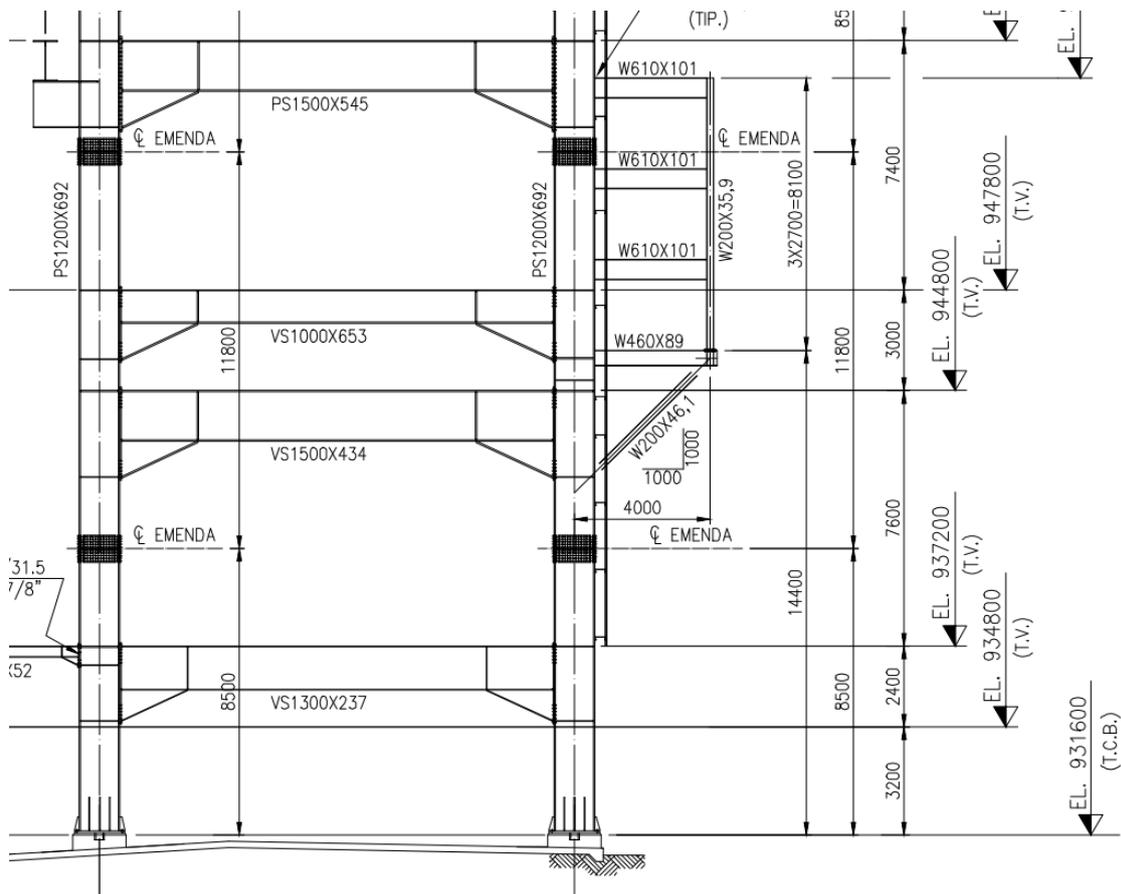
Φ Chumbador (mm)	Φ furo na placa (mm) – d1	Espessura arruela (mm)	Φ na arruela (mm) – d2	Φ da Arruela (mm) – d3
16 a 22	Φ Chumb. + 8mm	6	Φ Chumb + 1,5	2,2 x Φ Chumb.
25 a 44	Φ Chumb + 10mm	8	Φ Chumb + 1,5	2,0 x Φ Chumb
50 a 76	Φ Chumb + 15mm	12	Φ Chumb + 1,5	2,0 x Φ Chumb

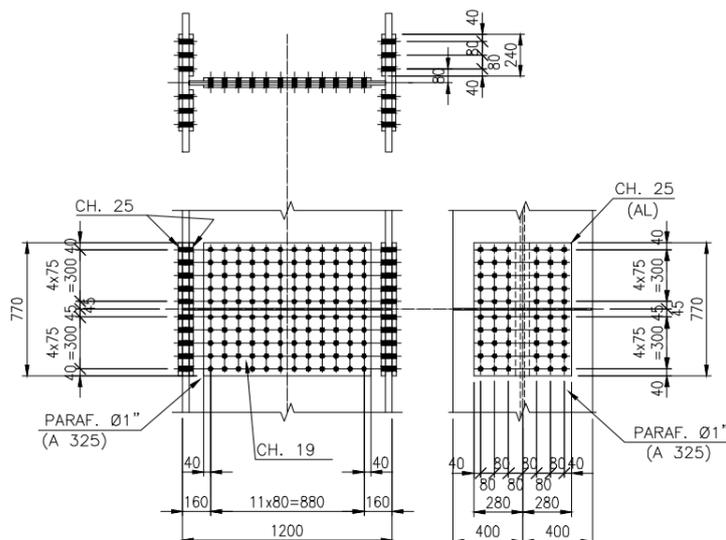


Emendas parafusadas das colunas

As emendas das colunas parafusadas normalmente são caras e trabalhosas, por isso utilizadas apenas quando necessário em função das limitações de transporte. Espera-se que o projeto básico especifique o nível de emendas a ser usado pelo detalhamento, mas sempre que o comprimento ultrapassar 12m sem nenhuma indicação o detalhamento deverá consultar o fabricante sobre a inclusão ou não de emendas para transporte.

Vamos ver um exemplo de projeto básico :





DETALHE DE EMENDA PS1200X692

Podemos notar :

- Estão definidas as cotas de emenda parafusada das colunas;
- O projeto básico está respeitando o limite comum de 12m;
- A ligação da emenda está completamente definida para o detalhamento.

Podemos dividir as emendas de colunas em dois tipos :

- Por contato : Não há folga entre os dois perfis e a carga de compressão é absorvida também pelo contato entre os perfis. Para ligações deste tipo, as superfícies dos dois perfis devem ser usinadas de forma a permitir um contato completo. Esta não é a opção mais comum de projeto, e quando utilizada deve constar de nota no básico incluindo a solicitação de usinagem.
- Por talas e parafusos : Ligação mais comum (como no exemplo da ligação acima), prevê uma folga de 10mm entre os dois perfis. Todos os esforços são transmitidos pelas talas e parafusos.

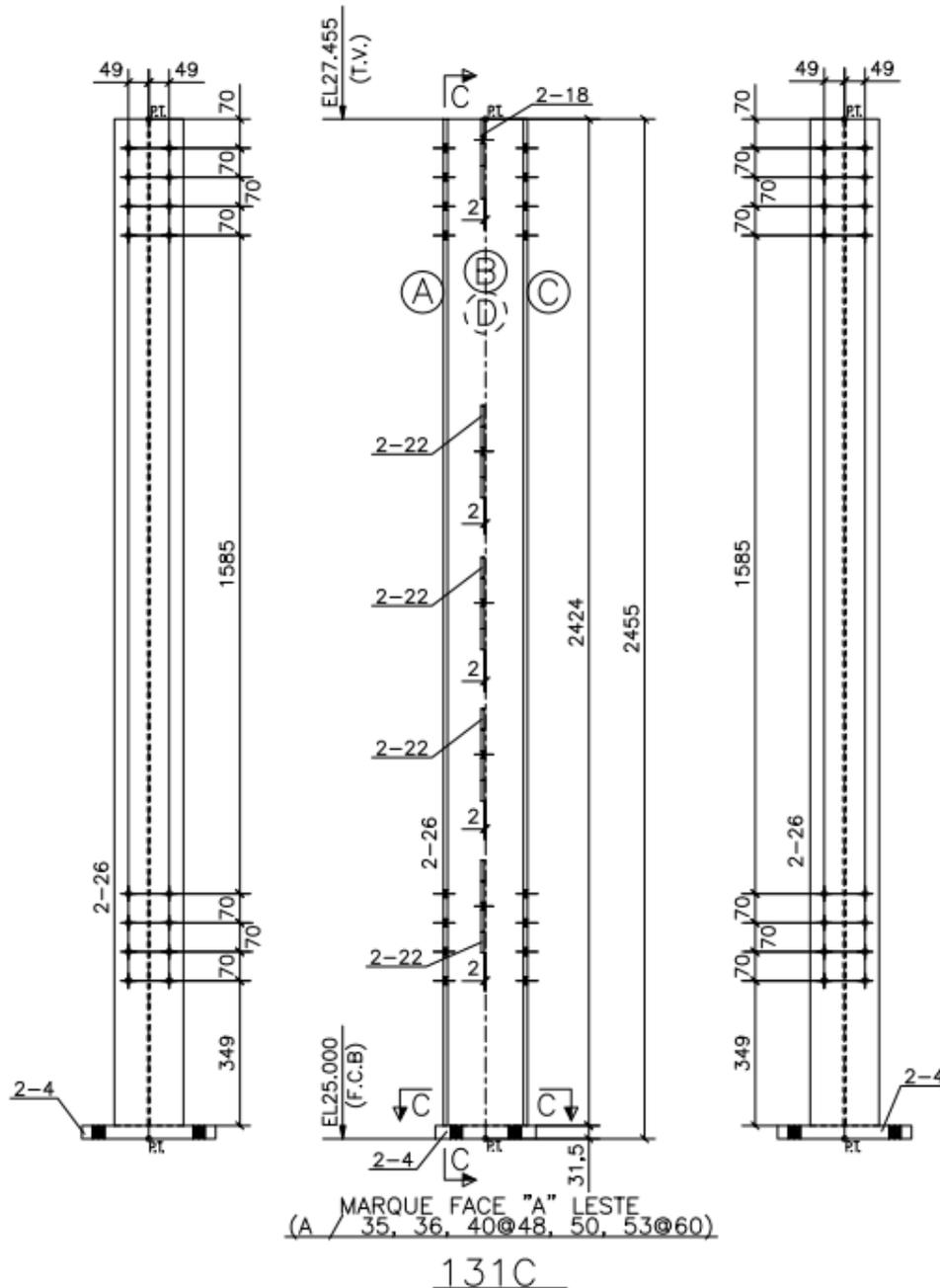
Emendas de fábrica (soldadas)

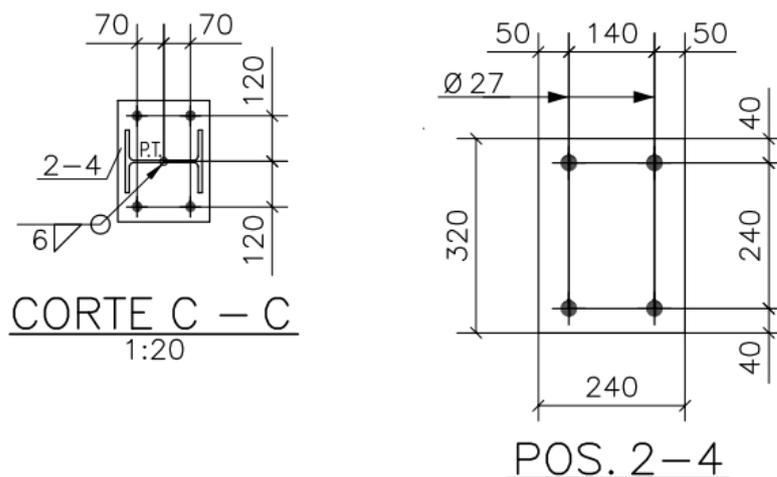
Quando houver uma mudança de perfil na coluna, esta emenda entre os dois perfis pode ser soldada em fábrica. As emendas soldadas de fábrica devem estar previstas no projeto de detalhamento incluindo naturalmente a especificação da solda e a necessidade ou não de ensaios.

Algumas vezes, para aproveitamento de material, as fábricas precisam emendar perfis disponíveis em estoque. Caso não haja nenhuma indicação em contrário nas especificações de projeto, a fábrica poderá fazer estas emendas desde que (a) não faça mais de uma emenda por

coluna e (b) faça uma emenda com penetração total. Estas emendas de aproveitamento de material não são indicadas no detalhamento.

Análise de um detalhamento típico de uma coluna





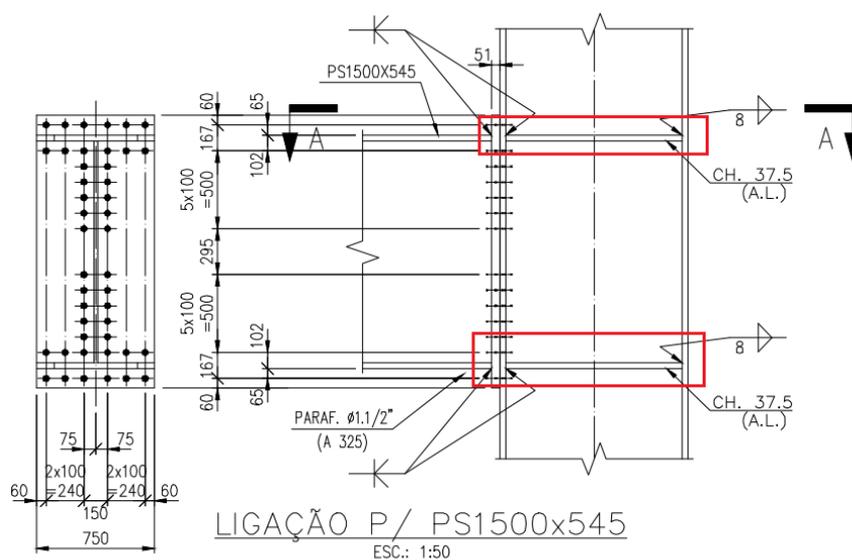
Análise do detalhamento :

- Estão especificadas as faces "A", "B", "C" e "D". As faces "A" e "C" desenhadas ao lado poderiam ter incluído também as letras para clarear o desenho.
- Indicado o nível de apoio da coluna (EL 25.000)
- Indicado os diâmetros de furação da chapa de base (27mm). Embora não seja necessário para a fabricação, seria melhor se estivesse indicado o diâmetro do chumbador que será utilizado. Provavelmente trata-se de um chumbador de $\frac{3}{4}$ " (19mm), que conforme tabela de furação, teria o furo de $19 + 8 = 27$ mm
- Está indicada a orientação para montagem da coluna (Marque Face "A" Leste)
- Está indicada a marca da coluna 131C
- Está indicada a localização das colunas (Eixo A / 35, 36, 40@48, 50, 53@60), totalizando 20 colunas (como podemos confirmar na LM abaixo)
- Indicada a cota total da coluna (2455mm)
- As peças componentes estão indicadas com as suas respectivas marcas (ver na LM). A chapa de apoio 2-4 está mostrada no detalhe acima, as outras chapas (2-18 e 2-22) também devem estar detalhadas no mesmo desenho.
- Lista de Material (LM) com a quantidade total de colunas (20x) e seus componentes com as informações necessárias.

LISTA DE MATERIAL						
POSIÇÃO	QT.	DESCRIÇÃO	PESO UNIT. (kg)	PESO TOTAL (kg)	AREA DE PINT. (m ²)	MATERIAL
131A	1	COLUNA	124.7	124.7	3.8	
2-18	1	CH8X140X192	1.7	1.7	0.1	A36
2-19	1	CH8X70X140	0.6	0.6	0.0	A36
2-66	1	CH31.5X240X280	16.6	16.6	0.2	A36
2-79	1	W200X26.6X3603	96.7	96.7	3.3	A572-GR.50
2-87	1	CH8X146X301	2.8	2.8	0.1	A36
2-90	1	CH8X231.2X314	4.6	4.6	0.1	A36
2-94	1	CH8X152X180	1.7	1.7	0.0	A36
131B	1	COLUNA	124.7	124.7	3.8	
2-18	1	CH8X140X192	1.7	1.7	0.1	A36
2-19	1	CH8X70X140	0.6	0.6	0.0	A36
2-66	1	CH31.5X240X280	16.6	16.6	0.2	A36
2-79	1	W200X26.6X3603	96.7	96.7	3.3	A572-GR.50
2-88	1	CH8X146X301	2.8	2.8	0.1	A36
2-90	1	CH8X231.2X314	4.6	4.6	0.1	A36
2-94	1	CH8X152X180	1.7	1.7	0.0	A36
131C	20	COLUNA	115.4	2308.6	59.5	
2-4	20	CH31.5X240X320	19.0	379.8	3.8	A36
2-18	20	CH8X140X192	1.7	33.8	1.0	A36
2-22	80	CH8X140X222	2.0	156.2	4.8	A36
2-26	20	W200X35.9X2424	86.9	1738.8	49.9	A572-GR.50

Nervuras de enrijecimento

Quando as colunas são conectadas a vigas com esforços maiores, é comum o uso de nervuras :

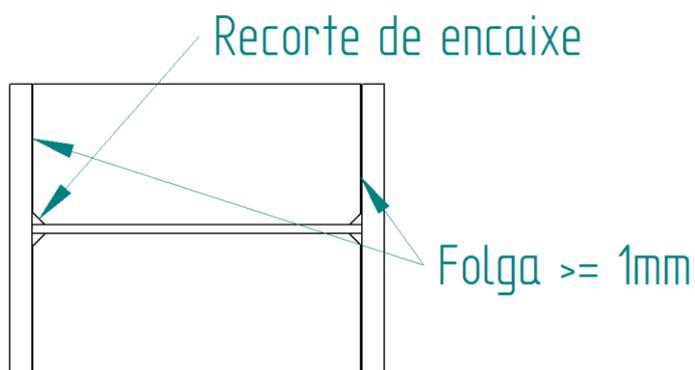


Notar que o PB acima, no que diz respeito às nervuras :

- Especifica a bitola da chapa (37,5mm);
- Define que serão nervuras nos dois lados com a notação A.L. (Ambos os Lados). Ou seja, serão quatro chapas de 37,5 para formar as nervuras;
- Define a solda, que no lado da conexão é uma solda de entalhe e do outro lado uma solda de filete

No detalhamento, teremos que levar em conta ainda :

- Recorte de encaixe para não interferir com a solda do PS ou curvatura da laminação;
- Folga mínima de 1mm de cada lado para montagem da chapa



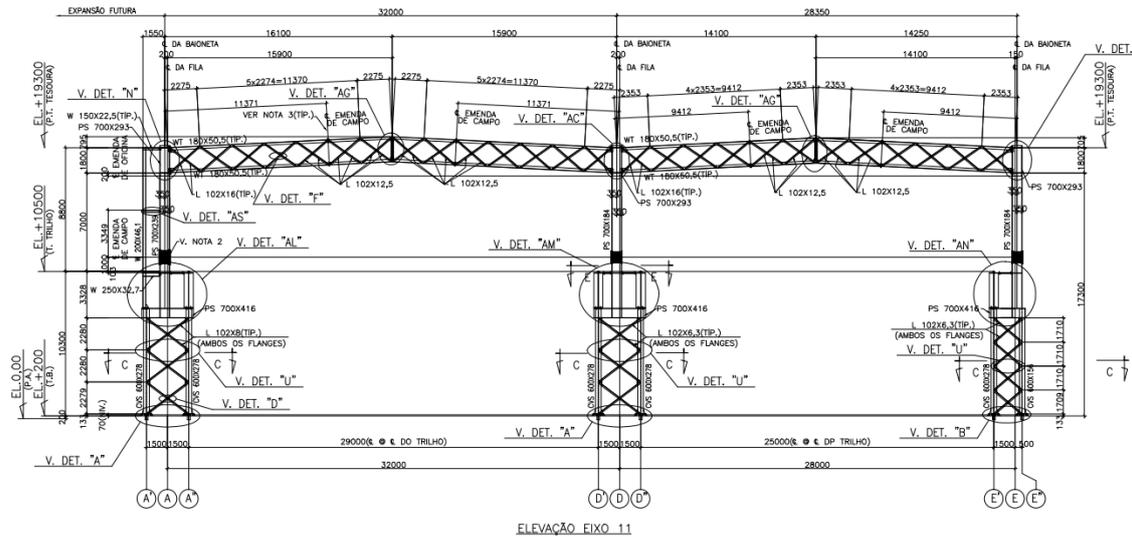
Notas gerais sobre colunas

Abaixo algumas características das colunas que o projetista deve ter em mente durante o projeto :

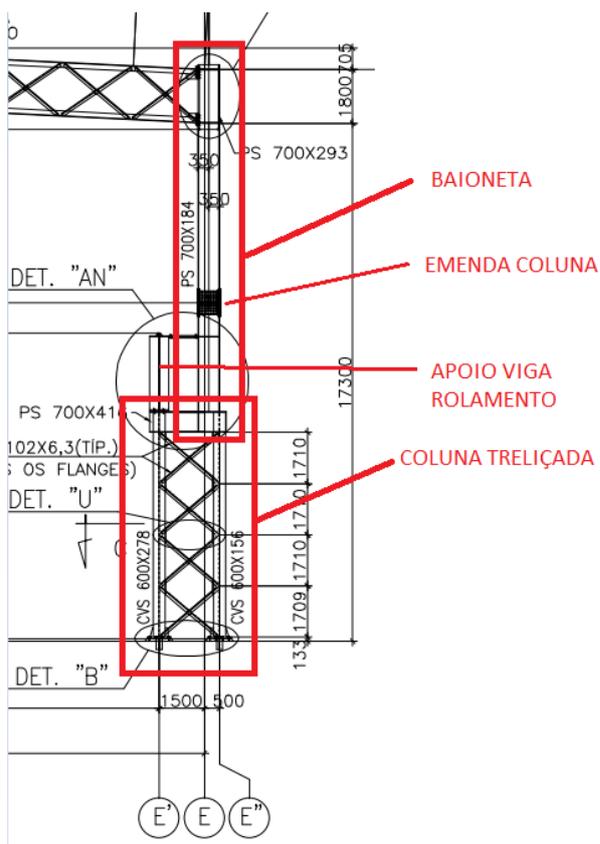
- As colunas são as primeiras peças a serem montadas em campo, por isso deverão ter prioridade no detalhamento de fabricação. Eventuais pendências de projeto básico (localização dos suportes de fechamento lateral, nível de chegada de vigas, ligações de contraventamento, etc..) que impossibilitem a conclusão do detalhamento devem ser comunicadas ao cliente com urgência;
- As colunas são geralmente peças mais pesadas e de fabricação cara (soldas mais elaboradas, perfis e chapas de maior bitola, conjunto de furação complexo, etc...). Além disso, uma coluna com erro de fabricação tem um potencial nocivo grande em relação ao progresso de montagem. Isto exige que a verificação do detalhamento das colunas seja sempre tratado como maior rigor;

Colunas Treliçadas

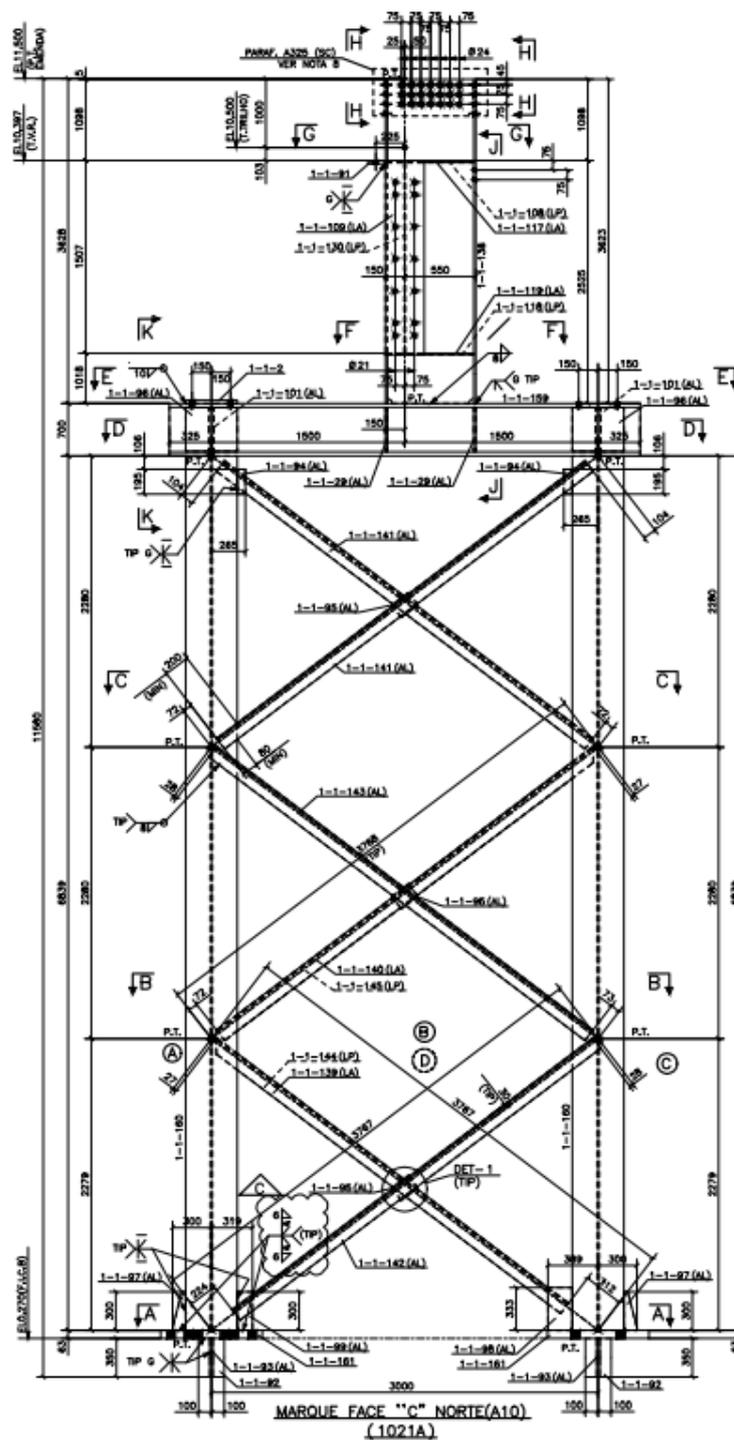
Veja abaixo um exemplo típico de utilização de colunas treliçadas :

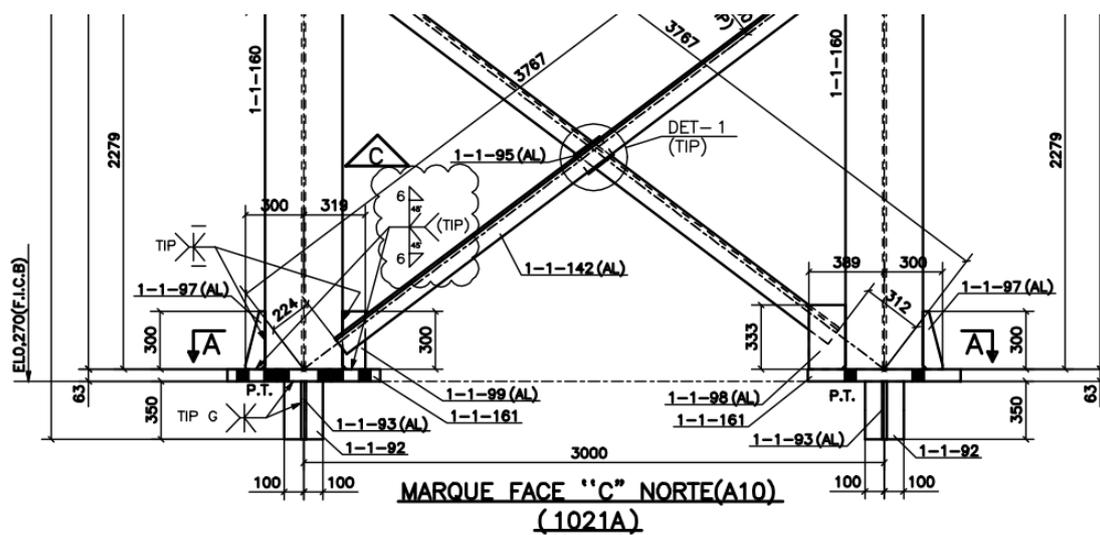
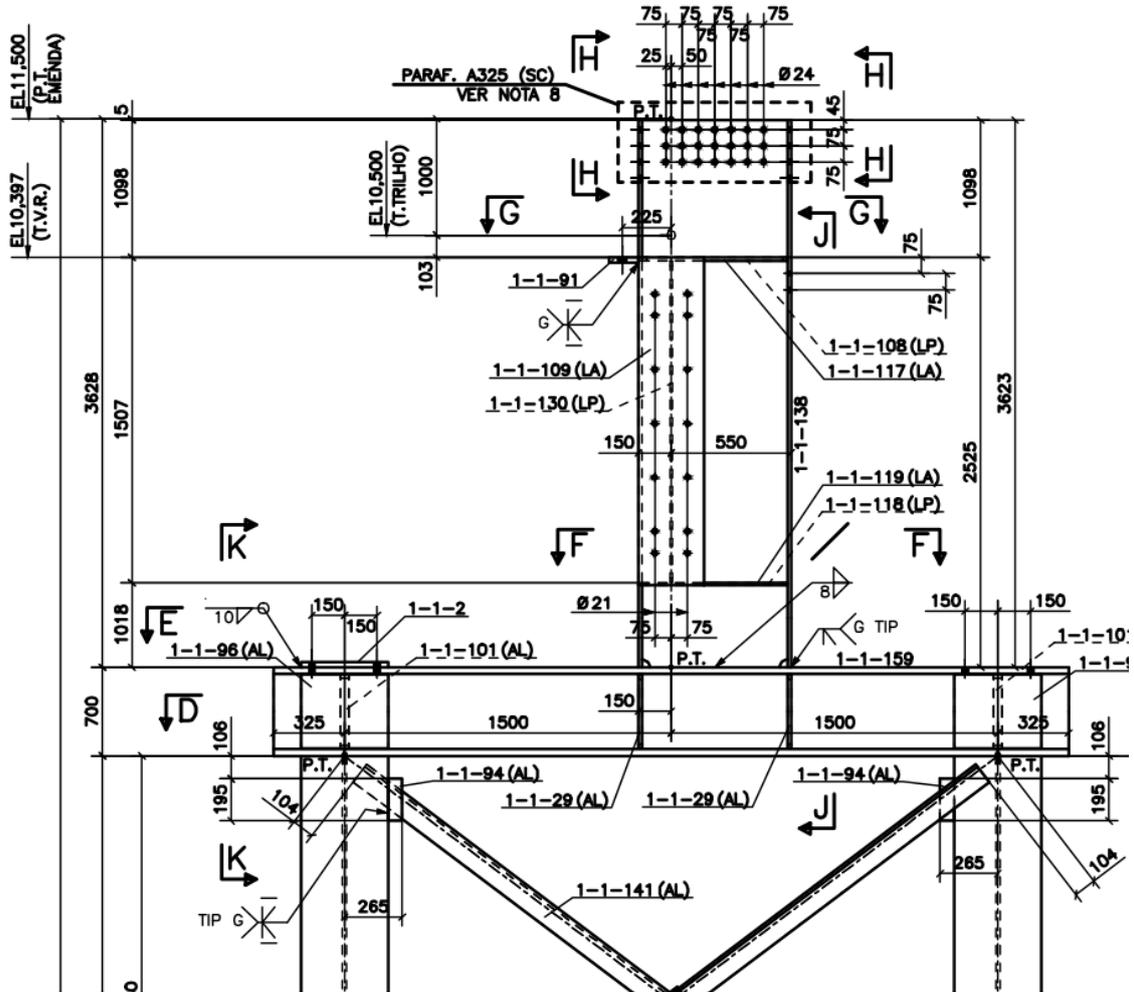


No caso acima, retirado de um PB real, podemos ver um galpão com pontes rolantes sustentadas por colunas treliçadas. Abaixo os elementos da colunas ressaltados :



Veja abaixo partes dos desenhos de detalhamento de uma destas colunas :





As recomendações e padrões das colunas simples também se aplicam, como podemos notar nos exemplos acima. Cresce o número de peças, amarrações e soldas num desenho que fica sobrecarregado de informações. Cabe ao projetista, usar a escala e distribuição do desenho de forma a tornar o desenho mais claro e de fácil entendimento.

Vigas de Alma Cheia

As vigas são peças estruturais que suportam carregamentos das estrutura e os descarregam nas colunas. As vigas estão geralmente na horizontal (xceção clássica são as vigas de escada), e suportam tipicamente cargas de pisos, equipamentos, instalações, pontes rolantes, etc..

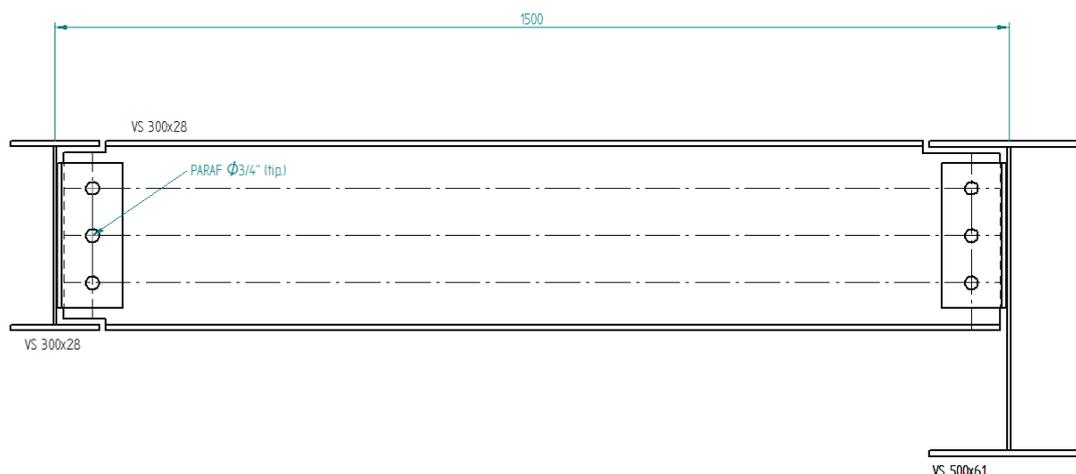
As vigas que sustentam escadas, serão tratadas posteriormente quando formos estudar esta tipologia de estrutura. Da mesma forma, vigas que sustentam pontes rolantes (vigas de rolamento), serão tratadas em tópico específico.

Vigas de alma cheia, como já vimos anteriormente, são formadas por perfis laminados ou soldados (eventualmente perfis dobrados), sendo predominante o uso de perfis do tipo “I” e “U”.

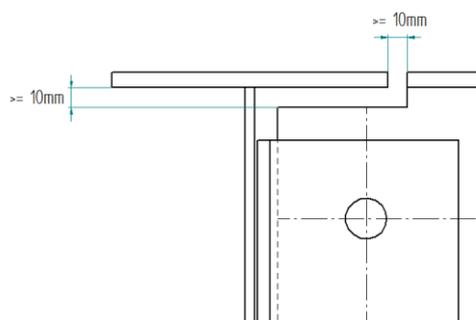
No capítulo 2, já vimos muitas convenções de desenho que se aplicam às vigas. Vamos rever estes conceitos, agora com um pouco mais de detalhes e explicações.

Recortes de encaixe

É muito comum o uso de recortes para o encaixe de vigas em colunas e em outras vigas. No exercício 5 do capítulo 3, calculamos os recortes da viga abaixo :

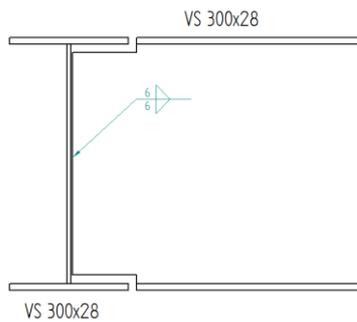


Este exemplo mostra o caso de recorte vertical simples (na direita) e duplo. Como vimos anteriormente, esta folga deve ser de pelo menos 10mm :

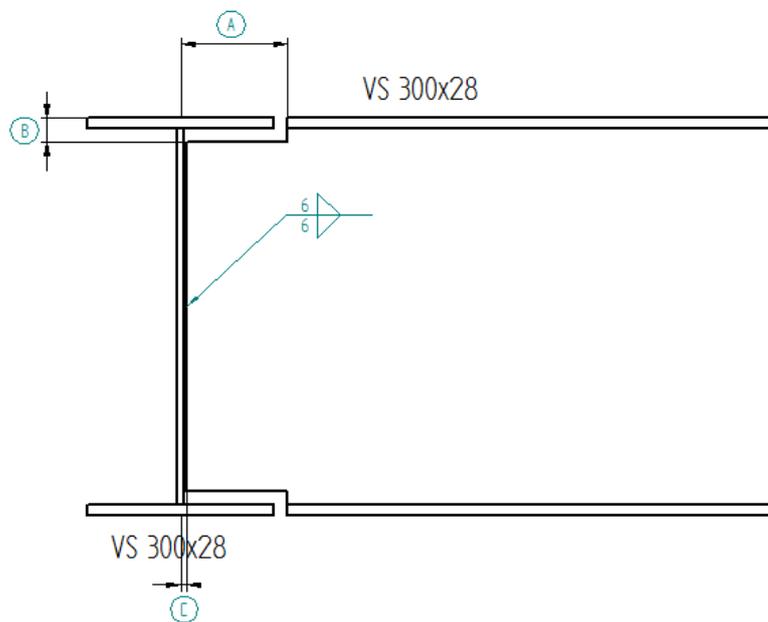


O usual, é usar uma folga com valor múltiplo de 5mm (5, 10, 15, ...) ao invés de valores exatos.

Vamos calcular o recorte abaixo, considerando que a ligação será soldada :



Para determinar o recorte temos que calcular as dimensões "A", "B" e "C" abaixo :



$$A = (\text{Aba VS } 300 \times 28) / 2 + 10 \text{ mm (folga)} = 120 / 2 + 10 = 70 \text{ mm}$$

$$B = (\text{tf VS } 300 \times 28) + 10 \text{ mm (folga)} = 9,5 + 10 = 19,5$$

$$B = 20 \text{ mm (múltiplo de 5 mm)}$$

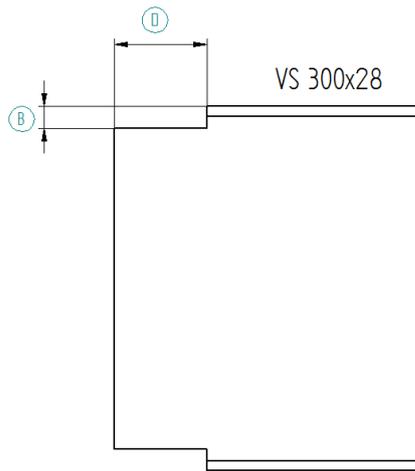
$$C = (\text{tw VS } 300 \times 28) / 2 + 1 \text{ mm (folga)} = 4,75 / 2 + 1 = 3,38 \text{ mm}$$

O recorte de fabricação na viga será de :

$$D = A - C = 70 - 3,38 = 66,62 \text{ mm}$$

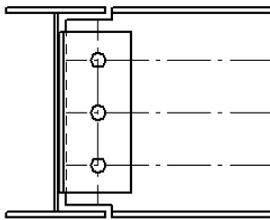
$$D = 70 \text{ mm (múltiplo de 5mm)}$$

$$B = 20 \text{ mm}$$

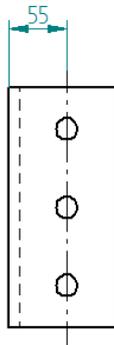


Cantoneiras de ligação de extremidade

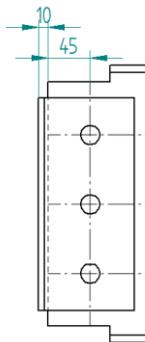
Uma forma comum de fazer a ligação de extremidade de viga parafusada é utilizando-se cantoneiras, conforme já vimos em exemplos anteriores. Vamos agora, ver em detalhes de onde nascem todas as medidas utilizadas.



A geometria da ligação nasce da bitola e quantidade de parafusos solicitada pelo cálculo da ligação. Se os parafusos forem de $\frac{3}{4}$ ", já sabemos que a cantoneira mínima a ser utilizada será a de 4" (Ver tabela de cantoneiras com diâmetro de furo máximo na aba).

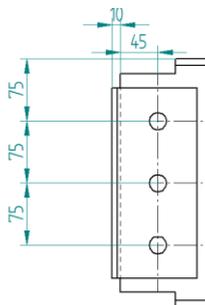


O gabarito de furação da cantoneira de 4" é de 55mm, o que será respeitado no detalhamento das cantoneiras.

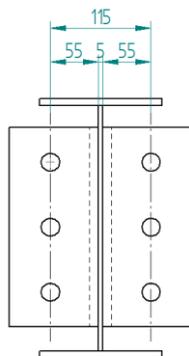


Também sabemos que a folga entre o final do perfil da viga e a extremidade da cantoneira é de 10mm. Com isso, fica definida a distância entre borda do perfil e primeira linha de furação no valor de 45mm.

Como 45mm é maior do que a distância mínima de furo a borda para parafusos de $\frac{3}{4}$ " (Mínimo = 29, Usual = 40), o detalhe está ok.

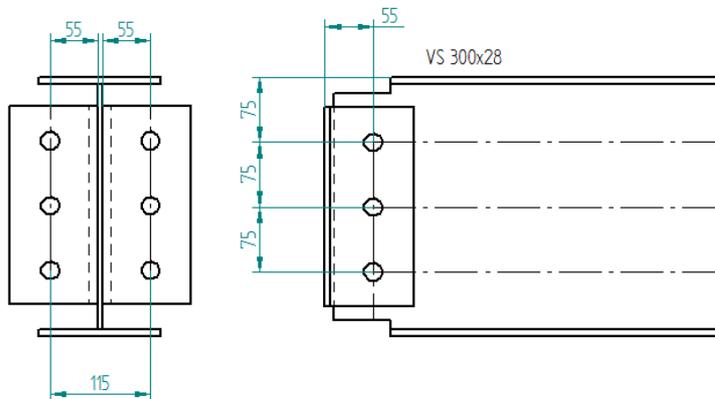


Os gabaritos horizontais, que já vimos anteriormente, devem ser espaçados de 75mm conforme indicado ao lado.

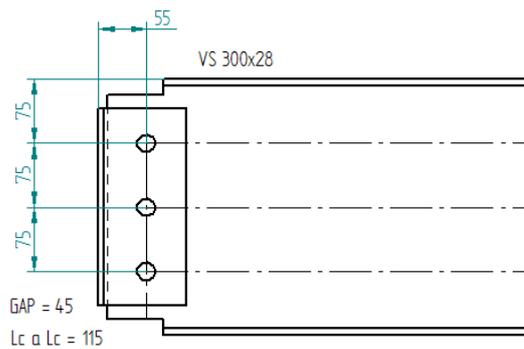


Já na viga principal, que vai receber a ligação, a distância entre furos será igual a duas vezes o gabarito da cantoneira mais a espessura da alma, totalizando no exemplo ao lado 115mm.

Note que é preciso fazer um corte da ligação para mostrar as cotas das cantoneiras com as abas em projeção :



Isto significa um trabalho adicional de desenho, que pode ser evitado utilizando-se uma simbologia comum para estes casos :



Onde GAP = Gabarito da aba em projeção

Lc a Lc = Linha de centro a linha de centro = $2 \times G + t_w$

A definição da bitola da cantoneira envolve verificações de cálculo, de forma que sua definição deve ser feita pelo calculista e estar definida no projeto básico ou memória de cálculo.

Existem tabelas de ligações pré-calculadas, que podem ser usadas quando indicadas pelo calculista. Por exemplo, para perfis W da Gerdau, existe um manual de ligações que pode ser baixado no site da empresa. Abaixo um exemplo de tabela de ligações :

LIGAÇÃO: LCPP

PERFIS: W 200 x 15,0
W 200 x 19,3
W 200 x 22,5
W 200 x 26,6
W 200 x 31,3

CANTONEIRA: L 76 x 76 x 6,4 x 135

PARAFUSOS: 2 ø 5/8" A 325N ou
2 ø 3/4" A 325N
4 ø 5/8" A 325N ou
4 ø 3/4" A 325N

NOTAS:
1 - Dimensões em mm.
2 - Os valores tabelados são referentes às resistências de cálculo das ligações, conforme NBR 8800.
3 - Verificar obrigatoriamente o elemento suporte.
4 - As vigas devem ser verificadas à flambagem lateral considerando obrigatoriamente os recortes na região da ligação.

		LCPP 20-A		LCPP 21-A			LCPP 22-A
				$L_n(\max) = 30 \text{ mm}$			$L_n(\max) = 20 \text{ mm}$
				V_d (kN)			
		Sem recortes		$L_n(\max)$			$L_n(\max)$
n	Perfis	N_d (kN)		80	130	170	80
1	W 200 x 15,0	0	111	108	64	42	63
		38	55	-	-	-	-
	W 200 x 19,3	0	150	148	96	75	88
		36	75	-	-	-	-
	W 200 x 22,5	0	160	160	108	84	98
		35	80	-	-	-	-
	W 200 x 26,6	0	150	150	108	84	93
		36	75	-	-	-	-
	W 200 x 31,3	0	166	166	124	96	106
		36	80	-	-	-	-

Diferentes formas de indicar as furações de alma das vigas

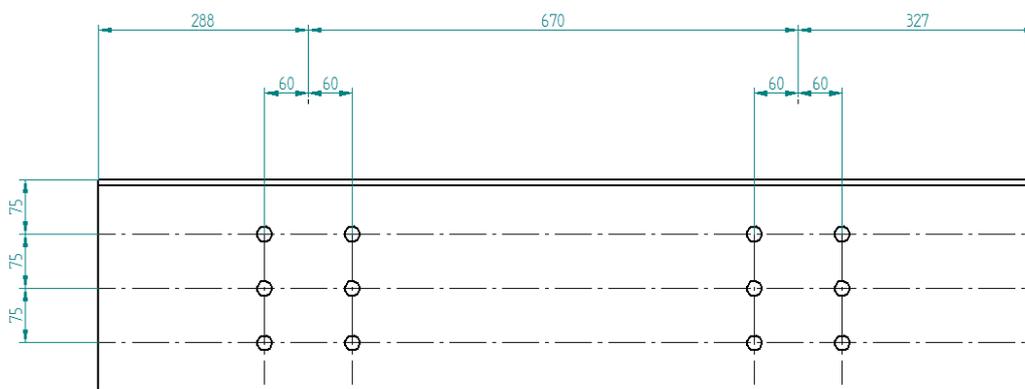
É muito comum que as vigas recebam ligações de outras vigas (muitas vezes chamadas de secundárias), e tenham portanto uma série de furações para estas conexões. Cabe ao detalhamento, definir adequadamente as cotas e diâmetros de furos para que estas vigas possam ser fabricadas.

Já estudamos como apresentar estas cotas no capítulo 2 e fizemos alguns exercícios. Aqui vamos ver algumas alternativas inteligentes de se apresentar as cotas de furação na alma das vigas.

As cotas normais seriam :



Uma outra forma, poderia ser :



Esta forma de cotar, deixa implícito que temos duas chegadas de vigas secundárias (uma a 288 mm da extremidade direita e outra a 327 mm da extremidade esquerda). Note que é exatamente a mesma viga cotada acima.

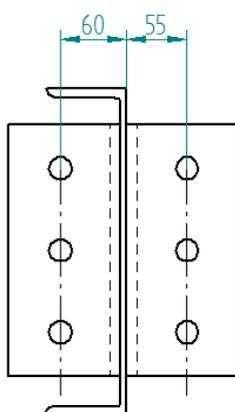
A vantagem é a localização das vigas secundárias com as cotas de Lc a Lc explícitas. Este tipo de desenho facilita muito a conferência dos desenhos. É muito mais fácil verificar a distância entre vigas de 670 e confirmar que a distância entre furos é de 120mm, do que fazer todas as contas na representação acima.

Por outro lado, para a fábrica, fica a necessidade de fazer as contas para locar os pontos de furo. Como atualmente as furações são determinadas pelos arquivos CNC, cotar os centros de vigas só apresentaria vantagens.

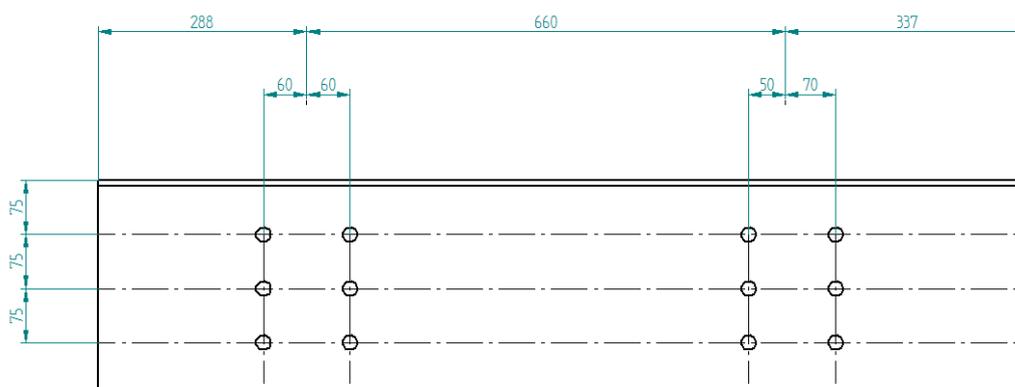
Como podem ver, existem diferentes maneiras de se apresentar as informações, cada uma delas com seus pontos fortes e fracos. É aconselhável acertar com o cliente como ele prefere a apresentação dos desenhos no início dos trabalhos.

Particularidades de vigas em perfil U

Veja um corte representando uma extremidade de viga U, com ligações em cantoneiras :



Para perfis tipo “I”, as cotas são a partir de sua linha de centro, mas para perfis tipo “U” são sempre a partir das costas do perfil. Assim sendo na representação de furação na alma da viga, teríamos cotas não simétricas (ver abaixo). Importante notar que continuamos tendo o eixo e orientação da viga “U” para conferência:



Tesouras de Cobertura

As tesouras de cobertura têm sua geometria definida em função de :

- Inclinação necessária do telhado;
- Espaçamento entre terças em função do tipo de telha utilizado;
- Demais pontos de aplicação de cargas, tais como monovias, lanternins, etc.

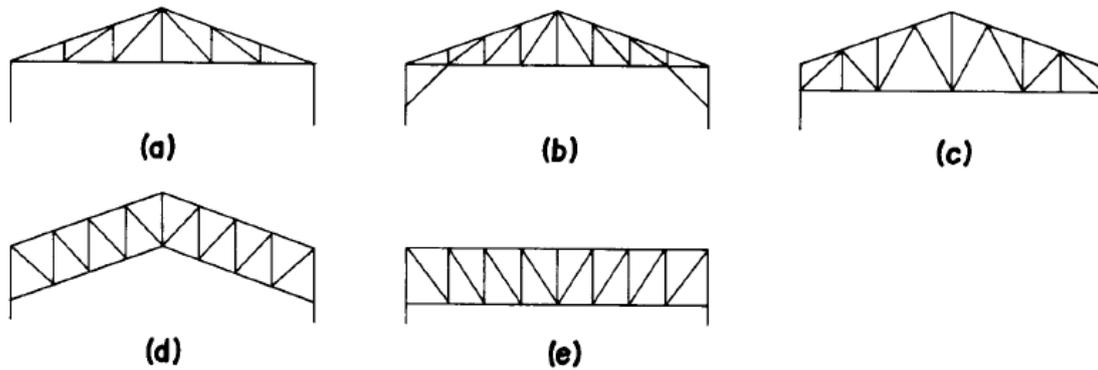
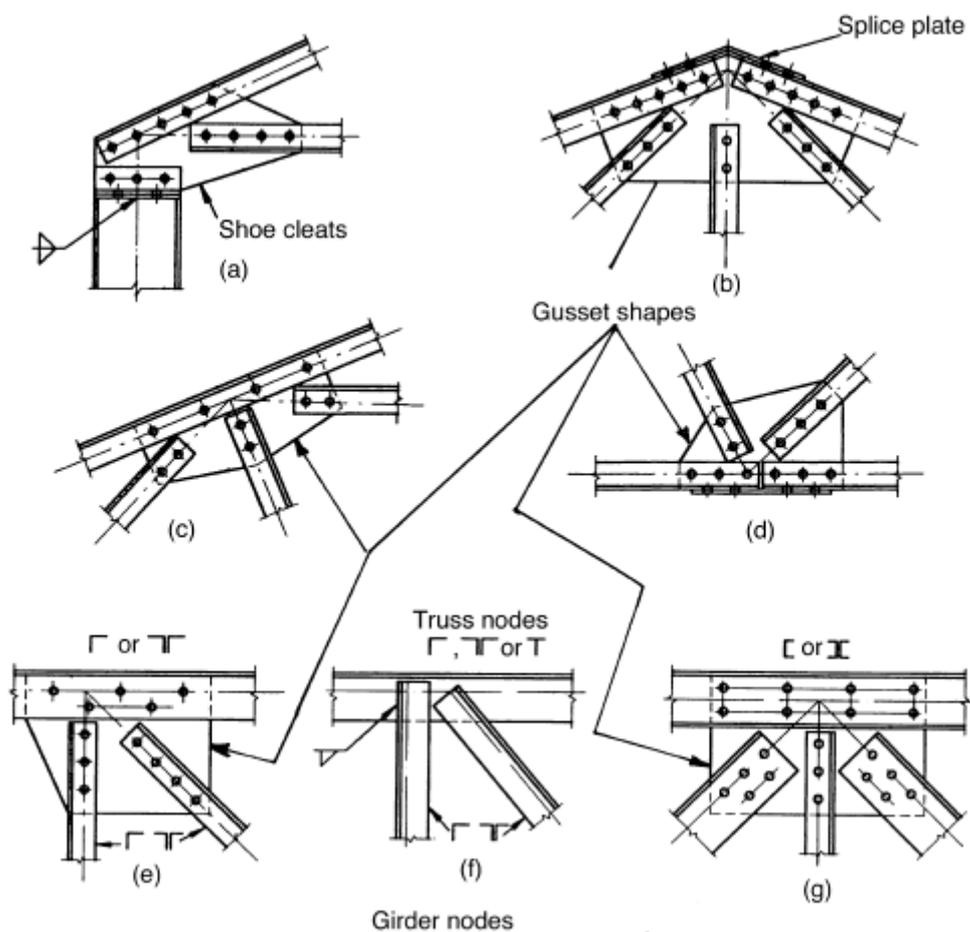


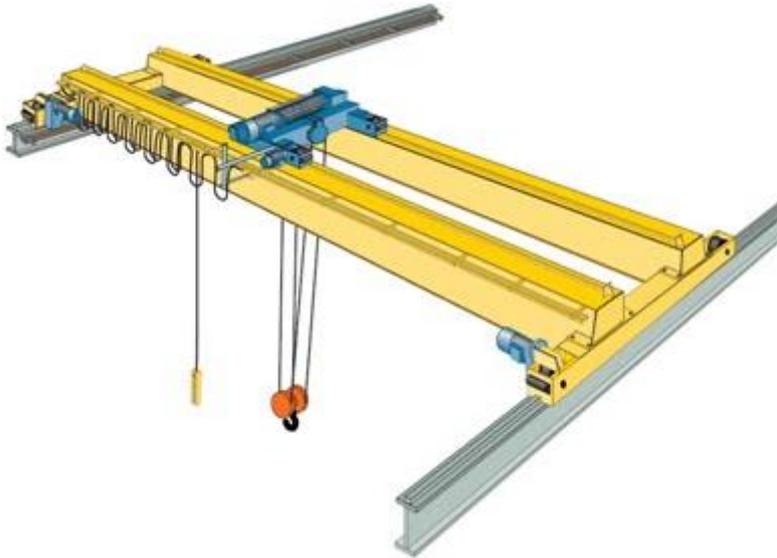
Fig. 11.7 - Tipos de armação

Detalhes e situações típicas de nós de tesoura :



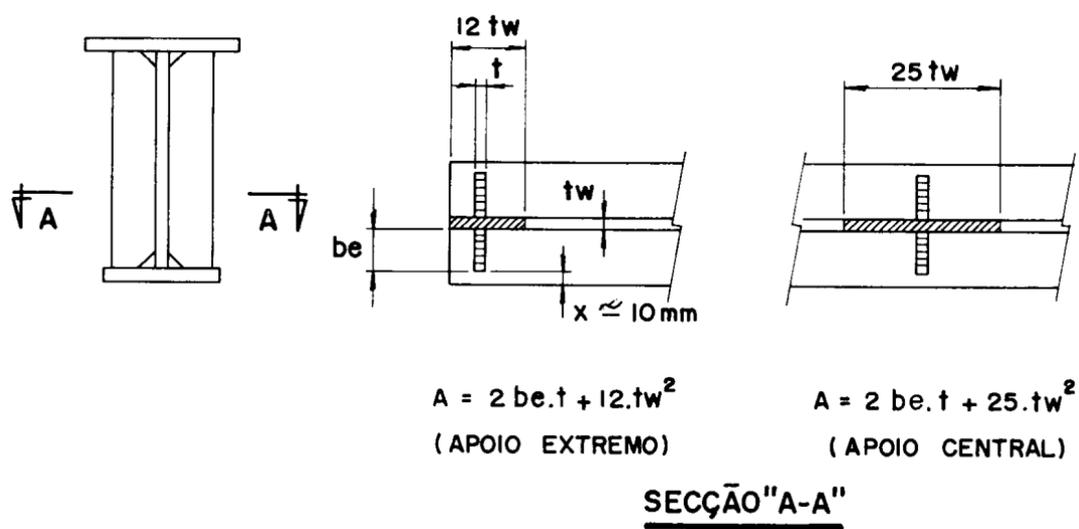
Vigas de Rolamento

As vigas de rolamento suportam os trilhos das pontes rolantes ou monovias em edifícios industriais. Normalmente são vigas soldadas altas, com alma fina, bastante nervuradas e com detalhes elaborados nos apoios.

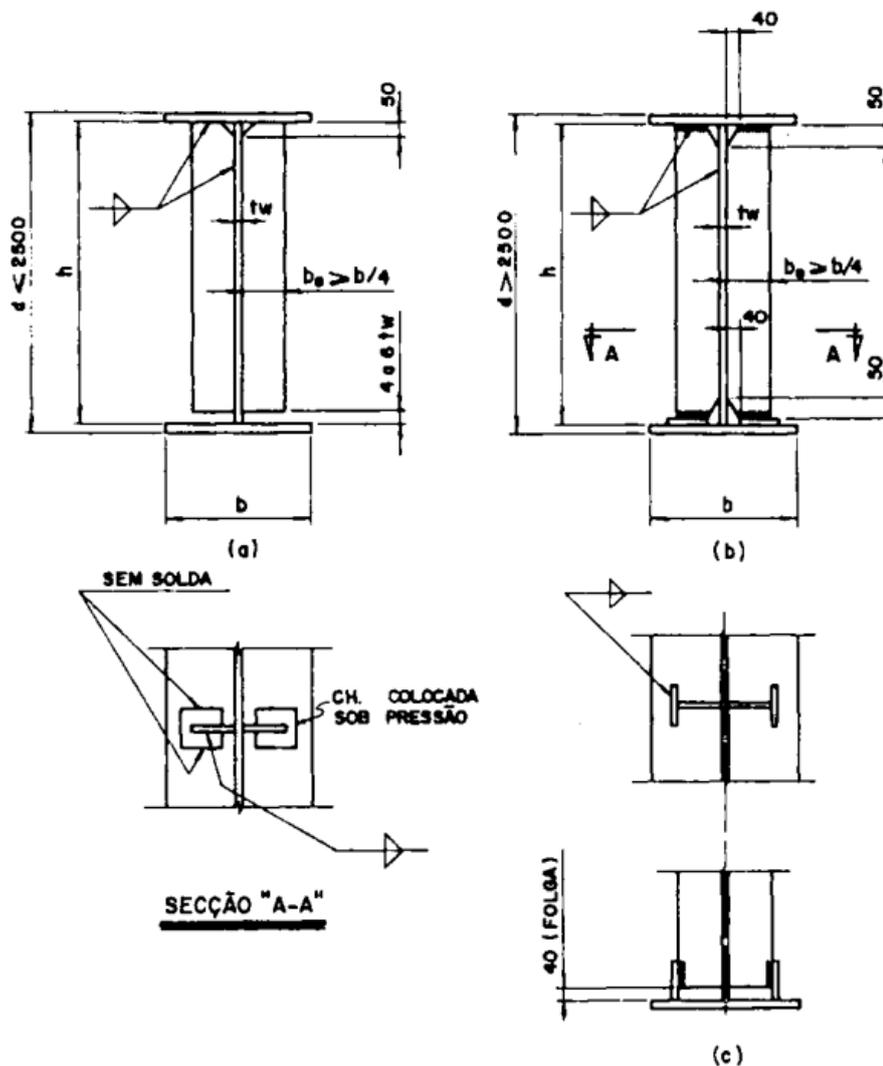


As vigas de rolamento sofrem grandes variações de carga, algumas vezes até com inversão de cargas, o que exige que o seu dimensionamento leve em consideração a fadiga. Esta consideração será feita no cálculo estrutural e em alguns detalhes típicos que mostraremos abaixo. Estes detalhes devem estar claramente definidos no projeto básico, sendo as recomendações abaixo (retiradas do livro do Prof. Ildony), apenas uma referência.

Enrijecedores de apoio

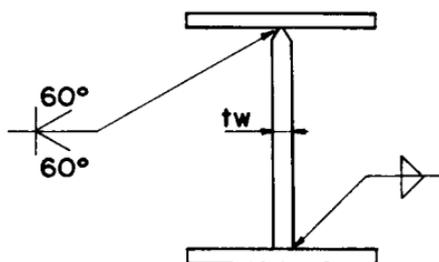


Enrijecedores intermediários



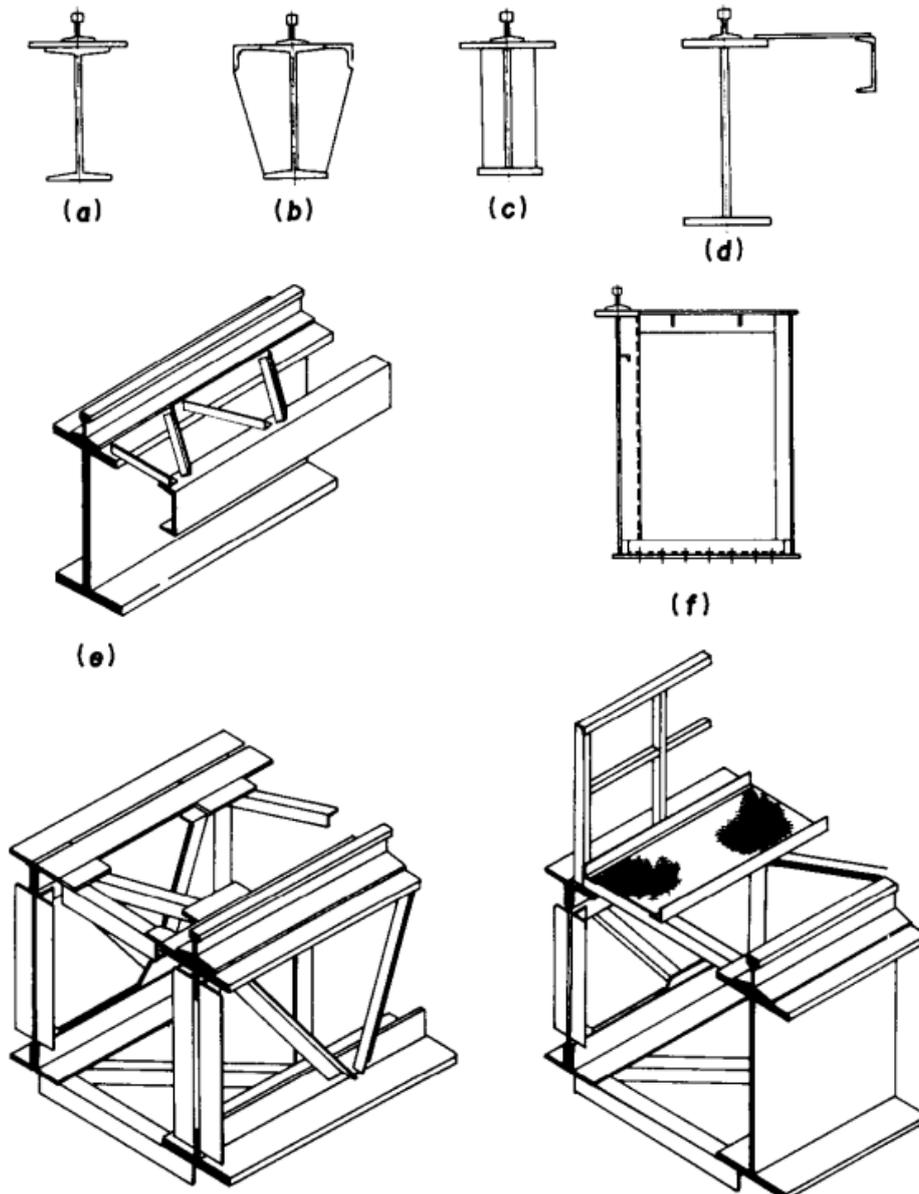
Soldas de composição dos Perfis Soldados das Vigas de Rolamento

Muita atenção na especificação das soldas de fabricação dos perfis soldados para vigas de rolamento. É comum que a solda com a mesa superior seja de entalhe e a da mesa inferior de filete. Além disso as soldas são mais robustas que os perfis soldados usados para colunas e vigas normais.



Contenção lateral da vigas

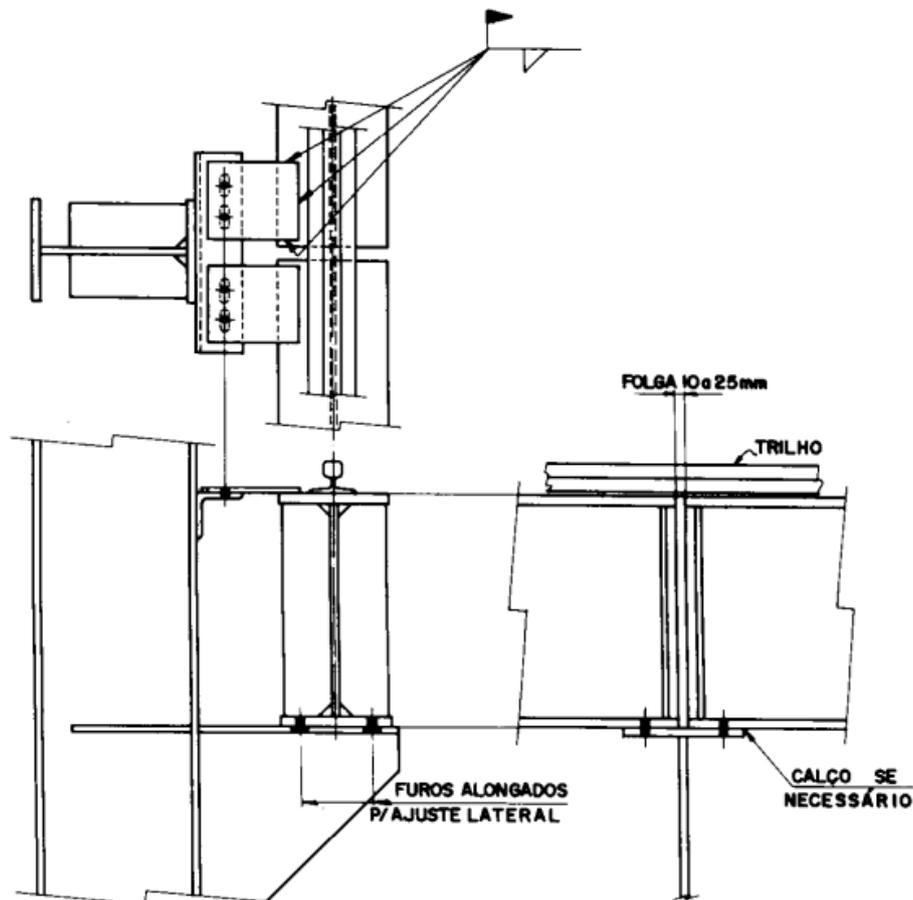
As vigas de rolamento estão sujeitas à cargas laterais oriundas da movimentação de cargas pela ponte rolante. Para absorver estes esforços, é comum que as vigas de rolamento tenham um travamento lateral no plano da mês superior.



Aproveitando a necessidade de travamento lateral, é comum a utilização de uma passarela de manutenção. Quando temos duas vigas de rolamento paralelas, no caso de galpões múltiplos, as vigas travam-se entre si.

Apoio das VRs nas colunas

Este é outro detalhe delicado que o projeto de detalhamento deve exigir do projeto básico um desenho completo e claro. Abaixo alguns detalhes típicos (Prof. Ildony) :



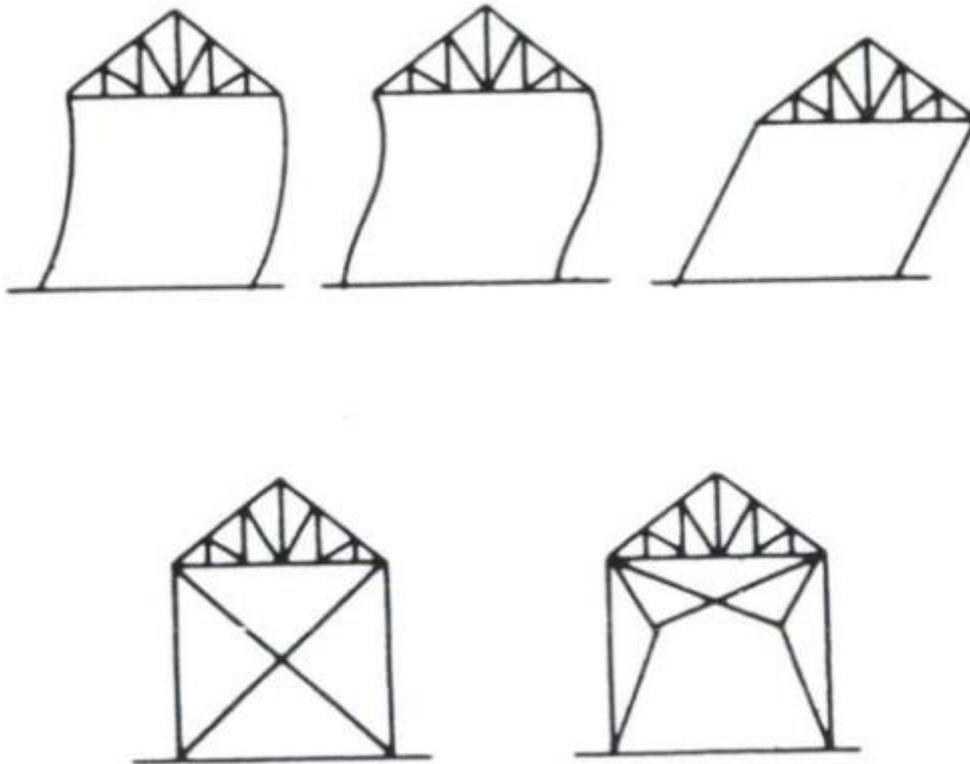
Notar nos desenhos acima :

- Existência do enrijecedor de apoio
- Ajuste lateral da viga com furos alongados
- Folga entre vigas para permitir o trabalho isolado de cada uma delas
- Contenção lateral na mesa superior sem restringir a rotação.

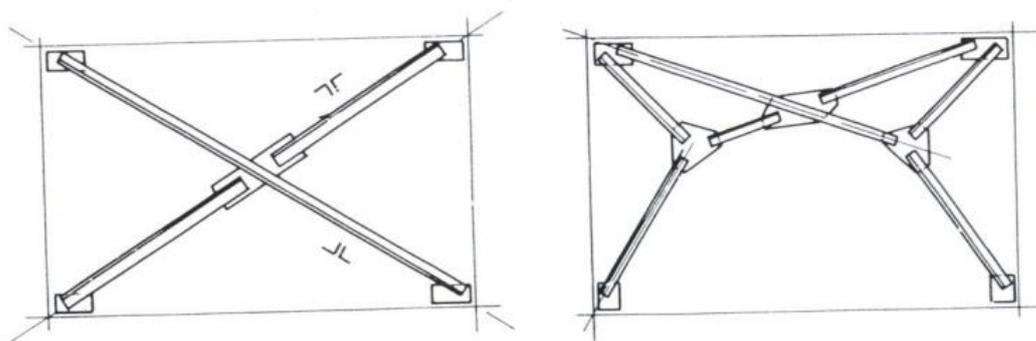
Embora o exemplo acima não seja complexo, mostra que existem diversas preocupações de cálculo no aparelho de apoio da VR que deve estar clara no projeto básico e deve ser revisada com cuidado pelo detalhamento.

Contraventamentos verticais

Chamamos de contraventamento às peças que asseguram a estabilidade da estrutura como um todo. No caso específico dos contraventamentos verticais, eles asseguram a estabilidade vertical das estruturas e o alinhamento das colunas.

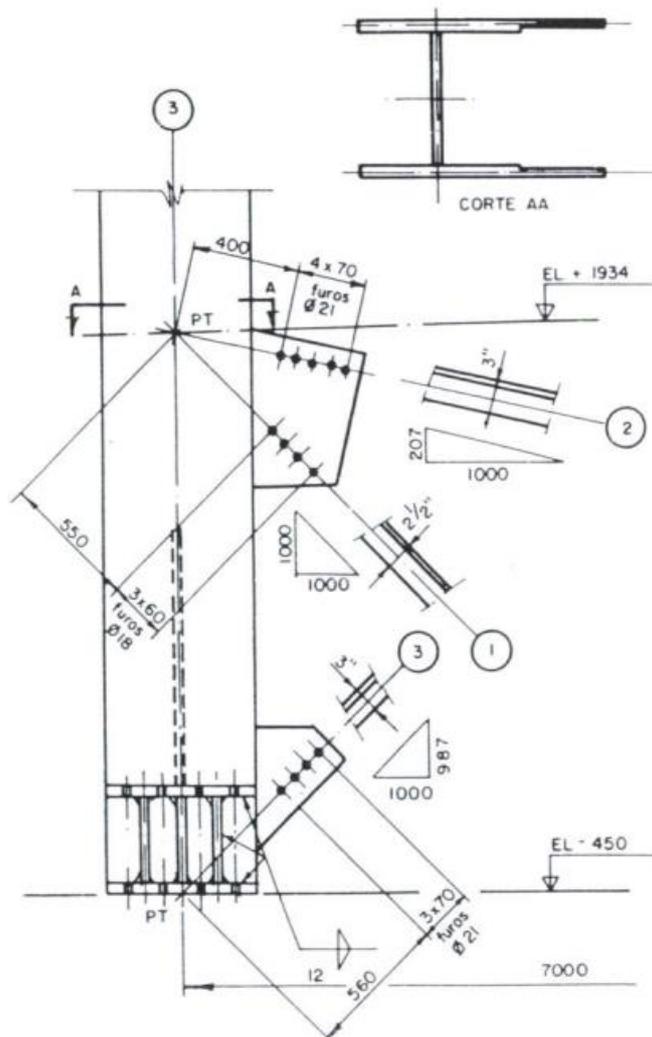


Os contraventamentos verticais podem ser simples ou aporticados :

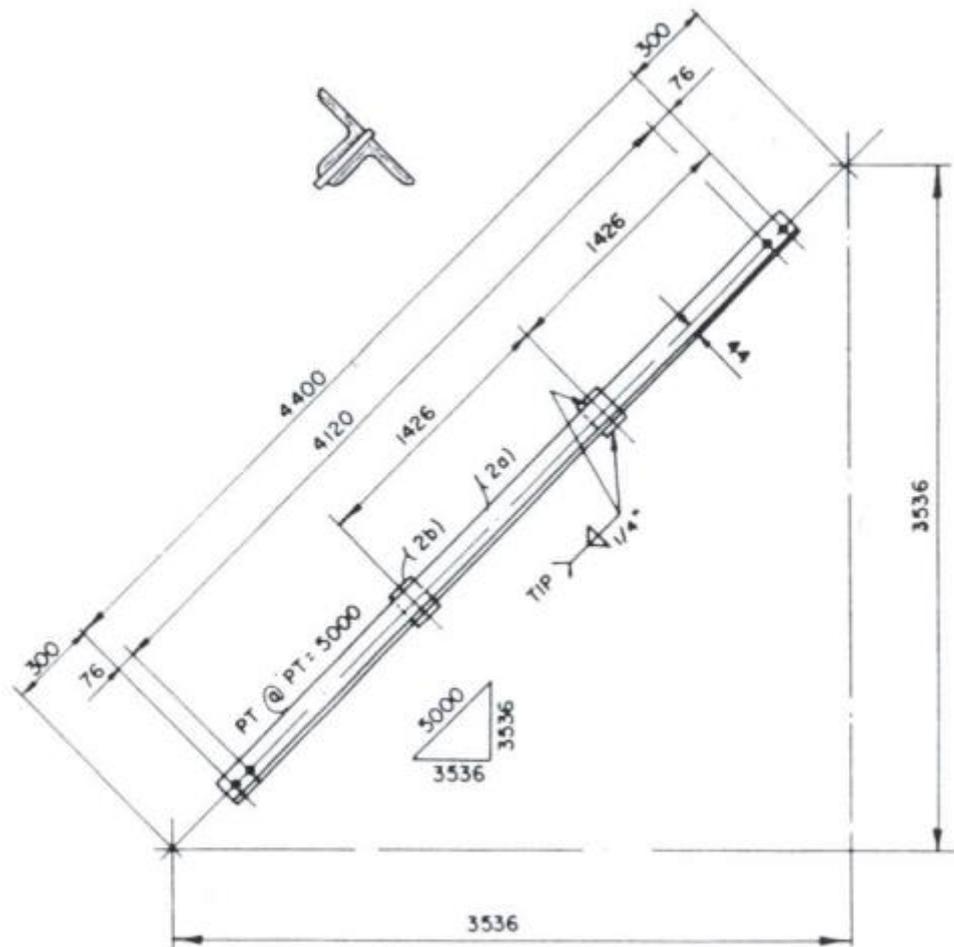


Pontos importantes no detalhamento dos contraventamentos verticais :

- Assim como nas colunas, é comum que a liberação dos CV seja prioritário para possibilitar o início de montagem em campo;
- Normalmente é preciso respeitar os P.T. do contravento para assegurar que não haja excentricidade nas ligações das colunas. Como muitos destes detalhes estão sujeitos à interferências, o cálculo deve ser consultado se for necessário “fugir” dos P.T.



Desenhos típico de uma peça de contraventamento :



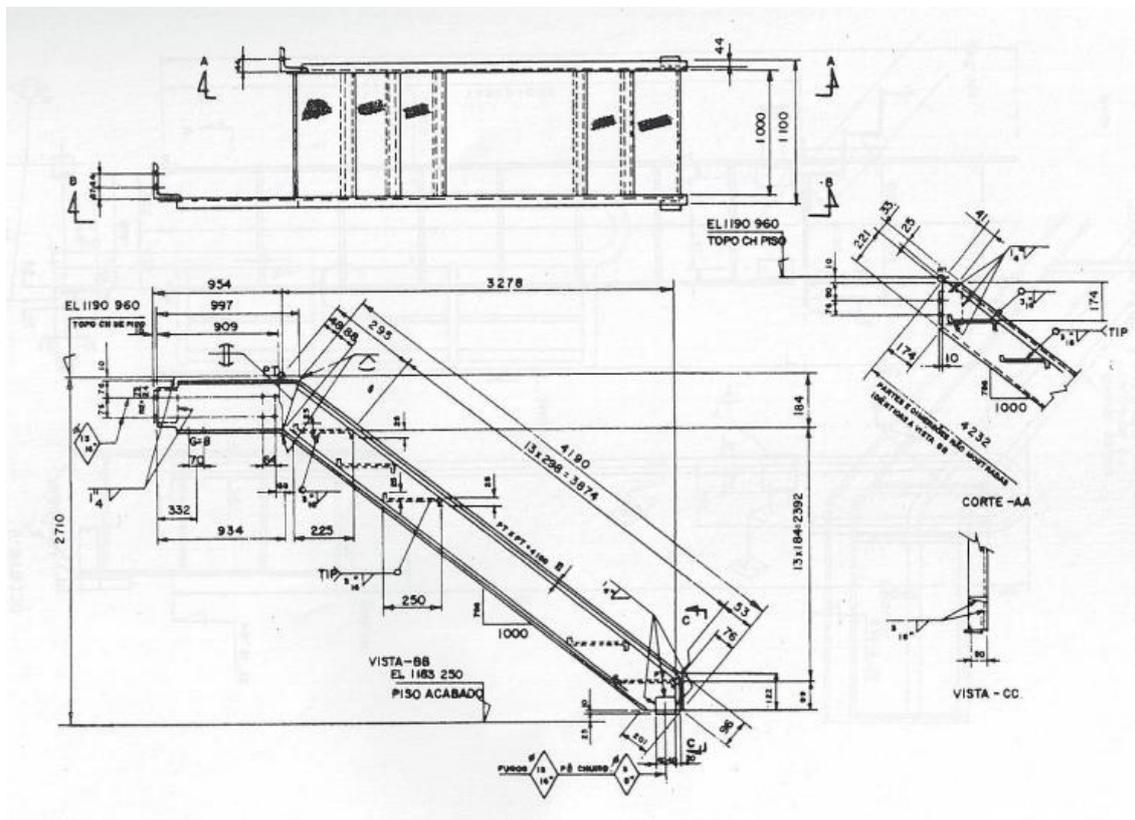
Notar :

- A peça é desenhada na inclinação de montagem;
- As medidas globais (horizontal e vertical) definem os P.T. utilizados
- Fornecido o triângulo de inclinação;

Escadas e Guarda-corpos

As escadas e os guarda-corpos são estruturas muito comuns e estarão incluídas em quase todos os projetos de detalhamento. Embora não sejam detalhamentos complexos, são trabalhosos, repetitivos e pouco produtivos.

Abaixo um desenho típico de um lance de escada :



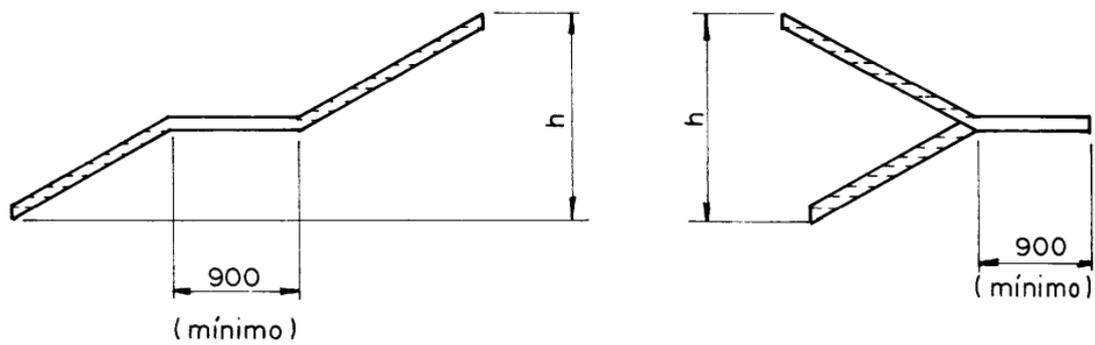
Notar :

- Referência aos níveis de piso inferior e superior;
- P.T.s indicados no desenho;
- Cotas de fabricação da viga da escada com detalhe ampliado para o apoio superior;
- Medidas dos degraus;
- Locação dos degraus.

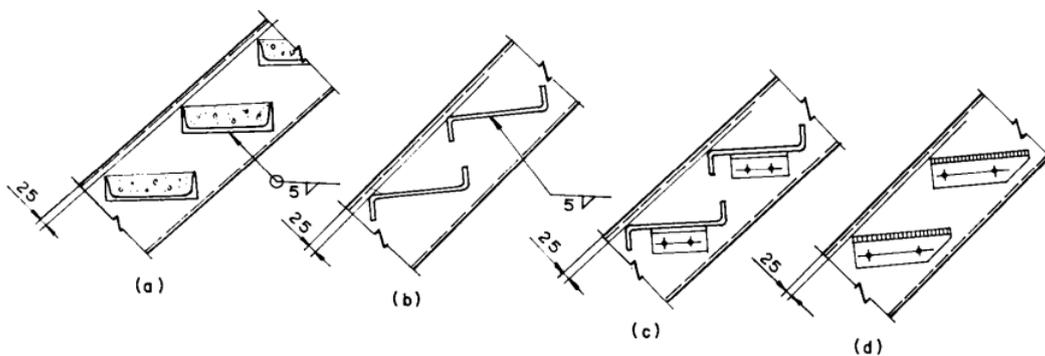
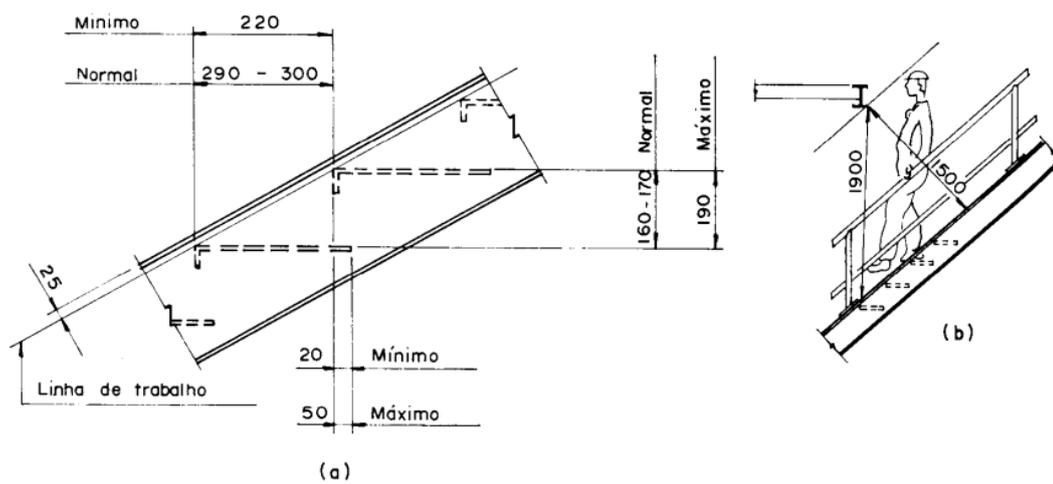
Definições de largura e inclinação da escada são escopo da arquitetura e levam em conta diversos fatores normativos.

Abaixo algumas recomendações gerais (Prof. Ildony) que servem como referência :

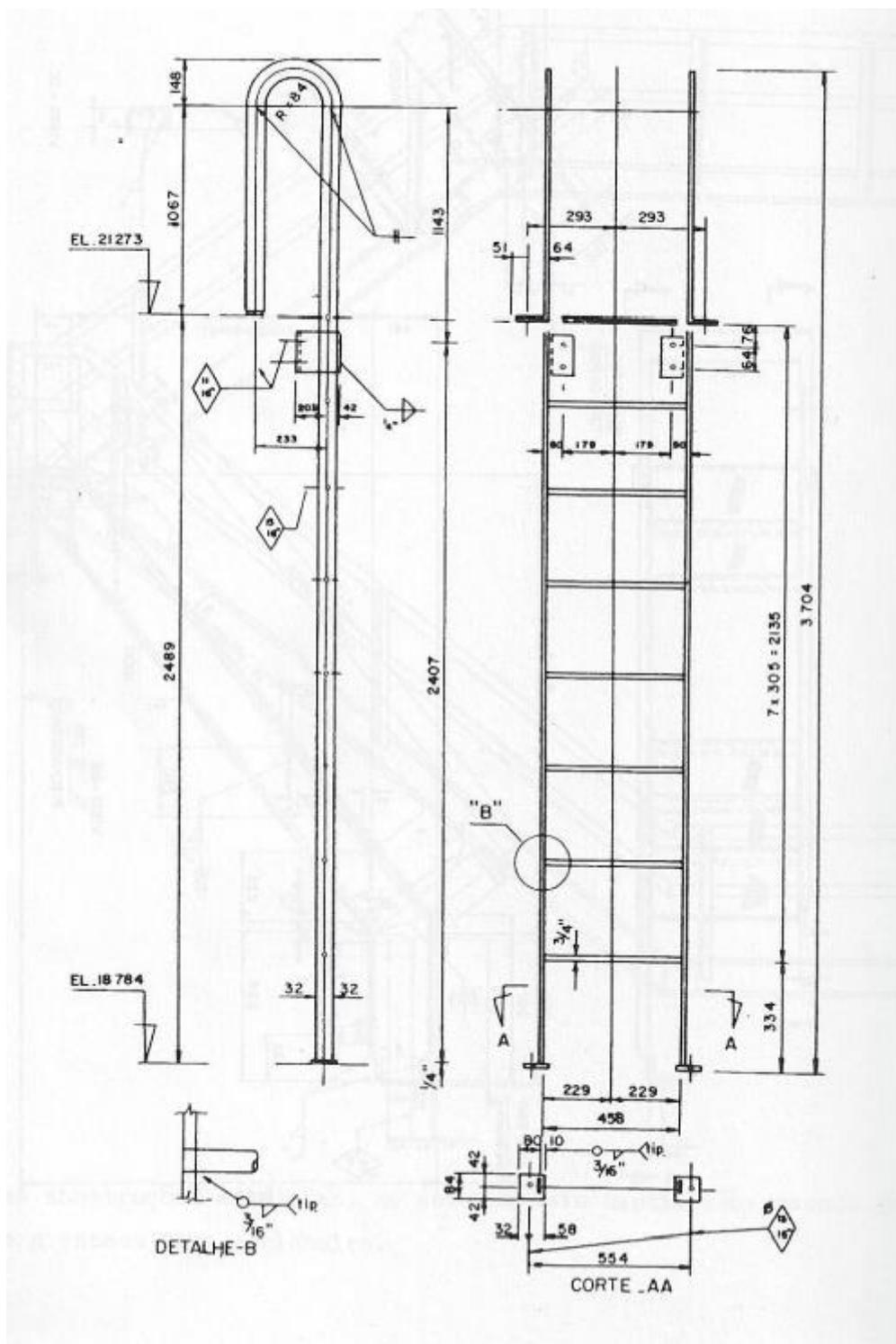
É aconselhável colocar um patamar de descanso a cada 17-20 degraus.



Para Degraus :



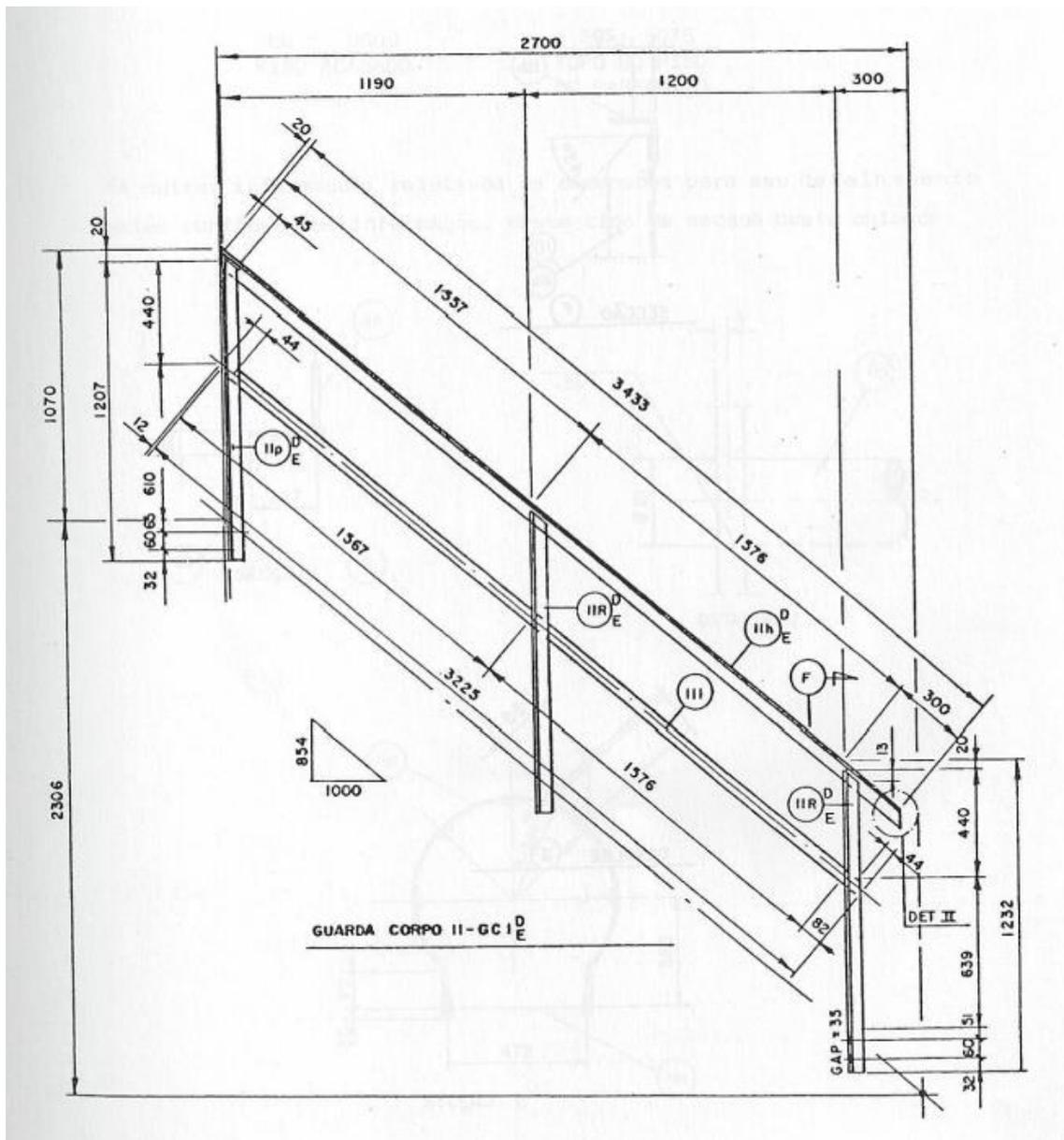
Outro tipo comum de escada, é a escada de marinheiro :



Guarda-Corpos

O padrão de guarda-corpo (corrimão) incluindo a geometria e detalhes típicos variam bastante em função da aplicação e de normas internas do cliente final. A definição do padrão a ser usado deve ser fornecido pelo PB e estar claro antes do início da execução dos desenhos.

Abaixo alguns detalhes de referência :



Capítulo 6 – Cobertura e Fechamentos

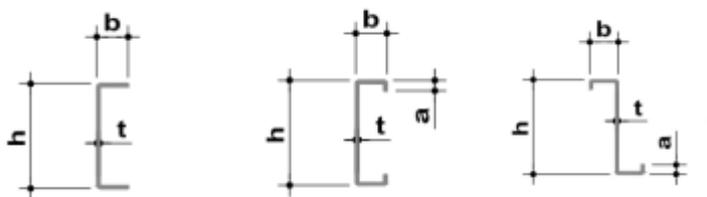
Os elementos estruturais das coberturas metálicas são :

- Tesouras (ou vigas de cobertura)
- Terças
- Travamento das terças
- Contravento horizontal

A geometria das tesouras de cobertura nasce da necessidade de inclinação do vão máximo entre apoio das telhas. Vimos isto no capítulo 5, quando conversamos sobre as tesouras. Nos nós da tesoura, são apoiadas as terças. As terças vencem o vão entre tesouras para apoio das telhas e oferecem travamento lateral para as tesouras.

A inclinação do telhado depende do tipo de telha utilizada. Telhas metálicas, por exemplo, devem ter uma inclinação superior a 10%. Inclinações inferiores exigem cuidados especiais com vedação e recobrimento. Para telhas zipadas, por outro lado, estas inclinações podem chegar a 2%.

As terças mais utilizadas são de perfil dobrado nas seções U, UE e Z.



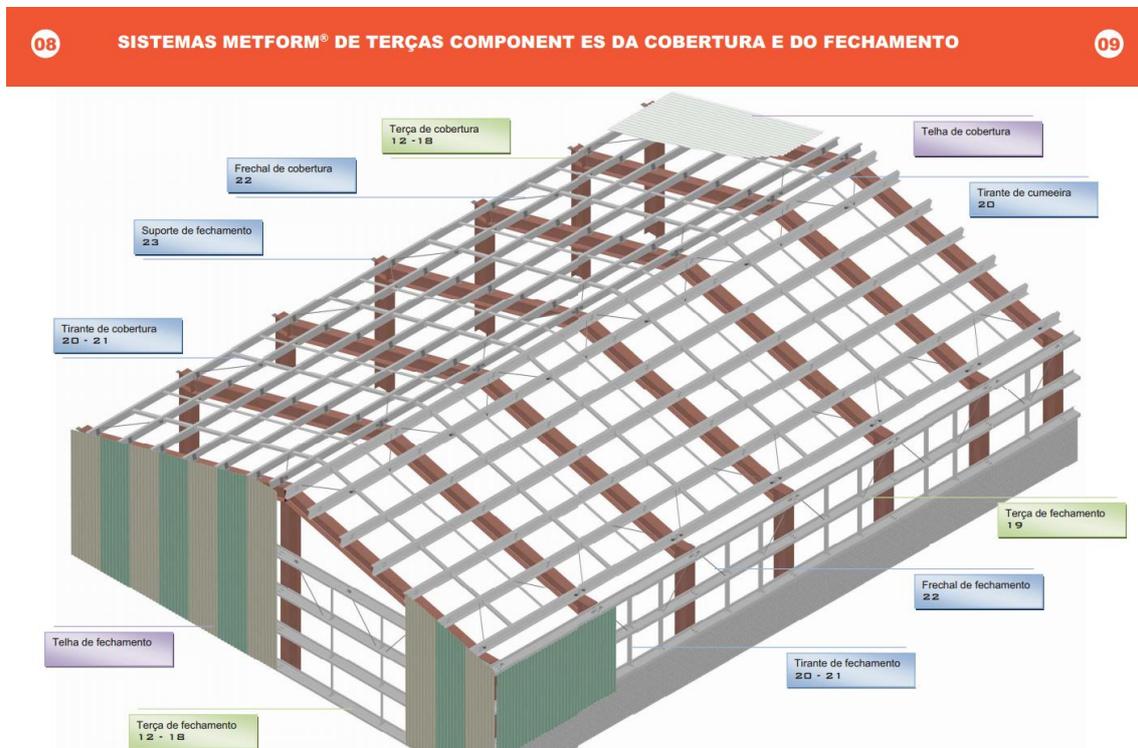
Sistemas de terças industrializadas

O mercado tem utilizado muito as terças industrializadas. São indústrias especializadas no fornecimento de sistemas completos de terças, incluindo travamentos. Ao invés de fabricar as terças, encomenda-se de um fornecedor especializado.

As vantagens são :

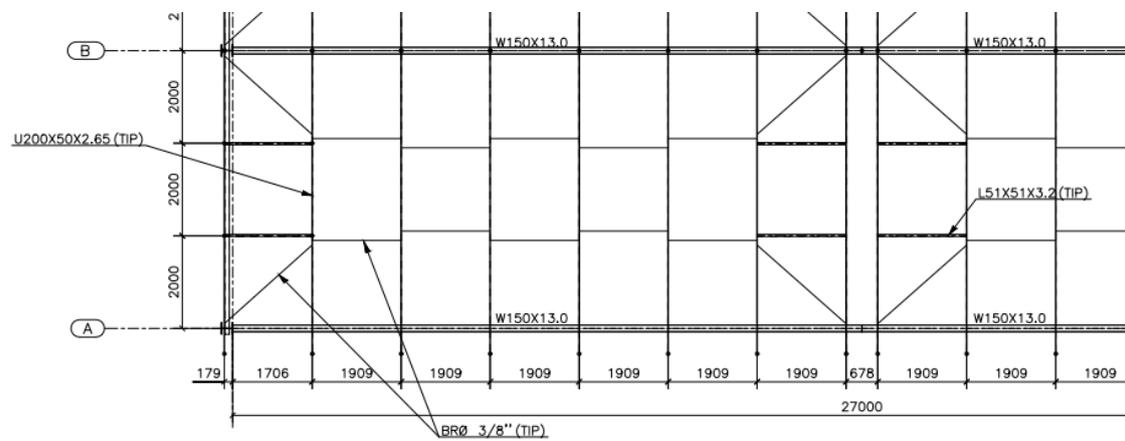
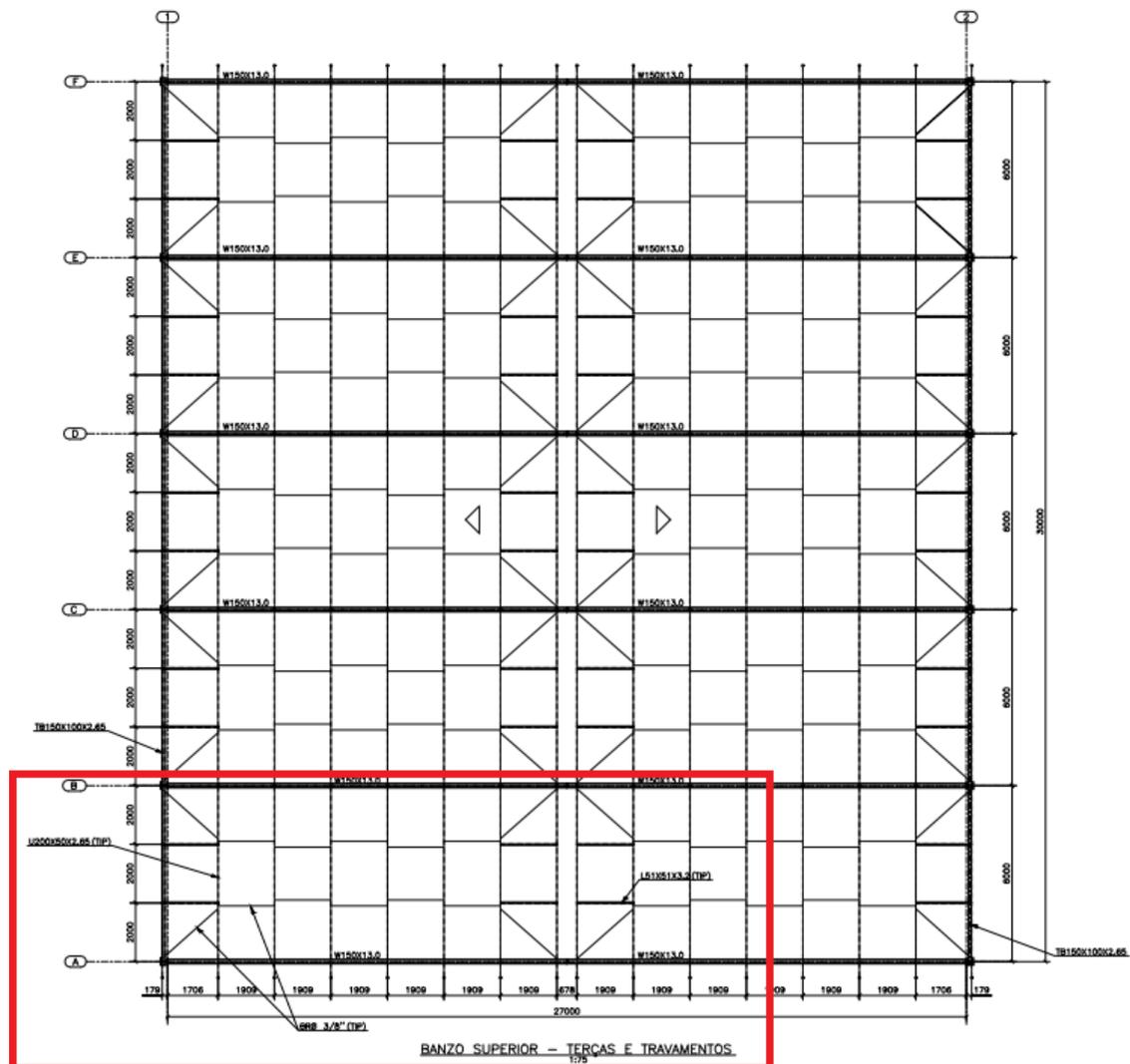
- Produtividade na fabricação e entrega
- Menor peso, já que estes sistemas são patenteados e comprovados através de ensaios ao invés de seguir apenas as recomendações normativas de dimensionamento.
- Normalmente são galvanizadas
- Detalhamento pelo fornecedor
- Entrega em obra

Exemplo de sistema :



Travamento das terças

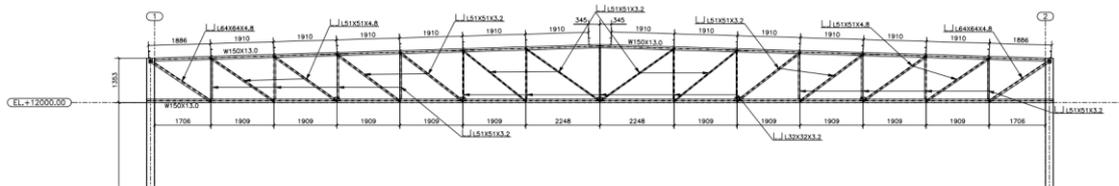
As terças são perfis esbeltos e precisam de travamento lateral para garantir seu alinhamento e desempenho estrutural.



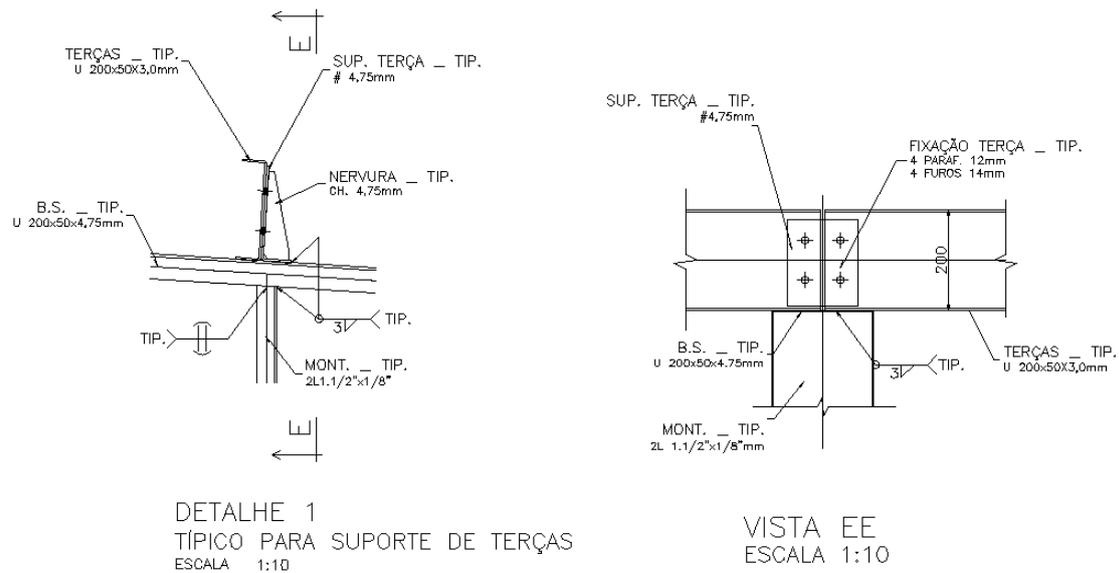
Notar no desenho :

- Bitola típica das terças U200x50x2,65
- Terça dupla na cumeeira
- Esquema de travamento com tirantes rígidos nas extremidades (L51x3) e tirantes flexíveis intermediários (BR 3/8")

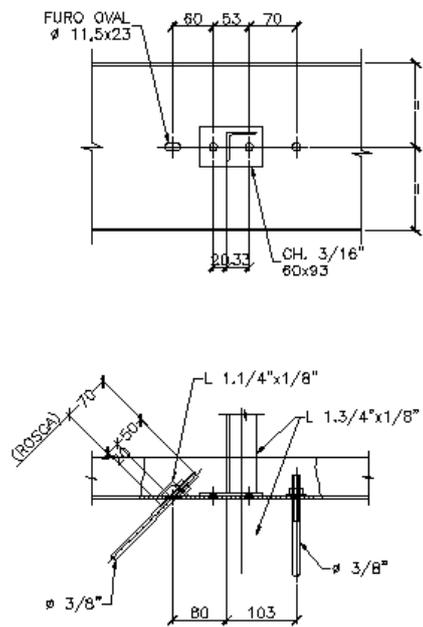
Esquema da treliça correspondente :



Suporte de terça :



Detalhe para fixação das correntes (tirantes) :

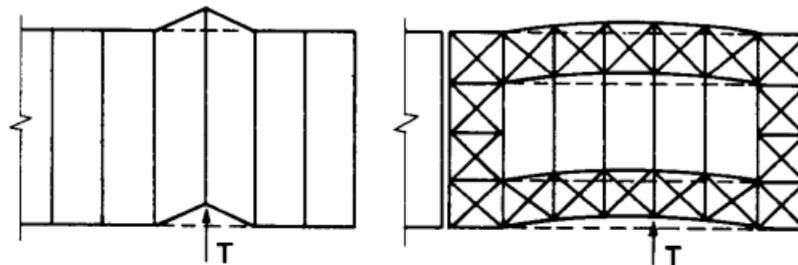


DETALHE TÍPICO PARA
FIXAÇÃO DAS CORRENTES
ESCALA 1:10

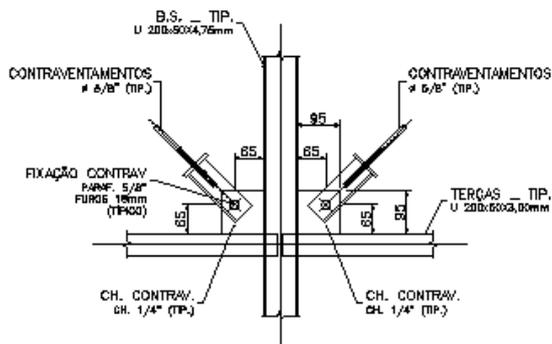
Contraventos horizontais na cobertura

Para assegurar que as tesouras (que são conjuntos esbeltos) não se desloquem lateralmente. A definição do contravento é feito pelo cálculo estrutural, que deve definir sua locação e bitolas.

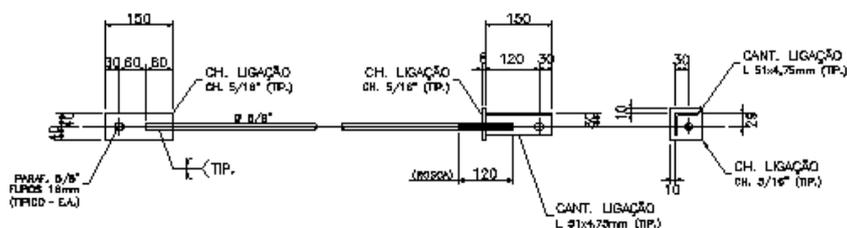
Abaixo ilustração mostrando a necessidade do contravento horizontal :



O contravento horizontal mais comum é com uso de barras redondas. Um detalhe usual para fixação é o seguinte :

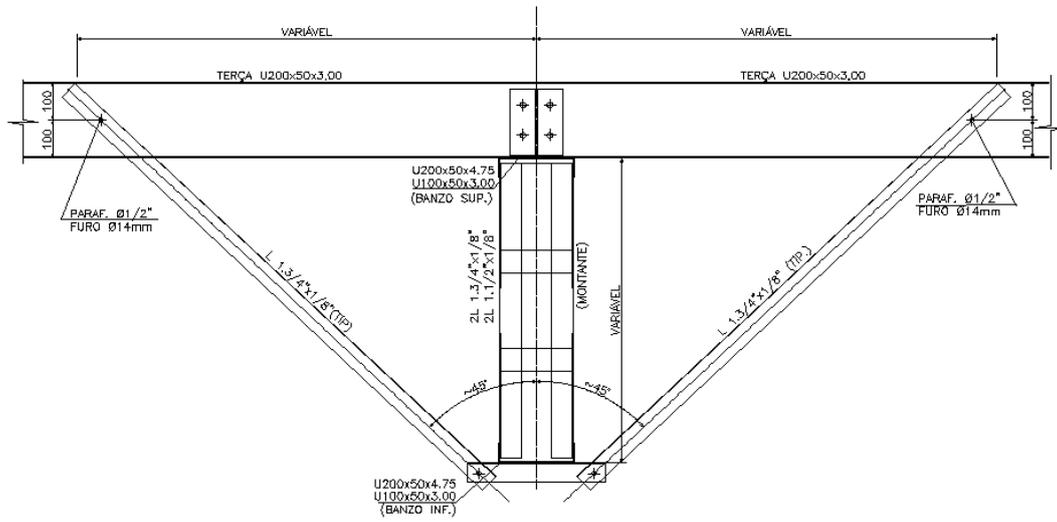


DETALHE 1 - TIP.
FIXAÇÃO DOS CONTRAVENTAMENTOS
ESCALA 1:10



CONTRAVENTAMENTOS - Ø 5/8"
DETALHE TÍPICO
ESCALA 1:10

As tesouras devem ter contraventados o banzo superior e o inferior. Muitas vezes, por economia, o projeto faz o contravento no banzo superior e trava o banzo inferior com mãos francesas :



DETALHE TÍPICO PARA FIXAÇÃO DA MÃO FRANCESA (MF)
ESCALA 1:10

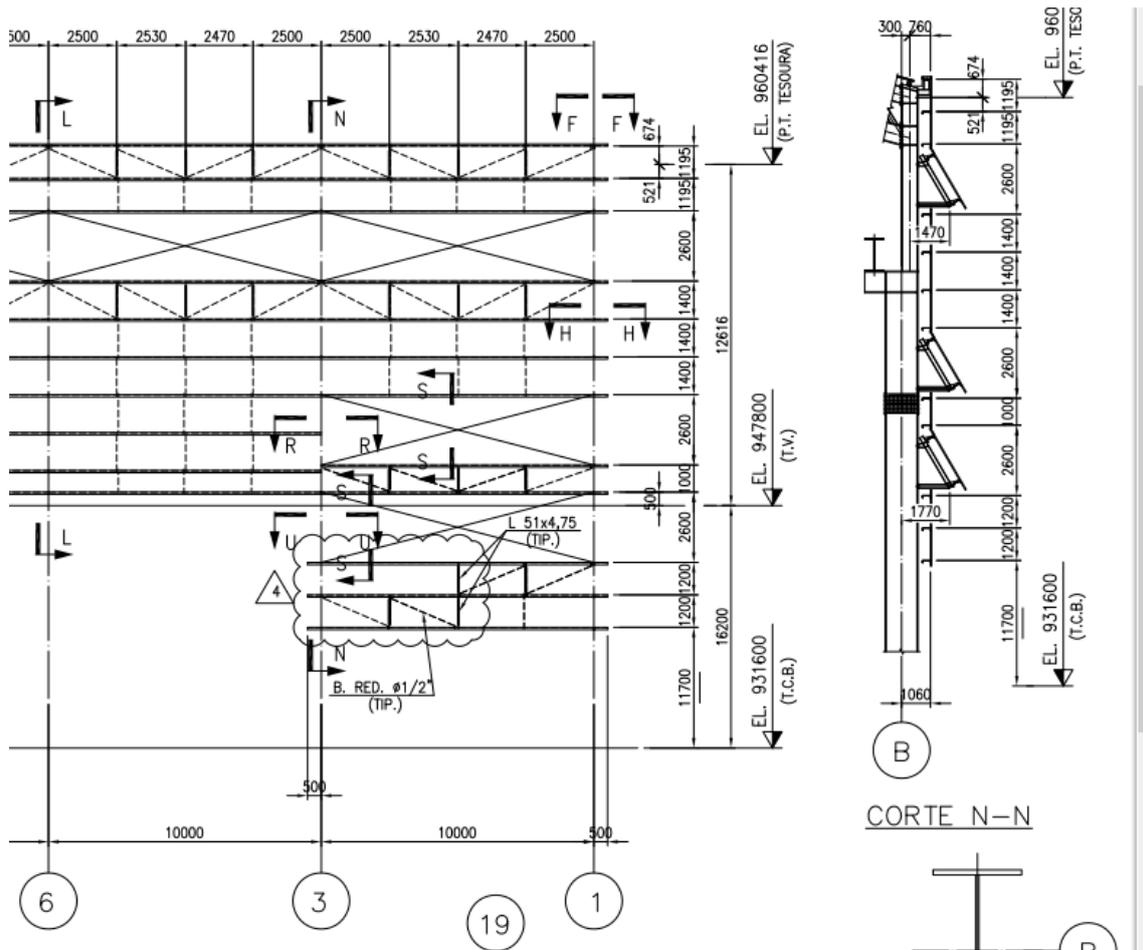
Fechamentos laterais

Os fechamentos laterais, possuem estruturas análogas às coberturas. Ao invés das tesouras, temos as colunas ou colunetas. As terças de fechamento são também chamadas de longarinas.

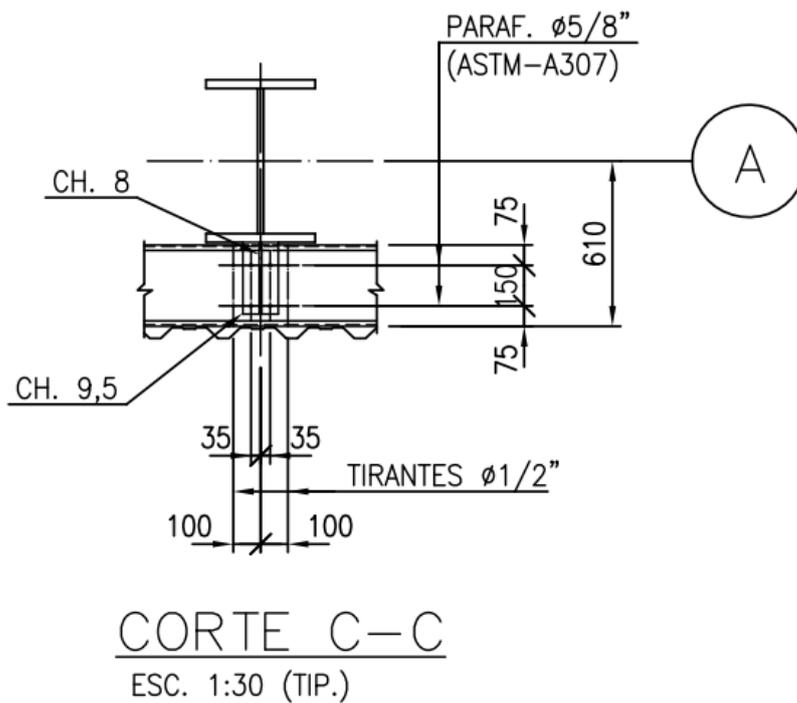
Os travamentos das longarinas (terças de fechamento) possuem uma distribuição ligeiramente diferente em função da disposição vertical das estruturas.

Notar na figura abaixo :

- Longarinas com a “boca” para baixo
- Distância entre longarinas e espaços vazios.
- Contravento vertical a cada “início” de uma sequência de longarinas
- No contravento, notas as barras “rígidas” L51x4,75 (sujeitas a compressão) e tirantes em barra redonda BR ½”

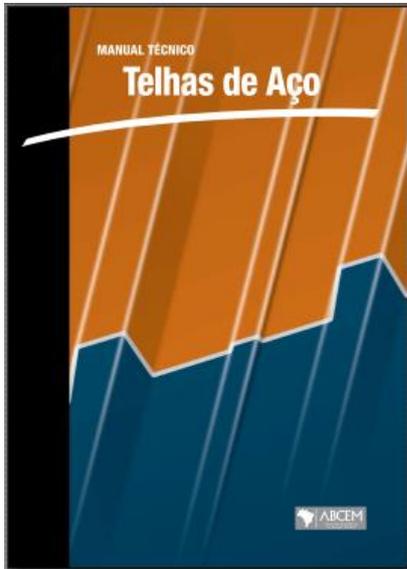


Detalhe típico do suporte das longarinas:



Telhas para revestimento de cobertura e fechamentos

Trataremos dos aspectos práticos para entendimento do projeto de estruturas e sua interface com telhas e acessórios de vedação. Uma boa referência para um conhecimento mais completo sobre telhas metálicas, pode ser tirado do manual técnico de telhas de aço da ABCEM.



Quanto a proteção contra corrosão as telhas de aço podem ser :

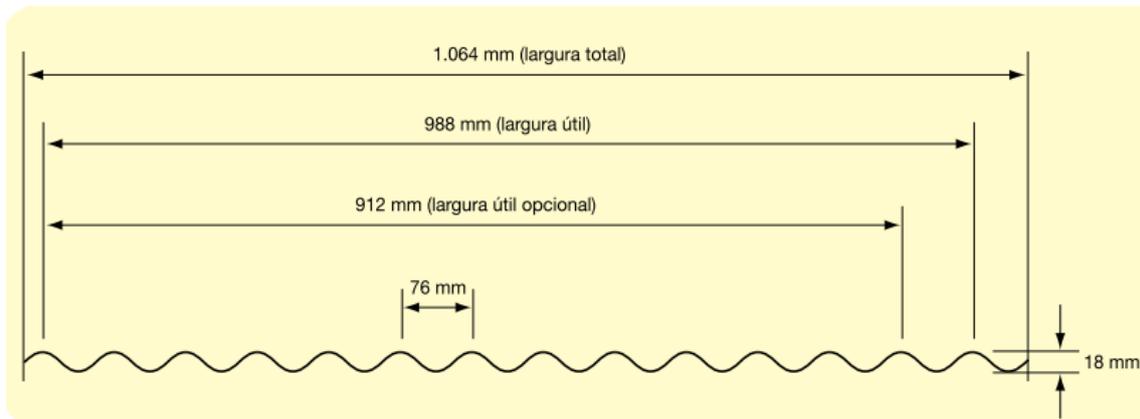
- a. Zincadas por imersão a quente
- b. Revestida com Aluzinc ou Galvalume (Revestimento com alumínio, zinco e silício)
- c. Pré-pintadas (pintura das chapas antes da conformação das telhas)
- d. Pós-pintadas
- e. Aço inoxidáveis

As telhas podem também ser fabricadas com outros materiais :

- a. Alumínio
- b. Fibrocimento (atualmente fabricadas sem amianto)
- c. Cerâmicas (Raras no uso com estrutura metálica)

Telhas onduladas

São telhas mais flexíveis e mais baixas que as trapezoidais. Sendo assim, permitem alguma curvatura e exigem vão entre terças menores. Veja abaixo a geometria e tabela de vão das telhas :



TELHA ONDULADA 17

Tabela de Cargas Admissíveis (kgf/m²) - Telhas revestidas com **Zn-Al**

Esp. (mm)	Peso* (kg/m ²)	Peso (kg/ml)	I (cm ⁴ /m)	W (cm ³ /m)	Nº de apoios	Distância entre Apoios (mm)									
						1500		1750		2000		2250		2500	
						F	C	F	C	F	C	F	C	F	C
0,43	4,36	3,86	1,7236	1,970	2	66	41	41	26	28	17	20	12	14	9
					3	126	99	93	62	67	42	47	29	34	21
					4	124	78	78	49	52	33	37	23	27	17
0,50	5,10	4,52	1,9881	2,272	2	76	48	48	30	32	20	23	14	16	10
					3	145	114	107	72	77	48	54	34	40	25
					4	143	90	90	56	61	38	43	27	31	19
0,65	6,71	5,94	2,5400	2,903	2	97	61	61	38	41	26	29	18	21	13
					3	186	146	137	92	99	62	69	43	51	32
					4	183	115	115	72	77	48	54	34	40	25
0,80	8,31	7,36	3,0725	3,511	2	117	73	74	46	50	31	35	22	25	16
					3	225	177	165	111	119	75	84	52	61	38
					4	222	139	140	87	94	58	66	41	48	30
0,95	9,90	8,77	3,5857	4,098	2	137	86	86	54	58	36	41	25	30	19
					3	262	206	193	130	139	87	98	61	71	45
					4	259	162	163	102	109	68	77	48	56	35
1,25	13,08	11,58	4,5564	5,207	2	174	109	110	69	73	46	52	32	38	24
					3	333	262	245	165	177	111	124	78	91	57
					4	329	206	207	129	139	87	97	61	71	44

* = Incluindo sobreposição (Larg. útil de 912 mm)

F - Fechamento

C - Cobertura

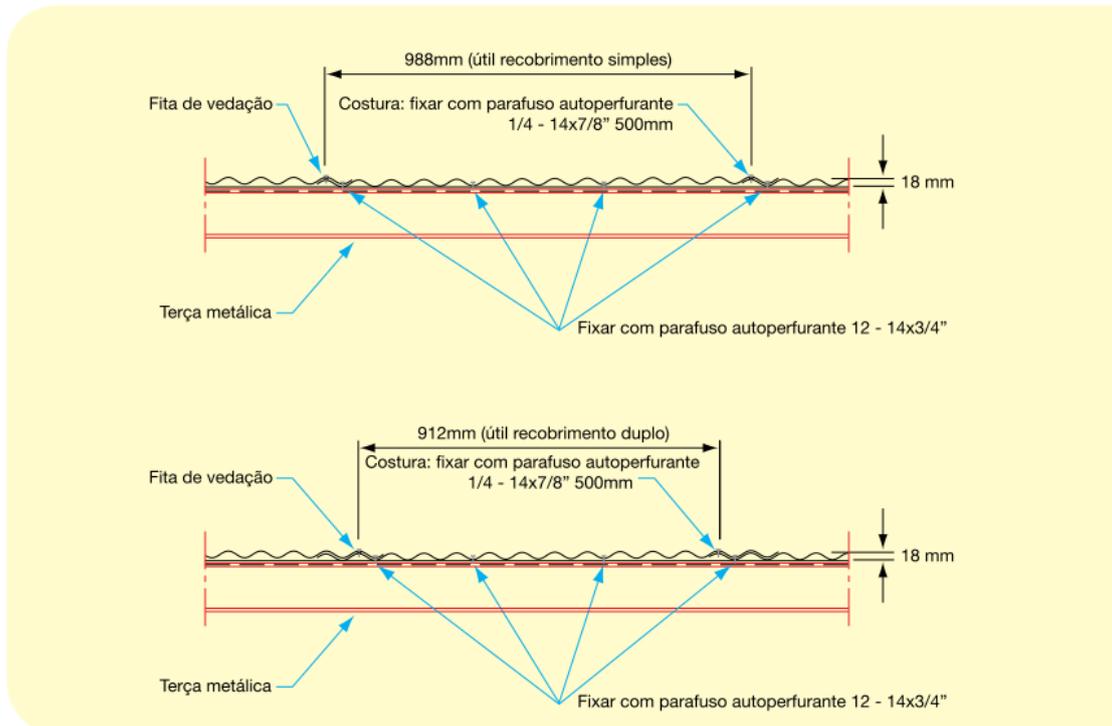
NOTA: A flecha máxima admissível é de 300 mm.

Valores obtidos para cobertura e fechamento obedecendo ao menor valor nos seguintes critérios:

- Flecha máxima L/200 para cobertura e L/125 para fechamento (L - vão entre terças) ou tensão máxima admissível de 1400 kgf/cm².

OBS: Nas combinações com vento de sucção, o peso próprio da telha deverá ser subtraído da pressão do vento atuante.

Fonte: ABCEM



Fonte: Catálogo de fabricantes

Notar :

- Variação da largura útil em função do recobrimento
- Parafusos de fixação e parafusos de costura
- Fita de vedação

Alguns exemplos (Fonte : Manual da ABCEM)



Clube Jundiaense



Escola Estadual Jardim Ipanema (SP)

Telhas trapezoidais

As Telhas trapezoidais apresentam diferentes alturas que possibilitam uma maior resistência às cargas de vento com vão maiores entre terças. Este maior vão entre terças, permite uma estrutura mais econômica, principalmente para vãos maiores.

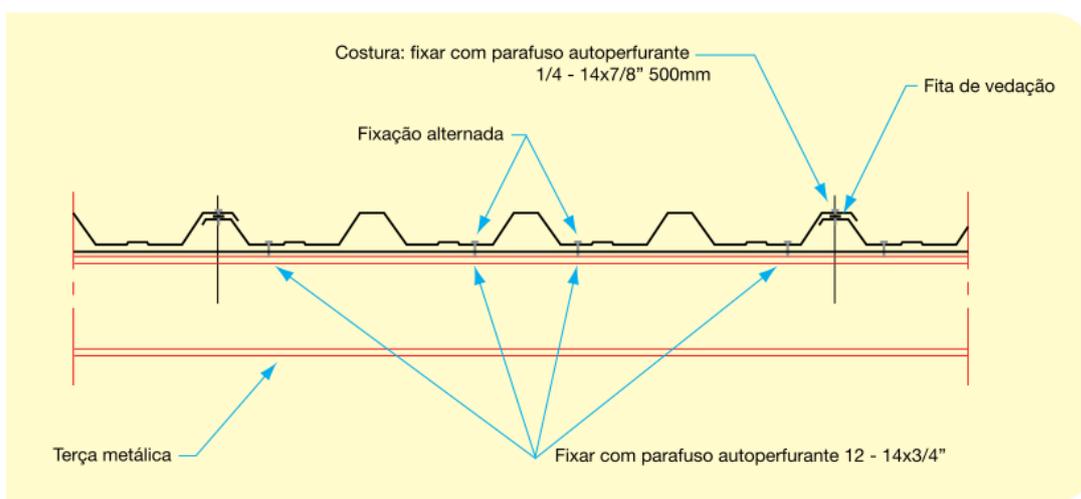
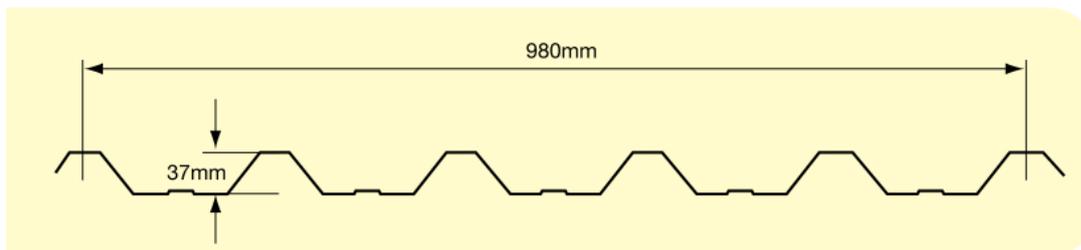


Tabela de vãos da telha com 40mm :

TELHA TRAPEZOIDAL 40 - Conforme Norma NBR 14514
Tabela de Cargas Admissíveis (kgf/m²) - Telhas revestidas com Zn

Esp. (mm)	Peso* (kg/m ²)	Peso (kg/ml)	I (cm ² /m)	W (cm ² /m)	Nº de apoios	Distância entre Apoios (mm)											
						1750		2000		2250		2500		2750		3000	
						F	C	F	C	F	C	F	C	F	C	F	C
0,43	4,17	4,13	10,4898	3,746	2	137	137	105	105	83	74	67	54	56	41	47	31
					3	137	137	105	105	83	83	67	67	56	56	47	47
					4	171	171	131	131	104	104	84	84	69	69	58	58
0,50	4,85	4,80	12,1631	4,344	2	159	159	122	122	96	86	78	63	64	47	54	36
					3	159	159	122	122	96	96	78	78	64	64	54	54
					4	199	199	152	152	120	120	97	97	80	80	68	68
0,65	6,30	6,24	15,7169	5,613	2	205	205	157	157	124	111	100	81	83	61	70	47
					3	205	205	157	157	124	124	100	100	83	83	70	70
					4	256	256	196	196	155	155	126	126	104	104	87	87
0,80	7,76	7,68	19,2278	6,867	2	251	251	192	192	152	136	123	99	102	75	85	58
					3	251	251	192	192	152	152	123	123	102	102	85	85
					4	314	314	240	240	190	190	154	154	127	127	107	107
0,95	9,21	9,12	22,6961	8,106	2	296	296	227	227	179	161	145	117	120	88	101	68
					3	296	296	227	227	179	179	145	145	120	120	101	101
					4	370	370	284	284	224	224	182	182	150	150	126	126
1,25	12,12	12,00	29,5074	10,538	2	385	385	295	295	233	209	189	153	156	114	131	88
					3	385	385	295	295	233	233	189	189	156	156	131	131
					4	482	482	369	369	291	291	236	236	195	195	164	164

* = Incluindo sobreposição (Larg. útil de 980 mm)

NOTA: A flecha máxima admissível é de 300 mm.

Valores obtidos para cobertura e fechamento obedecendo ao menor valor nos seguintes critérios:

- Flecha máxima L/200 para cobertura e L/125 para fechamento (L - vão entre terças) ou tensão máxima admissível de 1400 kgf/cm².

F - Fechamento C - Cobertura

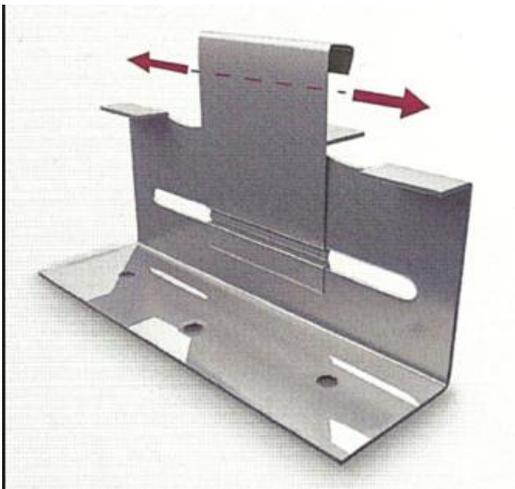
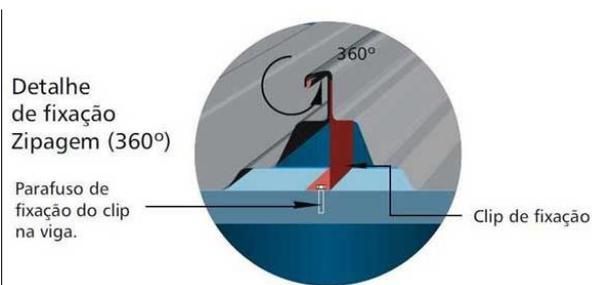
Telhas Zipadas

Neste sistema, as telhas são conformadas no canteiro de obras, e portanto podem ter grandes comprimentos e evitar emendas longitudinais. Além disso, as telhas são unidas por uma costura mecânica (ou “zipagem”) das abas laterais.



Máquina de zipar

A fixação das telhas na estrutura metálica é feita através de suportes especiais, parafusados na estrutura e presos às telhas durante o processo de zipagem. Como consequência, não há furação nas telhas para sua fixação.



Como as telhas não possuem emendas longitudinais, as emendas transversais são feitas através da zipagem e não há furações dos parafusos, este sistema possui uma estanqueidade excelente e permite o uso de inclinações muito baixas, chegando a 2%.

Esta menor inclinação da cobertura, pode economizar muito em altura e fechamentos laterais de galpões de grandes vãos.

Telhas curvas

As telhas curvas, são aquelas já conformadas de fábrica que atendem exigências arquitetônicas de curvatura. Existem limites de raio de curvatura em função da telha. Estes limites devem ser consultados nos catálogos dos fabricantes.

O manua da ABCEM, classifica as telhas curvas em :

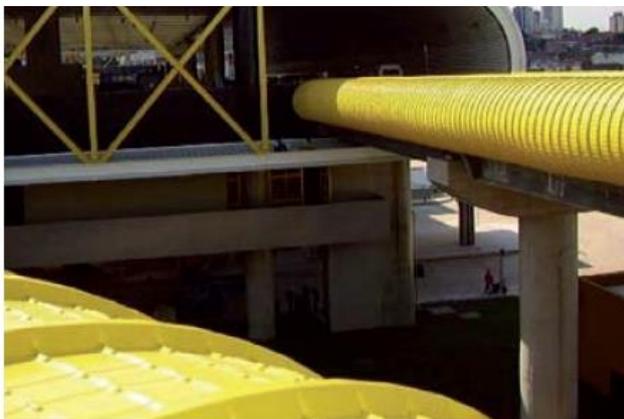
- a. Telhas calandradas : Telhas que recebem sua curvatura ao passar por uma calandra. O raio de curvatura é limitado pela geometria da telha e por sua espessura (consultar o fabricante). O aspecto da telha é de uma curvatura uniforme e lisa. Devem haver cuidados com os comprimentos das telhas, que podem dificultar o transporte e montagem em campo.
- b. Telhas Multidobra : Neste caso, a curvatura das telhas é dado por dobras transversais em espaçamentos constantes. Este processo permite a variação entre trechos retos e curvos e fornece um aspecto mais rústico do que das telhas calandradas.



Passarela com telhas onduladas calandradas LR 17



St. Jude Medical - Telha multidobra LR 33



Expresso Tiradentes (SP) - Telha multidobra LR 33

Telhas com isolamento termoacústico ou térmico

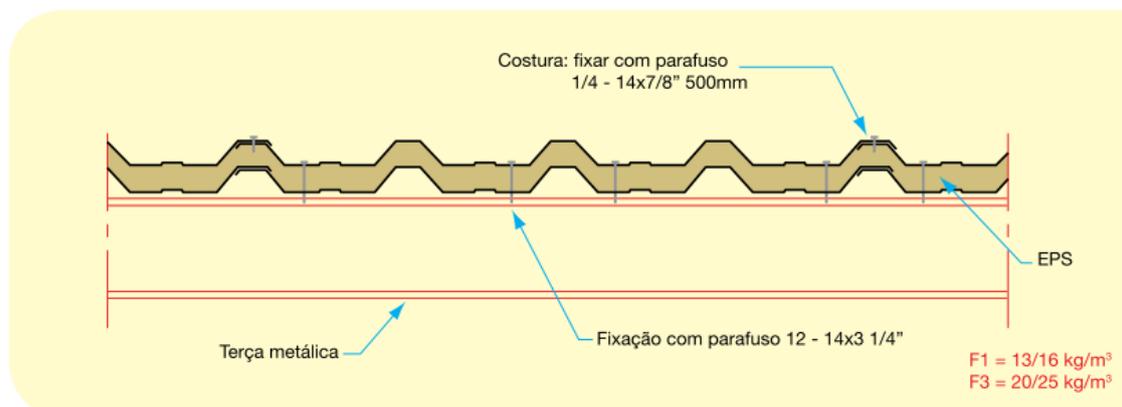
Existem diversos sistemas de cobertura com proteção termoacústica, como por exemplo :

- Telhas sanduiche com núcleo de EPS
- Telhas sanduiche com poliuretano
- Telhas com a face inferior plana com Poliuretano
- Telhas duplas com lã mineral entre elas
- Telhas simples com manta termoacústica na face inferior

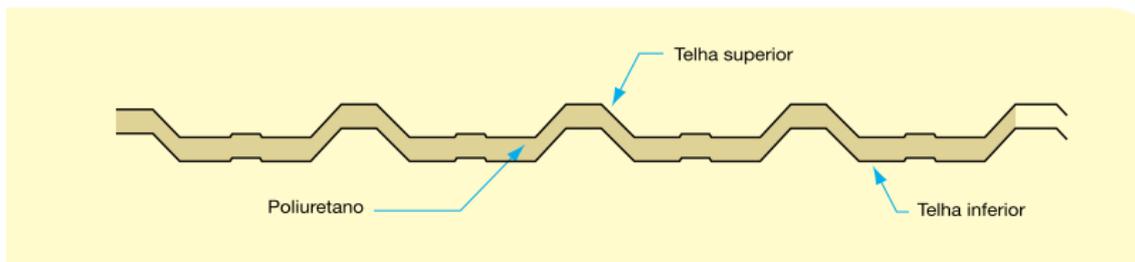
Não é escopo deste curso, analisar a fundo as diferenças técnicas entre as telhas, de forma que vamos apenas apresentar o conceito de cada uma para fins de projeto.

Abaixo, ilustrações úteis retiradas do manual da ABCEM :

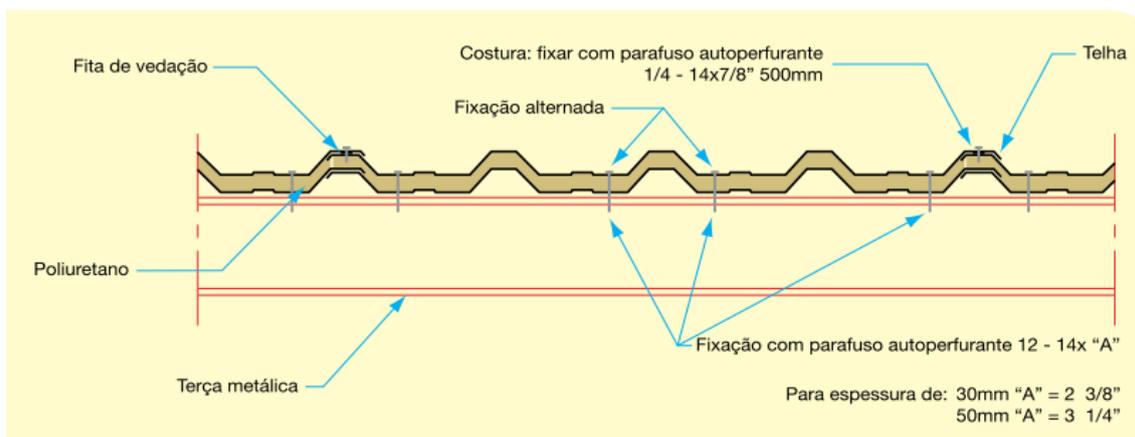
MONTAGEM DAS TELHA TERMOACÚSTICAS COM EPS



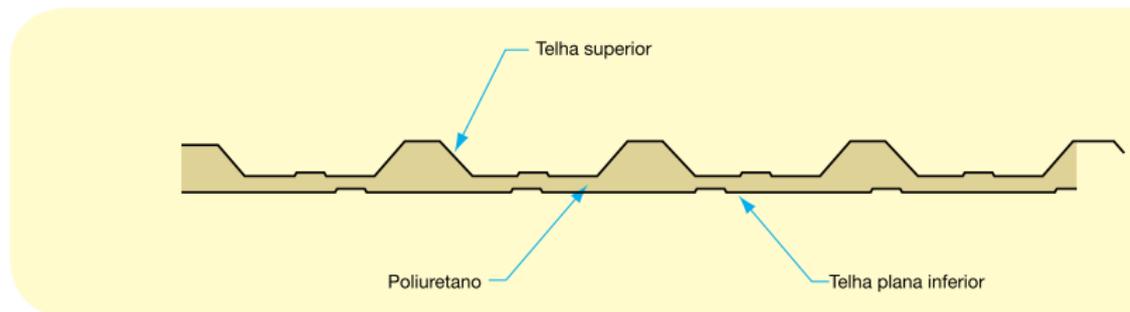
TELHA TRAPEZOIDAL COM POLIURETANO



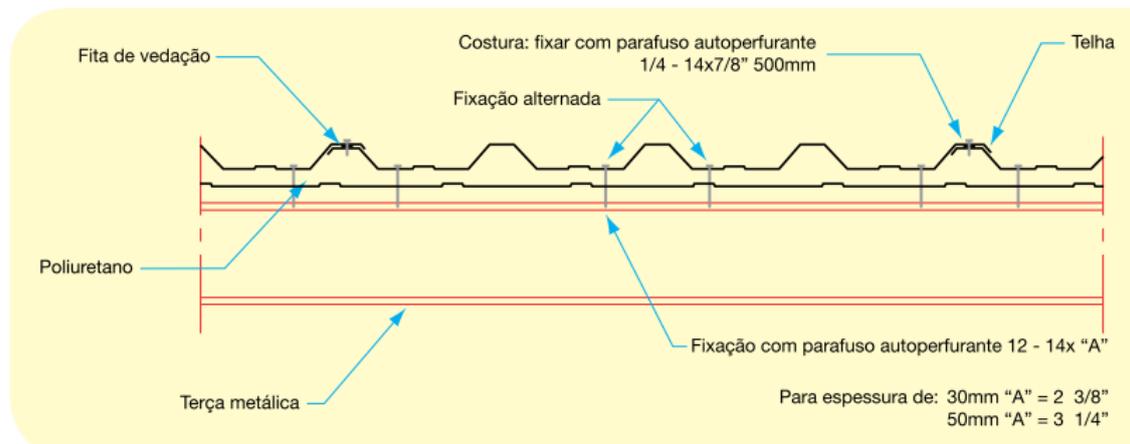
MONTAGEM DA TELHA



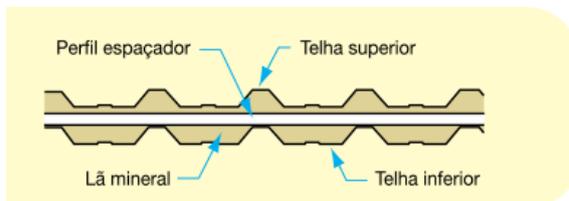
TELHA TERMOACÚSTICA COM FACE INFERIOR PLANA



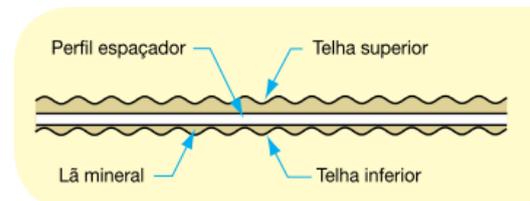
MONTAGEM DA TELHA



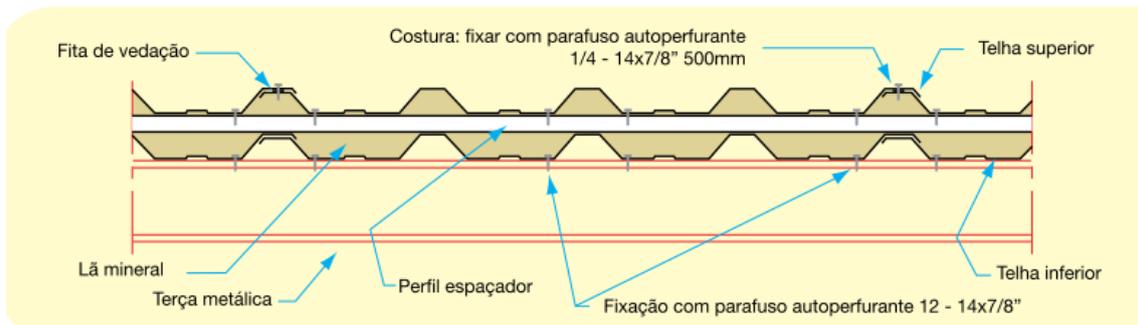
TELHA TRAPEZOIDAL COM LÃ MINERAL



TELHA ONDULADA COM LÃ MINERAL

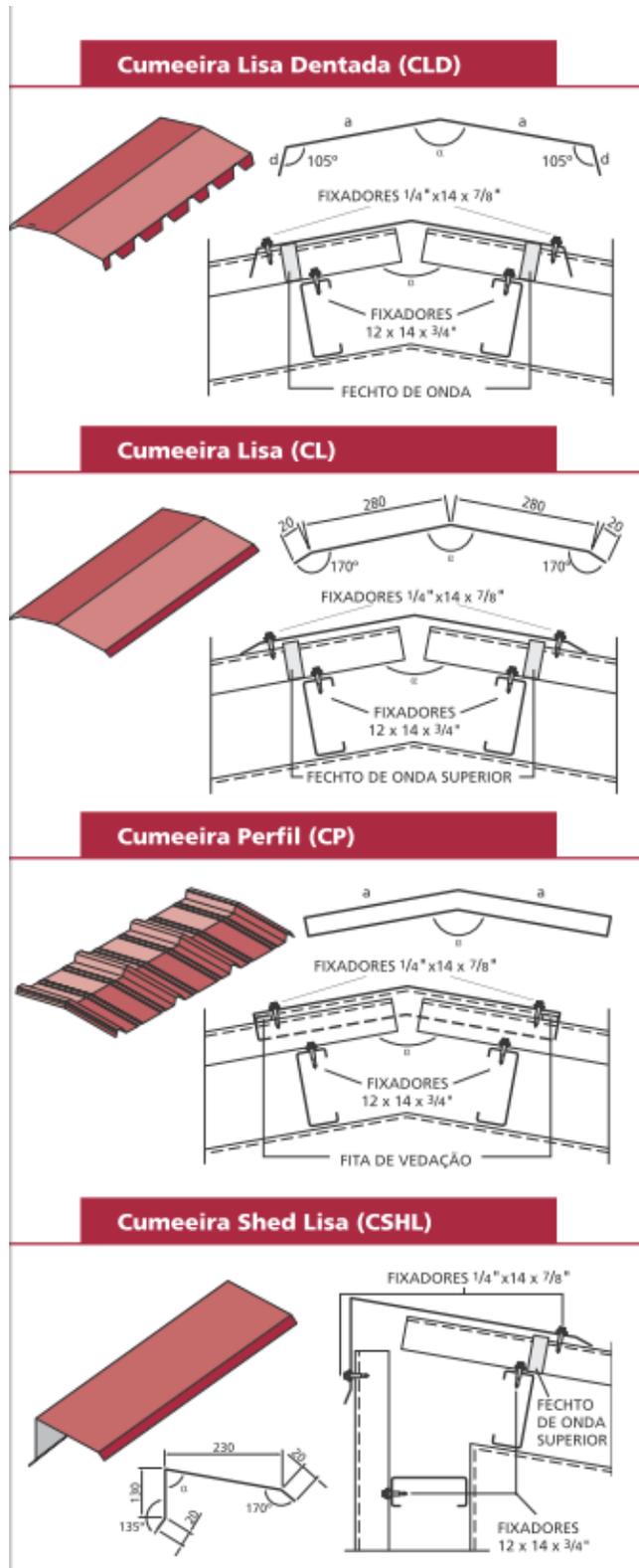


MONTAGEM DA TELHA

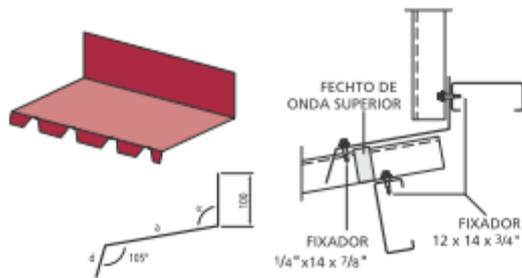


Arremates de cobertura e Fechamento

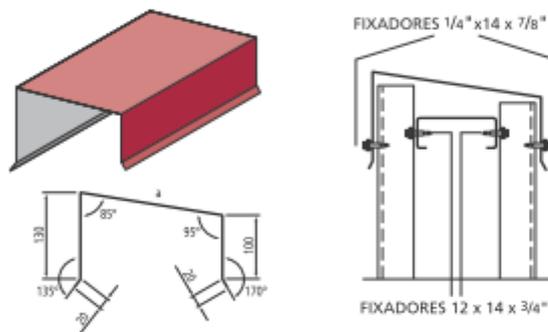
Para mostrar os diversos tipos de arremates, abaixo a ilustração do catálogo de um fabricante de telhas.



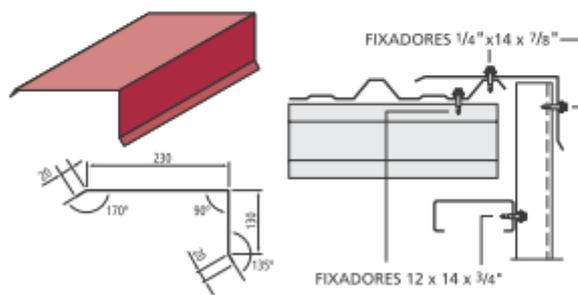
Rufo de Topo Dentado (RTD)



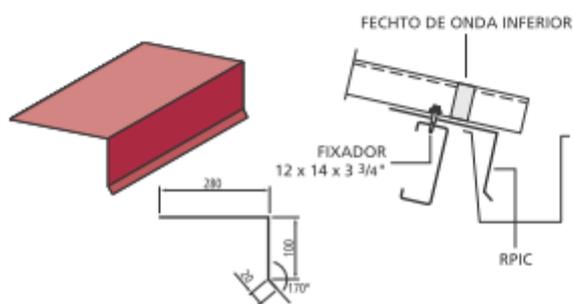
Rufo Chapéu (RCH)



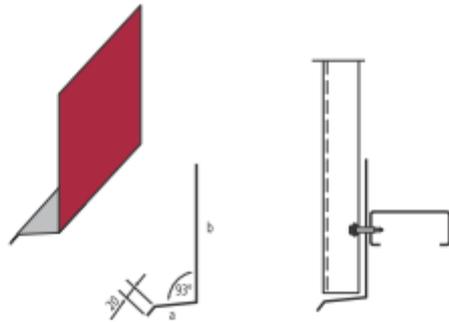
Rufo Lateral Superior (RLS)



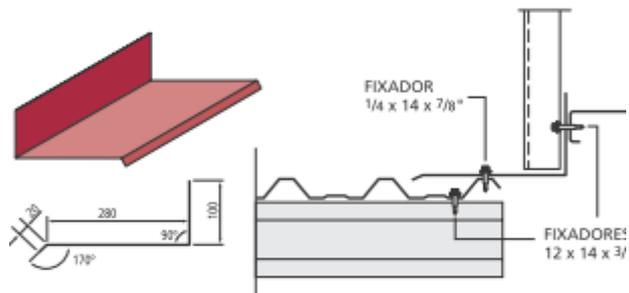
Rufo Pingadeira Calha (RPIC)



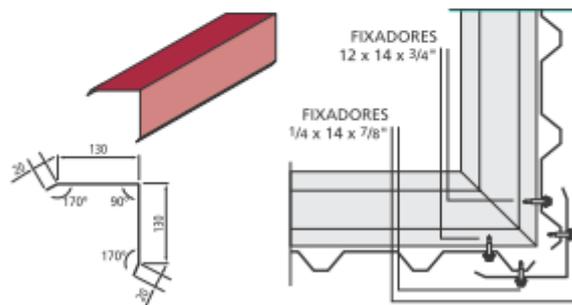
Rufo Pingadeira (RPI)



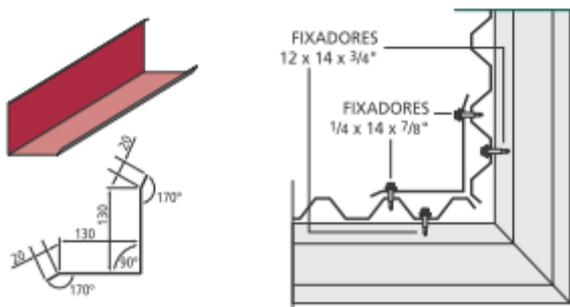
Rufo Lateral Inferior (RLI)



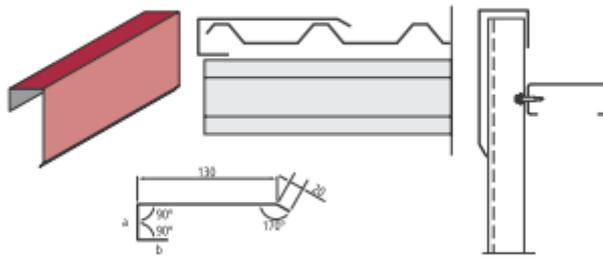
Canto Externo (CE)



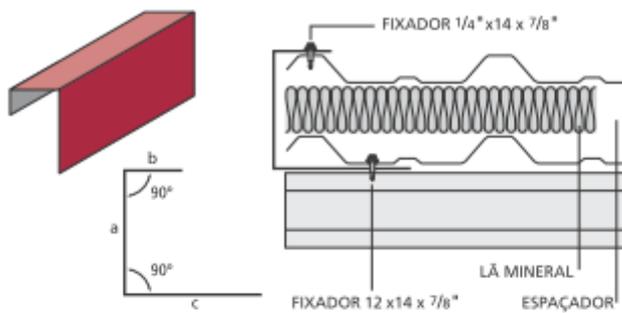
Canto Interno (CI)



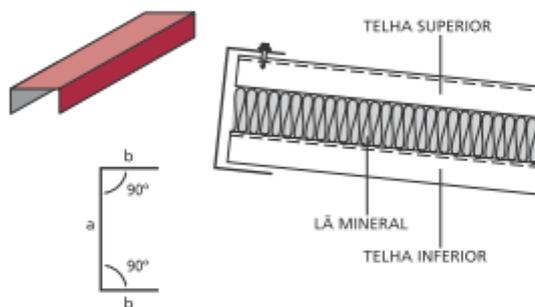
Requadro Lateral (RQL)



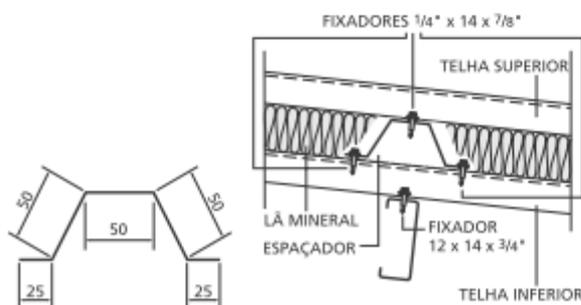
Arremate de Borda Lateral (ABL)



Arremate de Borda de Topo (ABT)



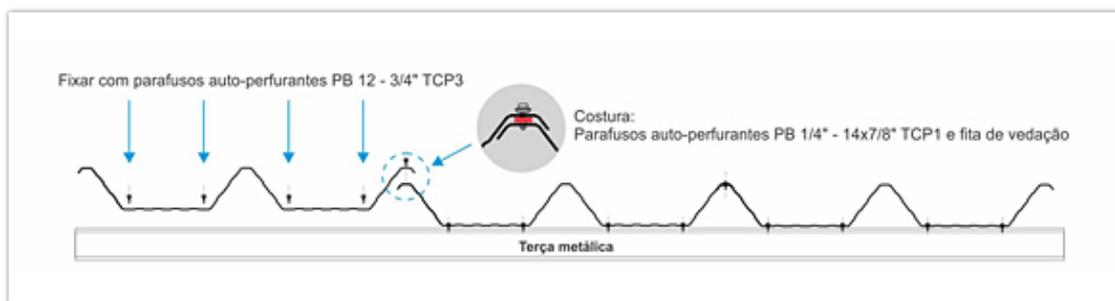
Espaçador (ES 50)



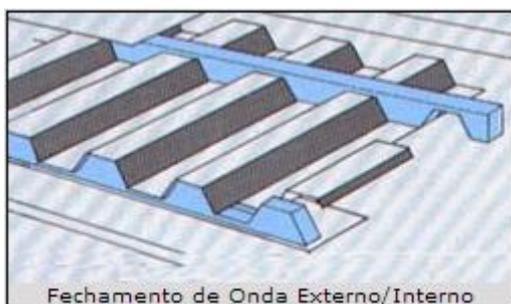
Acessórios

Além das telhas e arremates, o sistema de cobertura conta com acessórios importantes, tais como :

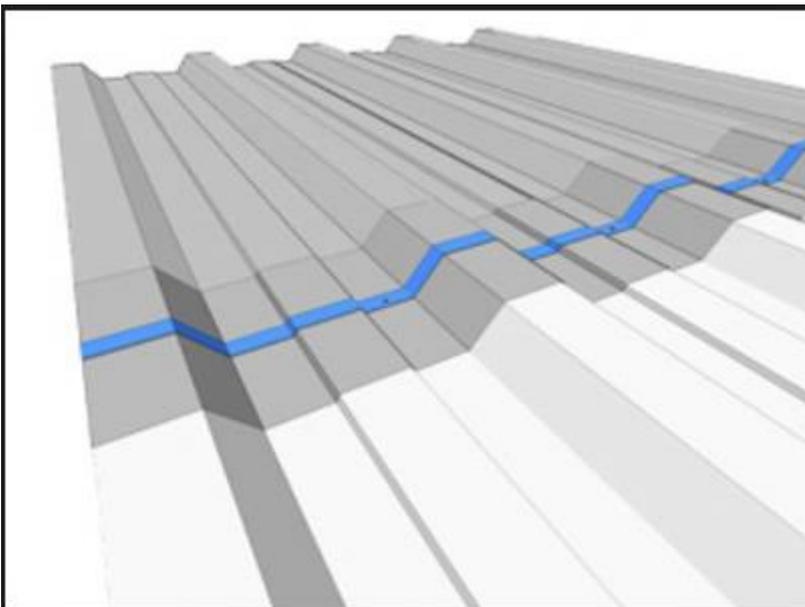
Parafusos autoperfurantes : Indica-se parafusos com acabamento aluminizado de boa qualidade e preferencialmente com cabeça de inox. Para parafusos de fixação das telhas na estrutura, usar 12-14x3/4" e na costura 1/4-14x7/8"



Fechamentos de Onda : Nas linhas de calhas e em cumeeiras, o fechamento de onda proporciona vedação dos canais da telha impedindo a entrada de chuva, insetos e passáros.

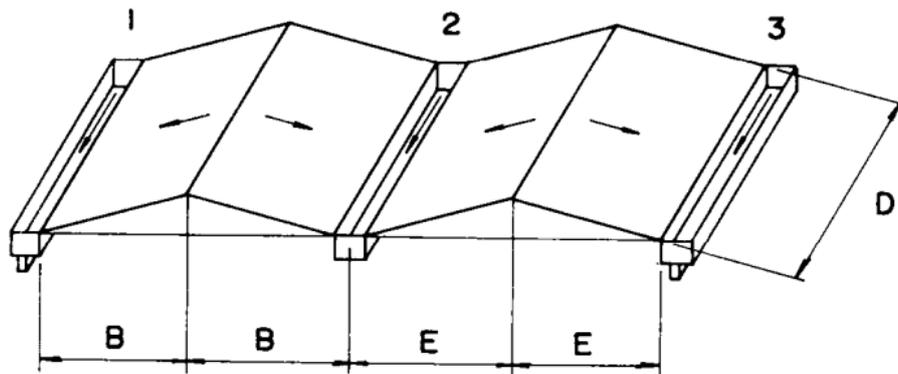


Fitas de vedação : Deve ser utilizada nas sobreposições longitudinais e transversais conforme indicação do fabricante. Normalmente usada em inclinações pequenas, de forma a assegurar a vedação.



Calhas

Apresentaremos o método prático de verificação das seções de calhas e condutores. Tal método não substitui o projeto hidráulico e demais verificações necessárias para garantir a eficiência do sistema de captação de águas pluviais.



(Livro do Prof. Ildony)

Para estimativa da área de calha necessária :

$$S_c (\text{cm}^2) = 2.A(\text{m}^2)$$

S_c = Área da calha necessária em cm^2

A = Área de captação da calha (m^2). Por exemplo :

- Para calha 1 $A = B \times D$, para calha 2
- Para Calha 2 $A = (B + E) \times D$

Para os tubos de descida :

$$S_t (\text{cm}^2) = A (\text{m}^2)$$

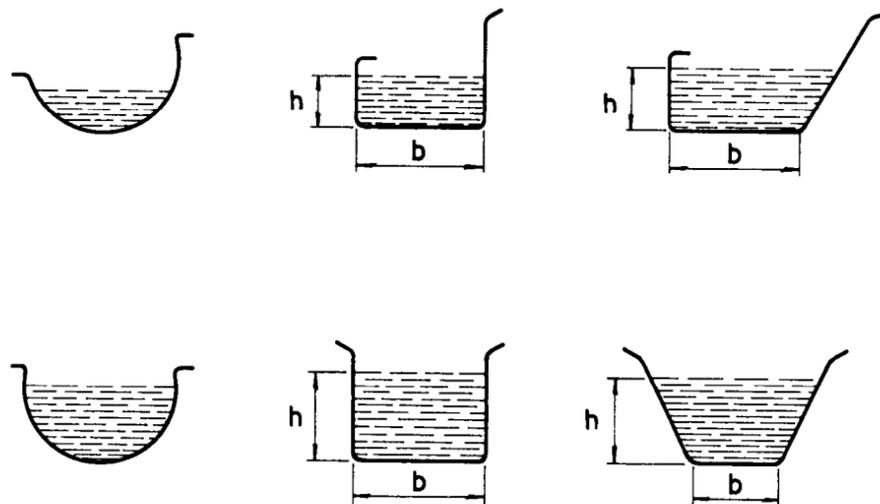


Fig. 15.2 - Seções de calha

Capítulo 7 – Diagramas de Montagem

Introdução

Os diagramas de montagem devem indicar de forma clara as marcas de todas as peças a serem montadas, assim como as informações adicionais necessárias à sua montagem (orientação, dimensão, eixos, ligação, etc...)

A recomendação AISC para diagramas, não recomenda o uso de isométricos. Atualmente, com a facilidade dos modelos 3D, a inclusão de detalhes em 3D ajuda muito a compreensão da estrutura pela equipe de montagem. Cada vez mais, os diagramas estão fazendo uso de detalhes em 3D.

Os diagramas de montagem devem incluir :

- Desenho de chumbeamento
- Planta em todos os níveis (incluindo desenhos dos pisos)
- Elevações dos eixos e filas
- Plano de cobertura com travamentos
- Plano das terças e seus travamentos
- Plano do Banzo Inferior das tesouras com seus travamentos
- Plano das vigas de rolamento
- Fechamentos de oitão e fechamentos laterais
- Seções (cortes) necessários ao entendimento da estrutura
- Dimensões principais
- Marcas dos conjuntos
- Notas gerais
- Conexões, incluindo soldas de campo
- Desenho de detalhes típicos

O nível de informações dos diagramas deve ser tal que a equipe de montagem nunca precise buscar informações adicionais nos desenhos de fabricação. Informações que não fazem parte dos diagramas de montagem :

- Cronogramas
- Planos de montagem
- Suportes temporários
- Aparelhos de segurança
- Equipamentos de montagem

Quando for o caso, os diagramas podem indicar as prioridades de montagem. Isto ajuda na programação de embarque e organização em campo.

Emissão dos diagramas de montagem

Os diagramas só estarão 100% completos no final do detalhamento da estrutura, quando se conhece todas as marcas das peças. Na prática, o detalhamento libera partes da estrutura a medida em que vão ficando prontas, de forma a atender o cronograma da obra. A fábrica, precisa do diagrama para poder fazer verificações e/ou planejamentos e não pode esperar o final do detalhamento de toda a estrutura.

Nestes casos, faz-se a emissão de diagramas preliminares que vão recebendo as marcas e informações complementares na medida em que o detalhamento for avançando. Como todo documento de projeto, aconselha-se a fazer um controle de revisão e data para cada emissão preliminar.

No caso de emissão de diagramas preliminares, aconselha-se a fazer primeiramente o layout de todos os diagramas que serão necessários. Isto ajuda na compreensão da estrutura como um todo e organiza os desenhos desde o início da montagem. A medida em que o trabalho for evoluindo, vão sendo adicionadas as novas marcações e detalhes correspondentes. Para o caso de estruturas modeladas, pode-se fazer a modelagem inicial com apenas os perfis que é rápida, e assim possibilitar a criação de todos os layouts de diagramas.

Recomendações

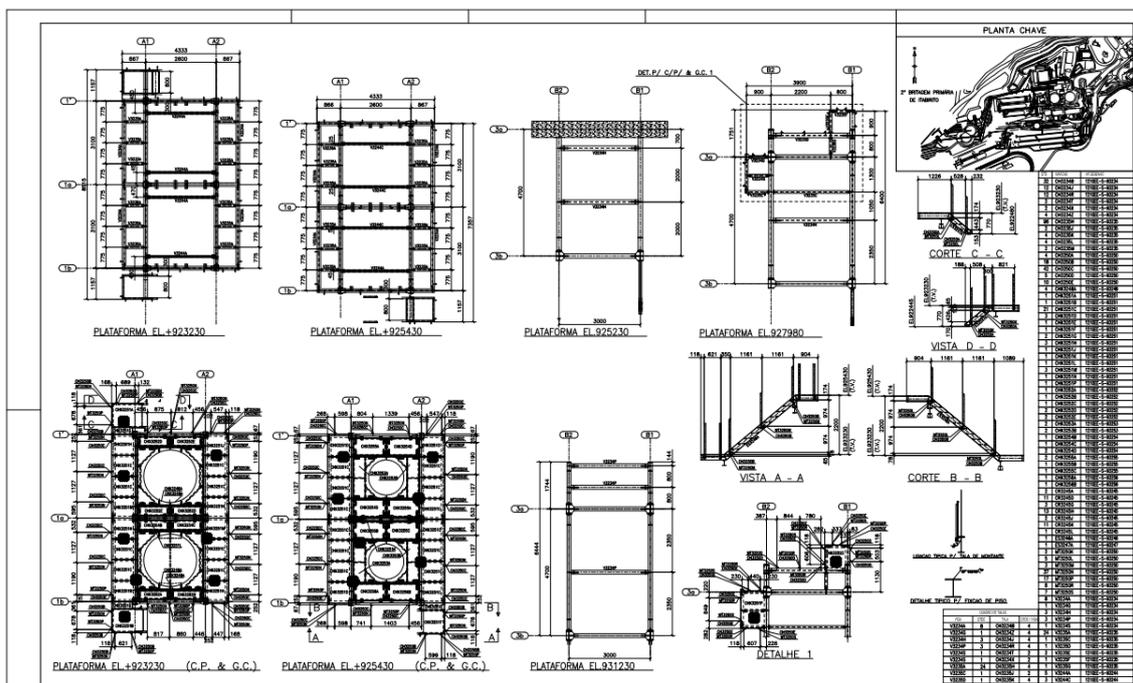
1. Plantas de chumbação e de inserts podem ser feitas em escalas maiores, de forma a dar uma visão global da obra. Os detalhes serão representados em escala adequada para a sua compreensão.
2. A distribuição e planejamento dos desenhos devem permitir a visualização de todas as peças da estrutura.
3. Todas as peças estão indicadas nos diagramas? Se uma mesma marca de peça ocorre em mais de uma posição, todas devem estar indicadas.
4. Toda peça desenhada possui uma indicação de marca?
5. Aconselha-se a indicação de cada peça apenas uma vez. Por exemplo, se uma viga possui sua marca no desenho em planta, não deve ser indicada no desenho de elevação.
6. Nos desenhos de piso, indicar a elevação em que se está trabalhando, além dos eixos e filas que posicionam a estrutura. Todas as vigas devem estar locadas através de cotas que permitam seu posicionamento e montagem.
7. Nos desenhos de elevações, indicar os eixos e medidas globais. Fazer referência aos níveis de piso. Todas as peças devem estar locadas adequadamente.
8. Para situações onde deva haver ajustes de campo, este ajuste deve estar indicado. Por exemplo : “sobremetais” para soldas de emendas em estruturas existentes.

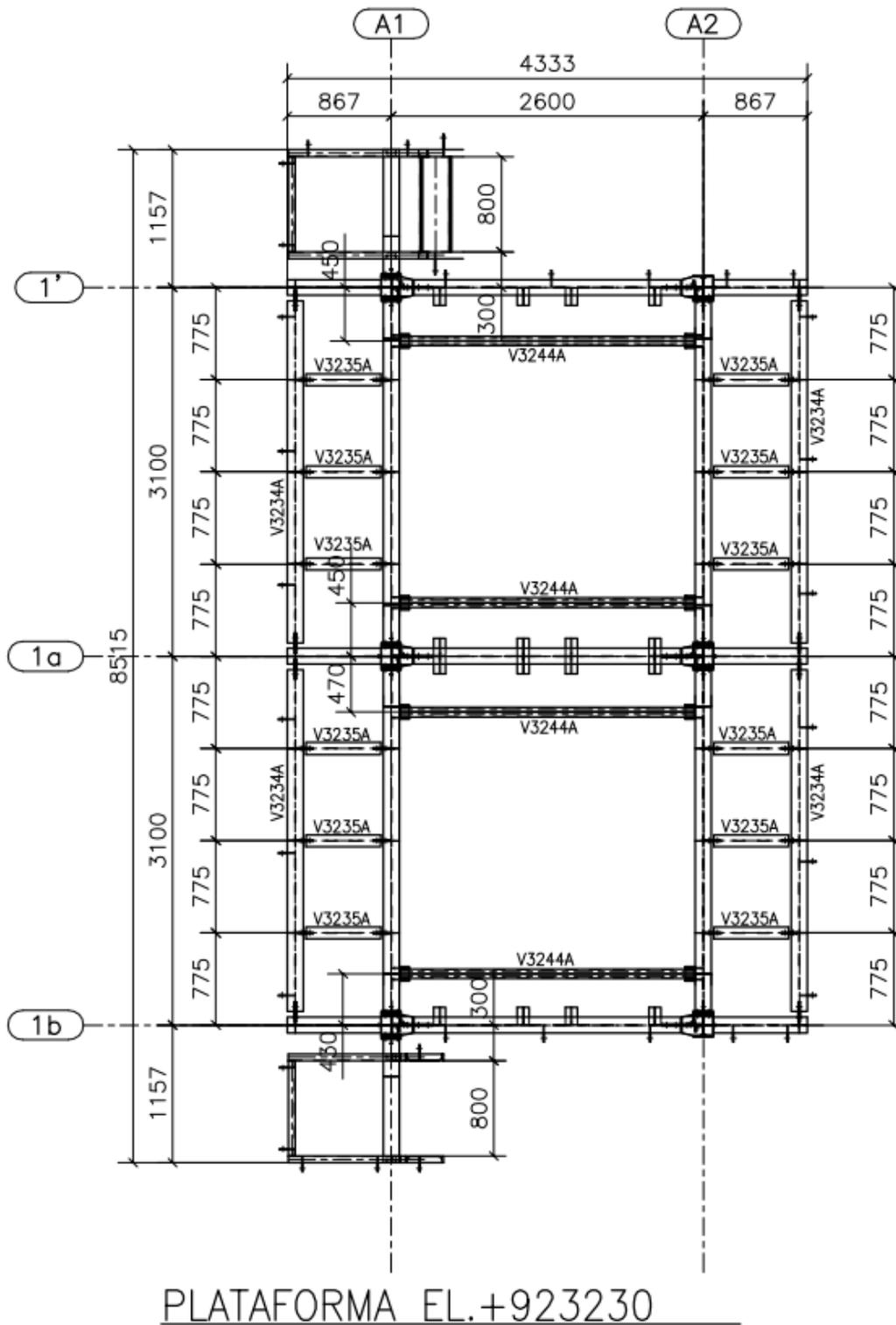
Exemplos

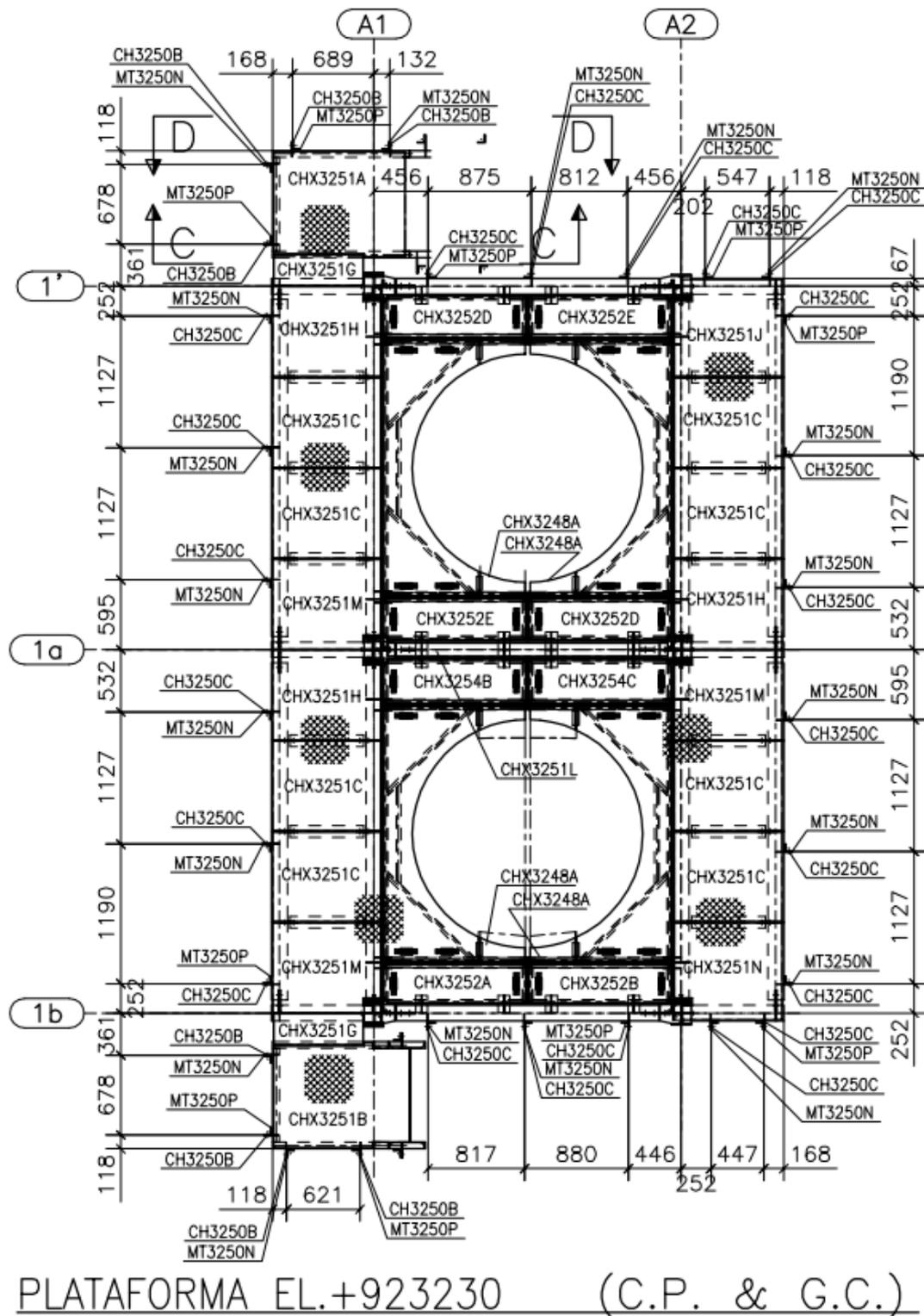
Abaixo um diagrama de montagem mostrando plantas de diversas plataformas. Vamos destacar uma das elevações, mostrando as marcas de estrutura e as de chapas de piso e G.C.

Notar :

- Referência dos eixos
- Elevação da plataforma
- Cotas de montagem
- Marcas das peças

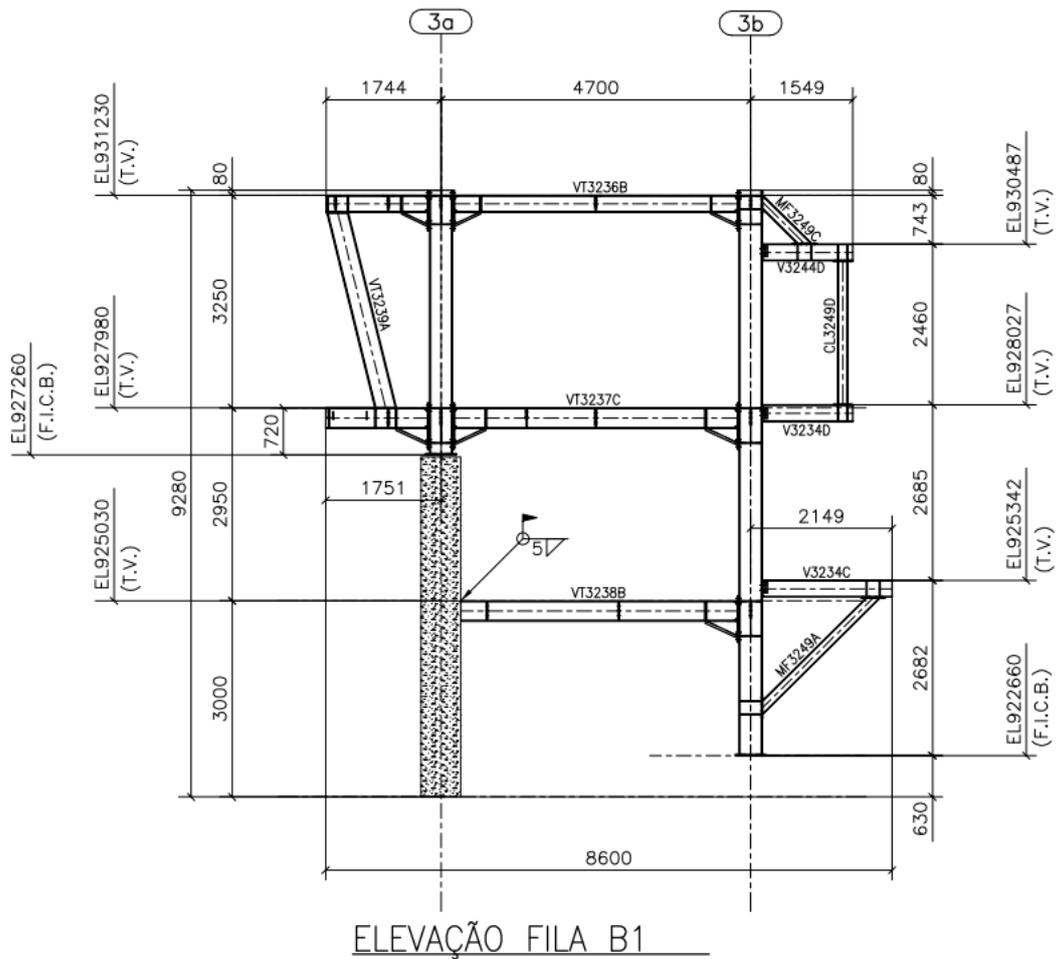




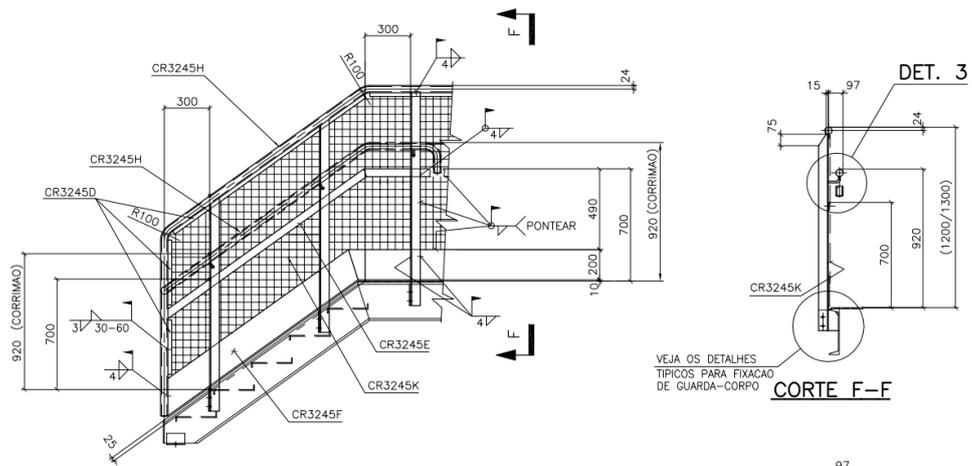


Abaixo um exemplo de elevação. Notar :

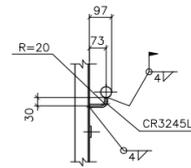
- Indicação da elevação (eixo B1)
- Indicação dos eixos (3a e 3b)
- Indicação dos níveis
- Cotas de montagem
- Marcas das peças



Detalhes para montagens de G.C.:

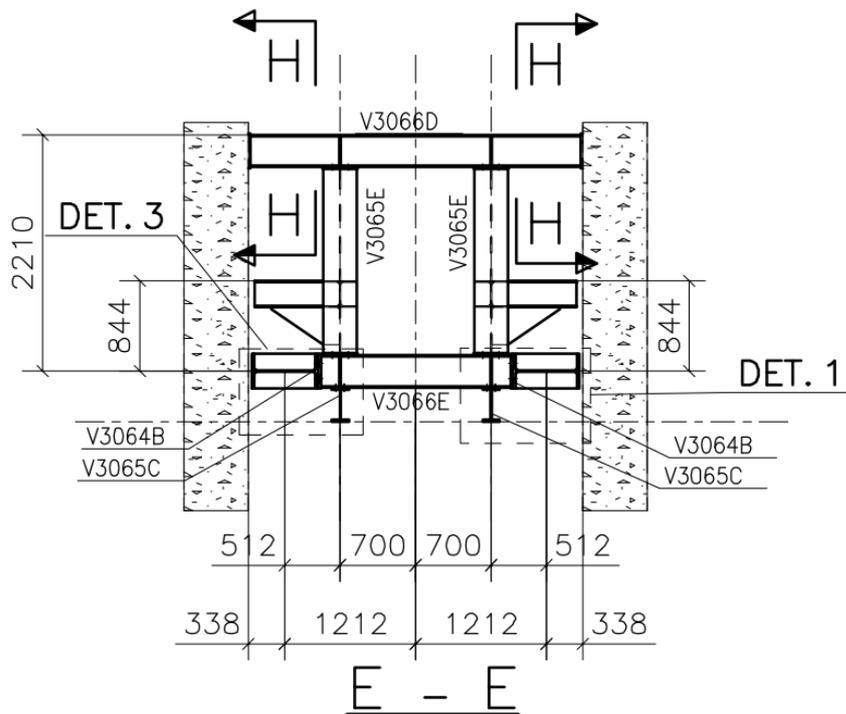


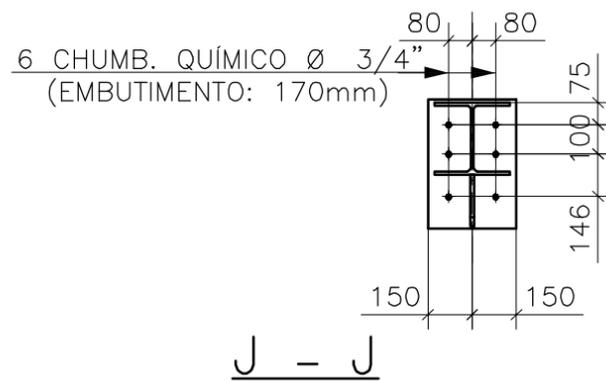
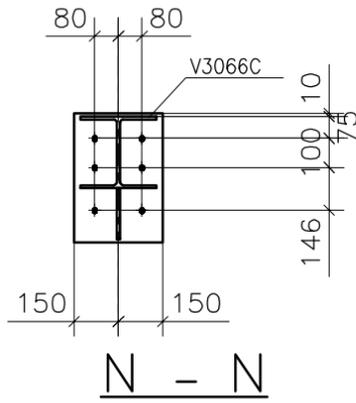
DETALHE PARA MONTAGEM DE GUARDA-CORPO E CORRIMAO EM ESCADAS E PASSARELAS



DETALHE 3

Cortes e detalhes para esclarecer a montagem :





Capítulo 8 – Proteção Superficial

Introdução

Não faz parte do escopo deste curso aprofundar-se em questões de proteção superficial, que é um assunto extenso e especializado. Vamos nos ater nos pontos que devem ser preocupação do projetista.

As três principais maneiras de combater a corrosão e assegurar a vida útil das estruturas são :

- a. Pintura : processo pelo qual as estruturas são limpas, preparadas e pintadas. A pintura forma uma camada de proteção que evita o contato do aço com o oxigênio e interrompe o processo de corrosão.
- b. Galvanização : Processo de tratamento de superfície que cobre o material ferroso com uma camada de zinco para protegê-la da corrosão
- c. Utilização de aços patináveis : Os aços patináveis (forma a pátina) são aços de maior resistência a corrosão devido a sua composição química. Na presença de umidade e oxigênio todo aço sofre oxidação. Nos aços convencionais, a camada de ferrugem se destaca do aço, de forma que o processo de corrosão nunca é interrompido. Nos aços patináveis a camada inicial de ferrugem fica estável e aderente ao metal base, além de ser muito menos porosa. A própria camada inicial de ferrugem (pátina) forma a proteção do aço.

Preocupações do projeto

O projeto e detalhamento de fabricação precisa ter cuidados com os seguintes pontos :

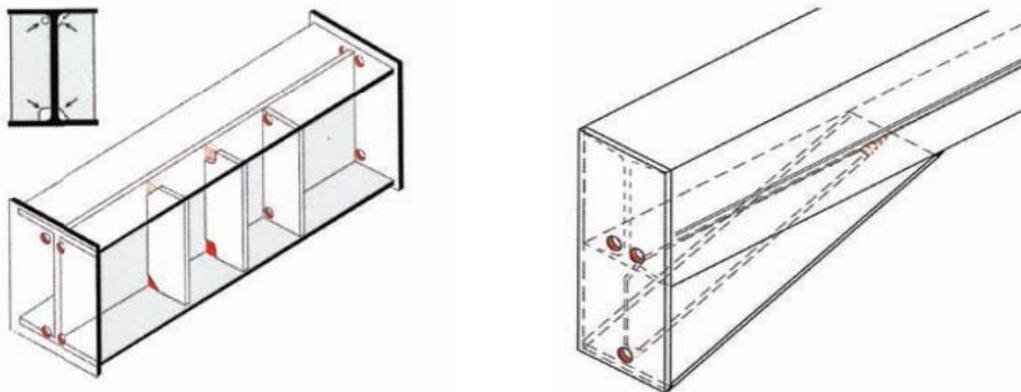
- a. Evitar a formação de cavidades e regiões de acúmulo de água. Cuidar com perfis tipo cantoneira e U, dando preferência para que seu posicionamento não acumule água.
- b. Prever furos de drenagem onde necessários.
- c. Cuidar para que os perfis em tubo estejam “selados”.
- d. Evitar situações onde seja difícil a manutenção e limpeza
- e. Evitar o contato direto entre tipos diferentes de material (ex.: Alumínio e Aço)
- f. Alguns projetos de detalhamento precisam indicar regiões onde não pode haver pintura, como por exemplo, no entorno de furações com ligação por atrito ou em juntas soldadas de campo.

Cuidados especiais para estruturas galvanizadas

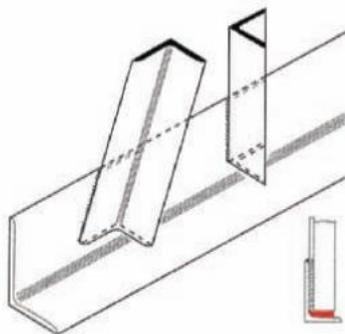
Para estruturas galvanizadas, é necessário tomar uma série de cuidados adicionais. É preciso lembrar que existe um tamanho limite da cuba de galvanização que limita a dimensão máxima das peças e não se deve prever soldas de campo, todas as ligações devem ser parafusadas.

Abaixo, vamos destacar algumas recomendações para detalhes de estruturas galvanizadas (Fonte : Guia de Galvanização a Quente – ABCEM) :

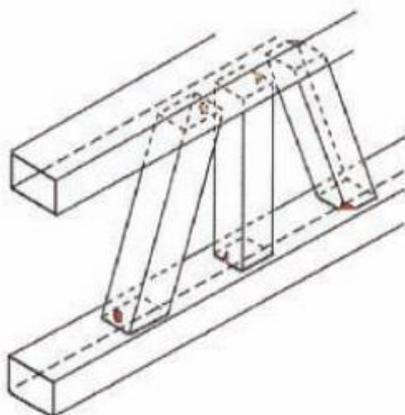
Cuidar para deixar furos ou recortes de escoamento do zinco em regiões de acúluo.

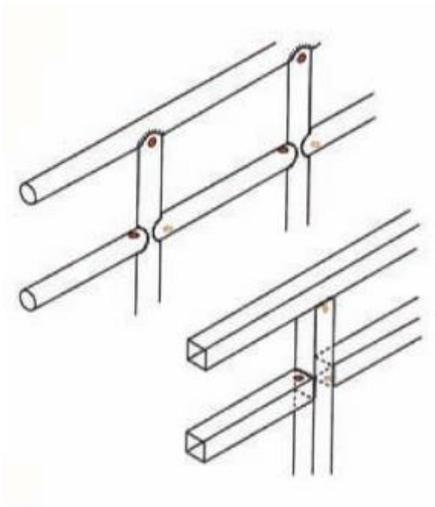


Diagonais e montantes de tesouras não devem tocar nos banzos, deixando espaço para o escoamento.

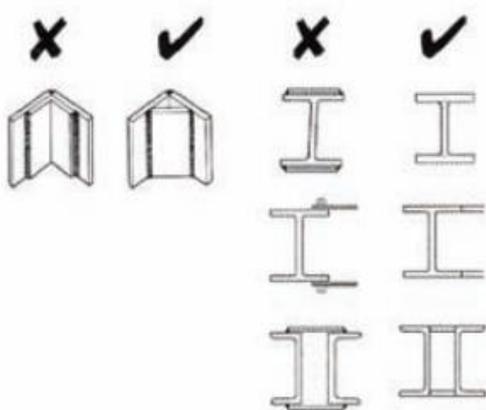
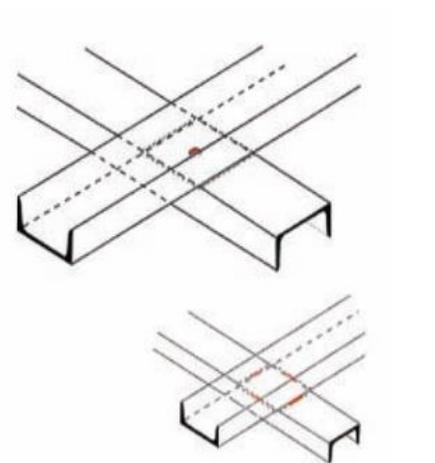


Tubos devem ter furações de respiro e escoamento.

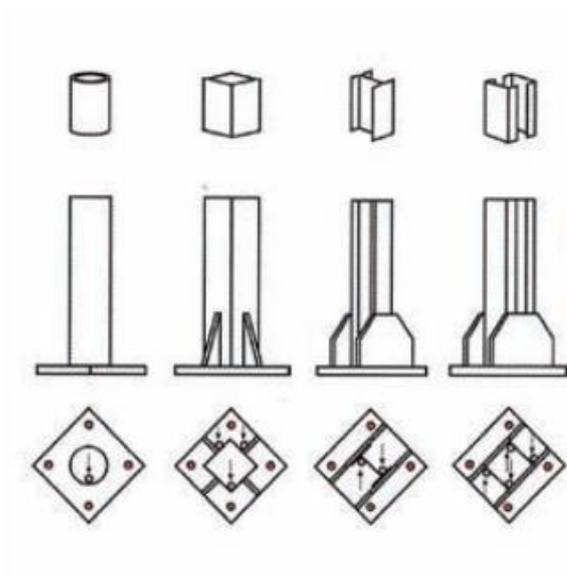




Superfícies sobrepostas devem ser evitadas. Assim como em tubos selados, a o vapor superaquecido pode causar “estufamento” e até explosões.



Placas de base devem ter cortes de escoamento



Capítulo 9 – Recomendações Gerais para Detalhamento

Introdução

Neste capítulo, vamos listar uma série de recomendações que são um resumo e adaptação do manual de detalhamento do AISC.

É importante lembrar que para muitas questões, não há um certo e errado. Para um mesmo problema, diferentes fábricas adotam soluções bastante diferentes baseadas em suas experiências e processos de fabricação. Desta forma, quando se desenvolve um detalhamento para um novo cliente, deve-se investir no entendimento de suas práticas e preferências que irão desde a apresentação e formato dos documentos de projeto até diferenças em processos de fabricação que interferem nas soluções de detalhamento empregadas.

Recomendações

1. Não se deve colocar notas junto a linhas de dimensionamento ou no meio dos desenhos. Procurar agrupar as notas junto ao carimbo, evitando que a fábrica não as encontre. Lembre que no chão de fábrica, as condições de iluminação e de leitura não são as mesmas de um escritório.
2. Qualquer informação em texto deve estar escrita da esquerda para direita, ou de baixo para cima. Isto evita a necessidade de se virar o desenho para leitura.
3. Prefira sempre um corte ou detalhe adicional do que explicar por meio de notas. Textos são mais difíceis de serem interpretados e por isso aumentam a chance de interpretação errada. “Uma imagem vale por mil palavras”.
4. Use um bom contraste de linhas, de forma a destacar linhas de contorno principais das linhas de espessura, bem como não confundir linhas de peças com chamadas de cotas.
5. As linhas de cota devem ser separadas do desenho o suficiente para que fiquem claros.
6. A seta da linha de cota deve tocar na linha de chamada de forma clara. Não terminar antes ou passar por cima da linha de chamada.
7. Cuidado para que a linha de chamada mostre com clareza qual o ponto que está sendo cotado. Muitas vezes é preciso detalhes adicionais em escala maior para tornar estes pontos de cota claros.
8. Cortes são preferencialmente olhando para esquerda ou de cima para baixo
9. Não se usa hachuras em cortes de estruturas metálicas
10. Chumbadores, placas de base e inserts devem ser as primeiras peça a serem detalhadas
11. Comprimento das peças principais não precisam estar desenhadas em escala (principalmente vigas e colunas)
12. Desenhe perfis U e cantoneiras olhando pelas costas dos perfis
13. Não misture num mesmo desenho, tipologias diferentes de estruturas (Ex.: Vigas, colunas, contraventos, escadas, etc...). É normal que diferentes tipologias sejam fabricadas separadas (algumas vezes até terceirizadas), de forma que separar os desenhos ajuda na organização do projeto.

14. Quando listas avançadas forem emitidas, o detalhamento deve acompanhar qualquer alteração de quantitativos ou de bitolas ao longo do projeto que possa causar uma compra errada de material.
15. Quando preparar listas avançadas, verificar a disponibilidade dos materiais e destacar casos que mereçam maior atenção.
16. Listas avançadas especiais são preparadas para perfis dobrados e soldados quando a fábrica precisa antecipar sua produção.
17. Para colunas com vários níveis de piso, deve ser fornecida a cota da dimensão total da coluna desde a chapa de piso.
18. Cortes em desenhos de colunas devem ser sempre vistos de cima para baixo.
19. Furos devem estar alinhados na mesma linha de furação. Evitar a quebra de linhas e sua variação ao longo do perfil.
20. Evite mais de uma bitola de furo numa mesma linha de furação. Evite a variação de bitola na mesma mesa ou alma de perfil.
21. Nunca use a palavra “soldar”, use a simbologia correta de solda.
22. Não use mais solda do que o necessário.
23. Evite indicar a mesma solda mais de uma vez (No corte e na elevação, por ex.). Além de deixar o desenho mais limpo, facilita a verificação e alteração.
24. Evite usar mais de uma qualidade de parafuso de uma mesma bitola.
25. Preste atenção para pontos de ajuste em obra, destacando com nota e deixando “sobre-metal”
26. Indique com clareza pontos revisados no desenho com “nuvens” e indicação do número de revisão.
27. Não use a indicação de revisão geral em desenhos.
28. Quando receber revisões do projeto básico que alterem peças já detalhadas e enviadas ao cliente, informar o cliente sobre as alterações.

Capítulo 10 – Gerenciamento de Detalhamento

Introdução

Neste capítulo vamos discutir princípios importantes para o gerenciamento correto de um detalhamento de fabricação. Vamos abordar o controle de dados recebidos e gerados, assim como a tramitação de informações e alterações de projeto.

Para terminar, vamos discutir sobre ética no ramo usando como base as recomendações do NISD (National Institute of Steel Detailing).

Dados de Entrada para o Detalhamento

Um bom projeto de detalhamento precisa receber bons dados de entrada. Estes dados de entrada são registrados em projetos básicos (ou executivos), especificações técnicas, Atas de reunião, controles de solicitações de informações e registros de revisão (alteração) de projeto.

Quando o detalhamento descobre alguma incoerência nos dados de entrada, tem a obrigação de comunicar ao seu cliente. No entanto, não é obrigação do detalhamento descobrir todas as incoerências do projeto básico.

O detalhamento pode eventualmente utilizar os projetos de arquitetura para tirar dúvidas, mas não é seu trabalho fazer compatibilizações entre a estrutura metálica e a arquitetura. A preocupação quanto a interferências e/ou compatibilização entre estrutura metálica e arquitetura é função do projeto básico.

O detalhamento deve apontar as inconsistências e faltas de informação encontradas no projeto básico, sendo de responsabilidade do projeto básico o pronto atendimento e esclarecimento de forma a não prejudicar o andamento do detalhamento.

Controle de Documentos recebidos e suas Revisões

Todos os documentos que o detalhamento recebe devem ser arquivados e organizados de forma a estarem acessíveis e garantirem a utilização das informações mais atualizadas.

Para desenhos básicos, recomendamos manter um caderno de desenhos com registro da data de recebimento e todo o histórico de revisões. Se um mesmo desenho foi recebido nas revisões 0, 1 e 2, as três versões deste desenho devem estar no caderno. Este caderno permite a reconstrução do histórico da obra e suas revisões ao longo do tempo.

O recebimento de documentos revisados (principalmente desenhos básicos) exige uma atenção especial. Espera-se que as revisões estejam sinalizadas de forma clara (“nuvens” de revisão). Um desenho revisado sem “nuvens” de revisão gera um desperdício de horas na análise e procura das alterações.

Não é função do detalhamento, descobrir o que foi alterado de uma versão para outra do projeto. Uma eventual perda de informação pela não indicação clara de revisão é responsabilidade do projeto básico, não do detalhamento.

Controle dos desenhos e documentos de detalhamento emitidos

Os documentos emitidos devem ter um controle de numeração e revisão, tal como exigido pelos documentos recebidos. Normalmente a numeração dos desenhos e controle de revisão deve obedecer a critérios do cliente final. Estes critérios devem ser ajustados de forma clara e definitiva no início do detalhamento para evitar retrabalhos futuros.

É dever do detalhamento sinalizar adequadamente os pontos revisados em seus desenhos para facilitar o gerenciamento de fábrica e assegurar que uma revisão passe despercebida.

É uma boa prática o uso de Guias de Remessa de Documentos (GRDs) que oficializam o envio dos desenhos com uma data, finalidade e lista de documentos.

Gerenciamento de dúvidas

Como vimos anteriormente, deve haver um cuidado no tratamento de dúvidas e na solicitação de informações faltantes no projeto básico. Esta prática está sugerida no “Code of Standard Practice for Steel Buildings and Bridges” do AISC. No item 4.6, fala-se sobre o processo de RFI (Request for information – Requisição de informação). No nosso mercado algumas empresas usam a sigla RFI, outras chamam de controle de pendências ou dúvidas de projeto. De qualquer forma, pretendem gerenciar a mesma questão.

Cada solicitação deve ser numerada sequencialmente e ter uma data de emissão. Cada solicitação ficara “aberta” (ou pendente) até que o projeto básico tenha feito o esclarecimento necessário. A solicitação deve ser clara quanto ao esclarecimento que está sendo solicitado.

Recomendamos que o processo de gerenciamento de dúvidas seja discutido e acertado no início do projeto. Deve-se estabelecer os responsáveis por receber e responder as questões, assim como aqueles que serão “copiados” de todo o processo para que possam acompanhar a evolução.

As vantagens de um gerenciamento de dúvidas são:

- a. Registra as inconsistências e faltas de informações;
- b. Possibilita quantificar as dificuldades enfrentadas pelo detalhamento na avaliação de prazos e custos;
- c. Registra as soluções apresentadas para fins de rastreabilidade;
- d. Se o controle é numerado e controlado, reduz-se a probabilidade de se esquecer de dúvidas ou confirmações ao longo do projeto;
- e. Documenta o tempo de espera para o recebimento de informações importantes de detalhamento;
- f. Serve de base para pleitos de custos adicionais de projeto

Embora a resposta a uma solicitação de informação seja suficiente para que o detalhamento prossiga, muitas informações relevantes devem ser incorporadas em atualizações do projeto básico. Desta forma, as informações ficam reunidas e registradas no documento correto além

de assegurar que o projeto básico esta atualizado. Na eventualidade de se verificar uma solução do detalhamento no futuro, será fácil recuperar informações no projeto básico atualizado e difícil de encontrar nos registros de dúvidas.

O detalhamento precisa ter bom senso na emissão das solicitações de informações. A emissão exagerada, incluindo dúvidas bobas ou que poderiam ser resolvidas internamente, cria um desperdício de horas internas e do cliente no manuseio de todas estas informações. Esta carga desnecessária no cliente pode gerar desconforto e prejudicar o relacionamento ao longo do projeto.

Por outro lado, não questionar questões importantes e resolver internamente para assegurar o bom andamento do detalhamento é uma “roleta russa”. Haverá casos em que a decisão interna se tornará um problema para o cliente, e normalmente isto será descoberto na montagem com custos de acerto elevados.

Gerenciamento de Revisões

As revisões (ou alterações) de projeto no meio do seu desenvolvimento são parte da natureza do trabalho. O que não quer dizer que o detalhamento tenha como prever todo o retrabalho, e tenha que absorver os impactos de prazo e custo disto.

Da mesma forma que no gerenciamento de dúvidas, é necessário que cada evento de revisão seja registrado através de um documento próprio com numeração sequencial e data. Este documento registra o que foi alterado e seu impacto no trabalho já executado e eventualmente até entregue.

A geração destes documentos demanda tempo e tem um custo elevado para o detalhamento. Se for avaliar a possibilidade de não fazer este controle, tenha em mente que quanto maior for o projeto, maior a necessidade do registro completo de revisões.

Os principais benefícios de se ter este gerenciamento são:

- a. Acompanhamento e registro de todas as revisões recebidas;
- b. O registro numerado impede que alguma revisão seja esquecida pelo detalhamento;
- c. Fácil recuperação e demonstração do volume de trabalho adicional. Este volume (geralmente em horas adicionais) é sempre útil durante a discussão de ajustes de cronograma e custos de projeto;
- d. O registro de revisão pode ser usado como um item de cronograma, deixando clara a inclusão de etapas adicionais de serviço;
- e. Num projeto longo, é muito difícil lembrar e reconstruir o histórico de revisões. Lembrar, por exemplo, o que estava pronto quando algo novo foi introduzido no projeto básico. Com os registros individuais, todas estas informações ficam documentadas.

Os registros de revisão devem ser feitos assim que o detalhamento recebe as solicitações de mudança ou projetos básicos alterados. Nessa etapa, a eventual modificação de detalhamento já entregue ao cliente deve ser prontamente comunicada para evitar a fabricação com

informações desatualizadas. O registro de revisão pode informar as horas adicionais de projeto necessárias à sua execução, que devem ser aprovadas pelo cliente prontamente.

Por último, vale registrar que é obrigação do projeto básico a emissão de forma clara e organizada de todas as revisões. Veja o que prevê o AISC :

3.5. Revisions to the Design Drawings and Specifications

Revisions to the Design Drawings and Specifications shall be made either by issuing new Design Drawings and Specifications or by reissuing the existing Design Drawings and Specifications. In either case, all Revisions, including Revisions that are communicated through responses to RFIs or the annotation of Shop and/or Erection Drawings (see Section 4.4.2), shall be clearly and individually indicated in the Contract Documents. The Contract Documents shall be dated and identified by Revision number. Each Design Drawing shall be identified by the same drawing number throughout the duration of the project, regardless of the Revision. See also Section 9.3.

Commentary:

Revisions to the Design Drawings and Specifications can be made by issuing sketches and supplemental information separate from the Design Drawings and Specifications. These sketches and supplemental information become amendments to the Design Drawings and Specifications and are considered new Contract Documents. All sketches and supplemental information must be uniquely identified with a number and date as the latest instructions until such time as they may be superseded by new information.

When revisions are made by revising and re-issuing the existing structural Design Drawings and/or Specifications, a unique revision number and date must be added to those documents to identify that information as the latest instructions until such time as they may be superseded by new information. The same unique drawing number must identify each Design Drawing throughout the duration of the project so that revisions can be properly tracked, thus avoiding confusion and miscommunication among the various entities involved in the project.

When revisions are communicated through the annotation of Shop or Erection Drawings or contractor submissions, such changes must be confirmed in writing by one of the aforementioned methods. This written confirmation is imperative to maintain control of the cost and schedule of a project and to avoid potential errors in fabrication.

Code of Standard Practice for Steel Buildings and Bridges, March 18, 2005
AMERICAN INSTITUTE OF STEEL CONSTRUCTION

Projetos “Fast-tracking delivery”

“Fast-tracking” são projetos onde o detalhamento é feito em paralelo com decisões de arquitetura, layout ou equipamentos. A obra, visando diminuição de prazos escolhe iniciar as atividades em paralelo. Este tipo de contrato, que no mercado nacional não é explícito como deveria ser, está sujeito a um grande número de revisões e retrabalhos.

Nestes casos, mesmo o gerenciamento adequado de dúvidas e revisões não impedem que a probabilidade de erros no projeto cresça significativamente. É preciso entender e fazer o cliente entender, que neste caso existe uma responsabilidade compartilhada pelos erros de detalhamento já que o cliente está contratando um serviço com gerenciamento muito complexo.

O gerenciamento do detalhamento deve estar preparado para negociar custos e prazos de forma constante sob o risco de perder completamente o gerenciamento de prazos e ter que absorver prejuízos.

Peso de projeto

Para fins de faturamento por peso (R\$/kg), o AISC (Item 9.2 do Code of Standard Practices) e o Manual de Práticas recomendadas pela ABCEM definem que o peso a ser utilizado é o peso bruto. Ou seja, não são descontados recortes de chapas, aberturas em perfis ou furações.

Para o peso bruto considera-se o peso dos parafusos, mas não o peso de cordões de solda.

Código de ética do NISD (National Institute of Steel Detailing)

Não temos no Brasil uma associação voltada aos interesses do projeto de detalhamento, abaixo vamos listar alguns pontos importantes do código de ética da associação americana:

1. Os profissionais de detalhamento farão o seu melhor para preservar a integridade e dignidade do serviço de detalhamento e para protegê-lo de interpretações e entendimentos errôneos.
2. O profissional de detalhamento não vai medir esforços para entregar um serviço de qualidade e que seja adequadamente reconhecido.
3. O profissional de detalhamento cuidará para não prejudicar, direta ou indiretamente, a reputação e histórico de outros profissionais.
4. O profissional de detalhamento não divulgará informações sobre o projeto e negócio de seus clientes.
5. O profissional de detalhamento se manterá informado e estará continuamente se atualizando a respeito de técnicas, processos métodos e materiais disponíveis no mercado de forma a ser capaz de entregar o melhor serviço possível a seu cliente.
6. O profissional de detalhamento se manterá a par dos padrões e necessidades do fabricante, assim como deverá conhecer os equipamentos e métodos que o fabricante utiliza.

7. O profissional de detalhamento fornecerá desenhos de fabricação precisos e diagramas de montagem da mais alta qualidade, buscando a eficiência e economia no detalhamento, fabricação e montagem.
8. O cliente será informado de qualquer situação que na opinião do profissional de detalhamento pode colocar em perigo a segurança pública, independente se isto é ou não da responsabilidade do cliente.
9. O cliente estará sempre informado sobre qualquer item solicitado pela engenharia ou cliente final que resulte em acréscimo de custos ou prazos.
10. O profissional de detalhamento enfatizará junto ao seu cliente a necessidade de ser avisado e consultado a respeito de qualquer problema que surja do detalhamento e da fabricação. Desta forma, poderá auxiliar na solução dos problemas de forma eficiente e ajudar a minimizar o impacto destes problemas.
11. O profissional de detalhamento deixará claro que o detalhamento será baseado exclusivamente no projeto básico e especificações, a não ser que tenham referências específicas ao projeto de arquitetura ou outros documentos.
12. Sempre que possível, o profissional de detalhamento utilizará as formas padrão de contratação no mercado de forma que o fabricante seja conhecedor deste padrão e se acostume com ele.
13. O profissional de detalhamento cumprirá todos os acordos contratuais e obrigações incluindo a obediência ao cronograma.
14. O profissional de detalhamento estudará o projeto básico e as especificações para assegurar que o detalhamento seguirá todas as recomendações e considerações da engenharia.
15. O profissional de detalhamento vai solicitar a aprovação da engenharia quanto a resistência de todas as conexões antes de iniciar o detalhamento, reconhecendo que a responsabilidade pela integridade e resistência da estrutura e conexões é de responsabilidade da engenharia.
16. O profissional de detalhamento vai cooperar com a engenharia, listado todas as informações faltantes necessárias para completar o detalhamento e vai requisitar isto o mais cedo possível.
17. O profissional de detalhamento informará a engenharia de qualquer erro ou informação ambígua encontrada nos desenhos básicos que forem descobertos durante o detalhamento, mas não será responsáveis por erros e inconsistências não encontrados.
18. Se solicitado pelo cliente, o profissional de detalhamento receberá informações de interface com outras disciplinas (equipamentos, tubulações, etc...), desde que estas informações sejam fornecidas de forma clara e em tempo hábil. O detalhamento não pode ser prejudicado e poderá solicitar compensação nos casos em que receber informações incorretas, não claras ou em atraso.
19. O profissional de detalhamento vai cooperar com todas as demais disciplinas (concreto, equipamentos, tubulações, etc...) dentro do acordado com o cliente.

Responsabilidade e compensação por erros de Detalhamento

No Brasil, não há um consenso sobre este assunto, mas a prática de mercado não costuma exigir compensações por erros de detalhamento. De qualquer forma, abaixo incluímos uma tradução livre da política americana, conforme publicado pelo NISD (“Policy Regarding Backcharges”)

“Qualquer erro ou imprecisão do detalhamento encontrado pelo cliente deve ser imediatamente comunicado ao detalhamento para que juntos possam avaliar a extensão dos problemas e seus custos. O detalhamento deve ter uma tolerância de custos de erros de até 5% do custo total de seu serviço, incluindo custos de adicionais e revisões. Se o custo for superior a esta tolerância, o detalhamento deverá arcar com os custos de até o máximo de 10% do valor total do seu serviço (incluindo aditivos e revisões). Os custos a serem cobrados do detalhamento são os de mão de obra, impostos, seguro e transporte envolvidos na correção dos problemas. Custos de matéria prima deverão ser pagos pelo cliente. O cliente deverá notificar o detalhamento de qualquer discrepância encontrada, de tal forma que o detalhamento tenha a oportunidade de corrigir ou esclarecer o problema. Na eventualidade do cliente não efetuar esta notificação, o detalhamento não poderá ser responsabilizado pelos custos envolvidos.

Nenhum erro ou discrepância de detalhamento será responsabilidade do detalhamento se tiver sido causado, direta ou indiretamente, por omissões ou ambiguidade nas informações do projeto básico e seus documentos disponibilizados para o detalhamento.”