

## Manual de Construção em Aço



### **Steel Framing: Arquitetura**

# **STEEL FRAMING: ARQUITETURA**

## **Série “Manual de Construção em Aço”**

- Galpões para Usos Gerais
- Ligações em Estruturas Metálicas
- Edifícios de Pequeno Porte Estruturados em Aço
- Alvenarias
- Painéis de Vedação
- Resistência ao Fogo das Estruturas de Aço
- Tratamento de Superfície e Pintura
- Transporte e Montagem
- Steel Framing: Arquitetura
- Interfaces Aço-Concreto
- Steel Framing: Engenharia
- Pontes e viadutos em vigas mistas
- Trelças tipo Steel Joist
- Viabilidade Econômica
- Dimensionamento de Perfis Formados a Frio conforme NBR 14762 e NBR 6355 (CD)
- Projeto e Durabilidade
- Estruturas Mistas Vol. 1 e 2
- Prevenção contra Incêndio no Projeto de Arquitetura
- Projeto de Abertura em Almas de Vigas de Aço e Vigas Mistas de Aço e Concreto

ALEXANDRE KOKKE SANTIAGO

ARLENE MARIA SARMANHO FREITAS

RENATA CRISTINA MORAES DE CRASTO

# **STEEL FRAMING: ARQUITETURA**

2ª. Edição

INSTITUTO AÇO BRASIL  
CENTRO BRASILEIRO DA CONSTRUÇÃO EM AÇO

**RIO DE JANEIRO  
2012**

© 2012 INSTITUTO AÇO BRASIL/CENTRO BRASILEIRO DA CONSTRUÇÃO EM AÇO

Nenhuma parte desta publicação pode ser reproduzida por quaisquer meio, sem a prévia autorização desta Entidade.

Ficha catalográfica preparada pelo Centro de Informações do AçoBrasil/CBCA

S235s

Santiago, Alexandre Kokke

Steel framing: arquitetura / Alexandre Kokke Santiago, Arlene Maria Sarmanho Freitas, Renata Cristina Moraes de Crasto. - Rio de Janeiro: Instituto Aço Brasil/CBCA, 2012.

151p.; 29 cm. -- ( Série Manual de Construção em Aço)

Bibliografia

ISBN 978-85-89819-32-9

1.Light steel framing 2. Steel framing 3. Painéis 4. Lajes 5. Coberturas  
6. Fechamento vertical 7. Construção civil 8. Projetos de edificação 9. Perfis  
10.Fechamento de fachadas I. Títulos (série) II. Freitas, Arlene Maria Sarmanho III.  
Crasto, Renata Cristina Moraes de

CDU 692(035)

2ª. edição

1ª. Edição – 2006

2ª.Edição – 2012

Instituto Aço Brasil / Centro Brasileiro da Construção em Aço  
Av. Rio Branco, 181 / 28º Andar  
20040-007 - Rio de Janeiro - RJ  
e-mail: [cbca@acobrasil.org.br](mailto:cbca@acobrasil.org.br)  
site: [www.cbca-acobrasil.org.br](http://www.cbca-acobrasil.org.br)

# SUMÁRIO

<b>Capítulo 1</b>	
Introdução	09
<b>Capítulo 2</b>	
Características do sistema light steel framing	11
2.1 Vantagens no uso do sistema light steel framing	16
2.2 Aplicações	18
2.3 Perfis formados a frio e sua utilização na construção civil	21
2.4 Tipos de perfis utilizados em LSF	22
2.5 Métodos de construção	24
2.6 Fundações	26
2.6.1 Laje Radier	26
2.6.2 Sapata corrida ou viga baldrame	27
2.6.3 Fixação dos painéis na fundação	27
<b>Capítulo 3</b>	
Painéis	31
3.1 Painéis estruturais ou auto-portantes	32
3.1.1 Aberturas de vãos em um painel estrutural	33
3.1.2 Estabilização da estrutura	37
3.1.3 Travamento horizontal	42
3.1.4 Encontro de painéis	44
3.1.5 Emenda de guia	46
3.2 Painéis não-estruturais	47
3.3 Paredes curvas, arcos e formas atípicas	48
<b>Capítulo 4</b>	
Lajes	51
4.1 Tipos de laje	54
4.2 Vigamento de piso	56
4.3 Travamento horizontal	60
4.4 Escadas	61
<b>Capítulo 5</b>	
Coberturas	63
5.1 Tipos de coberturas	64
5.1.1 Coberturas planas	64
5.1.2 Coberturas inclinadas	65
5.2 Cobertura estruturada com caibros e vigas	65
5.2.1 Estabilização da cobertura estruturada com caibros e vigas	67
5.3 Cobertura estruturada com tesouras ou treliças	68
5.3.1 Estabilização da cobertura estruturada com tesouras	73
<b>Capítulo 6</b>	
Fechamento vertical	77
6.1 Painéis de OSB	79
6.1.1 “Siding” vinílico	81
6.1.2 Argamassa	83
6.2 Alvenaria	84
6.3 Placas cimentícias	84
6.4 Gesso acartonado	86
6.4.1 Características das placas de gesso acartonado	87

6.4.2	Perfis de aço para sistemas “drywall”	87
6.4.3	Aspectos de projeto e execução	87
6.4.4	Montagem do sistema “drywall”	88
6.5	Isolamento termo-acústico	89
6.5.1	Isolamento acústico	89
6.5.2	Isolamento térmico	92
<b>Capítulo 7</b>		
	Ligações e montagem	95
7.1	Ligações	96
7.1.1	Parafusos	96
7.1.2	Aplicações	97
7.2	Montagem	98
7.2.1	Sistema de painéis	99
7.2.2	Montagem da estrutura de painéis do pavimento térreo	100
7.2.3	Montagem da estrutura de laje	102
7.2.4	Montagem da estrutura de painéis do pavimento superior	103
7.2.5	Montagem da estrutura do telhado	104
<b>Capítulo 8</b>		
	Instalações	107
8.1	Generalidades	108
8.2	Água quente e água fria	111
8.3	Esgoto e águas pluviais	113
8.4	Elétrica	114
8.5	Gás	116
<b>Capítulo 9</b>		
	Fechamento externo de fachadas	117
9.1	Generalidades	118
9.2	Aspectos estruturais	119
9.3	Método embutido	120
9.3.1	Ligações rígidas	121
9.3.2	Ligações não-rígidas verticalmente	122
9.3.3	Ligações não-rígidas horizontal e verticalmente	124
9.4	Método contínuo	125
9.4.1	Ligações rígidas	128
9.4.2	Ligações não-rígidas conectadas a alma dos montantes	129
9.4.3	Ligações não-rígidas conectadas às mesas e enrijecedores dos montantes	130
9.4.4	Conexão horizontal entre painéis	131
9.5	Acabamentos e interfaces	133
9.5.1	Interface das peças de LSF a estrutura principal	133
9.5.2	Juntas e encontros de placas de acabamento	133
<b>Capítulo 10</b>		
	Diretrizes de projeto	137
10.1	Industrialização da construção	138
10.2	Coordenação modular	140
10.3	Malhas modulares	141
10.4	Projeto para produção	142
10.5	Diretrizes para o projeto de arquitetura	144
10.5.1	Estudo preliminar	144
10.5.2	Anteprojeto	144
10.5.3	Projeto executivo e detalhamento	145
	Referências Bibliográficas	147

## **Apresentação**

---

O setor do aço, através do Centro Brasileiro da Construção em Aço - CBCA, tem a satisfação de tornar disponível para o universo de profissionais envolvidos com o emprego do aço na construção civil, este manual, o nono de uma série relacionada à construção em aço.

O presente manual, elaborado inicialmente com base nos requisitos da norma ABNT NBR 15253: 2005, mostra os aspectos de projeto e montagem para edificações com o sistema construtivo Light Steel Framing (LSF). Nesta edição, foram incluídos dois novos capítulos, um sobre Instalações e o outro sobre Fechamento externo de Fachadas. Neste momento, a norma ABNT NBR 15253 encontra-se em processo final de revisão, entretanto, alterações importantes em relação a furação dos perfis, foram contempladas nesta edição.

Centro dinâmico de serviços, com foco exclusivamente técnico e capacitado para conduzir uma política de promoção do uso do aço na construção, o CBCA está seguro de que este manual enquadra-se no objetivo de contribuir para a difusão de competência técnica e empresarial no País.





# *Capítulo 1*

---

Introdução

Diante do crescimento populacional e dos avanços tecnológicos, a indústria da construção civil no mundo tem buscado sistemas mais eficientes de construção com o objetivo de aumentar a produtividade, diminuir o desperdício e atender a uma demanda crescente. No Brasil, a construção civil ainda é predominantemente artesanal caracterizada pela baixa produtividade e principalmente pelo grande desperdício. Porém, o mercado tem sinalizado que essa situação deve ser alterada e que o uso de novas tecnologias é a melhor forma de permitir a industrialização e a racionalização dos processos. Nesse aspecto, o uso do aço na construção civil vem aparecendo como uma das alternativas para mudar o panorama do setor.

Apesar do Brasil ser um dos maiores produtores mundiais de aço, o emprego desse material em estruturas de edificações tem sido pouco expressivo se comparado ao potencial do parque industrial brasileiro. Paralelamente o desenvolvimento de produtos siderúrgicos no país ampliou as alternativas de soluções construtivas disponíveis.

Um parâmetro importante é que a utilização de sistemas construtivos com aço demanda profissionais preparados, projetos detalhados e integrados, minimizando perdas e prazos na construção. Sob este aspecto o arquiteto tem um papel fundamental como indutor da utilização de novas técnicas e produtos.

Uma ação indutora para maior utilização de sistemas construtivos em aço é o acesso à informação de qualidade e direcionada ao arquiteto, o que é a premissa deste manual.

Assim, esse manual tem como objetivo orientar arquitetos e profissionais da área na concepção de projetos de edificações com o sistema Light Steel Framing (LSF).

Baseado em extensa pesquisa bibliográfica objeto da dissertação de mestrado em 2005, de Renata Crasto, intitulada “Arquitetura e Tecnologia em Sistemas Construtivos Industrializados - Light Steel Framing”, do Programa de Pós-graduação em Construção Metálica da Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto, visitas técnicas, acompanhamento de obras e treinamento, este manual apresenta os aspectos de projeto e montagem para edificações com o sistema construtivo Light Steel Framing.

# ***Capítulo 2***

---

Características do sistema  
light steel framing

## Características do sistema light steel framing

O Light Steel Framing (LSF), assim conhecido mundialmente, é um sistema construtivo de concepção racional, que tem como principal característica uma estrutura constituída por perfis formados a frio de aço galvanizado que são utilizados para a composição de painéis estruturais e não-estruturais, vigas secundárias, vigas de piso, tesouras de telhado e demais componentes (Foto 2.1). Por ser um sistema industrializado, possibilita uma construção a seco com grande rapidez de execução. Assim, devido a essas características, o sistema Light Steel Framing também é conhecido por Sistema Auto-portante de Construção a Seco.



Foto 2.1- Estrutura de residência em Light Steel Framing, São Paulo. (Fonte: Construtora Seqüência)

Interpretando a expressão “Steel Framing”, do inglês “steel = aço” e “framing” que deriva de “frame=estrutura, esqueleto, disposição, construção”(Dicionário Michaelis, 1987), pode ser definida por: Processo pelo qual compõe-se um esqueleto estrutural em aço formado por diversos elementos individuais ligados entre si, passando estes a funcionar em conjunto para resistir às cargas que solicitam a edificação e dando forma a mesma. Assim, o sistema LSF não se resume apenas a sua estrutura. Como um sistema destinado à construção de edificações, ele é composto por vários componentes e “subsistemas”. Esses subsistemas são, além do estrutural, de fundação, de isolamento termo-acústico, de

fechamento interno e externo, e instalações elétricas e hidráulicas. (ConsulSteel, 2002). Muitas publicações usam o termo Light Gauge Steel Frame onde “gauge” é uma unidade de medida, agora quase em desuso, que define a espessura das chapas de metal.

Para que o sistema cumpra com as funções para o qual foi projetado e construído é necessário que os subsistemas estejam corretamente inter-relacionados e que os materiais utilizados sejam adequados. Dessa forma, a escolha dos materiais e de mão-de-obra é essencial na velocidade de construção e no desempenho do sistema (Foto 2.2).

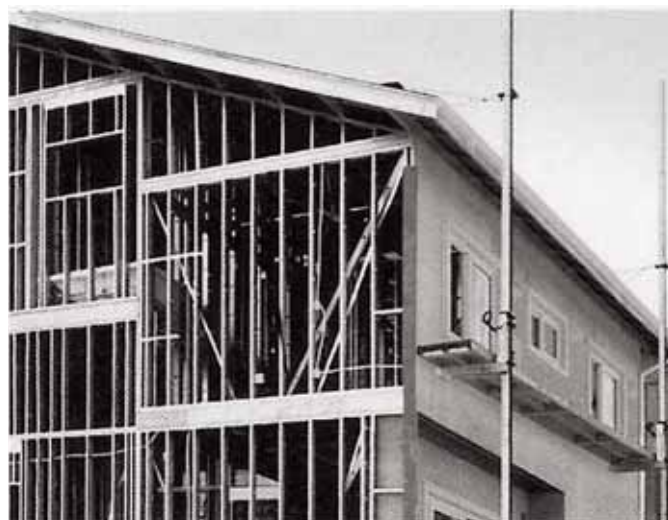


Foto 2.2 - Montagem de residência em Light Steel Framing, São Paulo- SP (Fonte: Construtora Seqüência)

Apesar de ser considerada uma tecnologia nova, a origem do Light Steel Framing remonta ao início do século XIX. Na verdade, historicamente inicia com as habitações em madeira construídas pelos colonizadores no território americano naquela época. Para atender ao crescimento da população, foi necessário empregar métodos mais rápidos e produtivos na construção de habitações, utilizando os materiais disponíveis na região, no caso a madeira. Esse método consistia em uma estrutura composta de peças em madeira serrada de pequena seção transversal conhecido por Balloon Framing (ConsulSteel, 2002) (Figura 2.1).



Figura 2.1- "Balloon framing"

A partir daí, as construções em madeira, conhecidas por "Wood Frame", tornaram-se a tipologia residencial mais comum nos Estados Unidos. Aproximadamente um século mais tarde, em 1933, com o grande desenvolvimento da indústria do aço nos Estados Unidos, foi lançado na Feira Mundial de Chicago, o protótipo de uma residência em Light Steel Framing (Foto 2.3) que utilizava perfis de aço substituindo a estrutura de madeira (Frechette, 1999).



Foto 2.3 - Protótipo de residência em Light Steel Framing na Exposição Mundial de Chicago em 1933 (Fonte: disponível em: <http://webpages.marshall.edu/~brooks/STRAN/stran1.htm>)

O crescimento da economia americana e a abundância na produção de aço no período

pós Segunda Guerra possibilitou a evolução nos processos de fabricação de perfis formados a frio, e o uso dos perfis de aço substituindo os de madeira passou a ser vantajoso devido a maior resistência e eficiência estrutural do aço e a capacidade da estrutura de resistir a catástrofes naturais como terremotos e furacões (Foto 2.4). Na década de 90, as flutuações no preço e na qualidade da madeira para a construção civil, estimularam o uso dos perfis de aço nas construções residenciais. Estimou-se que até o final da década de 90, 25% das residências construídas nos Estados Unidos foram em LSF (Bateman, 1998).

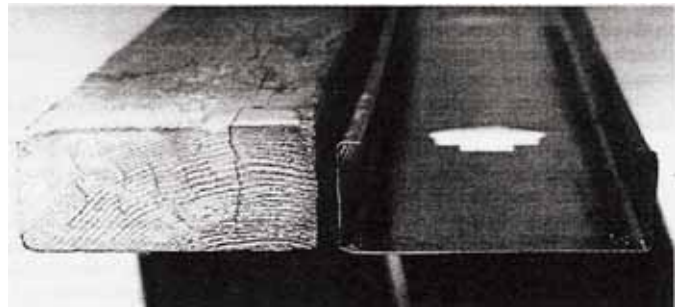


Foto 2.4 - Perfis estruturais de madeira e aço galvanizado. (Fonte: Robert Scharff).

No Japão, as primeiras construções em LSF começaram a aparecer após a Segunda Guerra Mundial quando foi necessária a reconstrução de quatro milhões de casas destruídas por bombardeios. A madeira, material usado na estrutura das casas, havia sido um fator agravante nos incêndios que se alastravam durante os ataques. Assim, o governo japonês restringiu o uso da madeira em construções auto-portantes a fim de proteger os recursos florestais que poderiam ser esgotados e também para promover construções não-inflamáveis. A indústria do aço japonesa, vendo nessas restrições um nicho de mercado, começou a produzir perfis leves de aço para a construção como um substituto para os produtos estruturais de madeira. Como consequência, o Japão apresenta um mercado e uma indústria altamente desenvolvidos na área de construções em perfis leves de aço (Foto 2.5).

## Características do sistema light steel framing



Foto 2.5- Linha de montagem de módulos residenciais no Japão. (Fonte: SCI)

Apesar do LSF ser um sistema construtivo bastante empregado em países onde a construção civil é predominantemente industrializada, no Brasil onde prevalece o método artesanal, ainda é pouco conhecido. Assim, em um primeiro momento, para ajudar a visualizar o LSF, podemos recorrer ao “Drywall”, que é amplamente utilizado em vedações internas no Brasil, que apesar de não ter função estrutural, utiliza perfis galvanizados para compor um esqueleto onde são fixadas as placas para fechamento. Porém, a semelhança acaba nesse ponto, já que o LSF, como já foi definido anteriormente, é um sistema muito mais amplo, capaz de integrar todos os componentes necessários à construção de uma edificação, tendo como o fundamental a estrutura. Na ilustração é possível visualizar esquematicamente, a estrutura e os subsistemas de uma casa em LSF (Figura 2.2). Basicamente a estrutura em LSF é composta de paredes, pisos e cobertura. Reunidos, eles possibilitam a integridade estrutural da edificação, resistindo aos esforços que solicitam a estrutura.

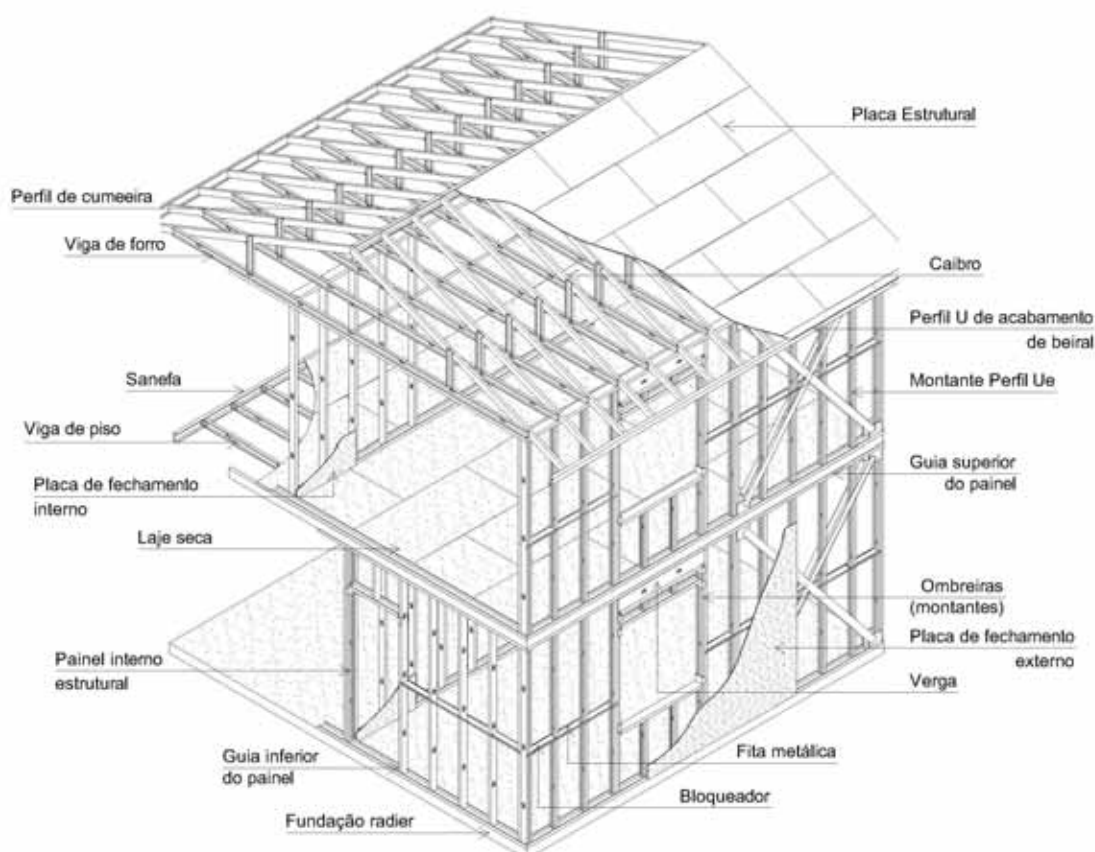


Figura 2.2- Desenho esquemático de uma residência em Light Steel Framing.

As paredes que constituem a estrutura são denominadas de painéis estruturais ou auto-portantes e são compostos por grande quantidade de perfis galvanizados muito leves denominados montantes, que são separados entre si de 400 ou 600 mm (Foto 2.6). Esta dimensão é definida de acordo com o cálculo estrutural, e determina a modulação do projeto. A modulação otimiza custos e mão-de-obra na medida que se padronizam os componentes estruturais, os de fechamento e de revestimento. Os painéis têm a função de distribuir uniformemente as cargas e encaminhá-las até o solo. O fechamento desses painéis pode ser feito por vários materiais, mas, normalmente, utilizam-se placas cimentícias ou placas de OSB (oriented strand board) externamente, e chapas de gesso acartonado internamente.



Foto 2.6- Painéis do pavimento térreo de casa residencial Belo Horizonte - MG (Fonte: arquivo do autor)

Os pisos, partindo do mesmo princípio dos painéis, utilizam perfis galvanizados, dispostos na horizontal e obedecem à mesma modulação dos montantes. Esses perfis compõem as vigas de piso, servindo de estrutura de apoio aos materiais que formam a superfície do contrapiso. As vigas de piso estão apoiadas nos montantes de forma a permitir que suas almas estejam em coincidência com as almas dos montantes, dando origem ao conceito de estrutura alinhada ou “in-line framing”. Essa disposição permite garantir que predomine esforços axiais nos elementos da estrutura (Foto 2.7).



Foto 2.7 - Vista da estrutura do piso com vigas em perfis galvanizados e contrapiso em OSB. (Fonte: arquivo do autor)

Atualmente, com a pluralidade de manifestações arquitetônicas, o arquiteto dispõe de várias soluções para coberturas de seus edifícios. Muitas vezes, a escolha do telhado pode remeter a um estilo ou uma tendência de época. Independente da tipologia adotada, desde da coberta plana até telhados mais elaborados, a versatilidade do LSF possibilita ao arquiteto liberdade de expressão. Quando se trata de coberturas inclinadas, a solução se assemelha muito à da construção convencional com o uso de tesouras, porém substituindo o madeiramento por perfis galvanizados (Foto 2.8). As telhas utilizadas para a cobertura podem ser cerâmicas, de aço, de concreto reforçado por fios sintéticos ou de concreto. Também são usadas as telhas “shingles”, que são compostas de material asfáltico.



Foto 2.8 - Estrutura do telhado de residência em Light Steel Framing. (Fonte: Arquivo do autor)



Assim, de acordo com o descrito anteriormente, podemos definir os fundamentos do sistema LSF como:

- Estrutura “painelizada”
- Modulação – tanto dos elementos estruturais, como dos demais componentes de fechamento e de revestimento, etc.
- Estrutura alinhada (in-line framing)

O uso da estrutura de aço não impõe ao projeto que a mesma esteja aparente. Muitos usuários e projetistas descartam a construção em aço por achar que resultará em uma arquitetura muito peculiar ou “high-tech”. Esse receio é maior quando se trata da arquitetura residencial. Porém, a construção em aço é muito versátil e viabiliza qualquer projeto arquitetônico, desde que ele seja concebido e planejado considerando o comportamento do sistema. A racionalização, industrialização e rapidez de execução, características tão apreciadas na construção em aço, só são possíveis quando há um planejamento integral da obra, que implica em um projeto amplamente detalhado. Com o Light Steel Framing não é diferente, o detalhamento dos projetos tanto de arquitetura, como estrutural ou complementares são essenciais para o melhor desempenho do sistema e para se evitar patologias. Porém, nesse sistema a estrutura nunca se apresenta aparente, já que os elementos estruturais que formam as paredes, pisos e tetos estão sempre encobertos pelos materiais de fechamento, assim o resultado final assemelha-se à de uma construção convencional (Foto 2.9).



Foto 2.9 - Residências construídas com o sistema Light Steel Framing em Cotia - São Paulo. (Fonte: Arquivo do autor)

A estrutura de perfis de aço galvanizado é a parte principal do sistema LSF. Para compor um conjunto auto-portante capaz de resistir aos esforços solicitados pela edificação, é necessário que o dimensionamento dos perfis e o projeto estrutural sejam executados por profissional especializado. O pré-dimensionamento estrutural para edificações residenciais de até dois pavimentos pode ser realizado através do Manual “Light Steel Framing - Engenharia” (Rodrigues, 2005) disponibilizado pelo Centro Brasileiro da Construção em Aço (CBCA). O projeto estrutural de edificações em Light Steel Framing deve atender as especificações das normas brasileiras para perfis formados a frio.

### 2.1. Vantagens no Uso do Sistema Light Steel Framing

Os principais benefícios e vantagens no uso do sistema Light Steel Framing (LSF) em edificações são os seguintes:

- Os produtos que constituem o sistema são padronizados de tecnologia avançada, em que os elementos construtivos são produzidos industrialmente, onde a matéria prima utilizada, os processos de

---

fabricação, suas características técnicas e acabamento passam por rigorosos controles de qualidade;

- O aço é um material de comprovada resistência e o alto controle de qualidade tanto na produção da matéria-prima quanto de seus produtos, permite maior precisão dimensional e melhor desempenho da estrutura;

- Facilidade de obtenção dos perfis formados a frio já que são largamente utilizados pela indústria;

- Durabilidade e longevidade da estrutura, proporcionada pelo processo de galvanização das chapas de fabricação dos perfis;

- Facilidade de montagem, manuseio e transporte devido a leveza dos elementos;

- Construção a seco, o que minora o uso de recursos naturais e o desperdício;

- Os perfis perfurados previamente e a utilização dos painéis de gesso acartonado facilitam as instalações elétricas e hidráulicas;

- Melhores níveis de desempenho termo-acústico, que podem ser alcançados através da combinação de materiais de fechamento e isolamento;

- Facilidade na execução das ligações;

- Rapidez de construção, uma vez que o canteiro se transforma em local de montagem;

- O aço é um material incombustível;

- O aço é reciclável, podendo ser recicla-

do diversas vezes sem perder suas propriedades;

- Grande flexibilidade no projeto arquitetônico, não limitando a criatividade do arquiteto.

### 2.2. Aplicações

As aplicações do sistema Light Steel Framing são variadas conforme os exemplos ilustrados a seguir.

#### a) Residências Unifamiliares:



Foto 2.10 - Residência em Cotia - SP (Fonte: arquivo do autor)



Foto 2.12 - Residência em Oxford – Inglaterra (Fonte: disponível: <http://www.steel-sci.org/lightsteel/>)



Foto 2.11 - Residência no Chile. (Fonte: Guy Wenborne<sup>1</sup>)



Foto 2.13 - Residência em São Paulo. (Fonte: disponível em: <http://www.construtorasequencia.com.br>)

<sup>1</sup> Imagem originalmente publicada em: PETERSON, Eduard. *Arquitectura Minimalista*. Barcelona: Atrium Group de Ediciones y Publicaciones, S.L., 2004.



Foto 2.14 - Protótipo de uma residência unifamiliar em Paris (Fonte: Revista Architecture à Vivre)



Foto 2.15 - Protótipo de uma residência unifamiliar da empresa USIMINAS.

b) Edifícios residenciais e comerciais até quatro pavimentos:



Foto 2.16 - Edifício na Inglaterra. (Fonte: SCI)



Foto 2.17 - Edifício em Dublin - Irlanda (Fonte: disponível em: <http://www.steel-sci.org/lightsteel>)

### c) Hotéis:



Foto 2.18 - Hotel na Inglaterra (Fonte: disponível em: <http://www.steel-sci.org/lightsteel>)

### d) Hospitais, clínicas, estabelecimentos de ensino:



Foto 2.19 – Clínica de Pneumologia Anglo Gold - Nova Lima - MG (Fonte: arquivo do autor)

### e) Unidades modulares.

No caso de unidades modulares tem-se módulos individuais prontos de banheiros, cozinhas e outras dependências para construção de edifícios residenciais, comerciais, hotéis, etc.



Foto 2.20 - 1.425 módulos em LSF formam esse edifício na Inglaterra. (Fonte: disponível em: [http://www.corusconstruction.com/page\\_9088.htm](http://www.corusconstruction.com/page_9088.htm)).



Foto 2.21 - Módulos de banheiros prontos e posicionados no Hotel Mondial Airport Business em São Paulo. (Fonte: Zigurate Editora) <sup>2</sup>

### f) "Retrofit" de edificações.

No caso de "retrofit" de edificações tem-se a utilização do Light Steel Framing no revestimento de fachadas, construção de mezaninos e coberturas, substituição de telhados, etc.

<sup>2</sup> Imagem originalmente publicada em Dias, Luís Andrade de Mattos. Aço e Arquitetura: Estudo de Edificações no Brasil. São Paulo: Zigurate Editora, 2001. pg. 169.



Foto 2.22 - Reforma de fachada usando Light Steel Framing. (Fonte: disponível em: <http://www.steel-sci.org/lightsteel> )

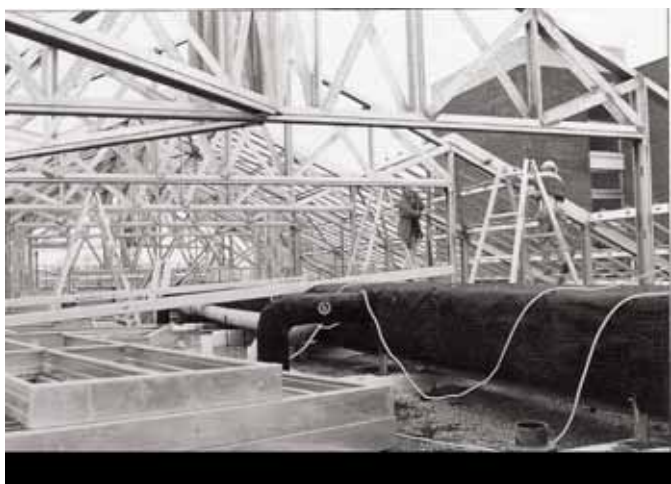


Foto 2.23 – Reforma de telhados substituindo por tesouras fabricadas com perfis formados a frio. (Fonte: SCI)

### 2.3. Perfis Formados a Frio e sua Utilização na Construção Civil

As estruturas de aço são compostas por duas “famílias” de elementos estruturais. Uma composta pelos perfis laminados e soldados ou eletrofundidos e a outra composta por perfis formados a frio. Os perfis estruturais de aço formados a frio são obtidos a partir do dobramento, em prensa dobradeira, ou por perfila-

gem em conjunto de matrizes rotativas (Foto 2.24), de tiras de aço cortadas de chapas ou bobinas laminadas a frio ou à quente, revestidas ou não. (NBR 6355, 2003) E possibilitam a formação de seções variadas na sua forma e/ou dimensão. Por essas operações ocorrem com o aço na temperatura ambiente, ad-vém o termo “formado a frio”.



Foto 2.24 - Fabricação por perfilagem de perfis seção Ue. (Fonte: SCI)

Com o desenvolvimento da engenharia civil, estruturas mais leves e econômicas associadas à industrialização do processo construtivo, têm sido desenvolvidas de modo a atender as expectativas tecnológicas. Neste sentido, os perfis de aço formados a frio se enquadram perfeitamente. A utilização na engenharia civil de estruturas de aço compostas por perfis formados a frio tem hoje, no Brasil, sua utilização em fase de rápido crescimento, em virtude das diversas vantagens que o emprego destes perfis oferece.

As vantagens fundamentais são a grande versatilidade, tanto na fabricação de seções de formas bastante variadas e que podem ser adaptadas a um grande número de aplicações, quanto na construção e montagem das estruturas, pois, tratam-se de elementos extremamente leves se comparados a outros perfis. Estas vantagens resultam em praticidade na construção de diversos tipos de estruturas e custo relativamente baixo. Assim, está cada

vez mais comum a utilização de perfis formados a frio na construção de estruturas de edifícios residenciais e comerciais, coberturas, galpões, passarelas, residências, estantes industriais de armazenamento, entre outras.

### 2.4. Tipos de Perfis Utilizados em LSF

Os perfis típicos para o uso em Light Steel Framing são obtidos por perfilagem a partir de bobinas de aço revestidas com zinco ou liga alumínio-zinco pelo processo contínuo de imersão a quente ou por eletrodeposição,

conhecido como aço galvanizado. As massas mínimas de revestimento são apresentadas na tabela 2.1. A espessura da chapa varia entre 0,80 até 3,0 mm (NBR 15253: 2005). As seções mais comuns nas edificações em Light Steel Framing são as com formato em “C” ou “U” enrijecido (Ue) para montantes e vigas e o “U” que é usado como guia na base e no topo dos painéis.

Tabela 2.1 – Revestimento mínimo dos perfis estruturais e não-estruturais. Fonte: NBR 15253: 2005

Tipo de revestimento	Perfis estruturais		Perfis não-estruturais	
	Massa mínima do revestimento g/m <sup>2</sup> <sup>(1)</sup>	Designação do revestimento conforme normas	Massa mínima do revestimento g/m <sup>2</sup> <sup>(1)</sup>	Designação do revestimento conforme normas
Zincado por imersão a quente	180	Z180 (NBR 7008)	100	Z 100 (NBR 7008)
Zincado por eletrodeposição	180	90/90 (NBR 14964)	100	50/50 (NBR 14964)
Alumínio-zinco por imersão a quente	150	AZ150 (NM 86)	100	AZ100 (NM 86)

<sup>(1)</sup> A massa mínima refere-se ao total nas duas faces (média do ensaio triplo) e sua determinação deve ser conforme a NM 278

A tabela 2.2 apresenta as seções transversais dos perfis utilizados e suas aplicações. A seção do perfil U (guia) possui alma (bw) e mesa (bf) que também pode ser chamado de flange ou aba, mas não possui a borda (D) que está presente no montante, isto permite o encaixe deste na guia. As guias não devem transmitir nem absorver os esforços, sendo isto feito pelos montantes, vigas e eventualmente pilares presentes na estrutura.

As dimensões da alma dos perfis Ue variam geralmente de 90 a 300 mm (medidas externas), apesar de ser possível utilizar outras dimensões (tabela 2.3). Os perfis U apresentam a largura da alma maior que a do perfil Ue, a fim de permitir o encaixe deste no perfil guia ou U (tabela 2.3). No Brasil as dimensões comercializadas são 90, 140 e 200 mm. E as me-

sas podem variar de 35 a 40 mm, dependendo do fabricante e do tipo de perfil. Os outros perfis que podem ser necessários para estruturas de LSF são tiras planas, cantoneiras e cartolas (tabelas 2.2 e 2.3). Tiras ou fitas, que vêm em uma variedade de larguras, são tipicamente utilizadas para estabilização dos painéis e formação de ligações. As cantoneiras são normalmente usadas em conexões de elementos onde um perfil Ue não é adequado, e o cartola é comumente empregado como ripas de telhado (Garner, 1996). Além da espessura (tn), a resistência de um perfil de aço depende da dimensão, forma e limite de elasticidade do aço. O limite de escoamento dos perfis de aço zincado, determinado de acordo com a norma NBR 6673, não deve ser inferior a 230 MPa (NBR 15253: 2005).

Tabela 2.2- Designações dos perfis de aço formados a frio para uso em Light Steel Framing e suas respectivas aplicações. (Fonte: NBR 15253: 2005).

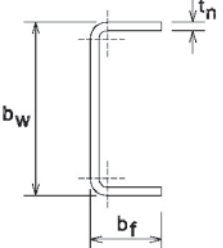
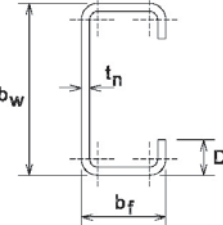
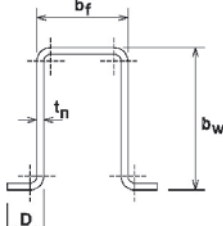
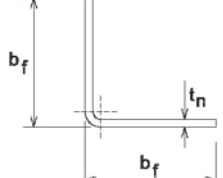
SEÇÃO TRANSVERSAL	SÉRIE Designação NBR 6355:2003	Utilização
	<p>U simples</p> <p>U <math>b_w \times b_f \times t_n</math></p>	<p>Guia Ripa Bloqueador Sanefa</p>
	<p>U enrijecido</p> <p>Ue <math>b_w \times b_f \times D \times t_n</math></p>	<p>Bloqueador Enrijecedor de alma Montante Verga Viga</p>
	<p>Cartola</p> <p>Cr <math>b_w \times b_f \times D \times t_n</math></p>	<p>Ripa</p>
	<p>Cantoneira de abas desiguais</p> <p>L <math>b_{f1} \times b_{f2} \times t_n</math></p>	<p>Cantoneira</p>



Tabela 2.3 - Dimensões Nominais Usuais dos Perfis de Aço para Light Steel Framing (Fonte: a partir da NBR 15253:2005).

DIMENSÕES (mm)	DESIGNAÇÃO (mm)	LARGURA DA ALMA bw (mm)	LARGURA DA MESA bf (mm)	LARGURA DO ENRIJECEDOR DE BORDA - D(mm)
Ue 90x40	Montante	90	40	12
Ue 140x40	Montante	140	40	12
Ue 200x40	Montante	200	40	12
Ue 250x40	Montante	250	40	12
Ue 300x40	Montante	300	40	12
U 90x40	Guia	92	38	-
U 140x40	Guia	142	38	-
U 200x40	Guia	202	38	-
U 250x40	Guia	252	38	-
U 300x40	Guia	302	38	-
L 150x40	Cantoneiras de abas desiguais	150	40	-
L 200x40	Cantoneiras de abas desiguais	200	40	-
L 250x40	Cantoneiras de abas desiguais	250	40	-
Cr 20x30	Cartola	30	20	12

### 2.5. Métodos de Construção

Há essencialmente três métodos de construção utilizando o Light Steel Framing:

#### a) Método "Stick":

Neste método de construção os perfis são cortados no canteiro da obra, e painéis, lajes, colunas, contraventamentos e tesouras de telhados são montados no local (Foto 2.25). Os perfis podem vir perfurados para a passagem das instalações elétricas e hidráulicas e os demais sub-sistemas são instalados posteriormente à montagem da estrutura. Essa técnica pode ser usada em locais onde a pré-fabricação não é viável. As vantagens desse método construtivo são:

- Não há a necessidade do construtor possuir um local para a pré-fabricação

do sistema;

- Facilidade de transporte das peças até o canteiro;
- As ligações dos elementos são de fácil execução, apesar do aumento de atividades na obra.



Foto 2.25-Light Steel framing montado pelo método "stick" (Fonte: Robert Scharff).

### b) Método por Painéis:

Painéis estruturais ou não estruturais, contraventamentos, lajes e tesouras de telhado podem ser pré-fabricados fora do canteiro e montados no local (Foto 2.26). Alguns materiais de fechamento podem também ser aplicados na fábrica para diminuir o tempo da construção. Os painéis e subsistemas são conectados no local usando as técnicas convencionais (parafusos auto-brocantes e auto-atarrachantes). As principais vantagens são:

- Velocidade de montagem;
- Alto controle de qualidade na produção dos sistemas;
- Minimização do trabalho na obra;
- Aumento da precisão dimensional devido às condições mais propícias de montagem dos sistemas na fábrica.



Foto 2.26– Elementos estruturais como tesouras e painéis são pré-fabricados em oficinas e levados a obra para montagem da estrutura. (Fonte: <http://www.aegismetalframing.com>)

### c) Construção Modular:

Construções modulares são unidades completamente pré-fabricadas e podem ser entregues no local da obra com todos os acabamentos internos como revestimentos, louças sanitárias, bancadas, mobiliários fixos,

metais, instalações elétricas e hidráulicas, etc. As unidades podem ser estocadas lado a lado, ou uma sobre as outras já na forma da construção final (Foto 2.27). Exemplo muito comum desse tipo de construção são os módulos de banheiros para obras comerciais ou residenciais de grande porte (Foto 2.28).



Foto 2.27 – Unidades modulares empilhadas na forma da construção final, o vazio que se vê ao centro formará a circulação de acesso às unidades. (Fonte: SCI)



Foto 2.28 - Módulo de banheiro. (Fonte: SCI)

### d) “Balloon Framing” e “Platform Framing”

Construção tipo “Stick” ou por painéis podem ser montadas na forma “Balloon” ou “Platform”. Na construção “Balloon” a estrutura do piso é fixada nas laterais dos montantes e os painéis são geralmente muito grandes e vão além de um pavimento (Figura 2.3).

Na construção “Platform”, pisos e paredes são construídos seqüencialmente um pavimento a cada vez, e os painéis não são estruturalmente contínuos. As cargas de piso são descarregadas axialmente aos montantes (Figura 2.4). Por ser bastante utilizado nas construções atuais, é o método que será abordado nesse trabalho.

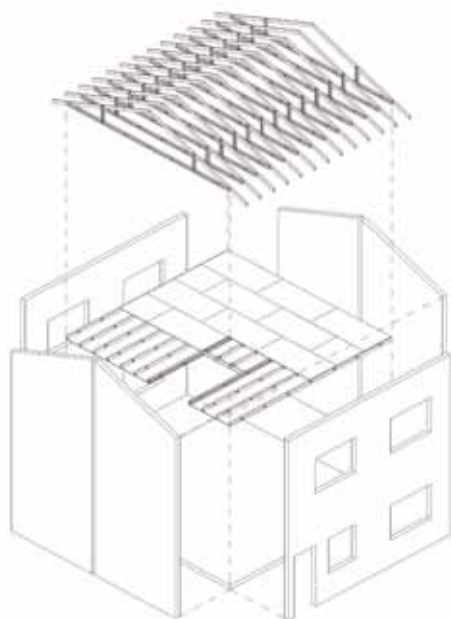


Figura 2.3 - Esquema de construção tipo “balloon” (Fonte: SCI).

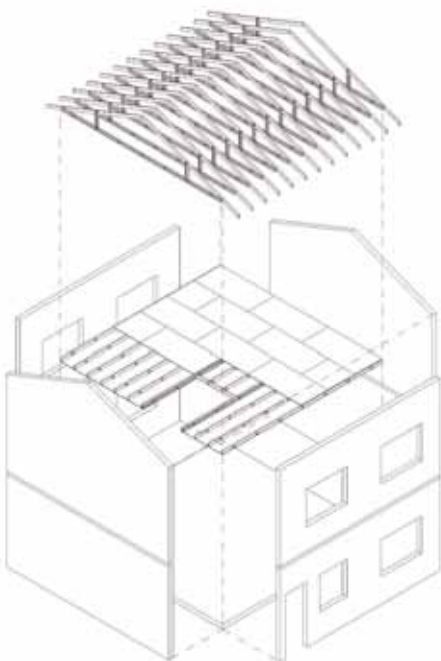


Figura 2.4 - Esquema de construção tipo “platform” (Fonte: SCI)

### 2.6. Fundações

Por ser muito leve, a estrutura de LSF e os componentes de fechamento exigem bem menos da fundação do que outras construções. No entanto, como a estrutura distribui a carga uniformemente ao longo dos painéis estruturais, a fundação deverá ser contínua suportando os painéis em toda a sua extensão. A escolha do tipo de fundação vai depender além da topografia, do tipo de solo, do nível do lençol freático e da profundidade de solo firme. Essas informações são obtidas através da sondagem do terreno.

As fundações são efetuadas segundo o processo da construção convencional e como em qualquer outra construção deve-se observar o isolamento contra a umidade.

É importante destacar que um bom projeto e execução da fundação implica em maior eficiência estrutural. A qualidade final da fundação está intimamente ligada ao correto funcionamento dos subsistemas que formam o edifício (ConsulSteel, 2002). Assim, base corretamente nivelada e em esquadro possibilita maior precisão de montagem da estrutura e demais componentes do sistema.

A seguir serão destacadas as fundações tipo laje Radier e sapata corrida a fim de ilustrar a ancoragem dos painéis à fundação.

#### 2.6.1. Laje Radier

O radier é um tipo de fundação rasa que funciona como uma laje e transmite as cargas da estrutura para o terreno. Os componentes estruturais fundamentais do radier são a laje contínua de concreto, e as vigas no perímetro da laje e sob as paredes estruturais ou colunas, e onde mais for necessário para fornecer rigidez no plano da fundação (Figura 2.5). Sempre que o tipo de terreno permite, a laje radier é a fundação mais comumente utilizada para construções em Light Steel framing.

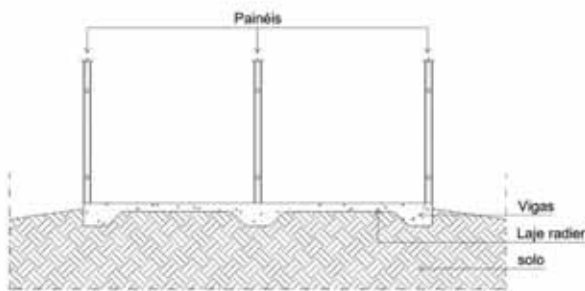


Figura 2.5 - Corte esquemático de uma laje radier

O dimensionamento do radier resultará do cálculo estrutural e o seu procedimento de execução deve observar algumas condições, como por exemplo:

- A fim de evitar a umidade do solo ou infiltração de água na construção, prever o nível do contrapiso a no mínimo 15 cm de altura do solo;
- Nas calçadas ao redor da construção, garagens e terraços (Foto 2.29), possibilitar o escoamento da água através de uma inclinação de pelo menos 5%.



Foto 2.29– Laje radier (Fonte: disponível em: [www.metalica.com.br](http://www.metalica.com.br))

A figura 2.6 a seguir mostra o detalhe do esquema de ancoragem de um painel estrutural a uma laje radier:

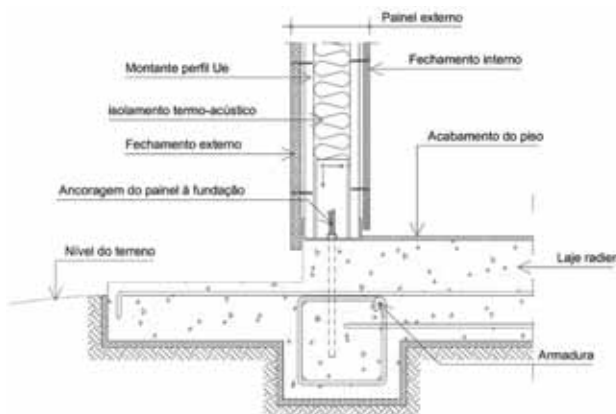


Figura 2.6 – Detalhe esquemático de ancoragem de painel estrutural a uma laje radier (adaptado de Consul Steel, 2002).

## 2.6.2. Sapata Corrida ou Viga Baldrame

A sapata corrida é um tipo de fundação indicada para construções com paredes portantes, onde a distribuição da carga é contínua ao longo das paredes. Constitui-se de vigas que podem ser de concreto armado, de blocos de concreto ou alvenaria que são locados sob os painéis estruturais. O contrapiso do pavimento térreo para esse tipo de fundação pode ser em concreto, ou construído com perfis galvanizados que apoiados sobre a fundação constituem uma estrutura de suporte aos materiais que formam a superfície do contrapiso, como ocorre com as lajes de piso que serão apresentadas no capítulo 4 (Figura 2.7).

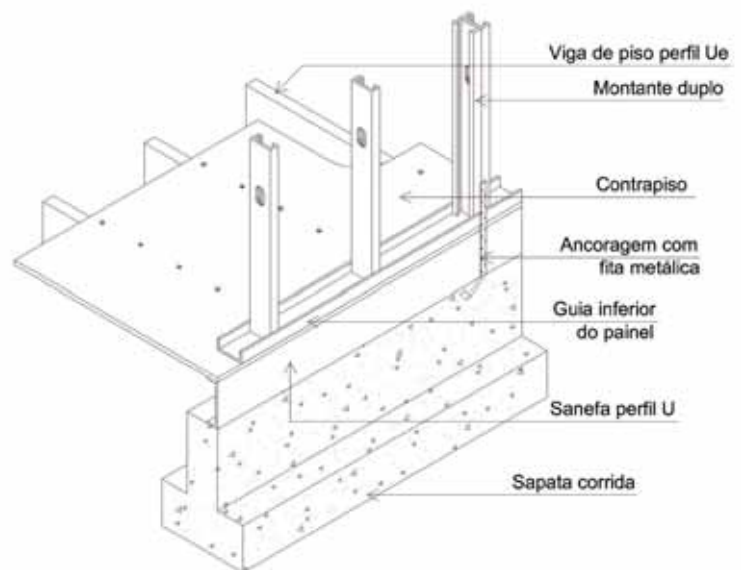


Figura 2.7 - Corte detalhado de fundação sapata corrida

## 2.6.3. Fixação dos Painéis na Fundação

Para evitar o movimento da edificação devido à pressão do vento, a superestrutura deve ser firmemente ancorada na fundação. Esses movimentos podem ser de translação ou tombamento com rotação do edifício (Figura 2.8). A translação é uma ação onde o edifício desloca-se lateralmente devido à ação do vento. Tombamento é uma elevação da estrutura em que a rotação pode ser causada por assimetria na direção dos ventos que atingem a edificação. (Scharff, 1996)

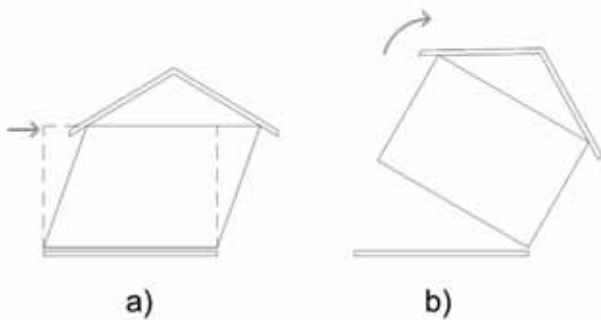


Figura 2.8 – Efeitos da carga de vento na estrutura: a) translação e b) tombamento.

A escolha da ancoragem mais eficiente depende do tipo de fundação e das solicitações que ocorrem na estrutura devido às cargas, condições climáticas e ocorrência de abalos sísmicos (ConsulSteel, 2002). O tipo de ancoragem, suas dimensões e espaçamento são definidos segundo o cálculo estrutural. Os tipos mais utilizados de ancoragem são: a química com barra rosca; e a expansível com parabolts.

a) Ancoragem química com barra rosca-da:

A ancoragem química com barra rosca-da é colocada depois da concretagem da fundação. Consiste em uma barra rosca com arruela e porca, que é fixada no concreto por meio de perfuração preenchida com uma resina química formando uma interface resistente com o concreto. A fixação à estrutura se dá por meio de uma peça em aço que é conectada à barra rosca e à guia e aparafusada ao montante geralmente duplo. A figura 2.9 e a foto 2.30 ilustram a fixação do painel à fundação.

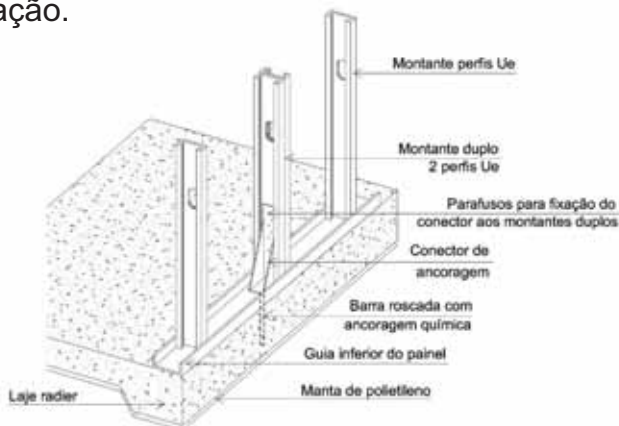


Figura 2.9 –Esquema geral de ancoragem química com barra rosca



Foto 2.30- Detalhe da peça de reforço na ancoragem da estrutura à fundação por meio de barra rosca. (Fonte: arquivo pessoal)

b) Ancoragem expansível com parabolts



Foto 2.31 – Ancoragem por expansão tipo parabolts (Fonte: Fischer)

c) Ancoragem provisória:

No processo de montagem da estrutura no pavimento térreo, os painéis são fixados à fundação através de sistema de finca pinos acionados a pólvora (Foto 2.32). Esse método é utilizado para manter o prumo dos painéis enquanto são montados e conectados a outros painéis do pavimento e até que seja feita a ancoragem definitiva. São também utilizados em painéis não estruturais como fixação e para evitar deslocamentos laterais.



Foto 2.32 – Ancoragem provisória. (Fonte: arquivo do autor)



# ***Capítulo 3***

---

Painéis



Os painéis no sistema Light Steel Framing podem não só compor as paredes de uma edificação, como também funcionar como o sistema estrutural da mesma. Os painéis associados a elementos de vedação, exercem a mesma função das paredes das construções convencionais.

Os painéis são estruturais ou auto-portantes quando compõem a estrutura, suportando as cargas da edificação, e podem ser tanto internos quanto externos. E são não-estruturais quando funcionam apenas como fechamento externo ou divisória interna, ou seja, sem ter função estrutural.

Nesse capítulo serão apresentados detalhadamente os painéis e seus elementos constituintes e a forma de estabilização da estrutura.

### 3.1. Painéis Estruturais ou Auto-Portantes

Os painéis estruturais estão sujeitos a cargas horizontais de vento ou de abalos sísmicos, assim como a cargas verticais praticadas por pisos, telhados e outros painéis. Essas cargas verticais são originadas do peso próprio da estrutura e de componentes construtivos e da sobrecarga devido à utilização (pessoas, móveis, máquinas, águas pluviais, etc). Portanto, a função dos painéis é absorver esses esforços e transmiti-los à fundação.

Os painéis são compostos por determinada quantidade de elementos verticais de seção transversal tipo Ue que são denominados montantes, e elementos horizontais de seção transversal tipo U denominados guias.

De maneira geral, os montantes que compõem os painéis, transferem as cargas verticais por contato direto através de suas almas, estando suas seções em coincidência de um nível a outro, dando origem ao conceito

de estrutura alinhada. Na figura 3.1 observe-se a distribuição do carregamento bem como o detalhe do alinhamento entre os elementos que compõem o painel. Vigas de piso, tesouras de telhado ou treliças também devem estar alinhadas aos montantes. Quando não é possível conseguir este alinhamento, deverá ser colocada sob o painel, uma viga capaz de distribuir uniformemente as cargas excêntricas.

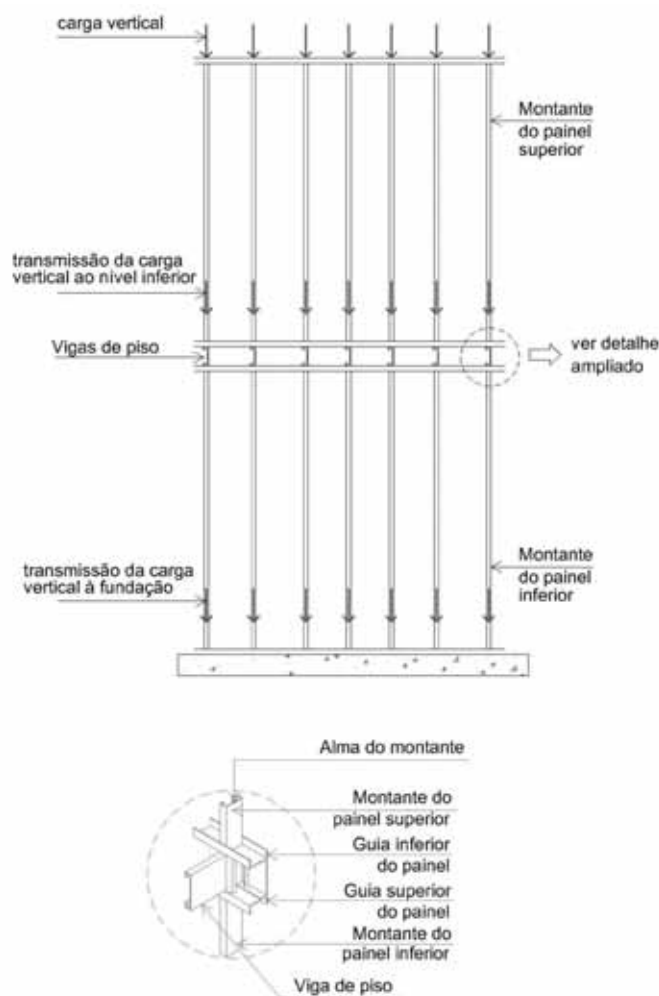


Figura 3.1- Transmissão da carga vertical à fundação.

A distância entre os montantes ou modulação, geralmente de 400 ou 600 mm, é determinada pelas solicitações que cada perfil será submetido. Logicamente, quanto maior a separação entre os montantes, menor a quantidade dos mesmos e como conseqüência, maior será a carga que cada um deles deverá absorver. Há casos em que essa modulação

pode chegar a 200 mm quando ocorre dos painéis suportarem grandes cargas como as de caixas d'água (Foto 3.1).



Foto 3.1- Painel cuja modulação é de 200mm devido à carga de caixa d'água (fonte: arquivo do autor)

Os montantes são unidos em seus extremos inferiores e superiores pelas guias, perfil de seção transversal U simples. Sua função é fixar os montantes a fim de constituir um quadro estrutural. O comprimento das guias define a largura do painel e o comprimento dos montantes, sua altura (Figura 3.2). Os painéis estruturais devem descarregar diretamente sobre as fundações, outros painéis estruturais ou sobre uma viga principal (Elhajj; Bielat, 2000).

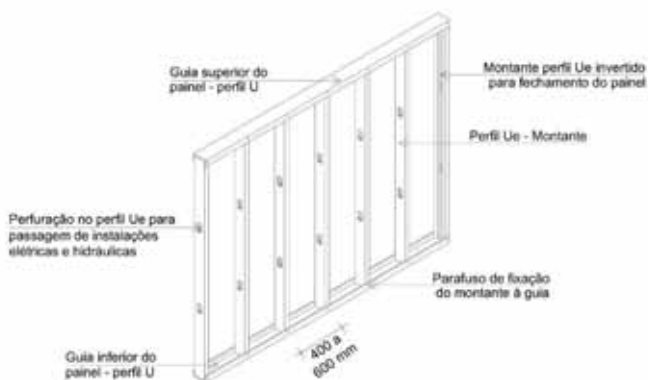


Figura 3.2 – Painel típico em Light Steel Framing

Para unir os perfis que compõem a estrutura, o método mais utilizado é a ligação por meio de parafusos galvanizados do tipo auto-perfurantes ou auto-atarrachantes. O tipo específico de parafuso (cabeça, comprimento, diâmetro, ponta) varia segundo as peças a unir e sua função na estrutura. Esse assunto será apresentado no capítulo 7.

### 3.1.1. Aberturas de Vãos em um Painel Estrutural

Aberturas para portas e janelas em um painel portante necessitam de elementos estruturais como vergas (Foto 3.2) a fim de redistribuir o carregamento dos montantes interrompidos aos montantes que delimitam lateralmente o vão, denominados de ombreiras. A figura 3.3 ilustra estes elementos bem como a distribuição do carregamento no painel.



Foto 3.2- Painel com abertura de janela. (Fonte: arquivo do autor)

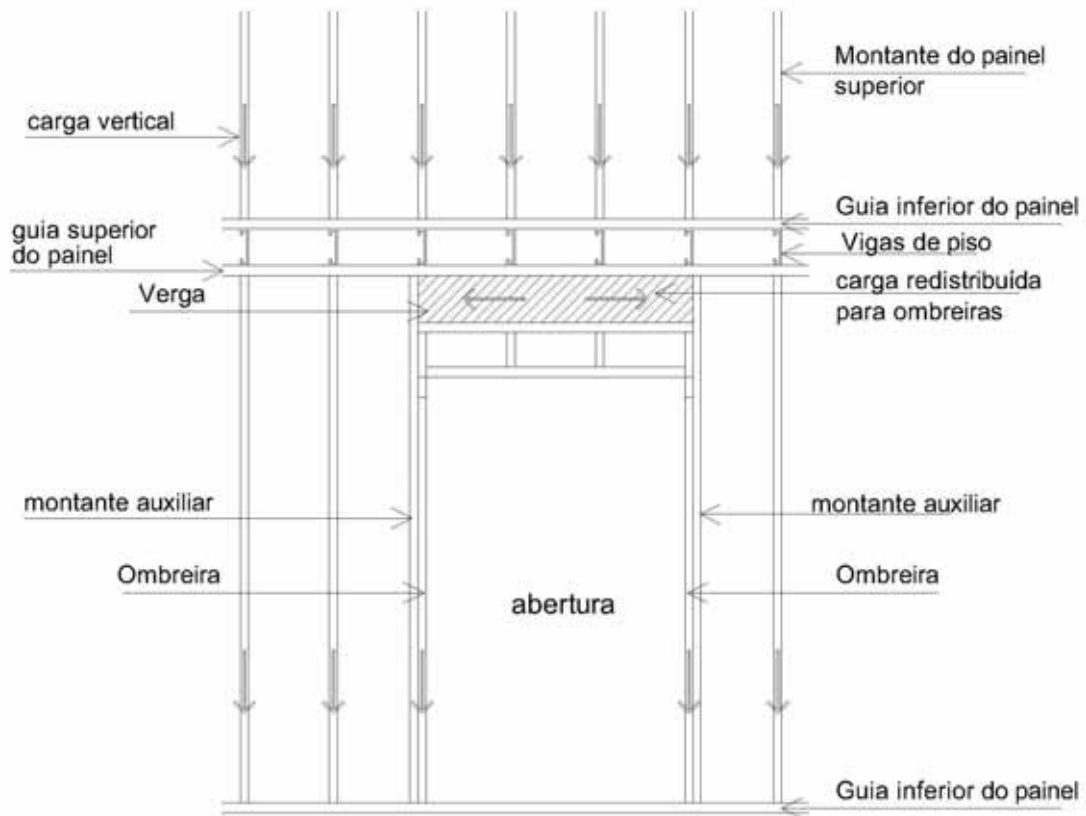


Figura 3.3 - Distribuição dos esforços através da verga para ombreiras.

A verga (Foto 3.3) pode ter várias combinações (Figura 3.4), mas basicamente é composta de dois perfis Ue conectados por meio de uma peça aparafusada em cada extremidade, geralmente um perfil U, de altura igual a verga menos a aba da guia superior do painel, e por uma peça chamada guia da verga que é fixada às mesas inferiores dos dois perfis Ue. Além disso, a guia da verga é conectada às ombreiras, a fim de evitar a rotação da verga, e também permite a fixação dos montantes de composição (cripples) (Figura 3.5), que não têm função estrutural e estão localizados entre a verga e a abertura, a fim de permitir a fixação das placas de fechamento.



Foto 3.3 – Detalhe de verga para abertura de janela. (Fonte: arquivo do autor)

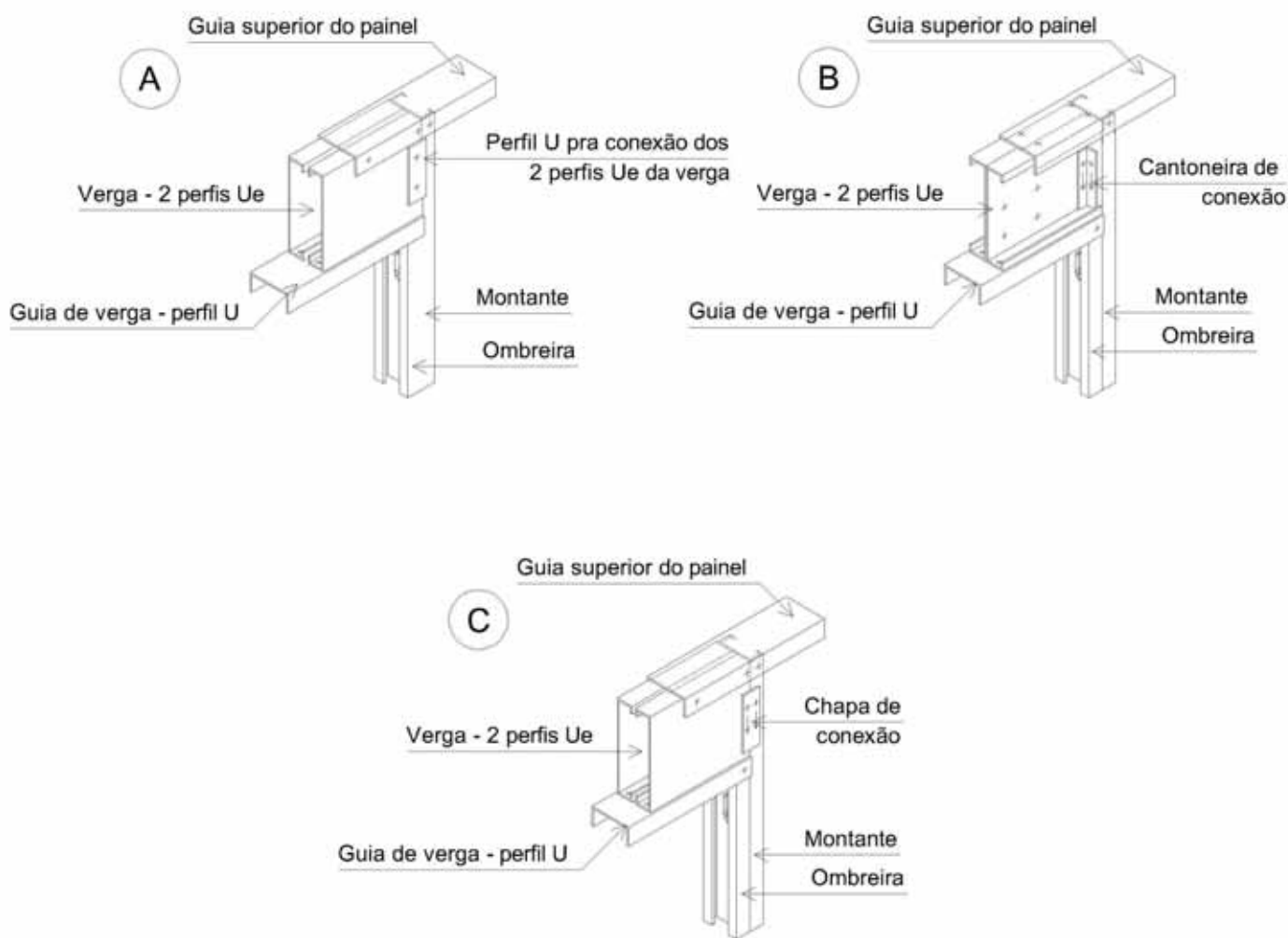


Figura 3.4 - Tipos de vergas

As ombreiras que apóiam a verga vão desde a guia inferior do painel até a guia da verga. A quantidade de ombreiras necessárias para o apoio é definida pelo cálculo estrutural e depende do tamanho da abertura. Mas, segundo o *Construcción com Acero Liviano - Manual de Procedimiento* (ConsulSteel, 2002), em uma aproximação pode se estabelecer que o numero de ombreiras a cada lado da abertura será igual ao número de montantes interrompidos pela verga dividido por 2 (Figura 3.5). Quando o resultado for um numero ímpar deverá somar-se 1.

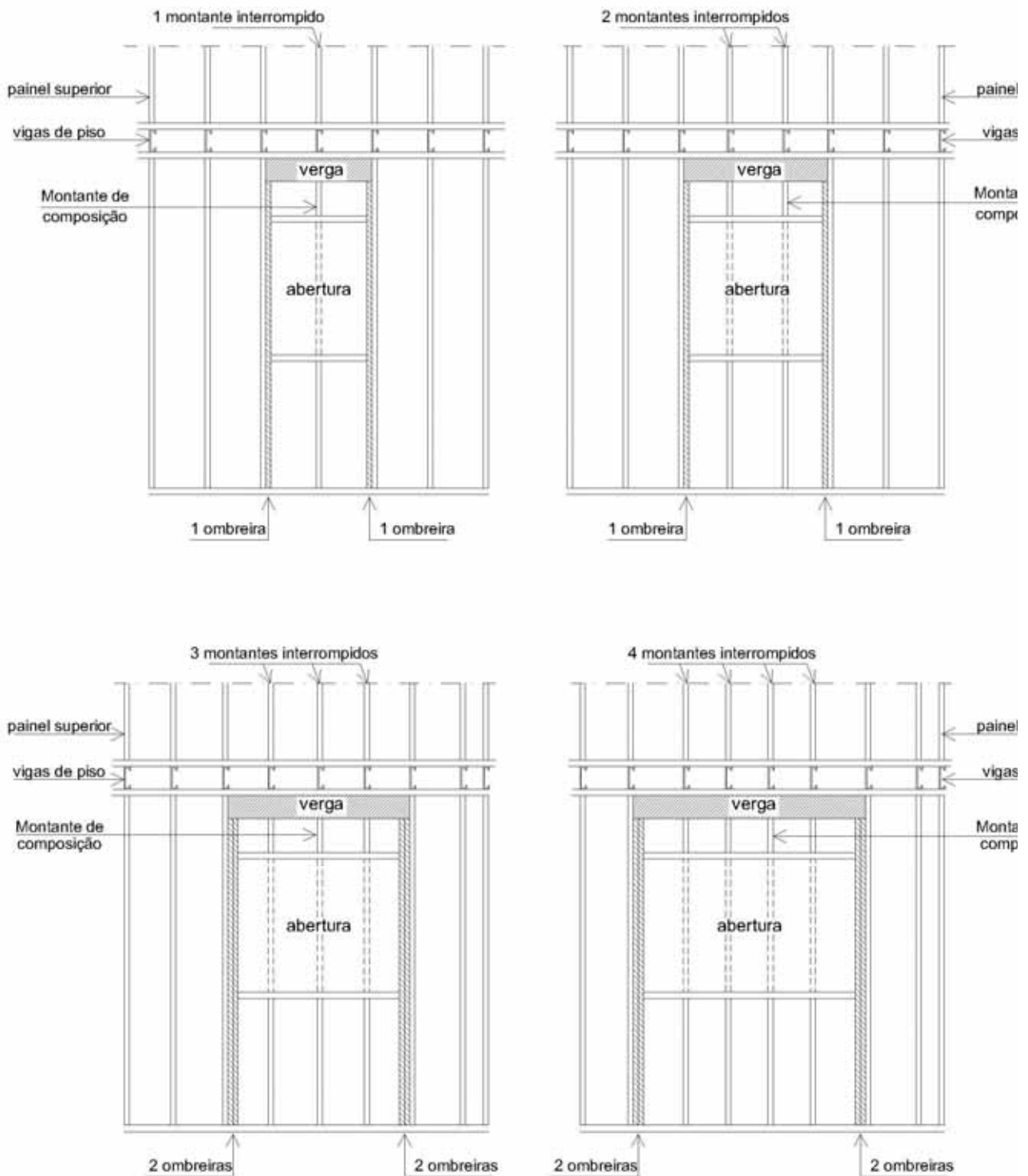


Figura 3.5 - Detalhe de ombreira

Os montantes onde são fixadas as ombreiras são chamados de montantes auxiliares. As vergas são também fixadas nesses montantes por meio de parafusos estruturais (sextavados), que serão posteriormente apresentados no capítulo 7.

O acabamento superior ou inferior da abertura é feito por um perfil U cortado no

comprimento 20 cm maior que o vão. É dado um corte nas mesas a 10 cm de cada extremidade. Esse segmento é dobrado em 90° para servir de conexão com a ombreira. Essa peça é chamada de guia de abertura (Figura 3.6). Para vãos de portas, esse acabamento só é necessário na parte superior da abertura.

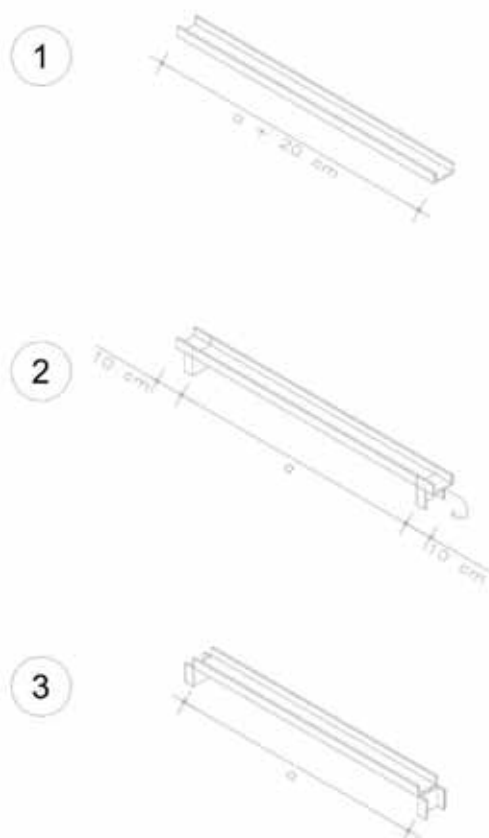


Figura 3.6 - Guia de abertura (a partir de Consul Steel, 2002)

Outras composições também são possíveis, contanto que tenham os seus desempenhos comprovados (Figura 3.7).

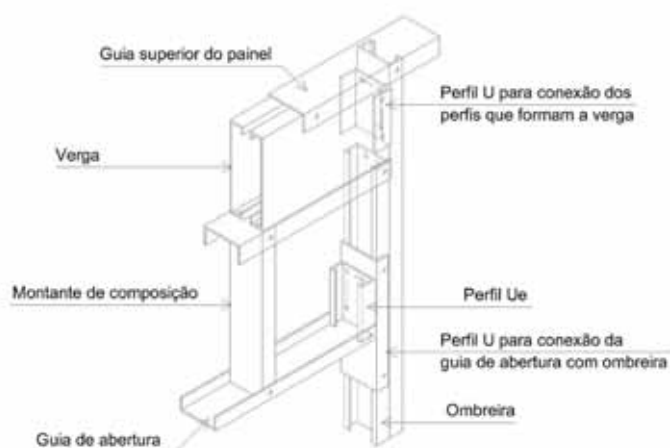


Figura 3.7 - Composição de vão de abertura

Quando acontece da abertura da ombreira estar voltada para dentro do vão, devido à colocação de um número ímpar de perfis

de cada lado, deve ser acrescentado um perfil U, formando uma seção caixa junto com a ombreira, a fim de dar acabamento na abertura e para a fixação de portas e janelas. A figura a seguir mostra o esquema de um painel estrutural com abertura de janela:

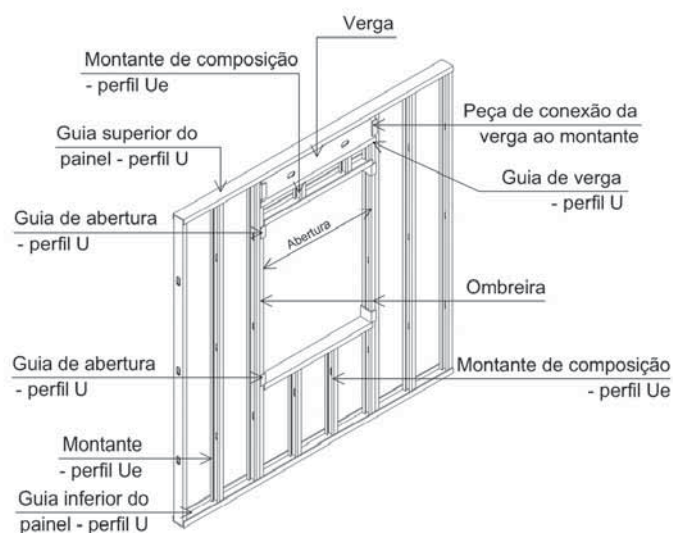


Figura 3.8- Desenho esquemático de painel estrutural com abertura

### 3.1.2. Estabilização da Estrutura

Isoladamente os montantes não são capazes de resistir aos esforços horizontais que solicitam a estrutura, como os provocados por ventos. Esses esforços podem ocasionar perda de estabilidade da estrutura causando deformações e até mesmo levá-la ao colapso.

Para que isso seja evitado deve se prover a estrutura de ligações rígidas ou de elementos capazes de transferir esses esforços para as fundações. Assim, as combinações mais comuns para resistir aos esforços horizontais nas estruturas em Light Steel Framing são:

- Uso de contraventamentos nos painéis, combinado ao diafragma rígido no plano de piso que atua transmitindo os esforços aos painéis contraventados.
- Fechamento da estrutura com placas que funcionem como diafragmas rígidos no plano vertical (painéis).

Associado a esses mecanismos deve se observar uma adequada ancoragem da estrutura à sua fundação, como já foi mencionado anteriormente.

### a) Contraventamentos:

O método mais comum de estabilização da estrutura em LSF é o contraventamento em "X", que consiste em utilizar fitas em aço galvanizado fixadas na face do painel (Foto 3.4), cuja largura, espessura e localização é determinada pelo projeto estrutural.



Foto 3.4 - Painel com contraventamento em "X" (fonte: arquivo do autor)

A seção da fita deve ser dimensionada para transmitir o esforço de tração que resulta de decomposição da carga horizontal atuante ( $V$ ) na direção da diagonal (ConsulSteel, 2002). As diagonais serão solicitadas ora à tração, ora à compressão de acordo com o sentido da aplicação da força do vento (Figura 3.9).

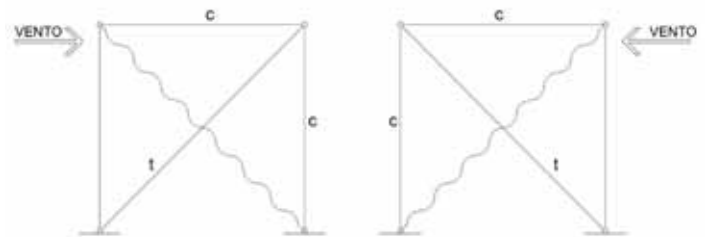


Figura 3.9. - Solicitação das diagonais de contraventamento (a partir de DIAS, 1997)

O ângulo em que a fita é instalada influencia significativamente a capacidade do contraventamento em resistir aos carregamentos horizontais. Quanto menor for o ângulo formado entre a base do painel e a diagonal, menor será a tensão na fita metálica (Scharff, 1996). Para ângulos menores que  $30^\circ$ , a diagonal perde sua eficiência em evitar as deformações. Preferencialmente, para o melhor desempenho, a inclinação das diagonais deverá estar compreendida entre  $30^\circ$  e  $60^\circ$  (ConsulSteel, 2002).

A fixação da diagonal ao painel é feita por uma placa de aço galvanizado, que é aparafusada em montantes duplos, e, em coincidência com estes deverá estar a ancoragem do painel a fim de absorver os esforços transmitidos pelo contraventamento (Figura 3.10).

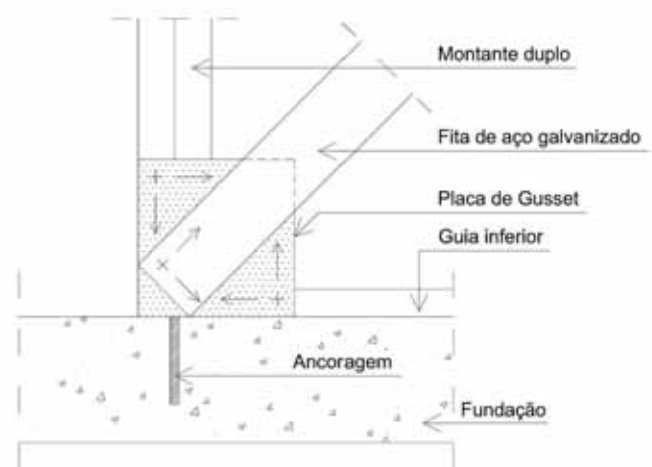


Figura 3.10- Fixação das diagonais nos painéis por placa de Gusset.

Nos painéis superiores a ancoragem também é feita nos montantes que recebem a diagonal e os esforços são transmitidos para o painel imediatamente abaixo que também deve estar devidamente ancorado e contraventado (Figura 3.11).

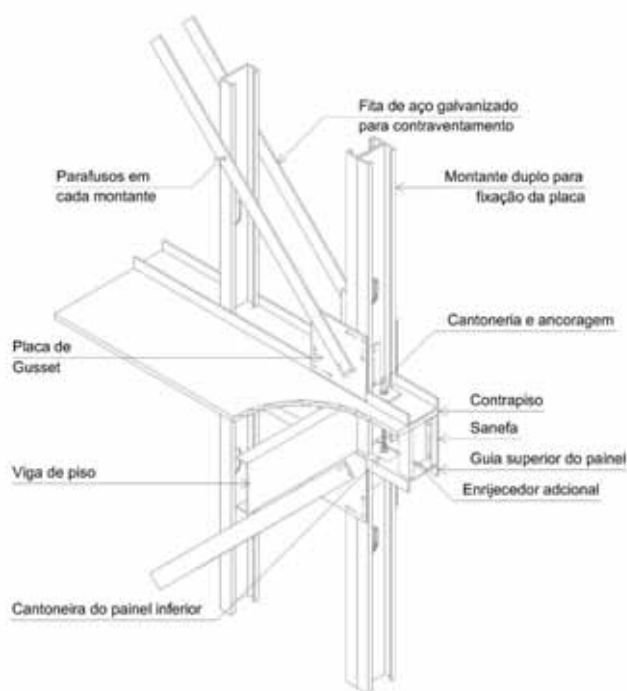


Figura 3.11 - Ancoragem painel superior

Durante a instalação das fitas de aço galvanizado é importante que estas sejam firmemente tensionadas, a fim de evitar folgas que comprometam sua eficiência na transmissão dos esforços, permitindo a deformação dos painéis aos quais estão fixadas, antes das fitas começarem a atuar. (Garner, 1996).

Para se evitar o efeito de rotação que pode ocorrer nos montantes duplos onde estão fixadas as diagonais, deve se prever a colocação do contraventamento nas duas faces do painel.

O uso do contraventamento pode interferir na colocação de abertura de portas ou janelas nas fachadas. Às vezes, é necessário se adotar um ângulo de inclinação grande da diagonal a fim de permitir a colocação de uma

abertura no painel (Figura 3.12). No entanto, é preferível que no projeto sejam previstos painéis cegos para a colocação dos contraventamentos. Apesar do uso da estrutura de piso atuando como diafragma rígido, possibilitar que os contraventamentos sejam necessários em apenas alguns painéis, a interação entre os projetos de arquitetura e engenharia é imprescindível, para que o calculista possa orientar sobre a melhor distribuição dos painéis contraventados.

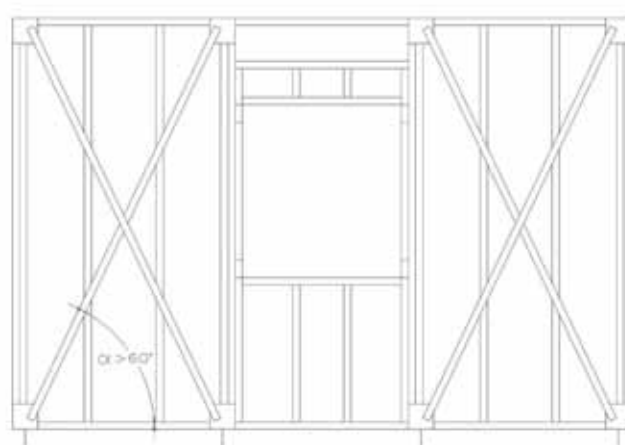


Figura 3.12 - localização do contraventamento em relação as aberturas.



Foto 3.5 - Painéis contraventados em função das aberturas em laboratório na Universidade Federal de Ouro Preto. (Fonte: arquivo Célio Firmo).

Quando o uso do contraventamento em “X” não é o mais apropriado, devido ao projeto arquitetônico prever muitas aberturas em uma fachada, uma alternativa é o contraventamento em “K”. Esse sistema utiliza perfis Ue fixados entre os montantes como mostrado na foto 3.6:



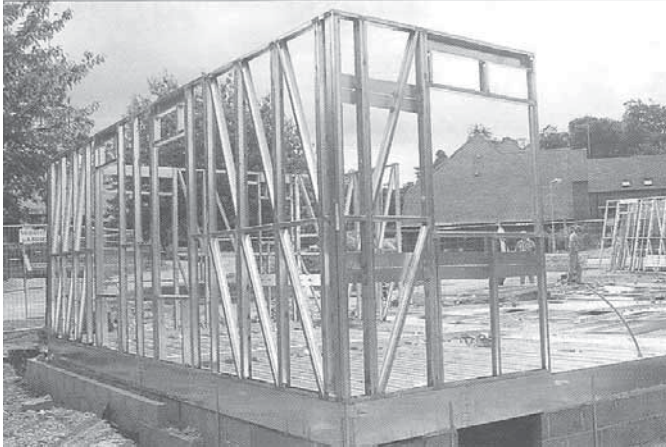


Foto 3.6 - Contraventamento em "K" (fonte: SCI)

Esses elementos agem tanto à tração, como à compressão e junto como os montantes adjacentes formam uma treliça vertical. As principais dificuldades nesse tipo de sistema são as condições de suas conexões, a necessidade de montantes adjacentes mais robustos em painéis a sotavento e significativas excentricidades que podem ser geradas nos painéis. Por esses motivos, esse sistema só é usado quando o contraventamento em "X" não é possível. (Davies, 1999).

### b) Diafragma Rígido:

É possível utilizar os materiais de fechamento externo dos painéis estruturais como parede diafragma ou como parede de cisalhamento. Esses materiais são placas estruturais capazes de fornecer um aumento da resistência do painel, uma vez que absorvem as cargas laterais que solicitam a estrutura, que podem ser de vento ou até mesmo de abalos sísmicos, e as transmitem à fundação.

O desempenho estrutural do diafragma rígido depende diretamente de vários fatores (Pereira Junior, 2004):

- Configuração dos painéis (quantidade e tamanho das aberturas, altura e largura do painel);
- Capacidade resistente dos montantes que formam o painel;
- Tipo, quantidade e separação dos parafusos de fixação da placa à estrutura;

- Resistência e espessura da placa utilizada.

O comportamento das placas de fechamento atuando como diafragma rígido pode ser determinado por meio de ensaios ou de análises estruturais feitas como o auxílio de programas computacionais.

As placas de OSB (Oriented Strand Board) (Foto 3.7) podem desempenhar a função de diafragma rígido vertical e horizontal em edifícios de pequena altura conforme representado na foto 3.8.

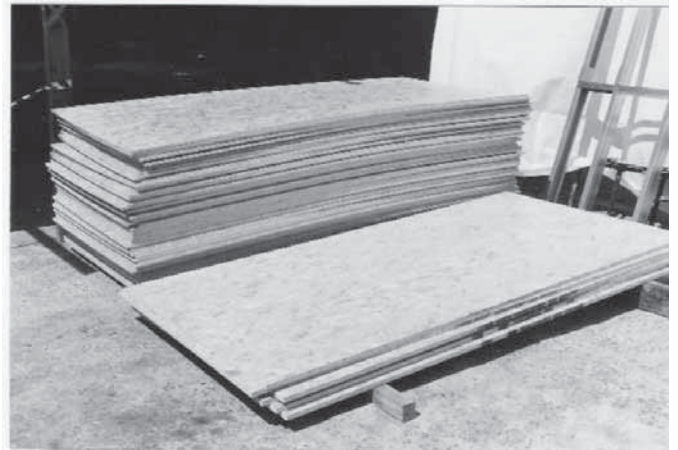


Foto 3.7 - Placas de OSB. (fonte: arquivo do autor)



Foto 3.8 - Fechamento de fachada com placas de OSB. (fonte: arquivo do autor)

O OSB é um painel estrutural de tiras de madeira, geralmente provenientes de reflorestamento, orientadas em três camadas perpendiculares, o que aumenta sua resistência mecânica e rigidez. Essas tiras de madeira

são unidas com resinas e prensadas sob alta temperatura (Masisa, 2003).

Segundo a AISI (American Iron and Steel Institute) e a NASFA (North American Steel Framing Alliance), a espessura mínima da placa de OSB que reveste externamente a parede diafragma deve ser de 12 mm. Internamente, o revestimento de placas de gesso acartonado deve ter espessura mínima de 12,5 mm (R.L. Brockenbrough & Associates, 1998; Elhajj, Bielat, 2000 ).

Para que as placas estruturais de OSB funcionem como diafragma rígido, alguns cuidados devem ser tomados na instalação:

- Nas bordas dos painéis a largura mínima da placa estrutural deve ser de 1,20 m, a fim de manter a resistência da placa (Elhajj ; Bielat, 2000);
- Não deve haver união de placas consecutivas em coincidência com os vértices de uma abertura. Neste caso, as placas devem ser cortadas em forma de “C”, conforme mostra a figura 3.13:

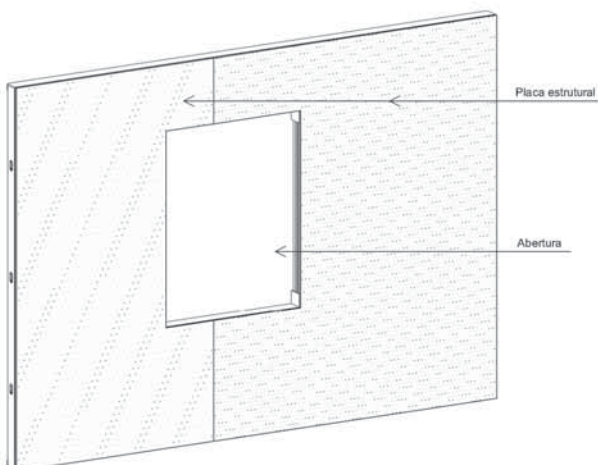


Figura 3.13 - Assentamento das placas estruturais em painéis com aberturas.

- Não deve haver coincidência no encontro dos vértices de quatro placas, de modo que as juntas verticais devem estar desencontradas;
- A união entre duas placas adjacentes deve efetuar-se sobre a mesa de um

montante, onde cada placa compartilha metade dessa mesa. Os parafusos devem estar defasados entre uma placa e outra de modo que não perfurem a mesa do perfil em dois pontos da mesma altura (ConsulSteel, 2002). A figura 3.14 ilustra a fixação de duas placas adjacentes:

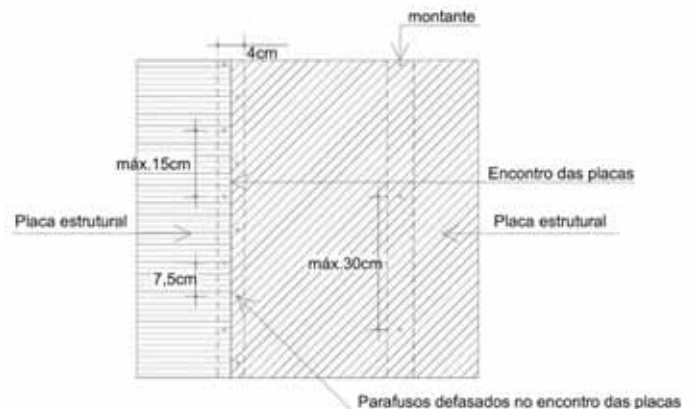


Figura 3.14- Esquema de fixação de placas estruturais por parafusos.

- Só é possível obter o melhor desempenho da placa estrutural quando ela está apropriadamente fixada aos perfis. Geralmente essa fixação é dada por parafusos auto-perfurantes e auto-atarraxantes. Para que os perfis e as placas possam desenvolver toda a sua capacidade de resistência deve-se colocar a quantidade e o tipo de parafusos adequados. Segundo Grubb e Lawson (1997), os parafusos de fixação das placas aos perfis estruturais devem estar espaçados entre si no máximo 150 mm em todo o perímetro da placa, e 300 mm nos montantes intermediários, como ilustra a figura 3.14, estejam estes separados de 400 mm ou 600 mm.

- Sempre que possível, o encontro dos painéis não deve coincidir com o encontro das placas, devendo se sobrepor as juntas para aumentar a rigidez do sistema, como mostra a figura 3.15 (ConsulSteel, 2002);

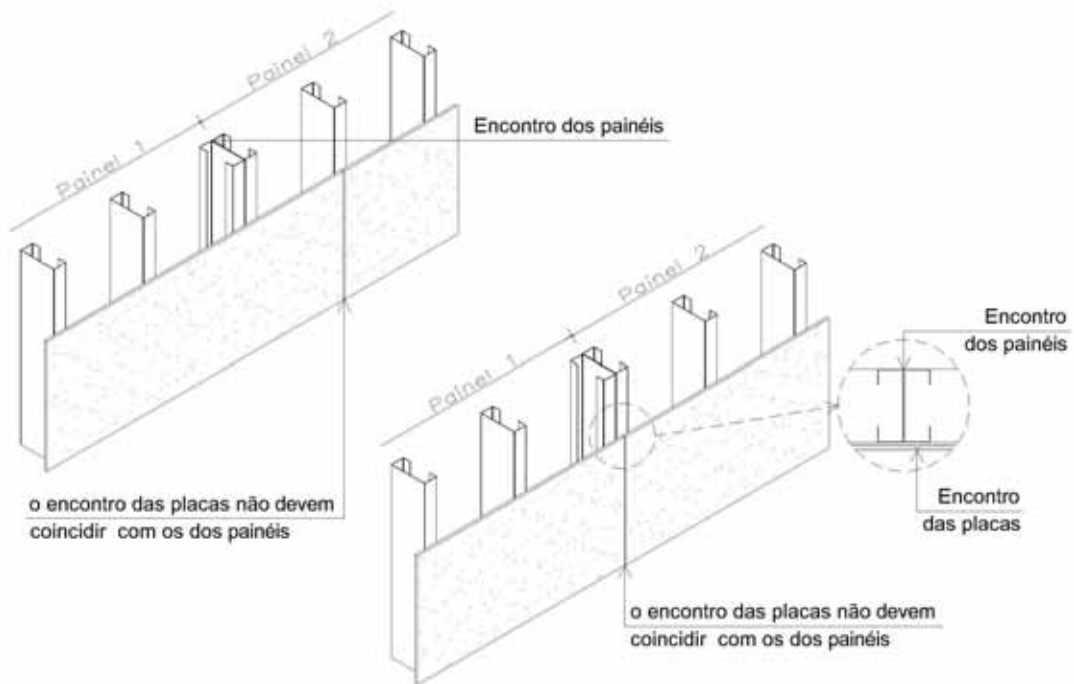


Figura 3.15- Encontro das placas estruturais em relação aos painéis.

- No encontro de dois painéis que formam um canto. As placas devem ser colocadas de forma que uma delas seja sobreposta sobre o outro painel, como sugere a figura 3.16, aumentando a rigidez do conjunto (ConsulSteel, 2002);



Figura 3.16- Encontro entre duas placas estruturais de canto.

É fundamental distinguir entre placas para fechamento externo e placas estruturais que funcionam como diafragma rígido, pois ambas não cumprem necessariamente as

mesmas funções. Em geral, as placas estruturais atuam como vedação dos painéis e são utilizados em sua face externa. Porém, nem todas as placas de fechamento externo podem atuar como diafragma rígido por não apresentar características estruturais necessárias para resistir à ação de cargas horizontais. Portanto, nos casos em que são utilizados painéis de fechamento que não sejam estruturais, é necessário o uso de contraventamentos.

### 3.1.3. Travamento Horizontal

A fim de aumentar a resistência do painel estrutural, fitas de aço galvanizado e os chamados bloqueadores compostos a partir de perfis Ue e U são conectados aos montantes formando um sistema de travamento horizontal (Foto 3.9).

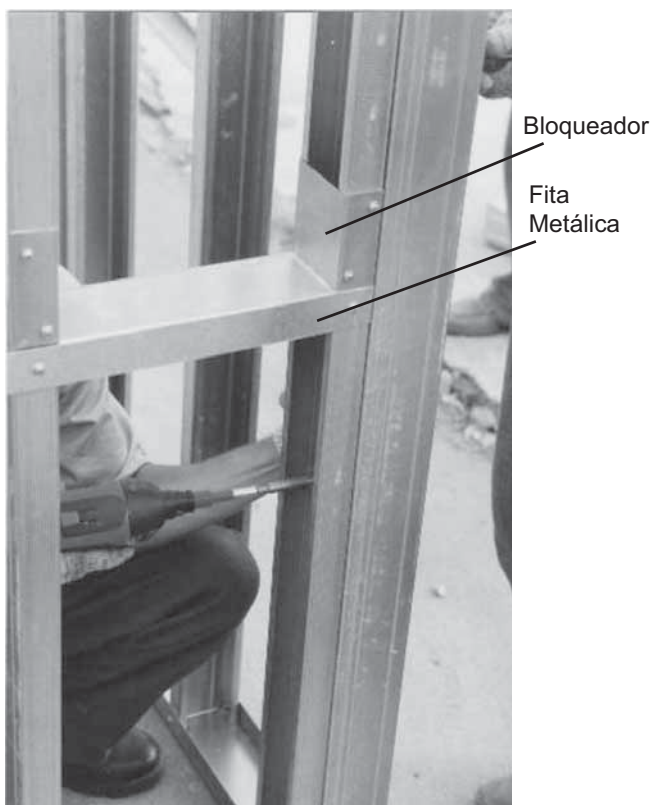


Foto 3.9 - Bloqueador e fita de aço galvanizado fixados ao painel para travamento horizontal (Fonte:arquivo do autor)

A fita metálica evita a rotação dos montantes quando sujeitos a carregamentos normais de compressão, além de diminuir o comprimento de flambagem dos mesmos (Pereira Jr., 2004). A fita metálica deve ser em aço galvanizado e ter pelo menos 38 mm de largura por 0,84 de espessura (Elhajj; Bielat, 2000). Deve ser instalada na horizontal ao longo do painel e seus extremos devem estar sujeitos a peças como montantes duplos ou triplos usados no encontro dos painéis (Figura 3.17). As fitas são aparafusadas em todos os montantes por meio de um parafuso, e devem ser fixadas em ambos os lados do painel, com exceção dos painéis que na face externa levam placas de diafragma rígido (ConsulSteel, 2002). Devem estar localizadas a meia altura para painéis até 2,50m e a cada 1,00 m aproximadamente para painéis entre 2,75 m e 3,00 m (Elhajj; Bielat, 2000).

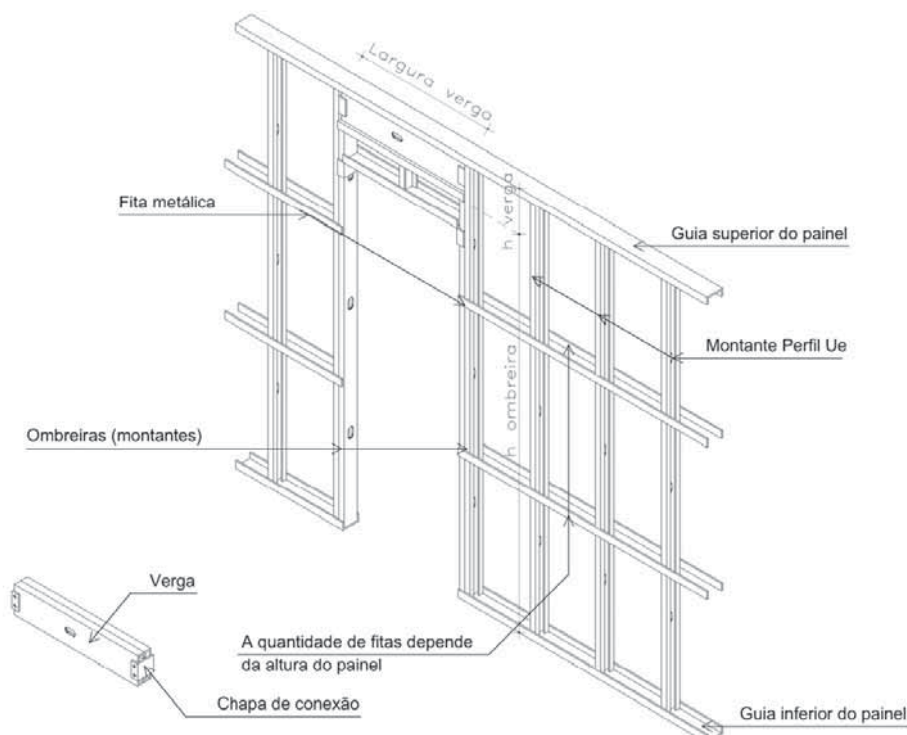


Figura 3.17- Fita metálica para travamento de painel

Os bloqueadores têm a função de enrijecer o painel estrutural e são peças formadas por perfis Ue e U, posicionados entre os montantes. Um perfil U (guia) é cortado 20 cm maior que o vão e é dado um corte nas mesas a 10 cm de cada extremidade e em seguida os segmentos são dobrados em 90º para servir de conexão com os montantes, conforme figura 3.18. Um perfil Ue (montante) é encaixado na peça cortada e ambos são aparafusados à fita metálica, sempre localizados nas extremidades do painel e a intervalos de 3,60 m (Elhajj; Bielat, 2000).

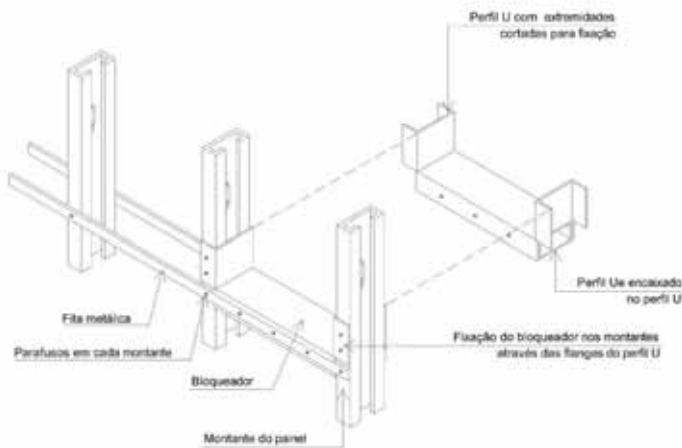


Figura 3.18 – Esquema de travamento horizontal do painel através de bloqueadores.

Outra forma de fixar o bloqueador aos montantes é utilizar o perfil Ue cortado na largura do vão e conectá-los aos montantes por meio de cantoneiras aparafusadas em ambas as peças como aparece na figura 3.19 (Scharff, 1996).

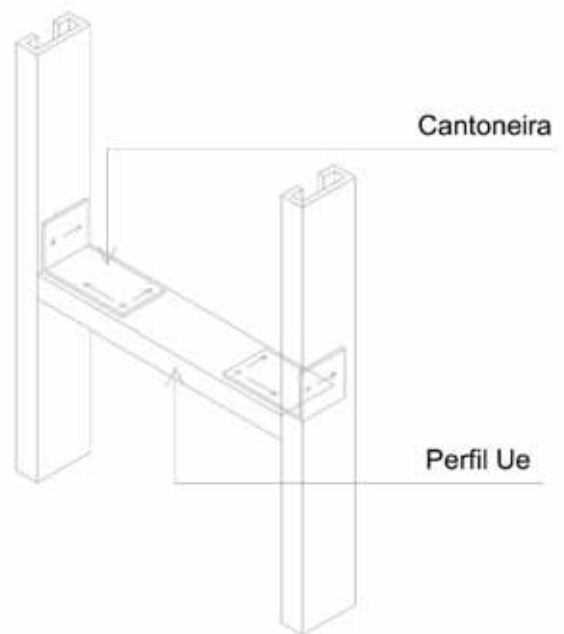
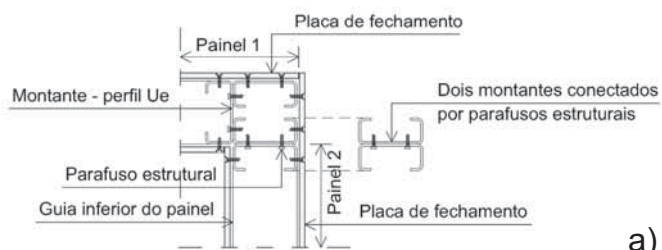


Figura 3.19- Esquema de fixação de bloqueador através de cantoneiras.

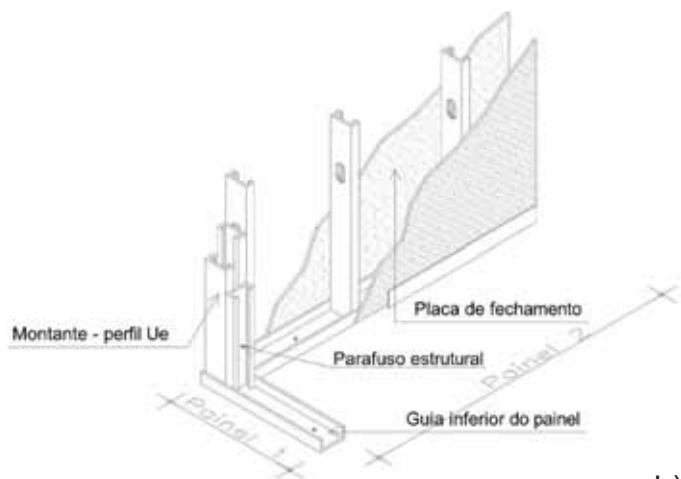
### 3.1.4. Encontro de Painéis

No encontro de painéis estruturais, várias soluções construtivas são possíveis, variando de acordo com o número de painéis que se unem e do ângulo entre estes. É importante sempre garantir a rigidez do sistema, a resistência aos esforços, a economia de material e prover uma superfície para a fixação das placas de fechamento interno ou externo. Peças pré-montadas podem ser utilizadas para facilitar a montagem desses encontros, mas basicamente a união dos painéis se dá por montantes conectados entre si por meio de parafusos estruturais, também conhecidos como parafusos sextavados. As principais configurações no encontro de painéis são:

- a) Ligação de dois painéis de canto:
  - União de dois montantes:



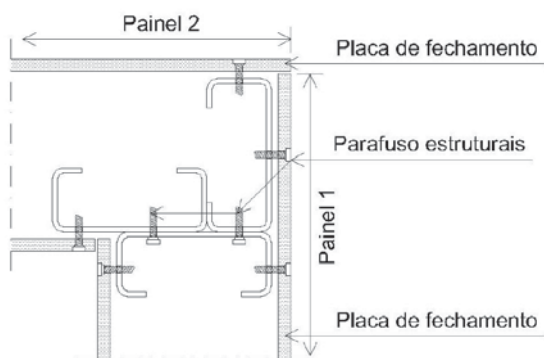
a)



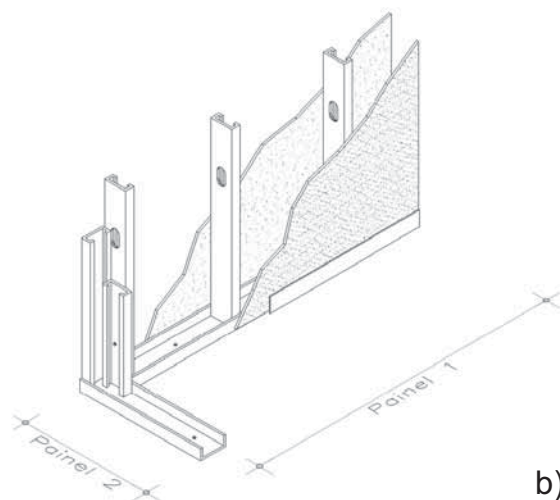
b)

Figura 3.20 - União de dois montantes pela alma. a) planta; b) perspectiva.

• União de três montantes (Scharff, 1996):



a)



b)

Figura 3.21 – União de três montantes: a) planta; b) perspectiva

Em ambos os casos ilustrados nas figuras anteriores, a guia superior de um dos painéis que se encontram, deve ser mais longa 75 mm do que o comprimento da parede para que seja fixada sobre a guia superior do outro painel, aumentando a rigidez do conjunto. As mesas dessa saliência são cortadas e dobradas conforme mostra a figura 3.22 (Garner, 1996):

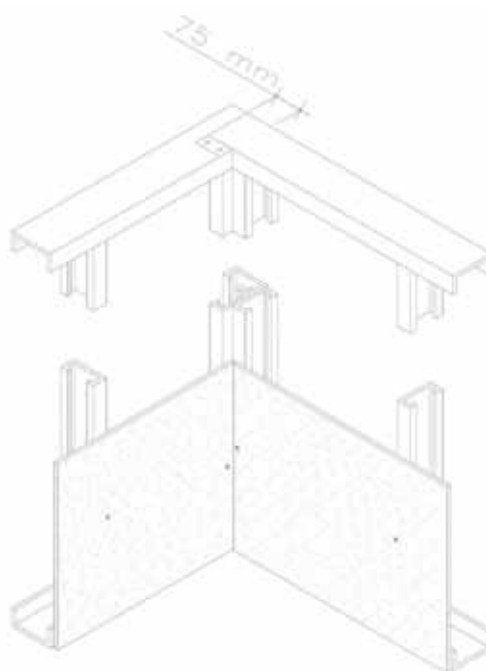


Figura 3.22- Fixação de painéis de canto.

b) Ligação de dois painéis formando um “T”:

Quando a extremidade de um painel é conectada perpendicularmente a outro painel, gerando uma união em “T”. O painel 1, que recebe o painel perpendicular, deve ser contínuo sem emendas na guia superior ou inferior no local de união com o painel 2:

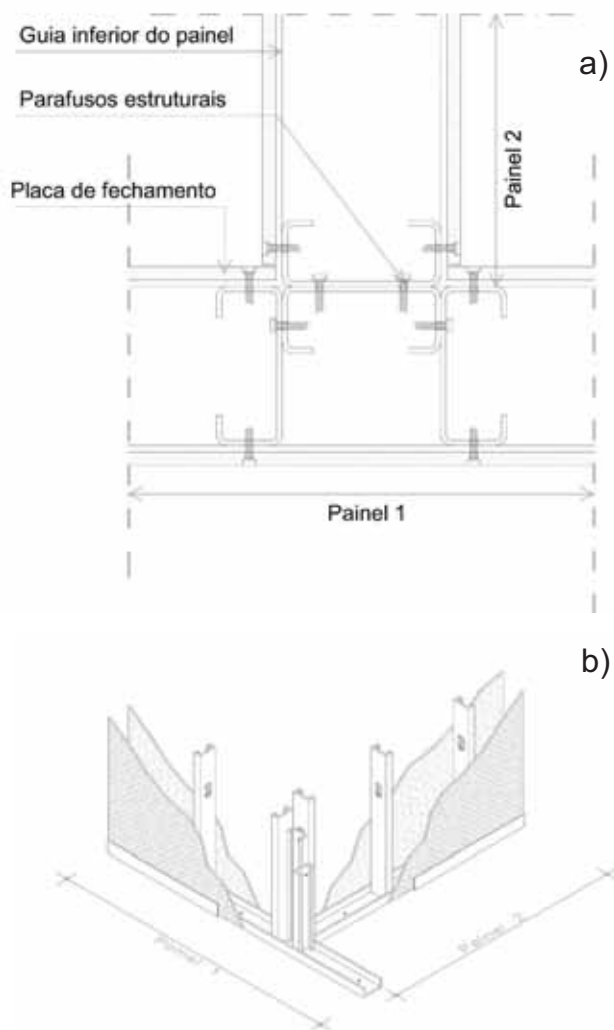


Figura 3.23 – Ligação de dois painéis formando um “T”: a) planta; b) perspectiva.

c) Ligação de três painéis:

Quando as extremidades de dois painéis são conectadas a outro painel perpendicular, gerando uma união cruzada. O painel perpendicular deve ser contínuo sem emendas na guia superior ou inferior na união com as

outras paredes. Essa ligação pode ser feita como mostra a figura a seguir:

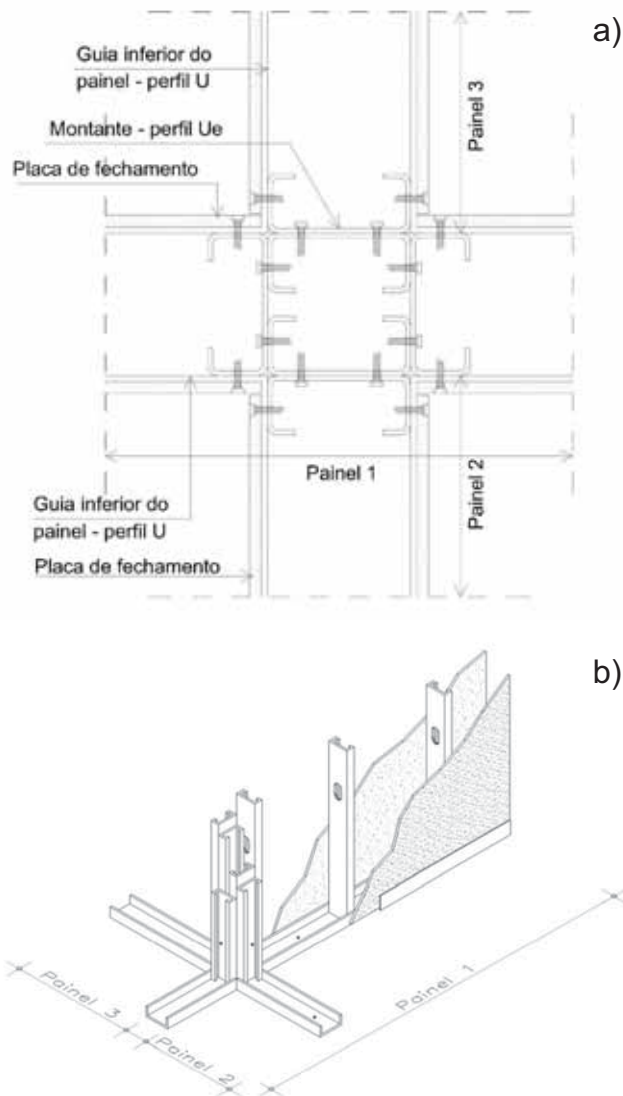


Figura 3.24 – Encontro de três painéis: a) planta; b) perspectiva.

### 3.1.5. Emenda de Guia

Quando ocorrer da guia não ter o comprimento necessário ao painel, pode se unir duas guias por meio de um perfil Ue, o mesmo usado nos montantes, encaixado dentro das guias e aparafusados em ambas pelas mesas, conforme figura 3.25. O comprimento do perfil Ue deve ser de no mínimo 15 cm (Elhajj; Bielat, 2000) e essa emenda deve sempre ocorrer entre dois montantes.

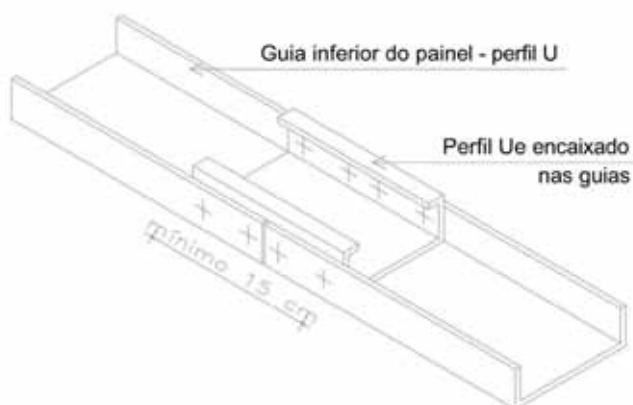


Figura 3.25- Emenda de perfil guia.

### 3.2. Painéis Não-Estruturais

Painéis não-estruturais são aqueles que não suportam o carregamento da estrutura, mas apenas o peso próprio dos componentes que os constituem. Tem a função de fechamento externo e divisória interna nas edificações.

Quando se trata de divisórias internas, pode ser utilizado o sistema de gesso acartonado ou “Drywall”, onde as seções dos perfis de montantes e guias possuem menores espessuras e dimensões. Porém, nas divisórias externas, devido ao peso dos componentes de fechamento e revestimento é recomendável utilizar os mesmos perfis que constituem os painéis estruturais.

A solução para aberturas de portas e janelas em um painel não-estrutural é bem mais simples, pois como não há cargas verticais a suportar, não há necessidade do uso de vergas e conseqüentemente, de ombreiras.

Desta forma, a delimitação lateral do vão é dada por um único montante ao qual será fixado o marco da abertura. Em alguns casos, para dar maior rigidez à mesma, poderá optar-se por colocar montantes duplos nesta posição, ou um perfil caixa formado a partir do encaixe de um montante e um guia.

O acabamento superior e inferior das

aberturas são definidos similarmente aos dos painéis estruturais, utilizando a guia de abertura. As figuras a seguir apresentam a conformação de um painel não-estrutural:

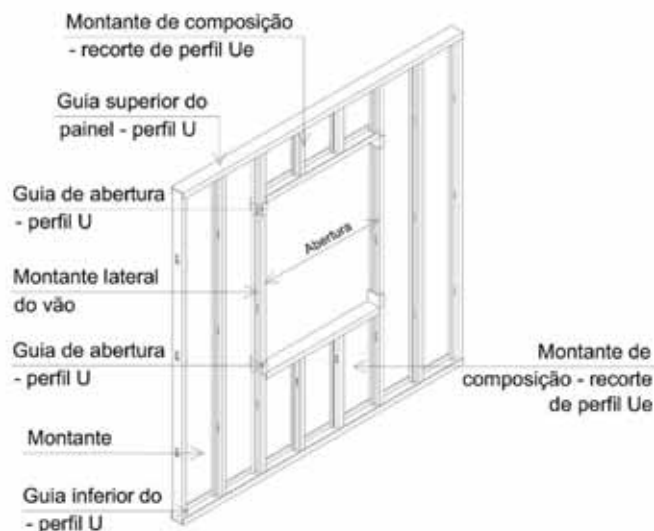


Figura 3.26 - Desenho esquemático de painel não-estrutural com abertura.



Foto 3.10 - Painel não-estrutural de fachada de residência. (Fonte: arquivo do autor)



## 3.3. Paredes Curvas, Arcos e Formas Atípicas.

Painéis estruturais e não-estruturais podem ser conformados em uma variedade de superfícies curvas (Foto 3.11) e aberturas em arco.



Foto 3.11 – Montagem de paredes curvas projetadas para construção com perfis formados a frio em um ambulatório em Curitiba. (Fonte: US Home)

Para a construção de paredes curvas é necessário que as guias superior e inferior do painel tenham a mesa da face externa e a alma cortados a intervalos de aproximadamente 5 cm em todo o comprimento do arco (Scharff, 1996). Assim, é possível curvar as guias uniformemente até obter o raio desejado. Porém, as curvas não devem ser muito fechadas. Para manter o raio da curvatura e reforçar a guia, uma fita de aço galvanizado deve ser fixada na face externa da mesa da guia, através de parafusos ou “clinchings”, conforme mostra a figura 3.27, só depois deverão ser fixados os montantes. Para a montagem do painel, o mais adequado é que ele seja montado no local pelo método “stick”, ou seja, primeiro fixa-se a guia inferior e superior no piso e na laje respectivamente, na conformação da curva e colocam-se os montantes no espaçamento de acordo com o cálculo estrutural.

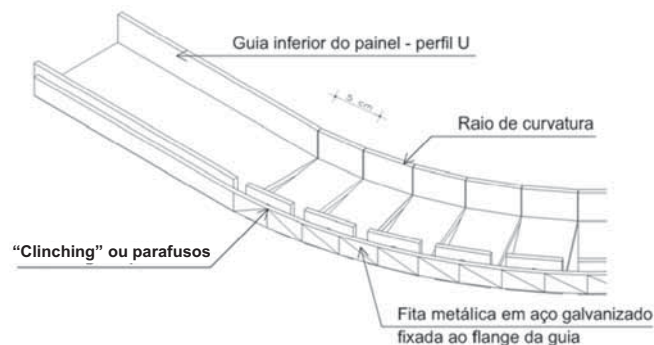


Figura 3.27– Método para curvatura de perfis U.

Como esses procedimentos geralmente são trabalhosos e demandam tempo, existem no mercado americano perfis U de aço galvanizado flexíveis, que se assemelham a vértebras (Foto 3.12), e que se moldam facilmente a qualquer curvatura ou formato ondulado, proporcionando uma montagem muito mais rápida e segura.

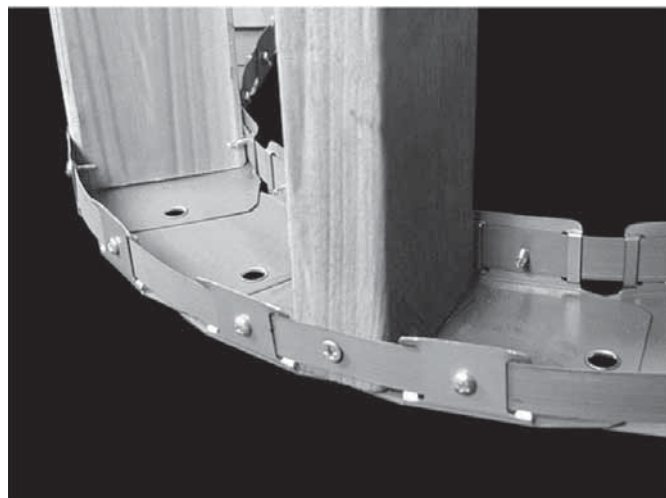


Foto 3.12 - Perfil U flexível. (Fonte: disponível em [www.toolbase.org](http://www.toolbase.org))

Aberturas em forma de arco podem ser construídas de um painel estrutural ou não-estrutural, onde um perfil U tem ambas as mesas cortadas de modo a possibilitar a flexão do perfil no raio ou curvatura exigida no projeto. Mãos-francesas são fixadas na verga ou guia de abertura e nas ombreiras para possibilitar a fixação do perfil como mostra a figura 3.28. Do mesmo modo que nos painéis curvos, perfis flexíveis podem ser usados para agilizar o trabalho de montagem.

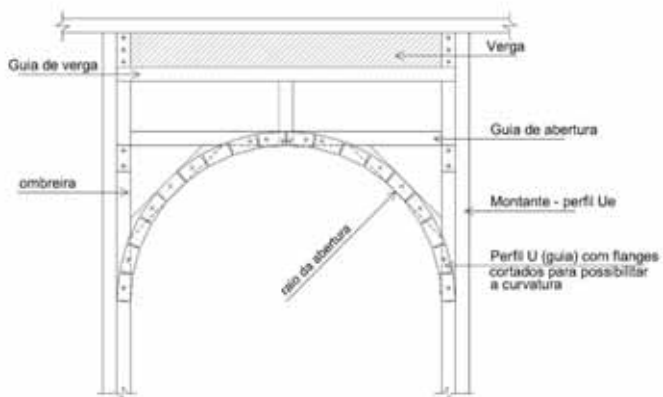


Figura 3.28 - Método para construção de aberturas em arco.

Devido a sua versatilidade, projetos em Light Steel Framing possibilitam diversas formas arquitetônicas. Cabe ao arquiteto interagir com o profissional responsável pelo cálculo para que soluções estruturais concretizem as propostas do projeto.

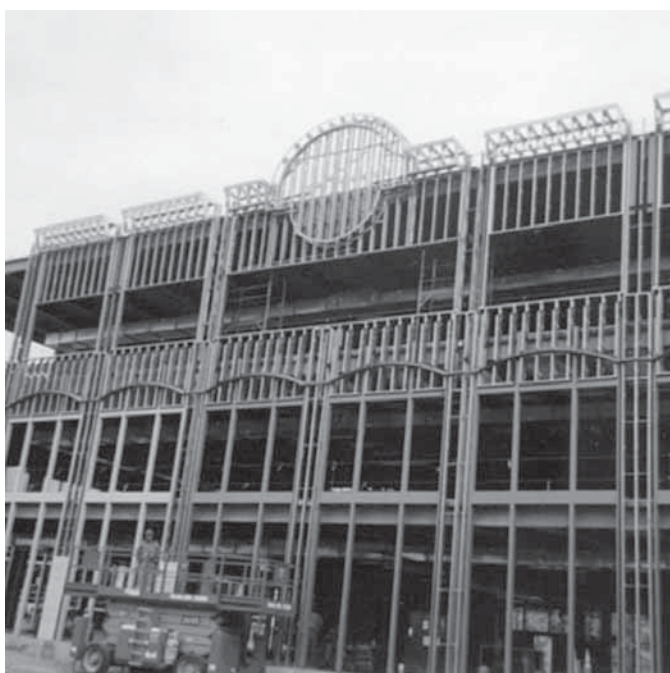


Foto 3.13 – Painéis apresentando diversas formas curvas. (Fonte: disponível em: <http://www.aegismetalframing.com>).



# ***Capítulo 4***

---

Lajes

Como mencionado anteriormente, a estrutura de piso em Light Steel Framing (Figura 4.1) emprega o mesmo princípio dos painéis, ou seja, perfis galvanizados cuja separação equidistante dos elementos estruturais ou modulação é determinada pelas cargas a que cada perfil está submetido. Essa modulação, na maioria dos casos, é a mesma para toda a estrutura: painéis, lajes e telhados.



Foto 4.1- Vigas de piso (Fonte: arquivo do autor)

Os perfis devem ser suficientemente resistentes e enrijecidos para suportar as cargas e evitar deformações acima das exigidas por norma. Portanto, não é recomendável se cortar a mesa de um perfil que atua como viga. Perfurações executadas nas almas das vigas para passagem de tubulações, quando excederem as dimensões dos furos já existentes nos perfis (conhecidos por “punch”), devem ser previstos pelo projeto estrutural. A norma NBR 15253:2005 prevê que: “Aberturas sem reforços podem ser executadas nos perfis, desde que devidamente consideradas no dimensionamento e que o maior eixo da furação coincida com o eixo longitudinal central da alma do perfil e a geometria dos furos esteja de acordo com a figura 4.2. A distância entre centros de furos sucessivos deve ser no mínimo igual a 600 mm; a distância entre a extremidade do perfil e o centro do primeiro furo deve ser no mínimo de 300 mm; a distância entre a extremidade de uma abertura e a face lateral do apoio da viga deve ser de no mínimo 250 mm”.

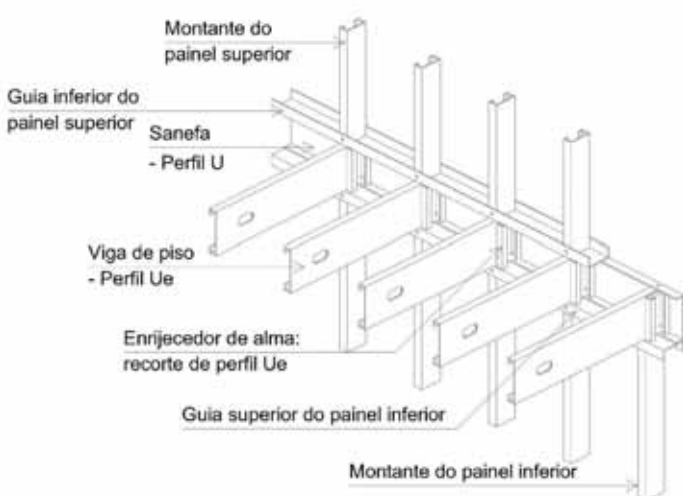


Figura 4.1- Estrutura de piso em Light Steel Framing.

Esses perfis denominados vigas de piso (Foto 4.1) utilizam perfis de seção Ue, dispostos na horizontal, cujas mesas, normalmente, têm as mesmas dimensões das mesas dos montantes, porém a altura da alma é determinada por vários fatores, entre eles, a modulação da estrutura e o vão entre os apoios. Assim a disposição das vigas de piso deve gerar a menor distância entre os apoios, resultando em perfis de menor altura.

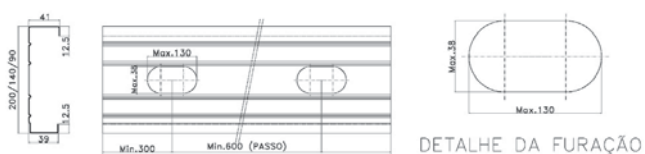


Figura 4.2- Aberturas nos perfis para passagem de tubulações. (Fonte: NBR 15253:2005)

Para aberturas com formas diferentes e dimensões maiores que as recomendadas na figura 4.2, devem ser executados reforços nestas aberturas, a serem projetados conforme práticas aceitas na engenharia estrutural (NBR 15253: 2005). Nesses casos, os furos devem ser reforçados por uma chapa de aço galvanizado de espessura no mínimo igual ao do elemento perfurado e deve se estender 25 mm além das bordas do furo. O reforço deve ser fixado com parafusos (Figura 4.3). Essas perfurações não devem exceder em largura, 75% da altura da alma do membro estrutural ou exceder 152 mm de comprimento medidas ao longo da alma (Elhajj; Bielat, 2000).

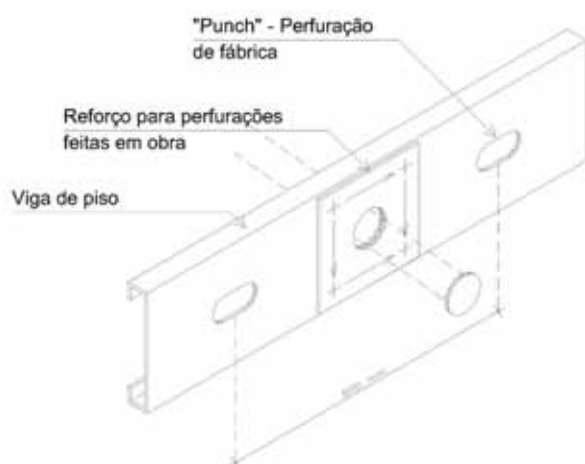


Figura 4.3 - Detalhe de reforço em viga de piso.

As vigas de piso são responsáveis pela transmissão das cargas a que estão sujeitas (peso próprio da laje, pessoas, mobiliário, equipamentos, etc.) para os painéis; e também servem de estrutura de apoio do contrapiso. Estes quando estruturais podem trabalhar como diafragma horizontal desde que devidamente conectados às vigas de piso, uma vez que a resistência e o espaçamento das ligações (parafusos) definem a capacidade do mesmo de ser considerado como diafragma. (Elhajj; Crandell, 1999).

Os carregamentos relativos às divisórias internas não-portantes podem ser suporta-

dos por vigas de piso isoladas, devidamente dimensionadas, ou pela estrutura do piso em conjunto, conforme o cálculo estrutural. Já painéis estruturais devem ser apoiados diretamente sobre outros painéis estruturais ou vigas principais (Grubb, Lawson, 1997).

Além das vigas de piso, outros elementos são essenciais na constituição de uma laje em um sistema Light Steel Framing, como representado nas figuras 4.1 e 4.4:

- Sanefa ou guia: perfil U que fixa as extremidades das vigas para dar forma à estrutura;
- Enrijecedor de alma: recorte de perfil Ue, geralmente montante, que fixado através de sua alma à alma da viga no apoio da mesma, aumenta a resistência no local evitando o esmagamento da alma da viga. Também pode ser chamado de enrijecedor de apoio;
- Viga caixa de borda: formada pela união de perfis U e Ue encaixados possibilita a borda da laje paralela às vigas, principalmente quando ocorre de servir de apoio a um painel.
- Viga composta: combinação de perfis U e Ue a fim de aumentar a resistência da viga. Pode ser utilizada no perímetro de uma abertura na laje, como por exemplo, para permitir o acesso através de uma escada, servindo de apoio para as vigas interrompidas.

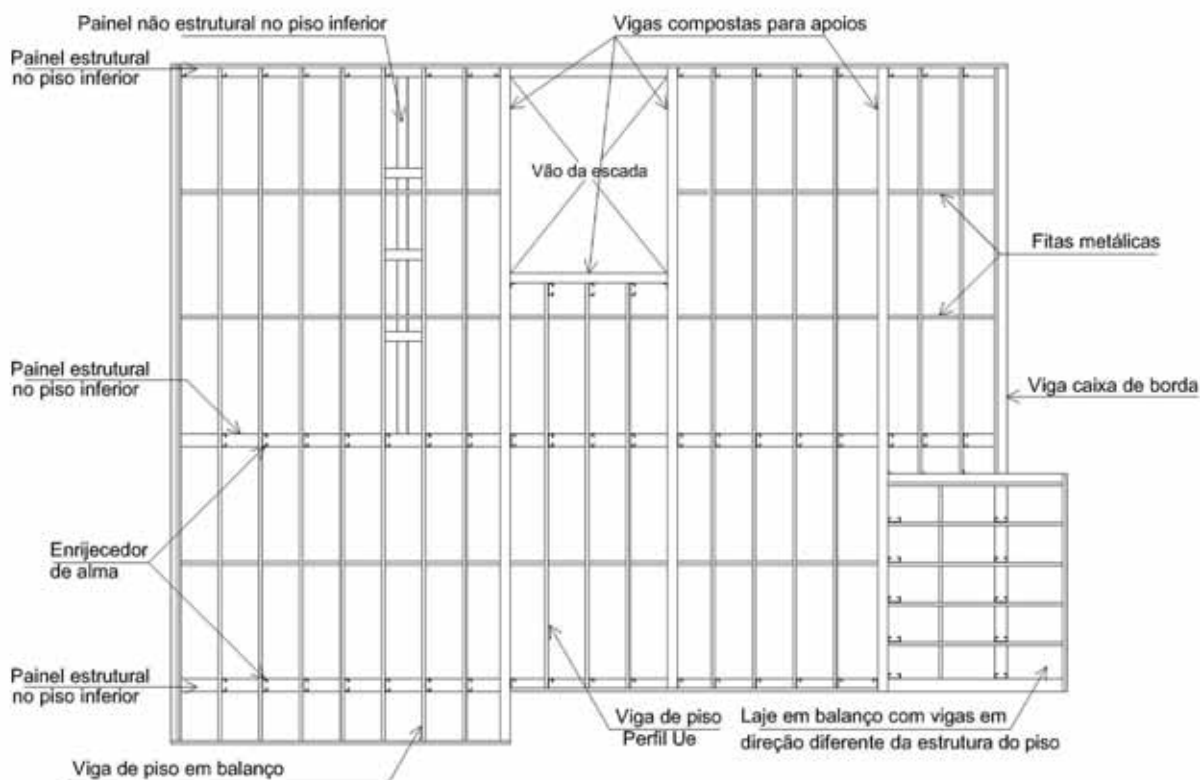


Figura 4.4 - Planta de estrutura de piso em Light Steel Framing

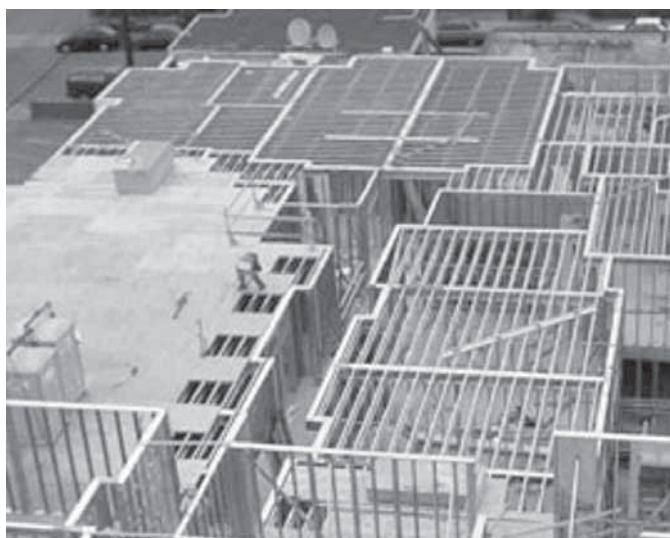


Foto 4.2 – Estrutura de piso em Light Steel Framing (Fonte: disponível em: <http://www.aegismetallframing.com>)

## 4.1. Tipos de Laje

De acordo com a natureza do contrapiso, a laje pode ser do tipo úmida, quando se utiliza uma chapa metálica ondulada aparafusada às vigas e preenchida com concreto que serve de base ao contrapiso. Ou pode ser do

tipo seca quando placas rígidas de OSB, cimentícias ou outras são aparafusadas à estrutura do piso.

### a) Laje Úmida:

A laje úmida é composta basicamente por uma chapa ondulada de aço (Foto 4.3) que serve de fôrma para o concreto e é aparafusada às vigas de piso, e uma camada de 4 a 6 cm de concreto simples que formará a superfície do contrapiso.



Foto 4.3 - Fôrma de aço para contrapiso úmido (Fonte: arquivo do autor).

O contrapiso de concreto serve como base para a colocação do acabamento de piso que pode ser cerâmico, de madeira, pedras, laminados, etc. Para evitar fissuras de retração durante a cura do concreto é necessário o emprego de uma armadura em tela soldada colocada antes da concretagem.

A laje úmida não deve ser confundida com a Fôrma de Aço Incorporada, também conhecida como “Steel Deck”, já que esta funciona como um elemento misto e necessita de menor quantidade de apoios.

Para obter um conforto acústico adequado, deve-se empregar um material de isolamento entre a forma de aço e o concreto. A forma mais comum é a colocação de painéis de lã de vidro compacta sobre a chapa de aço protegido por um filme de polietileno para evitar a umidificação da lã de vidro durante a concretagem.

Antes da colocação da chapa de aço, deve-se fixar em toda a borda do piso, um perfil galvanizado tipo cantoneira a fim de servir de forma lateral para o concreto. A figura 4.5 mostra o esquema de uma laje úmida:

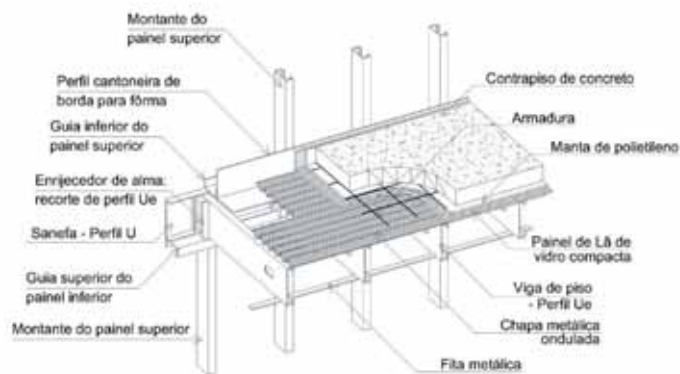


Figura 4.5 – Desenho esquemático de laje úmida.

## b) Laje Seca

A laje seca consiste no uso de placas rígidas aparafusadas às vigas de piso, e servem como contrapiso, podendo desempenhar

a função de diafragma horizontal, desde que as placas sejam estruturais.

A escolha do tipo e da espessura da placa está relacionada com a deformação requerida pelas próprias características da mesma, e fundamentalmente com o tipo de revestimento a utilizar. (ConsulSteel, 2002).

A placa mais utilizada é o OSB com 18 mm de espessura (Foto 4.4), que além de apresentar propriedades estruturais favorecendo o uso como diafragma horizontal, é leve e de fácil instalação.



Foto 4.4 - Placas de OSB utilizadas para laje seca. (Fonte: arquivo do autor)

Para áreas molhadas como banheiros, cozinhas, áreas de serviço e outras, o uso da placa cimentícia é mais recomendado já que tem maior resistência à umidade, porém é necessário o uso de uma base contínua de apoio para as chapas cimentícias, geralmente sobre placas de madeira transformada, devido às solicitações à flexão (Loturco, 2003)

Para se reduzir o nível de ruído entre um pavimento e outro que pode ser gerado na utilização normal do piso, é recomendado a colocação de lã de vidro entre as vigas e o uso de uma manta de polietileno expandido entre o contrapiso e a estrutura (Foto 4.5).





Foto 4.5 - Manta de polietileno expandido entre vigas de piso e contrapiso com placas de OSB. (Fonte: arquivo do autor)

As principais vantagens do uso da laje seca seriam a menor carga por peso próprio, e uma construção a seco sem a necessidade do uso de água na obra e maior velocidade de execução. A figura 4.6 mostra o corte esquemático de uma laje seca:

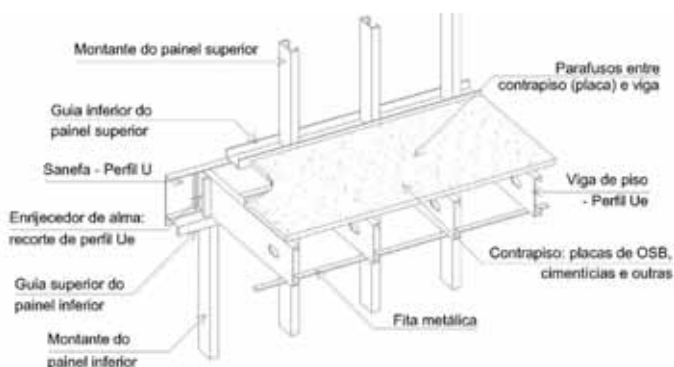


Figura 4.6 - Desenho esquemático de laje seca.

Alguns construtores acham mais produtivo montar os painéis estruturais do pavimento superior sobre o contrapiso da laje, seja ela seca ou úmida. Porém a bibliografia recomenda que os painéis portantes sejam montados diretamente sobre a estrutura do piso, onde os montantes do painel superior façam contato direto com as vigas de piso como forma de garantir a correta transmissão axial dos esforços entre os componentes da estrutura e evitar deformações relativas à falta de nivelamento ou precisão dimensional dos elementos que formam o contrapiso.

## 4.2. Vigamento de Piso

De maneira geral, as vigas de piso que formam a laje se apóiam nos montantes onde suas almas estando em coincidência, dão origem ao conceito de estrutura alinhada (Foto 4.6).



Foto 4.6 - Vigas de piso apoiadas em montantes de painéis do pavimento térreo (Fonte:arquivo do autor)

Porém, existem situações em que outros elementos estruturais funcionam como apoio. Uma laje em Light Steel Framing pode se apoiar em uma estrutura tradicional (alvenaria ou concreto) já existente (Figura 4.7). Ou em construções onde as fundações sejam do tipo sapata corrida em que a laje do térreo se apóia diretamente na fundação (Figura 4.8).

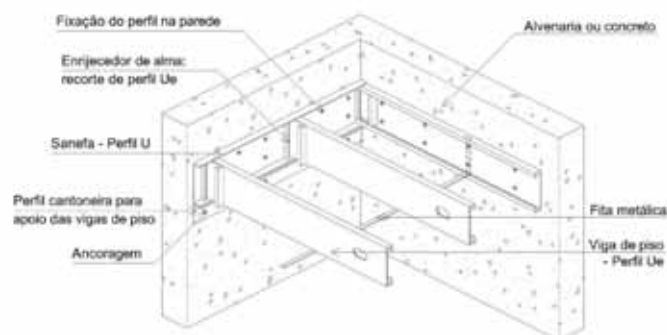


Figura 4.7 - Laje em Light Steel Framing apoiada sobre estrutura tradicional.

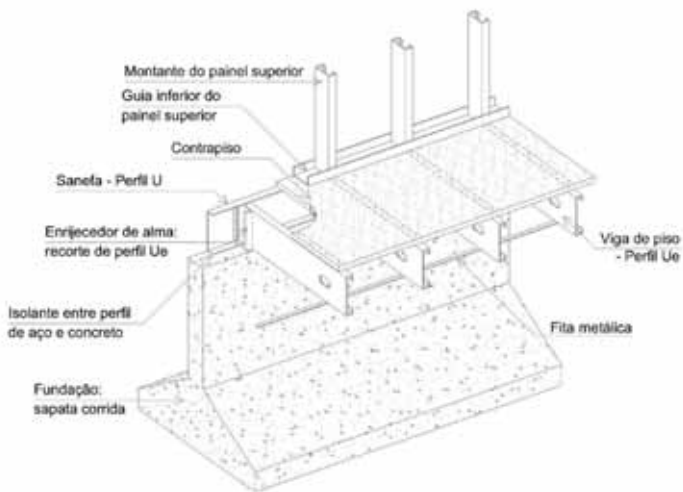


Figura 4.8 - Laje em Light Steel Framing apoiada sobre fundação tipo sapata corrida

Para lajes em balanço, pela ausência de apoio em uma das extremidades das vigas, necessitam de reforços especiais na estrutura e dois casos podem ser considerados. No primeiro caso, as vigas da laje em balanço têm a mesma direção das vigas de piso, então elas constituem um prolongamento da estrutura de piso (Figura 4.9). Porém, o segmento em balanço deve ter no máximo metade do comprimento do segmento das vigas que estão entre os apoios.

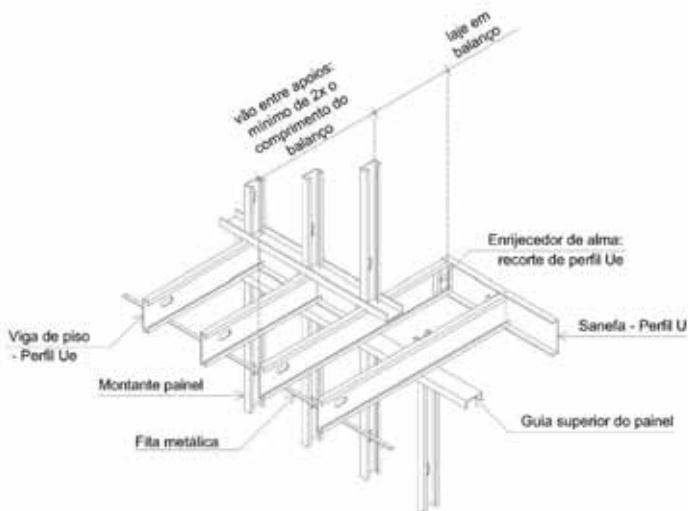


Figura 4.9 - Laje em balanço.

No segundo caso, quando as vigas da laje em balanço não têm a mesma direção das vigas da estrutura do piso é necessário prover

uma nova estrutura para suportar as vigas que formarão o balanço (Figura 4.10). Para isso, da mesma forma como no 1º caso, as vigas devem ter pelo menos o dobro do comprimento do balanço, prolongando-se para dentro da construção e estar entre apoios. Um desses apoios pode ser uma viga de piso reforçada segundo cálculo, cujas conexões são semelhantes às descritas posteriormente neste tópico para as chamadas vigas principais. As vigas de piso que forem interrompidas podem ser apoiadas nas vigas do balanço, desde que estas estejam devidamente reforçadas.

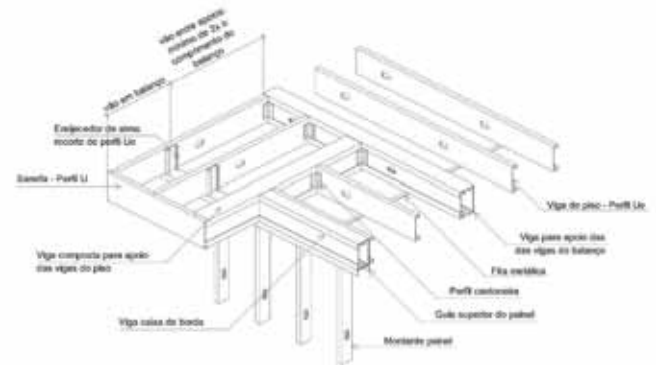


Figura 4.10 - Laje em balanço.

Quando houver a necessidade de diferença de nível entre a laje de piso e a laje em balanço, como pode ocorrer com varandas e áreas externas, para as lajes do tipo úmida isto pode ser resolvido variando a espessura do contrapiso de concreto.

Para a laje seca, o desnível é conseguido mediante o uso de perfis de menor altura para a estrutura do piso em balanço. Esses perfis devem ser fixados as vigas do piso, transpassando a guia ou soleira através de cortes em sua alma, e seu comprimento deve ter também o dobro do comprimento do segmento que forma o balanço, conforme mostra a figura 4.11.

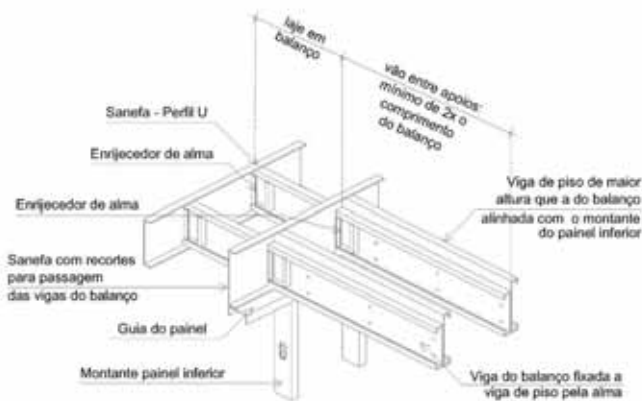


Figura 4.11 - Laje em balanço com contrapiso em níveis diferentes.

Deve-se ter atenção especial em se reproduzir o mais fielmente possível as condições de apoio que foram supostas no projeto estrutural como também a adequada fixação das vigas a fim de garantir a transferência dos carregamentos que atuam sobre a laje aos apoios e conseqüentemente às fundações (Scharff, 1996).

Nos casos em que a modulação das vigas de piso não coincidir com a dos painéis, deve se colocar uma viga composta capaz de distribuir as cargas uniformemente aos montantes conforme mostra a figura 4.12.

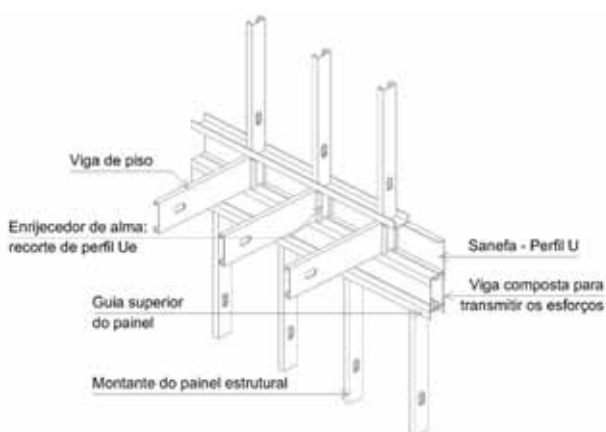


Figura 4.12 - Viga de distribuição da carga do piso para os montantes

O arquiteto deve sempre considerar a altura das vigas de piso no seu projeto, para que elas não interfiram na altura final ou pé-direito dos ambientes. A altura final da laje de

piso é determinada pela altura do perfil (medida externa entre as mesas) mais o contrapiso, que varia de acordo com o uso da laje seca ou úmida.

Vários fatores contribuem para a escolha de um determinado perfil ou de uma solução estrutural: carga de utilização da edificação, comprimento do vão, modulação do projeto estrutural, apoios intermediários, comprimento das vigas de piso, etc. Normalmente, para aplicações residenciais são recomendados vãos de até 4,0 m, para o uso de perfis Ue 200x40x0,95, isto é, perfis com altura da alma de 200 mm, mesa de 40 mm e espessura 0,95 mm.

Para vãos maiores, quando exigências de projeto e layout não permitem o uso de painéis intermediários de apoio, pode-se reforçar as vigas de piso, através da combinação com outros perfis formando vigas tipo caixa, ou ainda, se utilizar uma viga principal, onde as vigas de piso são apoiadas. Essa viga principal é feita a partir da combinação de dois ou mais perfis, dependendo da solicitação que deve resistir, formando uma viga caixa, conforme mostra a figura a 4.13:



Figura 4.13 - vigas compostas para aumentar a resistência.

A viga principal pode estar sob as vigas de piso, ou quando houver uma limitação na altura do pé-direito, elas podem apoiar-se no mesmo nível através de conexões utilizando peças como cantoneiras ou suportes (Figura 4.14).

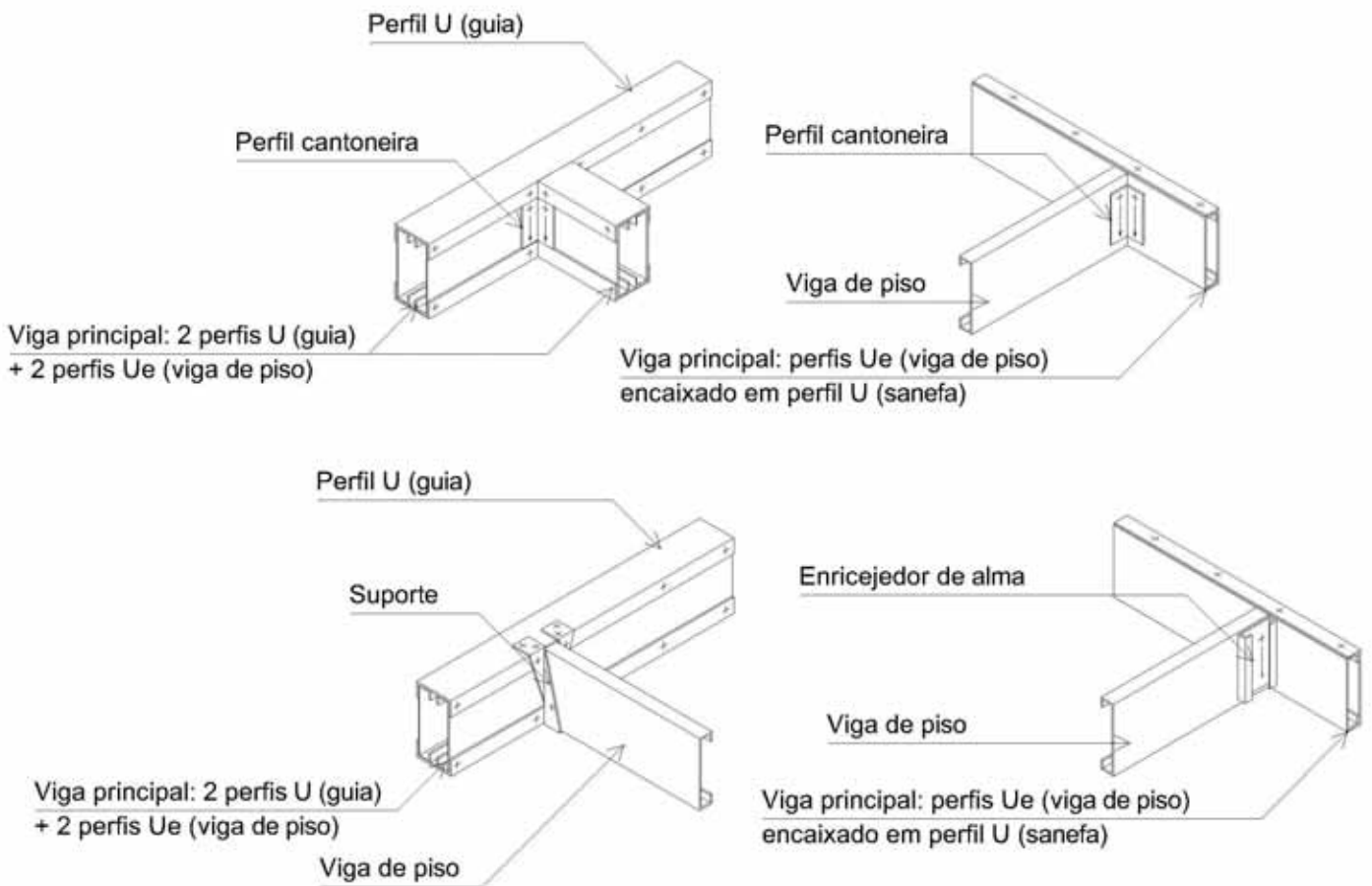


Figura 4.14 - Tipos de vigas principais para apoio de vigas de piso.

Vigas de aço soldadas ou laminadas também podem ser empregadas no suporte das vigas de piso conforme mostra a figura 4.15 e a foto 4.7, porém deve se ter especial atenção na proteção das peças em contato para evitar corrosão.

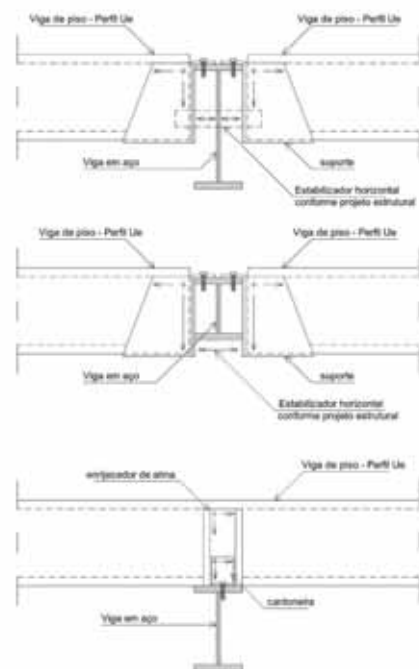


Figura 4.15 - Vigas principais em aço soldado.



Foto 4.7- Vigas de piso apoiadas sobre viga principal em aço. (Fonte: disponível em: <http://www.aegismetalframing.com>).

Quando é necessário o uso de uma viga contínua, cujo comprimento fica limitado às condições de transporte (normalmente são transportados perfis de até 6 m), pode se unir dois perfis utilizando um segmento do mesmo perfil conectando a alma das vigas (Figura 4.16). O comprimento desse segmento que funciona como uma emenda, depende das tensões atuantes no local.

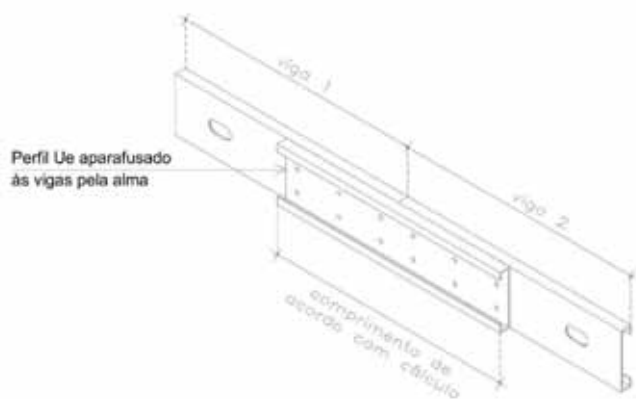


Figura 4.16 - Emenda de viga de piso.

### 4.3. Travamento Horizontal

O travamento horizontal da estrutura de piso (Foto 4.8) é um recurso para se evitar fenômenos como flambagem lateral por torção, deslocamento e vibração nas vigas de piso. Enrijecer o sistema reduz os esforços nas vigas e distribui melhor o carregamento (Scharff, 1996).



Foto 4.8 - Travamento horizontal da laje de piso por meio de bloqueadores e fitas metálicas (Fonte: arquivo do autor)

Segundo Elhajj; Bielat (2000), normalmente são empregados os seguintes tipos de travamento:

- **Bloqueador:** consiste em usar um perfil Ue de mesmas características das vigas de piso, entre estas, conectando através de cantoneiras (figura 4.17), ou de um corte no próprio perfil de forma que possibilite o aparafusamento deste nas vigas, similar ao procedimento utilizado nos painéis. Os bloqueadores devem estar localizados sempre nas extremidades da laje e também espaçados a pelo menos 3,60 m, coincidindo sua mesa com as fitas de aço galvanizado onde são ligados por meio de parafusos.

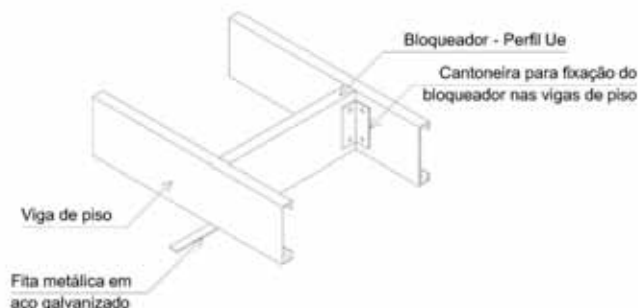


Figura 4.17- Bloqueador.

- **Fita de aço galvanizado:** usado em conjunto com o bloqueador, consiste em conectar uma fita em aço galvanizado perpendicularmente as mesas inferiores

das vigas de piso, já que nas mesas superiores o contrapiso já possibilita este travamento.

#### 4.4. Escadas

Estruturas de escadas em Light Steel Framing são construídas pela combinação de perfis U e Ue, normalmente os mesmos usados para os painéis. Para constituir degraus e espelhos, painéis rígidos como placas de OSB ou pranchas de madeira maciça aparafusadas na estrutura são os mais utilizados. Pisos úmidos também são viáveis desde que usados com o sistema adequado.

Nesse trabalho três métodos serão descritos, e a escolha de um deles depende do tipo de escada, se aberta ou fechada e o contrapiso ou substrato utilizado. De acordo com “Construcción com Acero Liviano – Manual de Procedimiento” (2002), os métodos mais utilizados são:

##### a) Viga Caixa Inclinada:

Indicada para escadas abertas utiliza como apoio para o contrapiso uma guia dobrada em degraus (guia-degrau) unida a uma viga caixa com a inclinação necessária (Figura 4.18). O par dessa composição forma o lance da escada, e possibilita o apoio do contrapiso que pode ser composto de placas de OSB ou pranchas de madeira maciça que já dão o acabamento final.

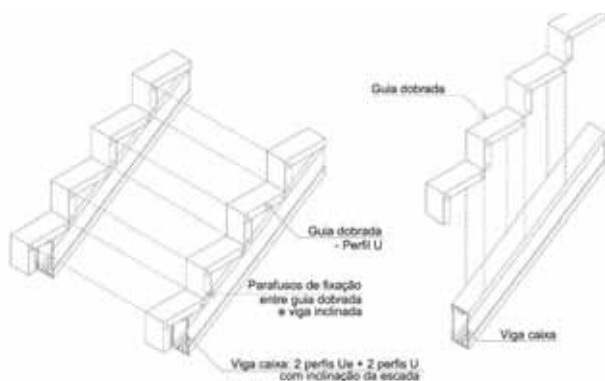


Figura 4.18- Desenho esquemático de escada viga caixa inclinada



Foto 4.9 - Escada viga caixa inclinada. (Fonte: arquivo do autor)

##### b) Painel com Inclinação:

Indicado para escadas fechadas é formado por uma guia-degrau unida a um painel com a inclinação necessária a escada (Figura 4.19). O par dessa composição forma o lance da escada, e o contrapiso se materializa, como no primeiro caso, por placas de OSB ou pranchas de madeira maciça.

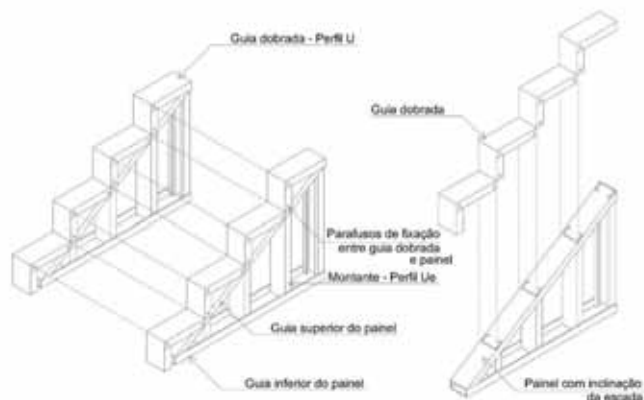


Figura 4.19- Desenho esquemático de escada painel com inclinação.

- Guia-degrau:

Para permitir o escalonamento tanto da escada de Viga Caixa como na de Painel Inclinado, é necessária uma peça que se obtém a partir da dobragem de uma guia (perfil U), segundo a seqüência:

1. Marca-se a guia alternando as medidas do piso e do espelho do degrau;
2. Cortam-se as mesas da guia nos locais marcados de modo a permitir a dobragem;
3. A guia será dobrada nas marcas alternando a direção (para dentro e para fora) em um ângulo de 90°;
4. Uma vez completada as dobras, a guia será aparafusada por suas mesas a Viga ou ao painel.

c) Painéis Escalonados + Painéis de Degrau:

Os painéis horizontais que servem de base ao substrato são formados por dois perfis guias (U) e dois perfis montantes (Ue), e se apóiam nos painéis verticais, cujos montantes assumem a altura correspondente a cada degrau de modo a obter o escalonamento necessário à inclinação da escada (Foto 4.10).

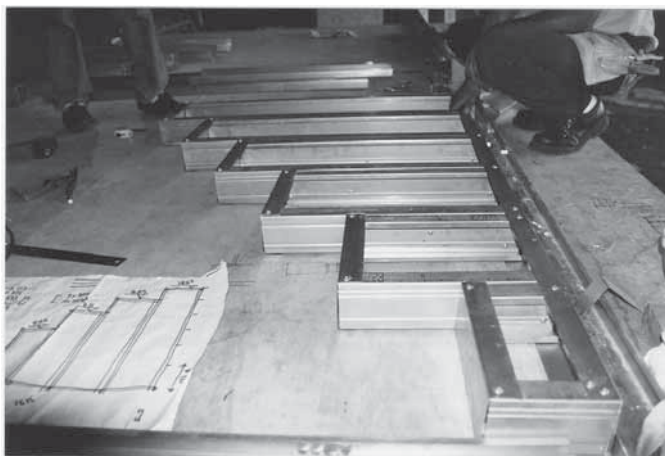


Foto 4.10 - Montagem de uma escada de painéis escalonados. (Fonte: arquivo do autor)

Este painel escalonado é montado como um único painel através de uma guia inferior contínua para todos os montantes conforme mostra a figura 4.20.

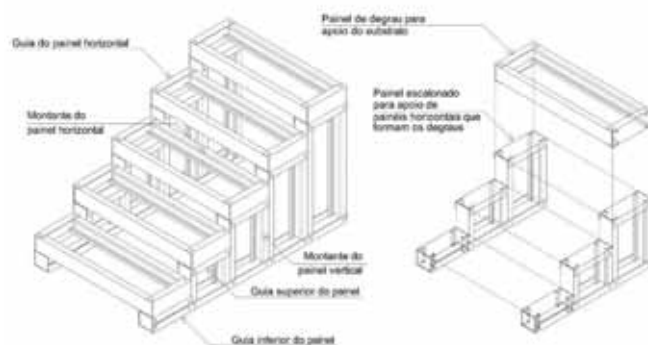


Figura 4.20 – Desenho esquemático de uma escada de painéis escalonados.

Para o contrapiso, dos sistemas citados, este é o único utilizado para piso úmido. Para isso, coloca-se uma fôrma de madeira por baixo de cada painel de degrau, preenchendo com concreto o espaço entre os perfis do painel horizontal. Porém, também é adequado para o uso de placas rígidas como OSB ou cimentícias.

# *Capítulo 5*

---

Coberturas



A cobertura ou telhado é a parte da construção destinada a proteger o edifício da ação das intempéries, podendo também desempenhar uma função estética. Telhados podem variar desde simples coberturas planas até projetos mais complexos com grande intersecção de águas ou planos inclinados.

Os telhados inclinados além da finalidade protetora, também funcionam como um regulador térmico dos ambientes cobertos, já que a camada de ar entre a cobertura e o forro, constitui um excelente isolante térmico (Cardão, 1964). Devido a isso, no Brasil, país de clima tropical, os telhados inclinados são normalmente mais eficientes no que diz respeito ao conforto ambiental.

Da mesma forma que acontece nas construções convencionais, a versatilidade do sistema Light Steel Framing possibilita a realização dos mais variados projetos de cobertura. Para os telhados inclinados, a estrutura em LSF segue o mesmo princípio estrutural dos telhados convencionais em madeira. Portanto, o projeto de ambos apresenta grande similaridade.

Segundo Moliterno (2003), o telhado compõe-se de duas partes principais:

- Cobertura: podendo ser de materiais diversos desde que impermeáveis às águas pluviais e resistentes a ação do vento e intempéries.
- Armação: corresponde ao conjunto de elementos estruturais para sustentação da cobertura tais como ripas, caibros, terças, tesouras e contraventamentos.

De acordo com o documento “Design Guide for Cold-formed Steel Trusses” (LaBoube, 1995) publicado pela AISI (American Iron and Steel Institute), a estrutura de um telhado deve suportar além do peso próprio de seus componentes, o peso dos revestimentos de

cobertura, forros suspensos, materiais de isolamento, cargas de vento, de neve, e outros equipamentos ou elementos fixados ou apoiados à estrutura. Deve-se prever também os carregamentos durante a construção e manutenção. Carregamentos referentes à chuva só devem ser considerados se o projeto da cobertura não prever drenagem apropriada das águas pluviais.

### 5.1. Tipos de Coberturas

Há uma grande variedade de soluções estruturais para se materializar a cobertura de uma edificação. A escolha depende de diversos fatores como tamanho do vão a cobrir, carregamentos, opções estéticas, econômicas, etc. Nesse capítulo, serão citados algumas das soluções mais comuns para construções em Light Steel Framing, e apresentados detalhadamente os métodos empregados para coberturas inclinadas por meio de caibros e tesouras, por ser de maior ocorrência em construções residenciais.

#### 5.1.1. Coberturas Planas

Apesar de serem menos comuns, as coberturas planas em Light Steel Framing são, na maioria dos casos, resolvidas como uma laje úmida onde a inclinação para o caimento da água é obtida variando a espessura do contrapiso de concreto, como mostra a figura 5.1. (ConsulSteel, 2002).

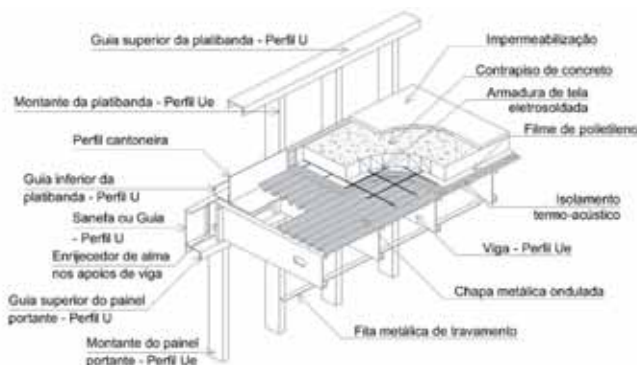


Figura 5.1 - Cobertura plana em Light Steel Framing

Para vãos maiores sem apoios intermediários, é possível o uso de treliças planas (Figura 5.2) confeccionadas com perfis Ue galvanizados (Foto 5.1). As treliças planas também podem ser utilizadas para estrutura de pisos que demandam grandes cargas e vãos.

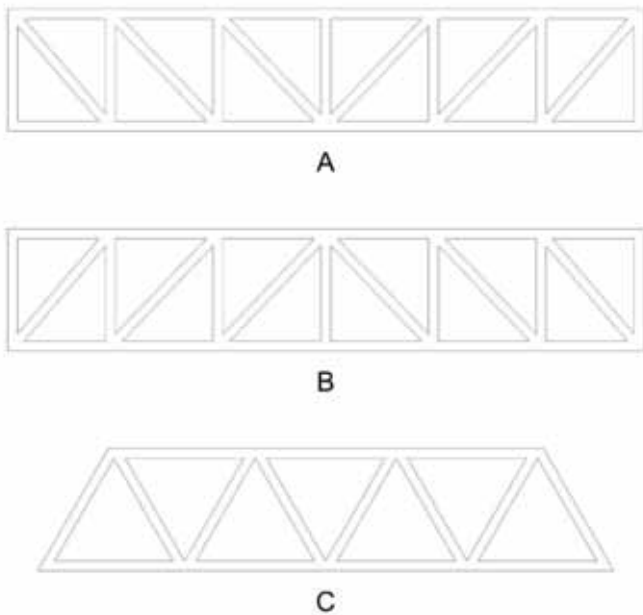


Figura 5.2 - Alguns tipos de treliças planas para Light Steel Framing.



Foto 5.1- Treliças planas . (Fonte: <http://www.aegismetalframing.com>).

### 5.1.2. Coberturas Inclinadas

A estrutura de um telhado inclinado em Light Steel Framing é semelhante à de um telhado convencional, porém a armação de madeira é substituída por perfis galvanizados, e para possibilitar o princípio de estrutura alinhada, a alma dos perfis que compõem tesouras ou caibros deve estar alinhada a alma dos montantes dos painéis de apoio e suas seções em coincidência de modo que a transmissão das cargas seja axial (Figura 5.3).

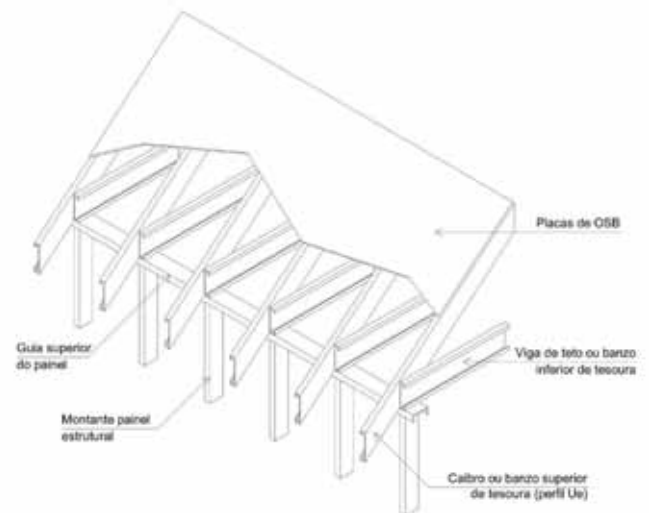


Figura 5.3 - Caibros e vigas alinhados com montantes de painel estrutural.

Quando isso não for possível, da mesma forma que ocorre com lajes e painéis, deve-se usar uma viga composta a fim de permitir a distribuição das cargas aos montantes.

Telhados inclinados em Light Steel Framing podem ser construídos a partir de uma estrutura de caibros ou por meio de tesouras ou treliças.

### 5.2. Coberturas Estruturadas com Caibros e Vigas

Um telhado estruturado com caibros é um método empregado para construções do tipo “stick”, onde os elementos estruturais (perfis U e Ue) são cortados e montados no local da

obra. Utiliza-se este tipo de cobertura quando o vão entre os apoios permite o uso de caibros e deseja-se utilizar menor quantidade de aço do que o empregado em tesouras. Porém, projetos de coberturas mais complexas e de maiores vãos podem utilizar o sistema de caibros devidamente dimensionados e em alguns casos utilizando perfis duplos (Foto 5.2).



Foto 5.2 – Telhado estruturado com caibros em um Laboratório na Universidade Federal de Ouro Preto – MG (Fonte: arquivo Célio Firmo)

Uma estrutura típica de caibros consiste em usar dois caibros cujas extremidades se apóiam nos painéis portantes e formando a inclinação requerida se encontram em uma cumeeira no topo do edifício (Figura 5.4). O peso do telhado e outros carregamentos são transmitidos através dos caibros aos painéis e, por conseguinte à fundação.

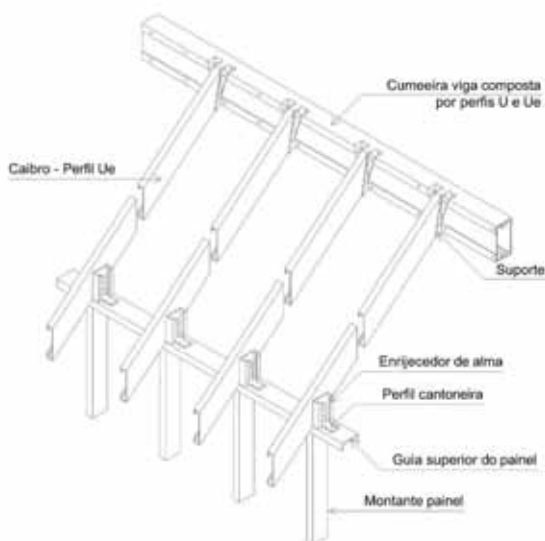


Figura 5.4 - Telhado típico estruturado com caibros.

A cumeeira pode ser um painel estrutural contínuo que funcione como apoio ao encontro dos caibros, ou, como é mais comum, uma viga composta por perfis U e Ue (Foto 5.3), conforme o cálculo.



Foto 5.3 - Cumeeira composta de perfis U e Ue para apoio dos caibros (Fonte:arquivo do autor)

A conexão dos caibros com a cumeeira pode ser por meio de cantoneiras (figura 5.5) de espessura igual ou maior que a dos caibros (Waite, 2000), ou através de peças de suporte como é apresentado na figura 5.4. (Consul Steel, 2002):

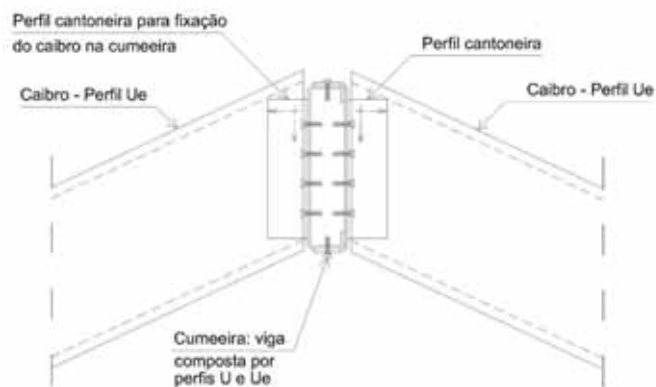


Figura 5.5 - Cumeeira de telhado estruturado com caibros.

Há casos em que é inevitável o uso de vigas de teto que atravessam o vão, atando as extremidades opostas dos caibros a fim de evitar que os painéis de apoio se inclinem devido ao peso do telhado, como ilustra a figura 5.6 (Waite,2000).

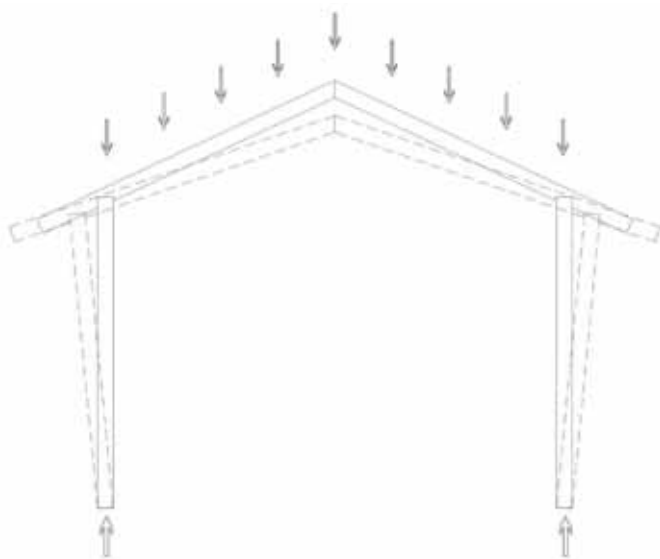


Figura 5.6 - Efeito de "abertura" das paredes devido ao peso do telhado.

A fixação dos caibros e vigas nos painéis é obtida pelos enrijecedores de alma trabalhando em conjunto com cantoneiras devidamente aparafusadas às guias superiores dos painéis, como é mostrado na figura 5.4 (Elhajj, Bielat, 2000).

Se necessário, escoras também são utilizadas para transferir as cargas aos painéis portantes internos e são conectadas aos caibros e as vigas de teto (Figura 5.7) e auxiliam a reduzir o vão e as dimensões dos caibros (Waite,2000).

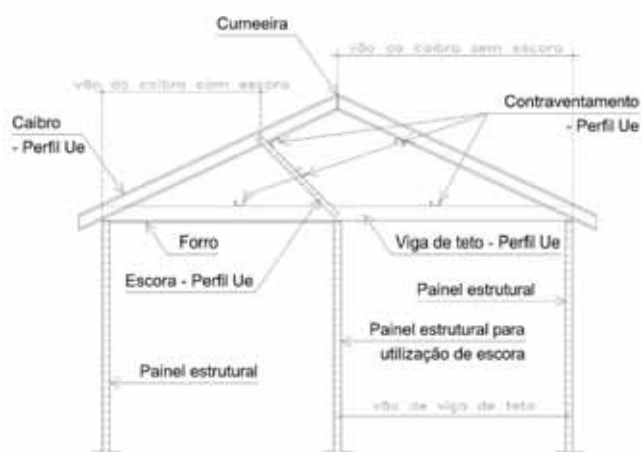


Figura 5.7 - Cobertura estruturada com caibros e vigas.

Telhados de quatro águas ou com intersecção de vários planos inclinados exigem maior diversidade de elementos estruturais e podem ser construídos a partir de tesouras ou caibros ou a combinação de ambos. Para isso, espigões e rincões são constituídos de perfis galvanizados U e Ue e outras peças especiais em aço galvanizado para auxiliar na forma da inclinação do telhado e fixação dos elementos.

Espigões e rincões podem ser montados a partir de dois métodos descritos por Waite, 2000:

1. Viga caixa (encaixando perfil Ue em perfil U) ou composta (combinação de perfis U e Ue) segundo o projeto estrutural, onde caibros complementares que darão forma ao telhado são cortados no ângulo apropriado e conectados aos espigões ou rincões por meio de cantoneiras.

2. Dois perfis U fixados por suas almas a uma peça que possibilite o ângulo apropriado (Figura 5.8), servindo de guia para os caibros complementares, que não necessitam de cortes em ângulos, sendo estes aparafusados nas guias.

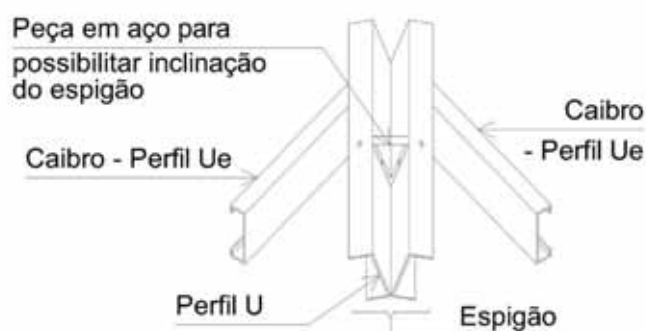


Figura 5.8 - Espigão formado a partir de dois perfis U .

### 5.2.1. Estabilização da Cobertura Estruturada com Caibros e Vigas

Cargas laterais de vento podem provocar deslocamentos e deformações na estrutura do telhado, uma vez que trabalhando isolados, os caibros são instáveis lateralmente.

Para evitar tais fenômenos e possibilitar que o sistema de caibros trabalhe em conjunto, deve se fornecer elementos enrijecedores (contraventamentos), que além de vincular os caibros entre si, seja capaz de aumentar a resistência da estrutura do telhado.

Os elementos que possibilitam o contraventamento de uma cobertura estruturada por caibros, conforme os procedimentos descritos por Elhajj (2000) no documento “Prescriptive Method for Residential Cold-Formed Steel Framing” são:

- Perfis U ou Ue ou fitas de aço galvanizado fixados perpendicularmente aos caibros em sua mesa inferior ou superior de acordo com a cobertura do telhado (ver figura 5.7);
- Perfis U ou Ue ou fitas de aço galvanizado fixados na mesa superior das vigas de teto (ver figura 5.7);
- Bloqueadores e fitas de aço galvanizado posicionados nas vigas de teto seguindo o mesmo procedimento descrito para vigas de piso;
- Placas estruturais, capazes de atuar como diafragma rígido, fixadas nas mesas superiores dos caibros.

Telhados inclinados em LSF admitem diversos tipos de coberturas ou telhas. Para alguns tipos de telhas como cerâmicas ou “shingles” é necessário o uso de um substrato de apoio, geralmente OSB (Foto 5.4) protegido com uma manta de impermeabilização. No caso de telhas cerâmicas é necessária a colocação de perfis tipo cartola paralelos aos caibros sobre o OSB a fim de possibilitar o escoamento da água, e só então, sobre estes são fixadas as ripas que permitirão o encaixe das telhas. As telhas “shingles” podem ser fixadas diretamente sobre o OSB sem a necessidade de uma estrutura de assentamento como ocorre com as telhas cerâmicas.

Telhas de aço podem também funcionar como diafragmas rígidos, e neste caso, os elementos de contraventamento dos caibros, funcionam como terças quando dispostos nas suas mesas superiores unindo o sistema e servindo de base para a fixação das telhas de aço. A modulação entre os caibros pode ser maior (até 1,20 m), uma vez que as telhas vencem vãos maiores e são mais leves.



Foto 5.4 - Placas de OSB para fixação de telhas “shingles”  
(Fonte: arquivo do autor)

### 5.3. Coberturas Estruturadas com Tesouras ou Treliças

Solução mais comum nas coberturas residenciais, tesouras ou treliças cobrem grandes vãos sem precisar de apoios intermediários. No Brasil, tesouras de aço já vêm substituindo gradativamente as tesouras de madeira, principalmente em processos de retrofit, graças a grande resistência estrutural do aço, leveza das peças, por ser imune a insetos e incombustível (Scharff, 1996).

Existe uma variedade muito grande no desenho de tesouras e isso se deve a fatores estéticos, funcionais, climáticos, culturais, etc (Fotos 5.5 e 5.6):



Foto 5.5 - Modelo de tesoura de telhado confeccionada com perfis de aço formados a frio galvanizados. (Fonte: <http://www.aegismetalframing.com>).



Foto 5.6- Tesouras de telhado em arco confeccionadas com perfis de aço formados a frio galvanizados. (fonte: <http://www.aegismetalframing.com>)

De acordo com Moliterno (2003), as tipologias mais usadas são:

- Tesoura Howe:



Figura 5.9 - Tesoura Howe

- Tesoura Pratt:

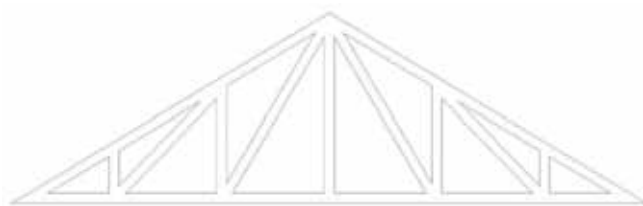


Figura 5.10 - Tesoura Pratt

- Tesoura Fink:

A mais utilizada nos Estados Unidos para residências em Light Steel Framing (Scharff, 1996).

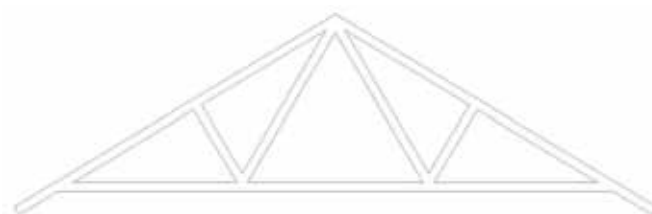


Figura 5.11 - Tesoura Fink

Segundo Scharff (1996), outros desenhos de tesouras adotados:

- Tesoura Alemã:



Figura 5.12 - tesoura alemã.

- Tesoura Belga:



Figura 5.13 - Tesoura Belga

As tesouras ou treliças podem vir pré-fabricadas (Foto 5.7) ou ser montadas no próprio canteiro da obra. Em ambos os casos, as tesouras devem ser projetadas e dimensionadas por profissionais especializados. Porém, tesouras pré-fabricadas apresentam algumas vantagens, tais como: precisão dimensional e menor tempo de trabalho no canteiro. Para a confecção de tesouras no próprio canteiro, muitas vezes, é necessário um grande espaço plano disponível para montagem da mesa de trabalho e pessoal preparado.



Foto 5.7 - Tesoura de telhado sendo descarregada no canteiro de obras. (Fonte: arquivo do autor)

A tesoura é constituída a partir de membros estruturais, geralmente perfis Ue, que conectados constituem uma estrutura estável. Os elementos básicos da tesoura são (Figura 5.14):

- Banzo superior: perfil Ue que dá forma e inclinação à cobertura do telhado;
- Banzo inferior: perfil Ue que dá forma e inclinação ao forro do espaço coberto;
- Montantes ou Pendurais: perfis Ue dispostos verticalmente e que vinculam o banzo superior com o inferior;
- Diagonais: perfis Ue inclinados que vinculam o banzo superior e inferior;
- Enrijecedores de apoio: recorte de perfil Ue colocado nos pontos de apoio da tesoura, para a transmissão dos esfor-

ços e evitar a flambagem local dos perfis dos banzos;

- Contraventamentos: perfis U, Ue ou fitas de aço galvanizado que vinculam as tesouras e proporcionam estabilidade ao sistema de cobertura.

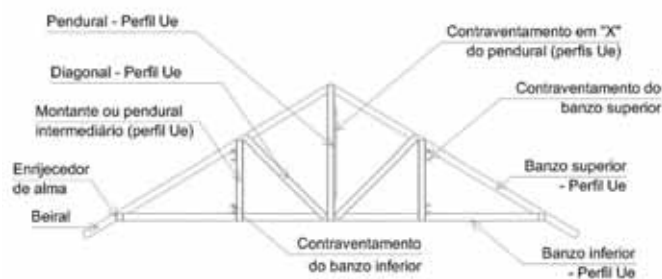


Figura 5.14 - Elementos de uma tesoura.

Segundo Scharff (1996) as ligações entre os membros de uma tesoura podem ser executadas de diferentes formas. Porém, os dois métodos mais comuns são:

- No mesmo plano, onde ocorrem os nós da tesoura, aparafusam-se os perfis em chapas de Gusset (Foto 5.8);



Foto 5.8 - Tesoura em "meia água" cujos elementos estão fixados em placas metálicas de aço (placas de Gusset). (Fonte: arquivo do autor)

- Camada sobre camada, onde os perfis que formam pendurais e diagonais são aparafusados ao banzo superior e inferior por suas almas. Assim, a abertura dos perfis dos banzos ficam para um lado e a dos perfis de pendurais e diagonais para outro. Na união do banzo superior com o inferior, deve se recortar a mesa e o enrijecedor de borda do perfil do banzo inferior, de forma a permitir o encaixe, conforme mostra a figura 5.15:

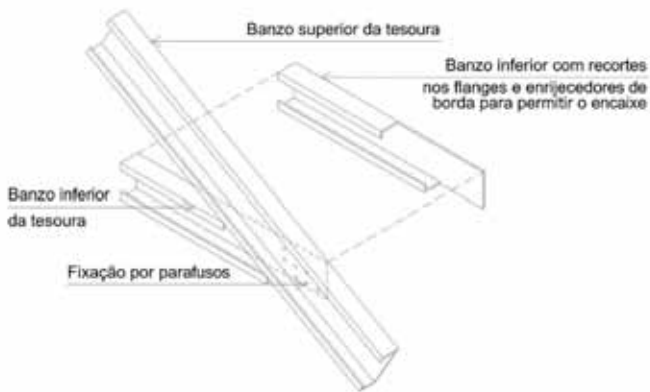


Figura 5.15 - Detalhe união banzo superior e inferior de uma tesoura

Nos dois métodos descritos, o plano definido pelas almas das peças deve coincidir com as almas dos montantes que servem de apoio.

Os banzos superiores podem se prolongar em balanço, além do encontro com os painéis de apoio, formando o beiral do telhado. Os banzos superiores são arrematados nas suas extremidades por um perfil U (Figura 5.16).

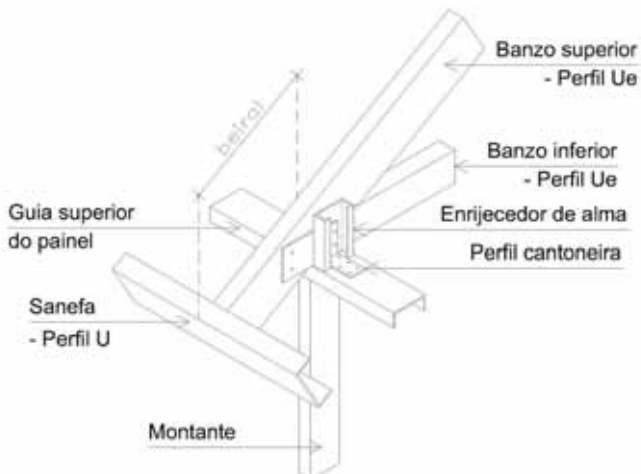


Figura 5.16 - Detalhe de beiral de telhado.

A cumeeira pode apresentar uma variação de desenhos que dependem do formato da tesoura e do tipo de ligação das peças (Figuras 5.17 e 5.18).

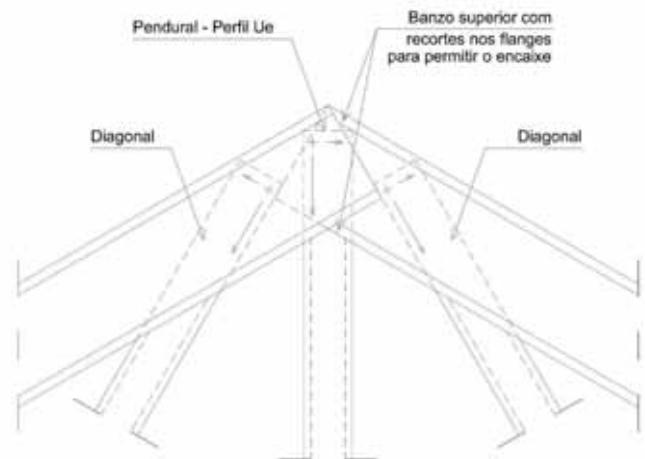


Figura 5.17 - Detalhe cumeeira de tesoura Pratt.

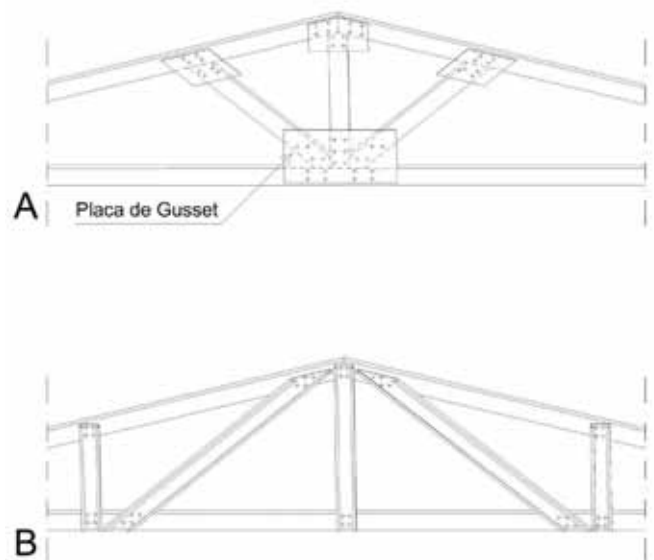


Figura 5.18 - Detalhe cumeeira tesoura (a) Howe e (b) Pratt

Para telhados em duas águas, o painel de fechamento do oitão, é construído de acordo com a presença e disposição do beiral. Quando não houver beirais perpendiculares ao plano das tesouras, o oitão será um painel com mesma inclinação e altura das tesouras (Figura 5.19).

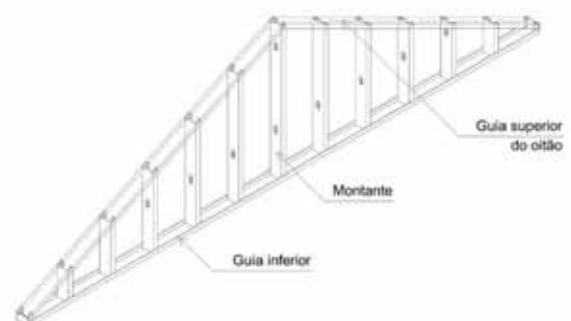


Figura 5.19 - Painel de fechamento do oitão.



Para o uso dos beirais é necessário construir um painel auxiliar denominado “painel de beiral” cuja fixação na estrutura do telhado pode empregar dois métodos descritos no “Construcción com Acero Liviano - Manual de Procedimiento”:

1. O painel do beiral pode se apoiar sobre o oitão, fixando-se na primeira tesoura, situação mais recomendável ou;
2. O painel do beiral pode ser fixado no painel do oitão ficando em balanço;

No 1º caso, a altura do oitão deve ser menor que a altura da tesoura tipo para permitir o transpasse e o apoio do beiral que se fixará na primeira tesoura do telhado, conforme figura:

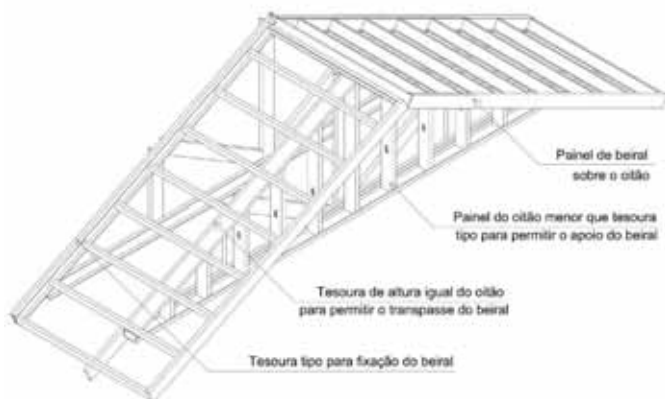


Figura 5.20 - Painel de beiral.

Para poder unir o beiral à tesoura, deverão ser reforçados os banzos superiores da mesma com um perfil U formando uma seção caixa, onde possa ser fixado o painel de beiral, como mostra a figura:



Figura 5.21 - Detalhe de fixação de painel de beiral.

Em alguns casos, pode se colocar junto com o painel do oitão, uma tesoura de mesma altura a fim de permitir uma superfície para aparafusar as placas de forro e a fixação dos contraventamentos até o extremo da estrutura.

Já que a alma dos perfis do beiral deve coincidir com a alma dos montantes que servem de apoio, a modulação do painel de beiral dependerá do ângulo de inclinação do telhado.

O painel de beiral em balanço só é adotado quando houver uma pequena projeção do beiral e se utilizar o diafragma rígido na cobertura do telhado. O painel do beiral é fixado ao oitão que tem a mesma altura das tesouras (Figura 5.22).

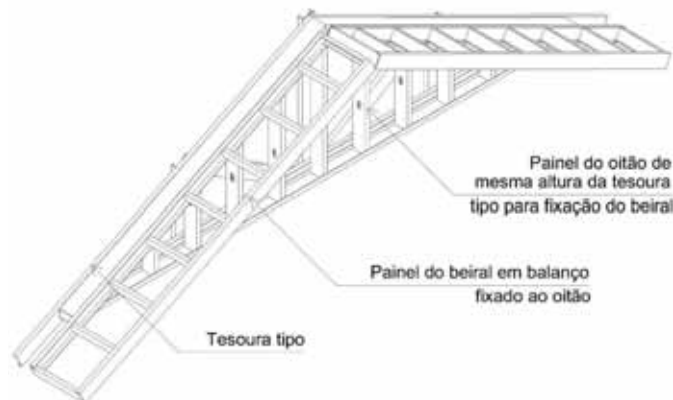


Figura 5.22 - Painel de beiral em balanço.

A modulação desse tipo de beiral não deve necessariamente coincidir com a do painel do oitão onde está fixado. A flexão do balanço é em parte absorvida pelas placas do diafragma que estarão fixadas tanto aos banzos superiores das tesouras como ao painel do beiral.

Para telhados de quatro águas ou com intersecção de planos inclinados (Foto 5.9), há basicamente três formas de execução descritos no “Construcción com Acero Liviano - Manual de Procedimiento”:

1. Por meio de vigas e caibros segundo o método apresentado anteriormente para telhados estruturados com caibros;

2. Painéis de telhado, onde são executados painéis para formar a volumetria do telhado, conforme mostra a figura 5.23. A interseção desses painéis inclinados se dá por meio de espigões compostos de perfis U e Ue, conforme foi descrito para telhados estruturados por caibros.



Foto 5.9 - Telhado com interseção de vários planos. (Fonte: <http://www.aegismetalframing.com>).

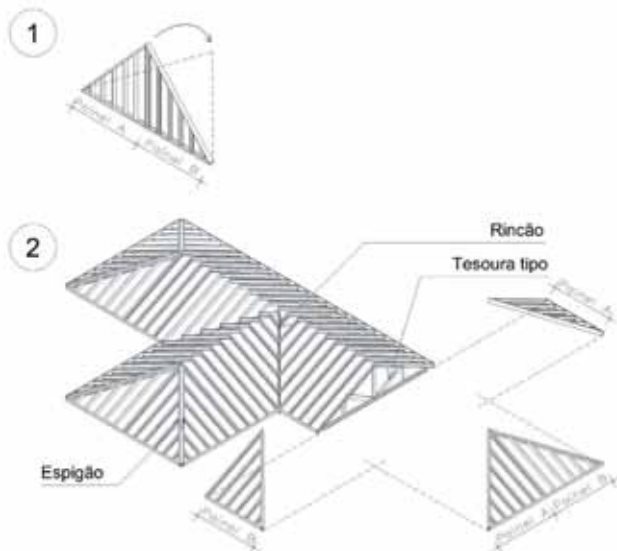


Figura 5.23 - Método para construção de telhados de quatro águas.

3. Por meio de tesouras auxiliares.

A partir da tesoura tipo, forma-se uma seqüência de tesouras auxiliares de formato trapezoidal cuja altura de cada uma corres-

ponde a sua posição na inclinação do telhado e que apoiarão as terças, como mostra a figura 5.24:

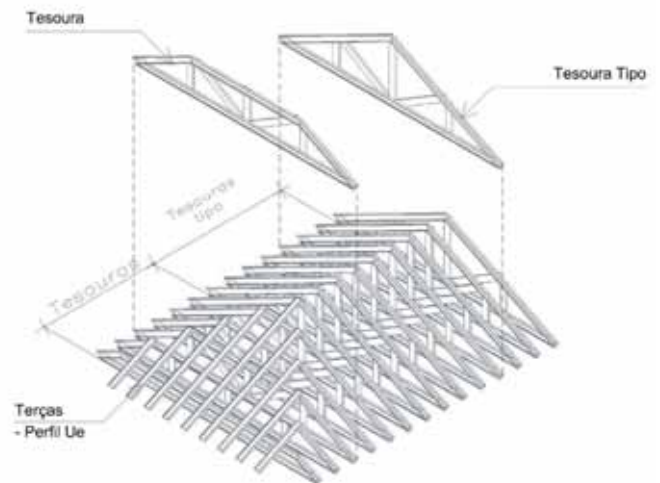


Figura 5.24 - Tesouras auxiliares.

Ainda há um outro método descrito por Waite (2000), onde são usadas tesouras de meia água que fixadas perpendicularmente aos pendurais das tesouras das extremidades, junto com os caibros darão forma a inclinação do telhado.

Ainda segundo Waite, as tesouras das extremidades do telhado de quatro águas, devem ser reforçadas, pois assumem mais carregamentos que as outras tesouras que compõem o telhado. A tesoura mestra é composta por duas tesouras tipos aparafusadas juntas.

### 5.3.1. Estabilização da Cobertura Estruturada com Tesouras

De acordo com o documento "Design Guide for Cold-formed Steel Trusses", o contraventamento inadequado é a razão para a maioria dos colapsos do sistema de tesouras durante a construção. O contraventamento apropriadamente instalado é vital para a segurança e qualidade da estrutura do telhado durante a montagem ou sua vida útil.

A função do contraventamento é fazer com que as tesouras do telhado atuem juntas

como uma unidade para resistir as solicitações aplicadas à estrutura. Uma vez que, isoladas, as tesouras são instáveis lateralmente e tendem a girar em torno do eixo definido pela linha de seus apoios.

A estabilização da estrutura de cobertura é dada por:

a) Contraventamento lateral:

Compostos por perfis U e Ue que fixados perpendicularmente às tesouras, além de reduzir o comprimento de flambagem dos banzos superiores (Figura 5.25) e inferiores, servem para transferir a ação do vento para as tesouras e contraventamentos verticais;

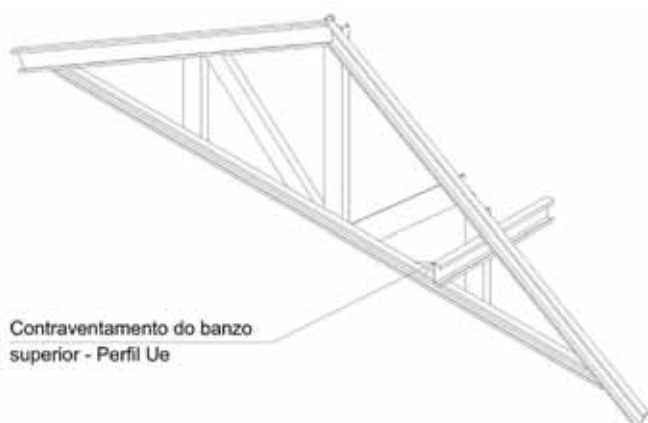


Figura 5.25 - Contraventamento lateral do banzo superior.

b) Contraventamento vertical ou em “X”:

Estrutura plana vertical formada por perfis Ue cruzados dispostos perpendicularmente ao plano das tesouras, travando-as e impedindo sua rotação e deslocamento, principalmente contra a ação do vento (Figura 5.26).

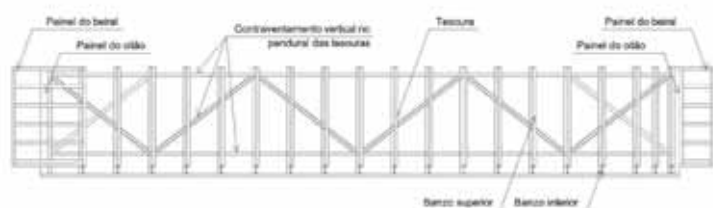


Figura 5.26 – Vista lateral de estrutura de telhado mostrando o contraventamento em “X” do sistema de tesouras.

Dependendo do tipo de telha utilizada na cobertura, como as “shingles”, é necessário o uso de placas estruturais como o OSB (Fotos 5.10 e 5.11), que podem além de servir de base para a fixação das telhas, funcionar como um diafragma rígido travando as tesouras e dispensando o contraventamento lateral do banzo superior.



Foto 5.10 - Placas de OSB para fixação de telhas “shingles” (Fonte: arquivo do autor).



Foto 5.11 – Demonstração de instalação de telhas “shingles” sobre placas de OSB. (Fonte: arquivo do autor)

Para telhas de aço (Foto 5.12), o contraventamento lateral do banzo superior quando disposto sobre as tesouras, serve de base para a fixação da telha (Figura 5.27):



Foto 5.12 -Telhas de aço usadas na cobertura da edificação.(Fonte: <http://www.aegismetalframing.com>).

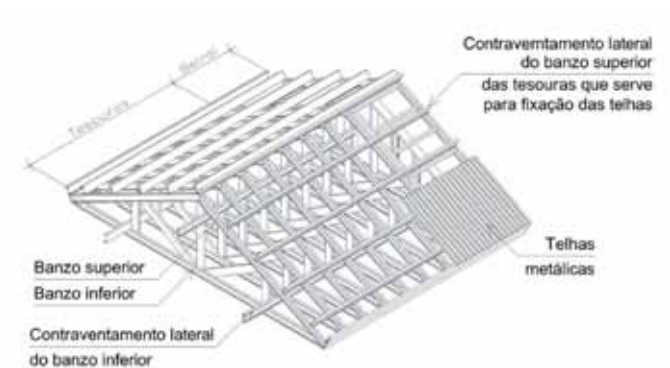


Figura 5.27 - Telhado estruturado com tesouras com cobertura em telhas de aço.

Para o uso de telhas cerâmicas, devido a necessidade do substrato de apoio, o contraventamento lateral do banzo superior deve ser fixado na mesa inferior do perfil, ou se for especificado no projeto estrutural as placas de OSB podem funcionar como diafragma rígido. O assentamento das telhas cerâmicas é feito como indicado no item 5.2.1.



# ***Capítulo 6***

---

Fechamento Vertical

O sistema de fechamento vertical é composto pelas paredes externas e internas de uma edificação. No sistema LSF, os componentes de fechamento devem ser constituídos por elementos leves, compatíveis com o conceito da estrutura dimensionada para suportar vedações de baixo peso próprio.

Os componentes de fechamento são posicionados externamente à estrutura como uma “pele” e juntamente com os perfis galvanizados vão formar as vedações internas e externas da edificação.

Outro conceito fundamental nos fechamentos para o sistema LSF é possibilitar o emprego de vedações racionalizadas a fim de promover maior grau de industrialização da construção. Nesse aspecto, o sistema LSF apresenta grande potencial de industrialização, já que a própria modulação estrutural é dimensionada para uma melhor otimização da utilização de chapas ou placas. Por isso na maioria dos casos, as placas são dimensionadas com largura de 1,20 m, múltiplo da modulação de 400mm ou 600 mm, como ocorre com as placas de gesso acartonado e placas cimentícias.

Também os materiais de fechamento e acabamento mais adequados são aqueles que propiciam uma obra “seca”, com redução ou eliminação das etapas de execução que utilizam argamassas e similares.

Os componentes empregados na construção de vedações devem atender a critérios e requisitos que proporcionem satisfação às exigências dos usuários e a habitabilidade da edificação. A norma ISO 6241:1984 estabelece os requisitos fundamentais para atender essas necessidades. Entre eles, podemos citar:

- Segurança estrutural;
- Segurança ao fogo;

- Estanqueidade;
- Conforto termo-acústico;
- Conforto visual;
- Adaptabilidade ao uso;
- Higiene;
- Durabilidade;
- Economia.

Vários materiais têm sido desenvolvidos para atender estes requisitos. Nos países que utilizam largamente construções em Light Steel Framing, as pesquisas relativas ao conforto térmico têm propiciado a evolução no uso de sistemas de maior desempenho térmico devido ao clima temperado e a necessidade de economizar energia. Como é o caso do EIFS (“Exterior Insulation and Finish System”) (Figura 6.1).

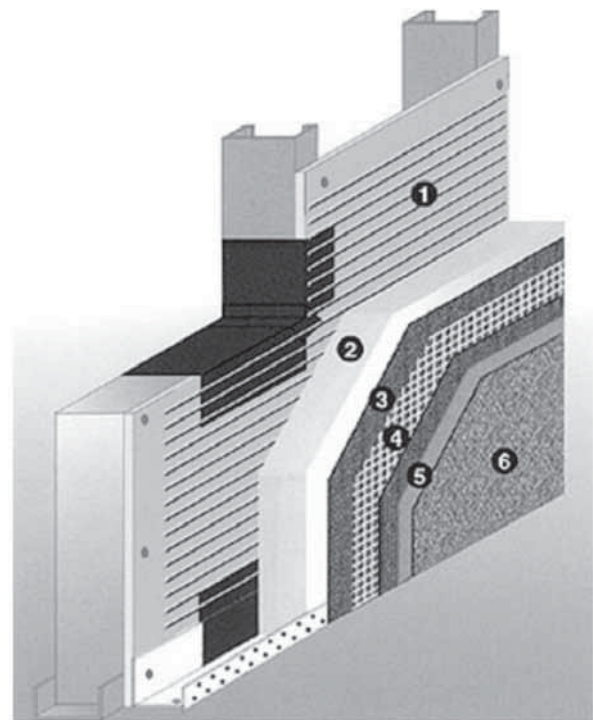


Figura 6.1 – Desenho esquemático de fechamento externo com EIFS: 1- substrato; 2- placa de EPS; 3- revestimento de base; 4- malha de reforço; 5- regulador de fundo; 6- revestimento final. (Fonte: Disponível em: <http://futureng.com/eifs.htm>)

No mercado nacional os produtos disponíveis para o fechamento de construções em LSF são fornecidos em placas ou chapas, com várias espessuras e os mais utilizados são o

OSB (oriented strand board), a placa cimentícia e o gesso acartonado, este último, só deve ser usado em aplicações internas.

Porém, o mercado está sempre oferecendo novas opções, reflexo das pesquisas por materiais alternativos à alvenaria. Nesse campo, podemos citar o uso de painéis de aço (Foto 6.1) que já podem apresentar isolamento termo-acústico incorporado, e são amplamente empregados no fechamento de galpões, indústrias, centros comerciais e culturais, de ensino e tantos outros.



Foto 6.1– Fechamento de edificação em LSF com painéis de aço (Fonte: Revista Architecture à Vivre)

Nesse capítulo vamos nos deter aos materiais mais utilizados até agora no Brasil: OSB, placa cimentícia e gesso acartonado, adequados à realidade construtiva nacional, no que se refere à mão-de-obra disponível e custo. A capacitação da mão-de-obra para instalação de sistemas “drywall” muito influenciou na disseminação do uso do OSB e placa cimentícia, pelo método de instalação ser similar e a tecnologia encontrar-se amplamente difundida no Brasil.

## 6.1. Painéis de OSB

As placas de OSB (oriented strand board), podem ser utilizadas como fechamento da face interna e externa dos painéis, para forros, pisos e como substrato para cobertura do telhado. Porém, devido às suas características, não deve estar exposto a intempéries, necessitando de um acabamento impermeável em áreas externas.

Suas propriedades de resistência mecânica, resistência a impactos e a boa estabilidade dimensional possibilitam seu uso estrutural trabalhando como diafragma rígido quando aplicado aos painéis estruturais e lajes de piso.

São tratadas contra insetos como cupins, e possuem uma relativa resistência à umidade, devido às substâncias utilizadas na confecção das chapas e as bordas seladas (borda verde). São comercializadas nas dimensões de 1,22 m x 2,44 m e nas espessuras de 9, 12, 15 e 18 mm.

Como sistema de fechamento vertical, o OSB é mais utilizado para fechamento externo, pois internamente o gesso acartonado tem melhor desempenho estético e funcional.

O método de fixação e montagem é muito semelhante ao do gesso acartonado no sistema “drywall”, onde as placas, por suas dimensões e por serem muito leves (aproximadamente 5,4 kg/m<sup>2</sup>, dependendo da espessura), podem ser transportadas manualmente sem a necessidade de outros equipamentos e são fixadas por meio de parafusos auto-brochantes e auto-atarraxantes.

Como as placas de fechamento externo estão sujeitas às intempéries, deve-se tomar algumas precauções tanto no projeto como na execução da edificação, como as que vamos apresentar a seguir.



No projeto, deve-se prever as juntas de dilatação entre as placas, devido às variações dimensionais ocasionadas pela temperatura e umidade do ar (Foto 6.2). As juntas devem apresentar 3 mm entre as placas, incluindo todo o seu perímetro, isto é, nos quatros lados da placa, e também entre estas e as esquadrias. As juntas verticais devem estar sempre sobre montantes e adequadamente aparafusadas. Juntas de movimentação devem ser previstas quando as paredes tiverem dimensões maiores que 24 m (Structural Board Association, 2000).

Juntas de dilatação



Foto 6.2 – Fachada com fechamento externo em OSB apresentando juntas de dilatação. (Fonte: arquivo do autor)

Independente do acabamento final, as placas de OSB devem ser protegidas externamente da umidade e da água, através de uma manta ou membrana de polietileno de alta densidade, que reveste toda a área externa das placas, garantindo a estanquidade das paredes, porém permitindo a passagem da umidade da parte interna dos painéis para o exterior, evitando a condensação dentro dos mesmos (Foto 6.3). As mantas são grampeadas nas placas, e sobrepostas de 15 a 30 cm em suas juntas para criar uma superfície contínua e efetiva que evite as infiltrações

de água. É importante que esse revestimento seja feito assim que as placas sejam fixadas, para protegê-las da exposição à água e a agentes climáticos durante a construção, pois podem ocorrer inchamentos, principalmente nas placas que forem cortadas e não tiverem as bordas impermeabilizadas.



Foto 6.3- Impermeabilização das placas de OSB da fachada da foto anterior com membrana de polietileno. (Fonte: arquivo do autor)

Os painéis tanto internos como externos não devem estar em contato direto com o solo ou fundação. Na base dos painéis antes da montagem deve ser fixada uma fita seladora, que além de evitar o contato direto com a umidade do piso, minimiza as pontes térmicas e acústica. Toda a projeção horizontal das paredes externas deve estar sobre uma base mais alta que o nível exterior, de forma a evitar o contato das placas com o solo e a passagem de água por entre o painel e a fundação, como mostra a figura a 6.2:

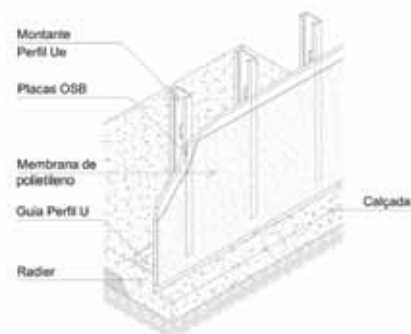


Figura 6.2- Embasamento elevado para evitar contato das placas e painéis com a umidade.

No projeto de paginação, as junções verticais das placas devem estar defasadas entre si, evitando a coincidência das juntas, como aparece na foto 6.4, e como foi descrito anteriormente no Capítulo 3. Assim, para funcionar como diafragma rígido, as placas devem atender as recomendações para a fixação e disposição nos painéis.



Foto 6.4- Instalação de OSB na fachada com juntas verticais defasadas. (Fonte: arquivo do autor)

Antes de se efetuar o revestimento externo, é importante ressaltar que se as placas de OSB estiverem molhadas, é aconselhável esperar a secagem para depois proceder com a colocação dos revestimentos. Como acabamento final podem ser adotados o “siding” vinílico, o de madeira ou cimentício e a argamassa.

#### 6.1.1. “Siding” Vinílico

O “siding” é um revestimento de fachadas, composto de placas paralelas, muito comuns nas residências norte-americanas. O “siding”, como mencionado anteriormente, pode ser vinílico que é feito com PVC, de madeira ou cimentício. Nesse trabalho vamos nos deter ao uso do “siding” vinílico, por apresentar o melhor desempenho, e uma concepção de execução mais industrializada. Sua principal vantagem é oferecer uma alternativa de cons-

trução mais rápida e limpa que os revestimentos tradicionais como argamassa, pintura e revestimentos cerâmicos. Outra vantagem é proporcionar um acabamento que melhor se adapta ao fechamento em OSB.

O “siding” vinílico é um material muito versátil, de fácil aplicação e não necessita de muitos cuidados de manutenção. Pode ser pintado e sua limpeza pode ser feita com água e sabão. É fornecido no mercado em painéis compostos por réguas duplas com 5,00 m de comprimento e 25,0 cm de largura com texturas que imitam a madeira e na cor branca (Foto 6.5).



Foto 6.5 Instalação de siding vinílico. (Fonte: Marcos Lima <sup>1</sup>)

O revestimento é impermeável, em função do seu material e do sistema de montagem de barras intertravadas que possibilita a estanquidade. Porém, não apresenta grande resistência a impactos, apesar de atender a normas internacionais de desempenho (Revista Techné, 2003). Para assegurar a eficiência da instalação do “siding” vinílico, deve-se colocar as réguas de forma a não restringir o movimento de dilatação e contração das peças.

Para a instalação vários acessórios são disponibilizados pelo fabricante: perfis de fixação, acabamentos para cantos e esquadrias, forros de beirais e peças decorativas (Foto 6.6).

<sup>1</sup> Imagem originalmente publicada em Revista Techné nº 76, p. 55, Julho 2003.



Foto 6.6 - Perfis acessórios para instalação do "siding" vinílico, no detalhe acabamento para esquadrias e cantoneiras. (Fonte: arquivo do autor)

A instalação é muito simples, e obedece as seguintes etapas:

1. Definição do projeto de paginação;
2. Impermeabilizar o OSB com a membrana de polietileno;
3. A instalação começa de baixo para cima, fixando-se em primeiro lugar o perfil de arranque;
4. A seguir fixam-se os perfis no contorno das esquadrias, as cantoneiras e demais acessórios com parafusos auto-atarraxantes galvanizados a intervalos de 25 a 30 cm;
5. Instalam-se as réguas do "siding", encaixando a primeira no perfil de arranque, e fazendo uma fileira horizontal e na seqüência, quando se completar a primeira linha, encaixa-se a linhas subseqüentes, fixando-as com parafusos auto-atarraxantes galvanizados espaçados 40 ou 50 cm nos orifícios alongados (olhais) existentes na borda superior da placa (Figura 6.3). Deve-se deixar 1 mm de espaço livre entre a parte posterior da cabeça do parafuso e a face externa dos perfis, para não restringir as dilatações térmicas do PVC (Figura 6.3);

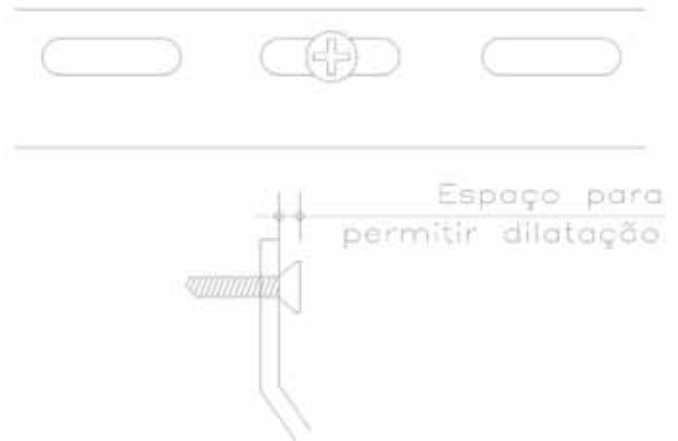


Figura 6.3- Fixação do "siding" com parafusos. (adaptado do ConsulSteel, 2002)

6. Deixar espaços nos encontros das réguas com os perfis ou acessórios para permitir a dilatação do material (Figura 6.4), que varia conforme o clima de cada região de acordo com informações do fabricante;

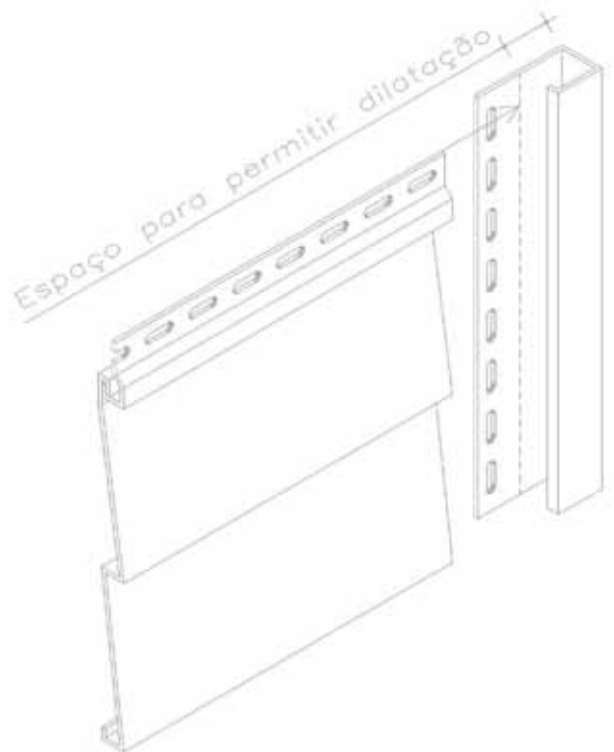


Figura 6.4 - Detalhe da folga no encontro das réguas com os perfis acessórios. (adaptado de ConsulSteel, 2002).

7. O encontro ou junção das réguas em uma mesma fileira se dá sobrepondo 25 mm de uma régua sobre a outra (Figura 6.5);

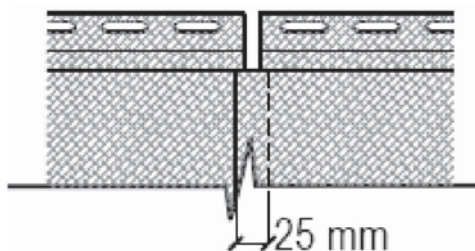


Figura 6.5 – Sobreposição na junção das régua. (adaptado do ConsulSteel, 2002)

8. As juntas entre as régua de uma fileira devem estar defasadas ao menos 50 mm em relação à fileira seguinte.

Depois da aplicação, é possível a remoção ou reposição dos painéis situados em locais que possam necessitar de manutenção elétrica ou hidráulica, ou mesmo a substituição de peças danificadas.

#### 6.1.2. Argamassa

Basicamente, o método mais indicado de revestir o OSB com argamassa, consiste em aplicá-la sobre tela tipo “deployée” ou tela plástica resistente à alcalinidade. A tela disposta em duas camadas e fixada com grampos sobre a superfície do OSB impermeabilizada com a membrana de polietileno, garante a aderência da argamassa (Foto 6.7). A argamassa de traço forte deve ser aplicada, uniformemente, oferecendo um bom recobrimento e não deixando a tela exposta.



Foto 6.7 - Revestimento das placas de OSB com argamassa aplicada sobre tela tipo “deployée”. (Fonte: arquivo do autor)

Não é preciso o tratamento das juntas das placas de OSB, pois a membrana de polietileno já garante a estanqueidade do painel. Porém é necessário juntas feitas na argamassa para a orientação de trincas (Foto 6.8). Deve-se ter especial atenção na execução do revestimento, evitando que a fachada no momento da aplicação da argamassa esteja exposta ao sol direto ou a chuva muito forte.

#### Juntas



Foto 6.8 - Fachada em OSB revestida com argamassa com juntas aparentes para orientação das trincas. (Fonte: arquivo Célio Firmo)

### 6.2. Alvenaria

A alvenaria por ser uma vedação independente da estrutura, funciona como um invólucro vinculado a ela por meio de conectores metálicos. Porém, já que o conceito da produção de edificações com alvenaria diverge da proposta do sistema LSF em trabalhar com uma obra “seca” com rapidez de execução e métodos industrializados que diminuem o desperdício de material e mão-de-obra, a alvenaria acabou ficando restrita a elementos decorativos de tijolo aparente em fachadas (Foto 6.9).



Foto 6.9 - Fachada revestida com tijolos maciços aparentes. (Fonte: Disponível em: <http://www.construtorasequencia.com.br>)

Da mesma forma que ocorre com os outros materiais de fechamento, é necessária a impermeabilização da estrutura com a manta de polietileno, a fim de garantir a estanqueidade dos painéis. A manta deve ser aparafusada na estrutura, entre esta e a vedação de alvenaria.

Como a parede de alvenaria não se apóia sobre a estrutura, só se vincula a ela por meio de conectores (Figura 6.6), os únicos movimentos restringidos entre a fachada e a estrutura são aqueles provenientes dos des-

locamentos horizontais provocados pela ação do vento. As cargas verticais, oriundas de seu peso próprio, são transferidas diretamente para as fundações, aliviando a estrutura desse carregamento (Coelho, 2003).

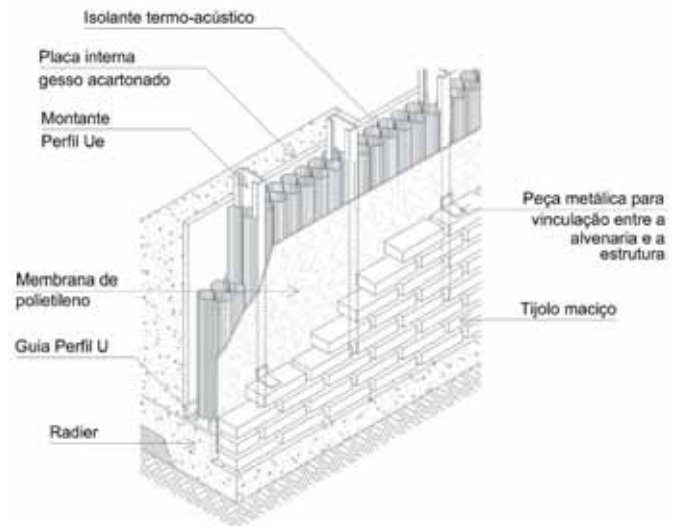


Figura 6.6 – Desenho esquemático de fechamento de alvenaria de painéis em LSF.

### 6.3. Placas Cimentícias

As placas cimentícias podem ser utilizadas como fechamento externo ou interno dos painéis, principalmente em áreas molháveis, substituindo o gesso acartonado e em áreas expostas a intempéries (Foto 6.10). Para uso em pisos é necessário um substrato de apoio, que pode ser de chapas de madeira transformada, para proporcionar às placas cimentícias resistência à flexão.



Foto 6.10 – Fechamento com placas cimentícias. (Fonte: Revista Techné nº 79)

Por definição, toda chapa delgada que contém cimento na composição é chamada de cimentícia. Basicamente, as placas são compostas por uma mistura de cimento Portland, fibras de celulose ou sintéticas e agregados. Porém, há algumas diferenças fundamentais nas placas disponíveis no mercado. A principal delas é que existem dois grupos: o com fibras dispersas na matriz, e o com malha de fibra de vidro em ambas as superfícies. Os produtos do primeiro tipo foram desenvolvidos a partir de matrizes de cimento que continham amianto. Com as restrições legais a respeito do uso desse tipo de fibra, as chapas ganharam fibras plásticas, de vidro ou celulósicas (Loturco, 2003).

As principais características da placa cimentícia são:

- Elevada resistência a impactos, o que possibilita seu uso em fechamentos externos;
- Grande resistência à umidade, podendo ser exposta às intempéries;
- São incombustíveis;
- Podem ser curvadas depois de saturadas, possibilitando curvaturas no senti-

do do comprimento com até 3 metros de raio;

- Tem baixo peso próprio, até 18 kg/m<sup>2</sup>, facilitando o transporte e manuseio, dispensando o uso equipamentos de içamento;
- Compatível com a maioria dos acabamentos ou revestimentos: pintura acrílica, cerâmicas, pedras naturais, pastilhas, etc;
- São cortadas com facilidade com ferramentas com superfície de ataque de metal duro;
- Rapidez de execução: sistema de montagem semelhante ao do gesso acartonado.

Suas dimensões variam de acordo com o fabricante, porém, as chapas utilizadas para sistemas de fechamento em LSF são comercializadas nas dimensões que possuem largura fixa de 1,20 m e comprimentos que variam de 2,00 m, 2,40 m e 3,00 m. As espessuras também variam de 6, 8, 10 mm de acordo com a função e aplicação da placa (Tabela 6.1).

Tabela 6.1. - Relação entre espessura da placa cimentícia e aplicação. Fonte: Brasilit.

<b>Espessura da placa</b>	<b>Aplicação Usual</b>
6 mm	Podem ser aplicadas em divisórias leves e paredes secas internas, onde não existam aplicações de cargas suportadas diretamente pela placa.
8 mm	Podem ser aplicadas em divisórias leves e paredes internas e externas, em áreas secas e úmidas, podendo existir aplicações de cargas suportadas pela placa.
10 mm	Utilizadas para áreas secas e molhadas, internas ou externas. Ideal para paredes estruturais, melhorando a resistência contra impactos, aplicações de carga e isolamentos termo-acústicos.

Para a melhor utilização das placas cimentícias é essencial a pesquisa junto ao fabricante das características e recomendações de uso do produto para evitar riscos de patologias. Entre as patologias de maior ocorrência estão as fissurações no corpo da chapa, trincas em juntas e revestimentos, inclusive com destacamento dos mesmos.

Cuidados especiais devem ser tomados na especificação do tipo da junta levando em consideração a variação dimensional das placas devido à temperatura e umidade do ambiente e a natureza dos acabamentos que irão revesti-la. Basicamente, a junta pode se apresentar de duas formas: a junta aparente e a junta invisível. No caso de juntas aparentes, a aplicação de perfis ou selantes elastoméricos destacam visualmente a junta e podem ser a melhor alternativa no caso de placas que possuem o coeficiente de variação dimensional muito alto. Para esse tipo de junta as bordas da placa devem ser planas.

As juntas invisíveis devem ser tratadas de acordo com especificações de cada fabricante das placas e dos produtos de rejuntamento, porém é sempre indicado um reforço sobre a junta de tela de fibra de vidro resistente a alcalinidade. As bordas das placas devem ser rebaixadas para garantir o nivelamento do tratamento da junta.

As juntas devem apresentar no mínimo 3 mm entre as placas, dependendo das recomendações do fabricante, incluindo todo o seu perímetro, isto é, nos quatros lados da placa, e também entre estas e as esquadrias. Juntas de dessolidarização também são recomendadas sempre que houver a junção da placa cimentícia com outro material diferente.

A montagem das placas é similar à do gesso acartonado, diferenciando-se apenas no material utilizado para corte, acabamento de juntas e nos parafusos galvanizados tipo

auto-atarraxantes que devem ser próprios para placas cimentícias.

Recomenda-se que em paredes externas, deve-se revestir a face exposta com uma demão de selador de base acrílica. Em locais úmidos (banheiros, cozinhas, áreas de serviço, etc) prever um sistema de impermeabilização nas junções da parede com o piso, para evitar a infiltração de água para dentro do painel. Paredes das áreas de box, pias de cozinha e tanques também devem receber impermeabilização. O assentamento de peças cerâmicas pode ser feito com argamassa colante, porém flexível.

### 6.4. Gesso Acartonado

No sistema LSF, as placas ou chapas de gesso acartonado constituem o fechamento vertical da face interna dos painéis estruturais e não-estruturais que constituem o invólucro da edificação, e também o fechamento das divisórias internas.

Como foi mencionado no capítulo 3, os painéis internos quando não são estruturais podem ser construídos empregando o sistema “Drywall”, que também é constituído de perfis U e Ue de aço galvanizado, porém de menores dimensões, pois apenas suportam o peso dos fechamentos e revestimentos, e de peças suspensas fixadas em sua estrutura como armários, bancadas, quadros, etc.

A mesma técnica que é utilizada na montagem e fixação das chapas de gesso acartonado nos perfis galvanizados do sistema “Drywall”, é empregada no fechamento dos painéis estruturais e não-estruturais do sistema LSF.

Também a montagem e fixação das placas cimentícias, tanto nos painéis em LSF como no “Drywall” segue os mesmos princípios, exceto pelo tratamento das juntas e tipos

de parafusos que já foram descritos no item 6.3.

#### 6.4.1. Características das Placas de Gesso Acartonado

A vedação de gesso acartonado é um tipo de vedação vertical utilizada na compartimentação e separação de espaços internos em edificações, leve, estruturada, fixa, geralmente monolítica, de montagem por acoplamento mecânico e constituída usualmente por uma estrutura de perfis metálicos e fechamento de chapas de gesso acartonado (Sabbatini, 1998 apud Holanda, 2003).

As chapas de gesso acartonado são vedações leves, pois não possuem função estrutural e sua densidade superficial varia de 6,5 kg/m<sup>2</sup> a 14 kg/m<sup>2</sup> dependendo de sua espessura (Abragesso, 2004).

As placas de gesso acartonado são fabricadas industrialmente e compostas de uma mistura de gesso, água e aditivos, revestidas em ambos os lados com lâminas de cartão, que confere ao gesso resistência à tração e flexão.

Esse sistema permite derivações e composições de acordo com as necessidades de resistência à umidade e fogo, isolamento acústico ou fixação em grandes vãos (Krüger, 2000).

As dimensões nominais e tolerâncias são especificadas por normas, e de forma geral, as placas ou chapas são comercializadas com largura de 1,20 m e comprimentos que variam de 1,80 m a 3,60 m de acordo com o fabricante. Sendo as espessuras de 9,5 mm, 12,5 mm e 15 mm.

No mercado nacional são oferecidos três tipos de placa:

- A placa Standard (ST) para aplicação em paredes destinadas a áreas secas;
- A placa Resistente à Umidade (RU), também conhecida como placa verde, para paredes destinadas a ambientes sujeitos à ação da umidade, por tempo limitado de forma intermitente;
- A Placa Resistente ao Fogo (RF), conhecida como placa rosa, para aplicação em áreas secas, em paredes com exigências especiais de resistência ao fogo.

#### 6.4.2. Perfis de Aço para Sistemas “Drywall”

Os perfis de aço galvanizado são fabricados pelo mesmo processo de conformação dos perfis para LSF, porém a espessura das chapas é menor, já que os perfis não têm função estrutural na edificação.

Como nos painéis em Light Steel Framing, as divisórias em “Drywall” são compostas por guias superior e inferior (perfis U) e montantes verticais (perfis Ue) a fim de possibilitar uma estrutura para fixação das chapas.

O espaçamento entre os montantes ou modulação, assim como nos painéis do sistema LSF, pode ser de 400 ou 600 mm de acordo com as solicitações exercidas pelas placas de fechamento, revestimentos e peças suspensas fixadas ao painel. A modulação funciona como ferramenta para a racionalização do sistema de fechamento otimizando o uso das chapas, aumentando o nível de industrialização da construção, uma vez que minora os desperdícios com cortes e adaptações e aumenta a velocidade de execução.

#### 6.4.3. Aspectos de Projeto e Execução

Para uma eficiente implantação de sis-



temas de fechamento racionalizados é necessário que seu projeto juntamente com o projeto estrutural e de instalações prediais tenham início na etapa de anteprojeto, sejam desenvolvidos simultaneamente e estejam coordenados e compatibilizados a fim de se evitar interferências e não-conformidades que comprometam a qualidade do processo construtivo e o produto final que é a edificação.

Portanto, antes de iniciar a montagem do sistema de fechamento interno é importante verificar a compatibilização dos projetos entre si. Devem ser verificadas também as seguintes condições:

- Todo o fechamento vertical externo já deve estar instalado e impermeabilizado, e lajes de piso e telhado devem ter sido terminadas;
- Atividades que utilizaram água devem ter sido finalizadas;
- Os períodos de cura devem estar vencidos, como no caso de lajes úmidas e fundações tipo radier;
- As lajes e fundações devem estar niveladas e preferencialmente acabadas.
- Os ambientes devem estar protegidos da entrada de chuva e umidade excessiva;
- As saídas das instalações hidráulicas e elétricas devem estar devidamente posicionadas, e as prumadas já prontas, evitando-se grandes rasgos nos perfis metálicos;
- Para a fixação dos perfis para “drywall”, verificar se o elemento de fixação é compatível com a base de apoio.

### 6.4.4. Montagem de Sistema “Drywall”

Os componentes básicos para a monta-

gem do sistema “Drywall” são:

- Componentes para fechamento da divisória (placas de gesso, cimentícias);
- Perfis U e Ue galvanizados para estruturação da divisória (montantes e guias);
- Parafusos para a fixação dos perfis galvanizados e das placas à estrutura;
- Materiais para tratamento das juntas (massas e fitas);
- Materiais para isolamento termo-acústico (lã de vidro ou lã de rocha).

A montagem do sistema segue uma seqüência típica, como mostra a figura 6.7:

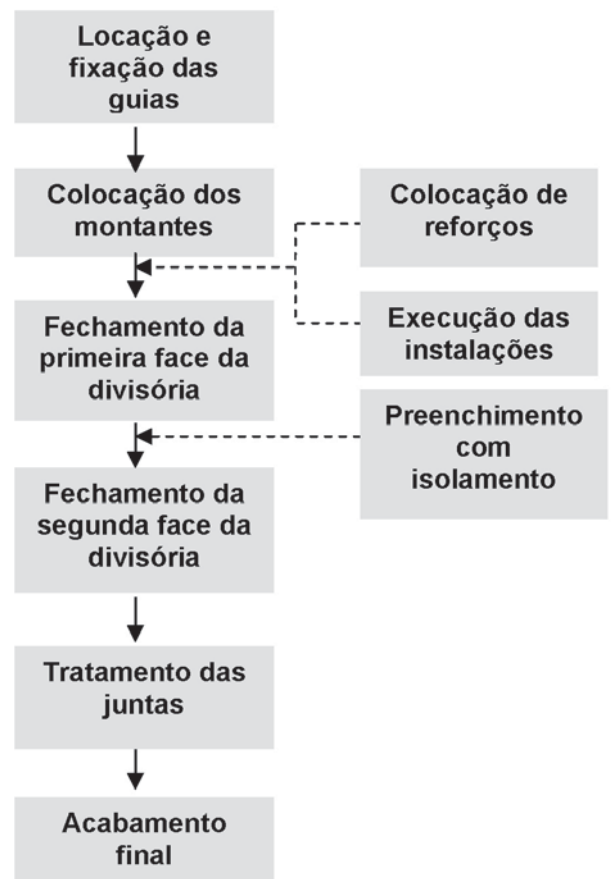


Figura 6.7 – Seqüência de montagem do sistema “Drywall”.  
(Fonte: adaptado de Taniguti, 1999)

## 6.5. Isolamento Termo-Acústico

O desempenho termo-acústico de uma edificação é determinado pela sua capacidade de proporcionar condições de qualidade ambiental adequadas ao desenvolvimento das atividades para o qual ela foi projetada. Esse desempenho é influenciado por uma série de fatores. Entre estes podemos citar a localização e posicionamento do edifício e suas dependências, os tipos de vedações e coberturas, seus revestimentos e cores, tipos de esquadrias, tamanho e posicionamento das aberturas, etc.

O isolamento termo-acústico é uma forma de controlar a qualidade do conforto dentro de um ambiente de modo que as condições externas não influenciem as internas, barrando a transmissão de sons e evitando as perdas ou ganhos de calor para meio externo ou contíguo.

As vedações verticais têm papel fundamental no isolamento termo-acústico, pois constituem as barreiras físicas entre os ambientes e o exterior.

Tradicionalmente, os princípios de isolação consideram que materiais de grande massa ou densidade são melhores isolantes. Porém, é errado pensar que estruturas e vedações mais leves que têm conseqüentemente uma menor massa para isolamento dos ambientes pode levar a condições de conforto não satisfatórias.

O conceito de lei de massa não pode ser aplicado às construções com LSF. Os princípios de isolamento termo-acústico em LSF baseiam-se em conceitos mais atuais de isolação multicamada, que consiste em combinar placas leves de fechamento afastadas, formando um espaço entre os mesmos, preenchido por material isolante (lã mineral). Nesse aspecto, diversas combinações podem

ser feitas a fim de aumentar o desempenho do sistema, através da colocação de mais camadas de placas ou aumentando a espessura da lã mineral. (Foto 6.11)



Foto 6.11 – Instalação de lã de vidro em painel

### 6.5.1. Isolamento Acústico

O som é causado por uma variação de pressão existente na atmosfera, sendo capaz de ser detectado pelo ouvido. O som para ser transmitido necessita de um meio elástico onde as partículas vibram. O meio mais comum é o ar, mas também podem ser transmitidos através dos materiais de uma edificação. Quando o som aéreo é gerado, partículas do ar vibram, e quando encontram as superfícies rígidas dos componentes de uma edificação, induzem oscilações nestes materiais que conseqüentemente transmitem essas oscilações para o ar do ambiente interno (Elhajj, 2002). Segundo o mesmo autor, há três tipos de transmissão de sons em uma edificação:

- Transmissão de som aéreo: que ocorre quando um som externo incide no ambiente através de suas aberturas ou vedações;
- Transmissão de som de impacto: tende a ser mais relevante para pisos, quando,

por exemplo, escuta-se a movimentação das pessoas dentro dos edifícios. Outras fontes podem ser batidas de porta, queda de objetos, etc;

- Transmissão de som proveniente da estrutura: ruídos vindos de vibrações de equipamentos ou instalações hidráulicas que são transmitidos pelos elementos da edificação como paredes, pisos e estruturas pelo contato direto com essas fontes.

Quando o som incide sobre uma determinada superfície, uma parede por exemplo, parte dele é refletido, parte é absorvido dentro do material e parte é transmitido através do mesmo. Da energia sonora absorvida pela parede parte será dissipada em calor e o resto irá propagar-se através desta.

O efeito total será que a parede como um todo entrará em vibração, causada pela pressão das ondas sonoras incidentes. A pa-

rede vibrando irá irradiar energia acústica para o ambiente adjacente.

A quantidade da radiação sonora advinda da parede, e, portanto, a capacidade de isolamento desta parede, dependerá da frequência do som, do sistema construtivo e do tipo de material que a compõem (Sales, 2001).

O isolamento acústico ocorre quando se minimiza a transmissão de som de um ambiente para outro ou do exterior para dentro do ambiente e vice-versa. Para Sales (2001) a característica de isolamento sonoro de uma parede é normalmente expressa em termos da Perda de Transmissão (PT). Ainda segundo a autora, quanto maiores os valores da perda de transmissão, mais baixa será a transmissão da energia acústica, e vice-versa. Segundo Gómez (1998) apud Sales (2001), o isolamento acústico de paredes pode ser classificado, de acordo com os valores das respectivas perdas de transmissão, conforme a tabela a seguir:

Tabela 6.2– Qualificação do Isolamento Acústico.  
Fonte: Gerges (1992) apud Sales (2001)

Quantificação do isolamento	Perda de Transmissão (PT)	Condições de audição
Pobre	< 30 dB	Compreende-se a conversação normal facilmente através da parede.
Regular	30 a 35 dB	Ouve-se a conversação em voz alta, mas não se entende bem a conversação normal.
Bom	35 a 40 dB	Ouve-se a conversação em voz alta, mas não é facilmente inteligível.
Muito bom	40 a 45 dB	A palavra normal é inaudível e em voz alta é muito atenuada, sem compreensão.
Excelente	> 45 dB	Ouvem-se muito fracamente os sons muito altos.

O desempenho acústico de um material pode ainda ser estimado através da Classe de Transmissão de Som Aéreo (CTSA) que indica, de uma maneira global, a capacidade do material de reduzir o nível sonoro entre dois ambientes, dada em decibels (dB). Essa grandeza é obtida em laboratório para determinado componente construtivo, e não considera o isolamento do ambiente. Entretanto, segundo Krüger (2000) pode-se proceder a avaliação acústica do conjunto de elementos construtivos levando-se em consideração valores obtidos somente para a parede, desde que os demais elementos tenham CTSA maior ou igual à mesma. A tabela 6.3 fornece o CTSA para alguns componentes usados na construção convencional e em LSF. Atualmente, o classificador CTSA vem sendo substituído por  $R_w$  (Índice de Redução Acústica) que é baseado na norma internacional ISO 717:1996 (Sales, 2001).

Tabela 6.3 – Classe de Transmissão de Som Aéreo para elementos construtivos. Fonte: adaptado de Kinsler et al., 1982.

Componente da Construção	CTSA
Parede de tijolo com 25 cm	52
Placa de vidro de 6 mm	26
Bloco de concreto celular autoclavado	45
Painel de gesso acartonado com montantes 90x40 a cada 400 mm com placas de gesso de 12,5 mm em ambos os lados sem isolamento com lã mineral	33
Painel de gesso acartonado com montantes 90x40 a cada 400 mm com placas de gesso de 15 mm em ambos os lados sem isolamento com lã mineral	34
Painel de gesso acartonado com montantes 90x40 a cada 400 mm com placas de gesso de 12,5 mm em ambos os lados com isolamento de lã mineral de 50 mm de espessura	36
Painel de gesso acartonado com montantes 90x40 a cada 400 mm com placas de gesso de 15 mm em ambos os lados com isolamento de lã mineral de 50 mm de espessura	38
Painel de gesso acartonado com montantes 90x40 a cada 600 mm com placas de gesso de 15 mm em ambos os lados com isolamento de lã mineral de 75 mm de espessura	45-49
Painel de gesso acartonado com montantes 90x40 a cada 600 mm com 2 placas de gesso de 15 mm em ambos os lados com isolamento de lã mineral de 75mm de espessura	50-54

Para edificações no Brasil, a norma NBR 10152:1987 fixa condições aceitáveis de ruído ambiente em determinados recintos de uma edificação de acordo com a finalidade de utilização do mesmo. Dentre os diversos ambientes estabelecidos pela norma, podemos citar:

- Quartos em apartamentos residenciais e em hotéis (sem ocupação): 30-40 dB(A);
- Quartos em hospitais: 35-45 dB(A)
- Salas de estar em residências (sem ocupação): 35-45 dB(A);
- Salas de aula: (sem ocupação): 35-45 dB(A);
- Escritórios: 45-55 dB(A).

O isolamento de painéis em LSF segue o princípio massa-mola-massa, onde em lugar de uma parede de massa  $m$ , usam-se camadas separadas de massa, cujo espaço entre elas é preenchido com um elemento absorvente, cujo objetivo é reduzir a transmissão de som entre as camadas de massa.

Os materiais de alta absorção acústica geralmente são porosos e/ou fibrosos onde parte da energia sonora que os atravessa é transformada em energia térmica que é dissipada do material absorvente por convecção, fazendo com que a energia sonora perca intensidade. A lã de vidro por ser um material fibroso, apresenta grande capacidade de isolamento sonora. De acordo com o fabricante, o índice de  $R_w$  (Redução Acústica) da lã de vidro em feltros e painéis combinados com placas de gesso acartonado, é representada na tabela a seguir.

Tabela 6.4 – Índice de Redução Acústica ( $R_w$ ) da lã de vidro.  
Fonte: Isover - Saint Gobain, 2005.

	Parede Simples	Parede Dupla	Parede Simples	Parede Dupla	Parede Simples	Parede Dupla
<b>Espessura da lã de vidro (mm)</b>	50	50	75	75	100	100
<b><math>R_w</math> (dB)</b>	43	50	47	55	52	58

### 6.5.2. Isolamento Térmico

O objetivo principal do isolamento térmico em um edifício é controlar as perdas de calor no inverno e os ganhos de calor no verão. Isso ocorre principalmente em países de clima frio, onde é de extrema importância economizar energia gasta com o aquecimento para manter o conforto térmico dos usuários. Assim, como afirma Krüger (2000), os métodos tradicionais de avaliação do desempenho térmico de edificações adotam como indicador a resistência térmica ou a condutividade térmica dos elementos da edificação.

Para um país de clima predominantemente quente como no Brasil, segundo trabalho desenvolvido por Pinto (2000), não é suficiente adotar um procedimento baseado na resistência térmica dos elementos de vedação para caracterizar o comportamento térmico da edificação. É necessário avaliar simultaneamente todas as trocas térmicas dinâmicas que ocorrem nos ambientes, como as possíveis perdas de energia sejam por ventilação ou por condução/convecção através de elementos da edificação.

A solução mais adequada representa, portanto, um equilíbrio entre perdas e ganhos de calor, que variam conforme o tipo de edificação, as condições de ocupação, as características do clima local e os materiais empregados na construção. Quanto aos materiais é

importante observar propriedades tais como: capacidade térmica específica, densidade de massa, condutividade térmica, transmitância, refletância e absorvância à radiação solar, emissividade e forma, além das dimensões e orientações dos mesmos (Krüger, 2000).

Em edificações em LSF, outro aspecto importante a ser considerado é a capacidade do sistema de vedação vertical de produzir pontes térmicas, através do contato dos perfis de aço, que são altamente condutores, com os fechamentos interno e externo, gerando uma ligação ou ponte entre estes.

Portanto, em locais de clima frio é comum executar além do isolamento dentro do painel, com lã mineral, aumentar a sua eficiência através de materiais isolantes na parte exterior dos painéis, como o poliestireno expandido usado no EIFS, que foi comentado no início desse capítulo, com o objetivo de impedir a formação de pontes térmicas.

O desempenho térmico das vedações também pode ser influenciado pelo tratamento das juntas dos materiais de fechamento. A fim de se evitar infiltrações de água e vento, é necessário o correto fechamento das juntas, de preferência com materiais flexíveis, de forma a garantir a estanqueidade do sistema, permitindo suas deformações ou movimentações em qualquer condição de temperatura.

No Brasil, não há estudos sobre o comportamento e desempenho térmico de edificações construídas em LSF, portanto ainda não é possível avaliar quais condições de fechamento são melhores para determinados climas. Portanto, neste trabalho vamos nos deter na capacidade de isolamento térmico apresentada pela lã de vidro, que é um componente amplamente utilizado no tratamento térmico e acústico de edificações em LSF em todo o mundo.

A performance de um isolante térmico é avaliada de acordo com a Resistência Térmica, que é a capacidade do material de dificultar a passagem do calor. A Resistência Térmica é obtida a partir de uma equação que considera a condutividade térmica do material e sua espessura, e é dada por:

$$R = \frac{\Delta x}{\kappa A} \quad (6.1)$$

Onde  $\Delta x$  representa a espessura da parede;  $\kappa$  a condutividade térmica do material da parede e  $A$ , a área de troca de calor.

Para uma parede composta, tipo painel sanduíche, a Resistência Térmica é calculada pela soma das resistências individuais, ou seja:

$$R_q = \sum_{i=1}^n \frac{\Delta x}{\kappa_i A} \quad (6.2)$$

Onde  $n$  é o número de elementos planos que compõem o painel.

Em seu trabalho, Krüger (2000) avalia a capacidade de isolamento térmico de vários painéis utilizados na vedação de estruturas de aço. Entre os painéis analisados, os de gesso acartonado apresentaram um melhor isolamento térmico, devido à presença de lã de vi-

dro entre as placas que aumenta a resistência térmica de acordo com a equação 6.2.

De acordo com o fabricante de lã de vidro, os valores de Resistência Térmica e Condutividade Térmica do material são descritos na tabela 6.5:

Tabela 6.5 – Resistência Térmica e Condutividade Térmica da lã de vidro.

Fonte: Isover - Saint Gobain, 2005.

Espessura da lã de vidro	Condutividade Térmica (W/m °C)	Resistência Térmica (m <sup>2</sup> °C/W)
50 mm	0,042	1,19
75 mm	0,042	1,78
100 mm	0,042	2,38



# ***Capítulo 7***

---

Ligações e Montagem



### 7.1. Ligações

Existe uma ampla variedade de conexões e ligações para estruturas de aço e seus componentes, embora nem todas sejam tão utilizadas. Apesar da importância das ligações, em muitos casos não se dá a necessária atenção ao assunto, o que pode comprometer o desempenho da estrutura e encarecer os custos da obra.

Segundo Elhajj (2004) a escolha de um tipo específico de ligação ou fixação depende dos seguintes fatores:

- Condições de carregamento;
- Tipo e espessura dos materiais conectados;
- Resistência necessária da conexão;
- Configuração do material;
- Disponibilidade de ferramentas e fixações;
- Local de montagem, se no canteiro ou em uma fábrica ou oficina;
- Custo;
- Experiência de mão de obra;
- Normalização.

#### 7.1.1. Parafusos

Os parafusos auto-atarraxantes e auto-perfurantes são os tipos de conexão mais utilizados em construções com Light Steel Framing no Brasil, portanto, neste capítulo serão abordados as ligações dessa natureza e suas aplicações. Existe no mercado uma série de tipos de parafusos para cada ligação específica (metal/metal, chapa/metal), possibilitando uma fixação de fácil execução tanto no canteiro como na pré-fabricação de componentes. Outro aspecto importante é que a indústria vem sempre desenvolvendo processos para aumentar a durabilidade e o desempenho dos

parafusos, portanto eles são elementos extremamente confiáveis do sistema. Os parafusos utilizados em LSF são em aço carbono com tratamento cementado e temperado, e recobertos com uma proteção zinco-eletrolítica para evitar a corrosão e manter características similares à estrutura galvanizada.

Os parafusos estão disponíveis em uma série de tamanhos que vão do nº 6 ao nº 14, onde os mais usados são os que vão do nº 6 ao nº 10. Os comprimentos variam de ½ pol. a 3 pol. dependendo da aplicação, de forma que o parafuso ao fixar os componentes de aço entre si deva ultrapassar o último elemento no mínimo em três passos de rosca.

Quando houver a fixação entre elementos como placas de fechamento e perfis de aço, o parafuso deve fixar todas as camadas e ultrapassar o perfil de aço em pelo menos 10 mm.

O comprimento nominal do parafuso e o seu diâmetro estão diretamente relacionados à espessura total do aço que o parafuso pode perfurar.

O diâmetro do parafuso é a distância externa dos fios de rosca. Quanto maior o diâmetro do parafuso, maior sua resistência ao cisalhamento.

O comprimento nominal do parafuso é a distância entre a superfície de contato da cabeça do parafuso e sua ponta, expressa habitualmente em polegadas.

O passo é a separação dos fios de rosca, quanto maior a espessura do aço a perfurar, menor o passo do parafuso.

Os parafusos auto-atarraxantes apresentam dois tipos de ponta: ponta broca (Figura 7.1) e ponta agulha (Figura 7.2). A espessura da chapa de aço a ser perfurada é que define o tipo de ponta a ser utilizada.



Figura 7.1 – Ponta broca



Figura 7.2 – Ponta agulha

Parafusos com ponta agulha perfuram chapas de aço com espessura máxima de 0,84 mm (Elhajj, 2004) e são recomendados para uso em perfis de aço não estruturais como os usados em “drywall”.

Os parafusos com ponta broca são utilizados em chapas de aço com espessura mínima de 0,84 mm (Elhajj, 2004). São muito empregados quando há a conexão de várias camadas de materiais e são os mais recomendados nas ligações de perfis estruturais.

A cabeça do parafuso define o tipo de material a ser fixado. Os parafusos com cabeça tipo lentilha, sextavada e panela são empregados para a fixação de perfis de aço entre si (ligação metal/metal). Já os parafusos com cabeça tipo trombeta servem para a fixação de placas de fechamento nos perfis de aço (ligação chapa/metal) (Figura 7.3).

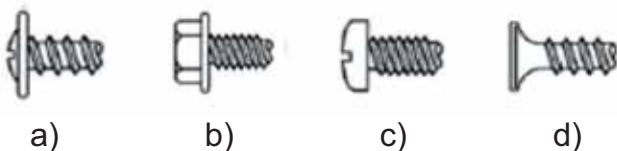


Figura 7.3 – Tipos de cabeça de parafusos mais utilizados em ligações com LSF. a) cabeças lentilha; b) sextavada; c) panela e d) trombeta.

Normalmente, as fendas são do tipo Phillips nº 2, exceto em parafusos sextavados que não possuem fenda. Outras caracterís-

ticas podem ser asas no corpo do parafuso para a fixação de placas de fechamento como OSB e cimentícias, e ranhuras na cabeça tipo trombeta.

### 7.1.2. Aplicações

A seguir os tipos de parafusos e suas aplicações em construções com o sistema LSF:

- Parafuso cabeça lentilha e ponta broca (Figura 7.4): Normalmente utilizado nas ligações tipo metal/metal, ou seja, entre perfis e em fitas de aço galvanizado. Sua cabeça larga e baixa permite fixar firmemente as chapas de aço sem que estas se rasguem e sem causar abaulamentos nas placas de fechamento. É principalmente utilizado na ligação entre montantes e guias.



Figura 7.4 – Parafuso cabeça lentilha e ponta broca. (Fonte: Ciser Parafusos e Porcas)

- Parafuso cabeça sextavada e ponta broca (Figura 7.5): Também conhecido como parafuso estrutural é utilizado na ligação entre painéis, de perfis em tesouras, enrijecedores de alma em vigas de piso e nas peças de apoio das tesouras. O perfil da sua cabeça impede que seja utilizado onde uma placa é posteriormente colocada.



Figura 7.5 – Parafuso cabeça sextavada e ponta broca. (Fonte: Ciser Parafusos e Porcas)

- Parafuso cabeça trombeta e ponta broca (Figura 7.6): É utilizado na fixação de placas de gesso e OSB. Sua cabeça permite a total penetração no substrato, ficando rente à superfície. Disponível em diversos comprimentos dependendo da quantidade de camadas de chapas a serem fixadas.



Figura 7.6 –Parafuso cabeça trombeta e ponta broca. (fonte: Ciser Parafusos e Porcas)

- Parafuso cabeça trombeta e ponta broca com asas (Figura 7.7): Usado na fixação de placas cimentícias. A cabeça tipo trombeta permite a total penetração no substrato. As asas, que se encontram entre a ponta e a rosca, proporcionam uma perfuração de maior diâmetro na placa, não permitindo que os filamentos do material que a compõem obstruam a perfuração. Estas asas se desprendem quando fazem contato com o perfil de aço onde se fixa a placa.



Figura 7.7 - Parafuso cabeça trombeta e ponta broca com asas. (fonte: Ciser Parafusos e Porcas)

- Parafuso cabeça trombeta e ponta broca com asas para placas de OSB de 25 mm: É um parafuso também com asas, porém sem as nervuras na cabeça e com um passo menor. Utilizado basicamente para fixar as placas estruturais de OSB de 25 mm de espessura nas vigas de piso que tenham no mínimo uma espessura de chapas de aço a perfurar de 1,6 mm. Normalmente o diâmetro do pa-

rafuso é nº 12 ou 14, sendo seu comprimento nominal de no mínimo 1 3/4 pol. O bit utilizado na parafusadeira é Phillips # 3 em vez do # 2.

A parafusadeira é uma das ferramentas mais utilizadas em construções com LSF, pois executa as fixações por meio de parafusos nas ligações entre diversos componentes do sistema (Foto 7.1). O tipo da cabeça do parafuso e as fendas da mesma determinam qual tipo de boquilha é usada na parafusadeira para permitir sua fixação. Nas construções em LSF basicamente se usa bits de # 2 e # 3 para os parafusos com fenda Phillips e capuz para cabeças sextavadas.

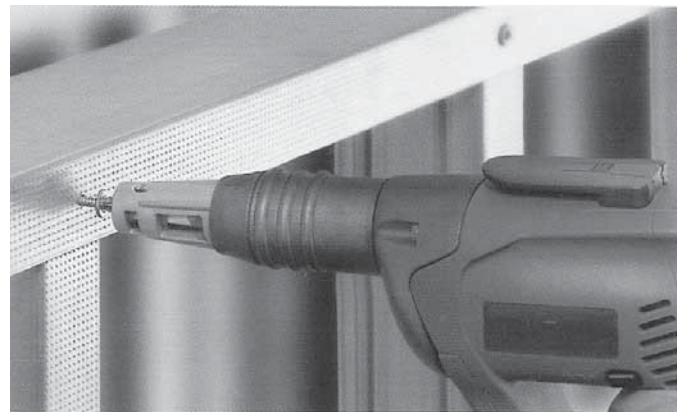


Foto 7.1 - Parafusadeira. (Fonte: Construtora Seqüência)

### 7.2. Montagem

Os métodos de construção e montagem de edificações em LSF variam em função do projetista e da empresa construtora. Quanto maior o nível de industrialização proposto pelo projeto, maior é a racionalização empregada no processo de construção, podendo atingir um patamar de alto grau de industrialização da construção civil, onde as atividades no canteiro se resumem a montagem da edificação através do posicionamento das unidades e sua interligação (Foto 7.2).



Foto 7.2- Unidades modulares sendo posicionadas na construção (Fonte: disponível em: [http://www.corusconstruction.com/page\\_9088.htm](http://www.corusconstruction.com/page_9088.htm))

Como foram apresentados anteriormente no capítulo 2, os métodos utilizados no processo construtivo de edificações em LSF são: Métodos “Stick”, por Painéis e Modular. Este último por ser um processo altamente industrializado e que pode ser aplicado em vários sistemas construtivos através do uso de unidades modulares, apresenta técnicas que variam de acordo com o tipo de utilização e metodologia adotada pela empresa fabricante e montadora.

O método “Stick”, que foi comumente utilizado nos Estados Unidos para construção de casas unifamiliares, tem sido substituído naquele país, pelo método por Painéis devido as maiores vantagens apresentadas como nível de qualidade e precisão dos componentes da estrutura e rapidez de construção.

No Brasil, o método de construção por painéis é o mais amplamente utilizado, pois melhor se adaptou à cultura das empresas construtoras e à mão-de-obra disponível. Portanto, nesse capítulo serão abordadas as técnicas e seqüência na montagem do Sistema de Painéis.

### 7.2.1. Sistema de Painéis

O Sistema de Painéis consiste em pré-fabricar os componentes da estrutura como painéis, tesouras e até lajes em oficinas ou no próprio canteiro de obras. A confecção dos componentes é realizada em mesas especiais de trabalho com a orientação dos projetos estruturais ou para produção e quanto maior a organização das atividades, melhor a qualidade e precisão dos componentes. Oficinas apresentam ambiente, equipamentos e organização muito mais apropriada para estas atividades. Contudo, é possível também estabelecer um local para a fabricação dos componentes na própria obra, porém isso vai depender da disponibilização de espaço e mão de obra especializada.

De maneira geral, os perfis chegam ao local de montagem e são cortados (Foto 7.3) de acordo com o projeto estrutural ou para produção. Nas mesas de trabalho (Foto 7.4) que possuem dimensões mínimas de largura 2,8 a 3 m e comprimento de 5 a 6 m são montados painéis, lajes, vergas e demais componentes. Em uma das extremidades da mesa são fixados dois perfis de aço perpendiculares entre si para manter o esquadro do painel. É fixado no painel depois de montado, um perfil Ue na linha diagonal do painel para evitar que se deforme e perca o esquadro.



Foto 7.3 – Corte dos perfis com serra circular. (Fonte:arquivo do autor)

Para montagem das tesouras, muitas vezes, é necessário aumentar a mesa de trabalho para se adequar ao comprimento das mesmas.



Foto 7.4 – Mesa de trabalho para montagem de componentes estruturais. (Fonte: arquivo do autor)

### 7.2.2. Montagem da Estrutura de Painéis do Pavimento Térreo

Depois de pronta a fundação, deve-se verificar se ela se encontra perfeitamente nivelada, limpa e em esquadro. Antes de se posicionar o painel, aplicar na alma da guia inferior, uma fita isolante, que pode ser de neoprene (Foto 7.5).



Foto 7.5 – Aplicação de fita selante na base do painel. (Fonte: arquivo do autor)

A montagem se inicia com a colocação do primeiro painel exterior em um canto. Ao se posicionar o painel no local correto, deve se realizar um escoramento provisório com re-

cortes de perfis U e Ue (Foto 7.6) a fim de se ajustar esquadro e nível.



Foto 7.6 – Escoramento do painel durante a montagem. (Fonte: arquivo do autor)

Depois de conferido o posicionamento do painel, efetua-se a ancoragem provisória, verificando que a posição dos mesmos não coincida com as ancoragens definitivas (Foto 7.7).



Foto 7.7 – Ancoragem provisória com pinos de aço. (Fonte: arquivo do autor)

A seguir se coloca o segundo painel exterior perpendicular ao primeiro, formando a primeira “esquina” da construção (Foto 7.8). Verifica-se o nível e o esquadro, e então fixa o escoramento (Foto 7.9) e posteriormente a ancoragem provisória.



Foto 7.8 – Montagem dos painéis. (Fonte: arquivo do autor)



Foto 7.9 – Verificação do nível do painel e fixação da ancoragem. (Fonte: arquivo do autor)

Continua-se a montagem com a colocação dos painéis perimetrais (Foto 7.10), e por sua vez, alguns painéis internos que proporcionem rigidez ao conjunto e sirvam para manter o esquadro e o nível dos painéis exteriores.

A localização dos painéis interiores pode

ser feita com marcações no contrapiso executadas com fio traçante, instrumento utilizado no sistema “drywall” (Foto 7.11).



Foto 7.10 – Montagem dos painéis externos (Fonte: Disponível em: <http://www.consulsteel.com/cas/default.asp>)



Foto 7.11 – Marcação da localização dos painéis internos. (Fonte: arquivo do autor)

É importante verificar os esquadros dos ambientes por meio da medição das diagonais dos mesmos, e uma vez conferido, fixar perfis Ue provisoriamente sobre as guias superiores dos painéis (Figura 7.8), assegurando o esquadro, para então executar a ancoragem provisória.



Figura 7.8- Fixação de perfil Ue para manter esquadro dos painéis (Adaptado de ConsulSteel, 2002)

A fixação entre painéis deve ser feita com parafusos auto-atarraxantes estruturais nas almas dos perfis de encontro (Foto 7.12), distanciados a cada 20 cm, formando uma “costura”, isto é, um caminho diagonal ao longo da alma.



Foto 7.12 – Fixação de dois painéis com parafusos estruturais. (Fonte: arquivo do autor)

Após a montagem de todos os painéis do pavimento, executa-se a ancoragem definitiva. Só então, inicia-se a colocação das placas de fechamento externas, que devem ser instaladas a partir de uma extremidade da edificação obedecendo à modulação e os critérios apresentados nos capítulos anteriores. Primeiro são colocados os painéis da primeira linha (Foto 7.13) e depois é colocada uma segunda linha e assim sucessivamente de baixo para cima.



Foto 7.13- Colocação do fechamento externo dos painéis. (Fonte: arquivo do autor)

Quando se utilizam as placas de OSB trabalhando como diafragma rígido, é importante garantir que uma linha de placas seja colocada de forma a permitir que sua fixação ocorra tanto nos painéis do pavimento inferior como no superior, aumentando a rigidez do sistema. As juntas das placas de uma linha devem estar defasadas em relação à outra (Foto 7.14).



Foto 7.14 – Juntas de placas devem estar defasadas. (Fonte: arquivo do autor)

### 7.2.3. Montagem da Estrutura de Laje

A montagem da estrutura da laje pode ser feita de duas formas:

1- Montando seções menores de laje na mesa de trabalho ou sobre o contrapiso do pavimento térreo, para posteriormente posicio-

ná-las sobre os apoios de painéis portantes ou vigas principais.

2- Posicionando as vigas de piso já cortadas no comprimento do vão, uma a uma na laje, depois de instaladas as sanefas, onde deverão ser encaixadas (Foto 7.15). Após o encaixe e verificação do esquadro, fixam-se os enrijecedores de alma que irão conectar as vigas de piso à sanefa e evitar o esmagamento da alma das vigas nos apoios.



Foto 7.15 – Posicionamento das vigas de piso na sanefa. (Fonte: arquivo do autor)

Depois de montada a estrutura da laje, se ela for do tipo úmida, procede-se à execução da mesma, instalando os perfis galvanizados tipo cantoneira na borda da laje e a chapa de aço ondulada que serve de fôrma, preenchendo com concreto magro para formar a superfície do contrapiso (Foto 7.16).



Foto 7.16 – Execução de laje úmida. (Fonte: Usiminas)

A laje seca, preferencialmente, só deve ser instalada quando a cobertura já estiver sido executada, a fim de evitar que o piso de placas de OSB fique exposto a intempéries. Para permitir o trabalho dos operários sobre a laje, algumas placas podem ser fixadas e deve ser feito o contraventamento provisório.

Em ambos os casos, sempre devem ser previstos espaços para o apoio dos painéis portantes internos e externos diretamente sobre a estrutura e não sobre o contrapiso.

#### 7.2.4. Montagem da Estrutura de Painéis do Pavimento Superior

O procedimento é o mesmo dos painéis do pavimento térreo, porém dependendo da altura e do peso dos painéis, o içamento pode ser feito manualmente (Foto 7.17) ou por equipamentos como guindastes (Foto 7.18). Nesses procedimentos deve sempre se evitar torcer ou deformar os painéis.



Foto 7.17 – Montagem dos painéis do pavimento superior. (Fonte: arquivo do autor)





Foto 7.18 – Içamento e posicionamento de painel de pavimento superior. (Fonte: disponível em: [http://www.lds.com.br/steelframe/montagem\\_023\\_gr.jpg](http://www.lds.com.br/steelframe/montagem_023_gr.jpg))

O emplaceamento do pavimento superior segue o mesmo procedimento usado no pavimento inferior, só que o sentido da instalação das placas é de cima para baixo, a fim de permitir a colocação de uma linha de placas que permita a fixação nos painéis dos dois pavimentos conforme mostra a figura 7.9:

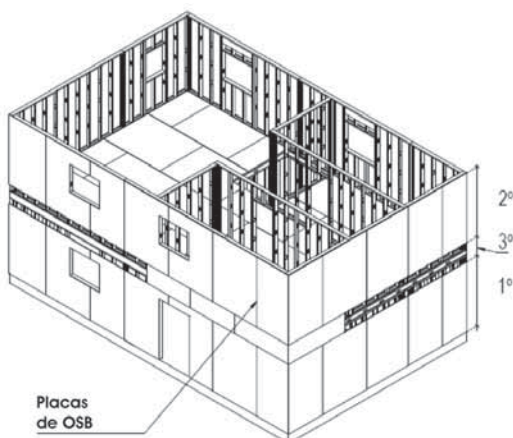


Figura 7.9 – Emplaceamento dos painéis externos. (Adaptado de ConsulSteel, 2002)

### 7.2.5. Montagem da Estrutura do Telhado

Em telhados estruturados com caibros, o primeiro passo é montar a cumeeira, e então fixar os caibros na cumeeira com parafusos estruturais (Foto 7.19).



Foto 7.19 – Detalhe de cumeeira em telhado estruturado com caibros. (Fonte: arquivo do autor)

Os parafusos utilizados na ligação de elementos de tesouras ou caibros devem ser sempre estruturais.

Vigas de teto podem ser montadas como as vigas de piso, porém devem ser contraventadas à medida que vão sendo instaladas.

Em telhados estruturados com tesouras, estas podem ser içadas em conjunto e dispostas sobre os painéis portantes (Foto 7.20). Então, são distribuídas na sua posição definitiva sendo fixadas com enrijecedores de alma e parafusos estruturais. O contraventamento deve ser efetuado à medida que as tesouras vão sendo posicionadas. Nunca devem ser posicionadas mais do que quatro tesouras ao mesmo tempo sem os contraventamentos.



Foto 7.20 – Montagem de tesouras de telhado. (Fonte: Disponível em: <http://www.consulsteel.com/cas/default.asp>)

Em telhados com duas águas depois de instaladas as tesouras, são montados os oitões e beirais apoiados ou em balanço. Para telhados em quatro águas ou mais, a estrutura é montada de acordo com os procedimentos descritos no capítulo 5.

Uma outra técnica para instalar o telhado com tesouras é montar a estrutura no chão, onde contraventamentos mantêm a estabilidade e forma do telhado, e depois içar e colocar a estrutura na sua posição definitiva. Alguns cuidados devem ser tomados para que a estrutura não deforme, distribuindo adequadamente os pontos de içamento e fazendo contraventamentos adicionais.

Depois de montada a estrutura, procede-se a colocação da cobertura de telhas, que dependendo do tipo, é necessário o uso de substratos como placas de OSB para o assentamento das telhas (Foto 7.21).



Foto 7.21 – Instalação de placas de OSB sobre o telhado (Fonte: arquivo do autor)

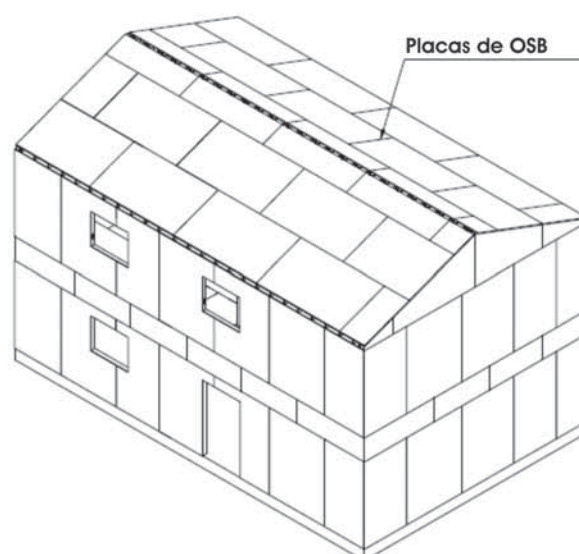


Figura 7.10 - Assentamento das placas de OSB na estrutura. (Adaptado de ConsulSteel)



# *Capítulo 8*

---

Instalações

### 8.1 - Generalidades

As edificações construídas em sistema Light Steel Framing utilizam instalações semelhantes às empregadas em edificações convencionais de alvenaria, sejam elas elétricas, hidráulicas, sanitárias, telefônicas, internet, gás, TV ou de aquecimento solar. O desempenho de todas essas instalações também não se altera em função do sistema construtivo. Desta forma, as considerações usuais para projetos de instalações, como os princípios de dimensionamento, perdas de carga consideradas, uso das propriedades dos materiais e caminhamento das instalações, continuam a ser seguidos para seu emprego em edificações de Light Steel Framing.

Os materiais e formas de instalação utilizados para as construções convencionais se aplicam para o Light Steel Framing, demandando apenas alguns cuidados específicos na sua execução, a maioria deles ligados ao fato de a parede das edificações em LSF não possuir massa em seu interior, e, por isso necessitar de suportes e montagens para fixação das instalações.

Para a passagem das instalações pelos perfis de Light Steel Framing, tanto nos montantes das paredes quanto nas vigas das lajes secas, devem existir furos nas almas dos perfis Ue. Esses furos são executados conforme os parâmetros da NBR 15253, que estabelece que os furos podem existir nos perfis, desde que devidamente considerados no dimensionamento estrutural. Os furos podem ser redondos ou oblongos, sempre com seu maior eixo coincidindo com o eixo longitudinal do perfil, de diâmetro máximo 38 mm, e, no caso de furos oblongos, comprimento máximo de 115 mm. A distância entre os centros de furos sucessivos deve ser de, no mínimo igual a 600 mm e a distância mínima entre a extremidade do perfil e o centro do primeiro furo é de 300 mm (figura 8.1).

A distância entre a extremidade de uma abertura e a face lateral do apoio da viga deve ser de no mínimo 250 mm.

Para aberturas com formas diferentes ou dimensões maiores, devem ser executados reforços em suas bordas. Nestes casos, os furos devem ser reforçados por uma chapa de aço galvanizado parafusada, com espessura no mínimo igual ao do elemento perfurado e se estendendo 25 mm além das bordas do furo.

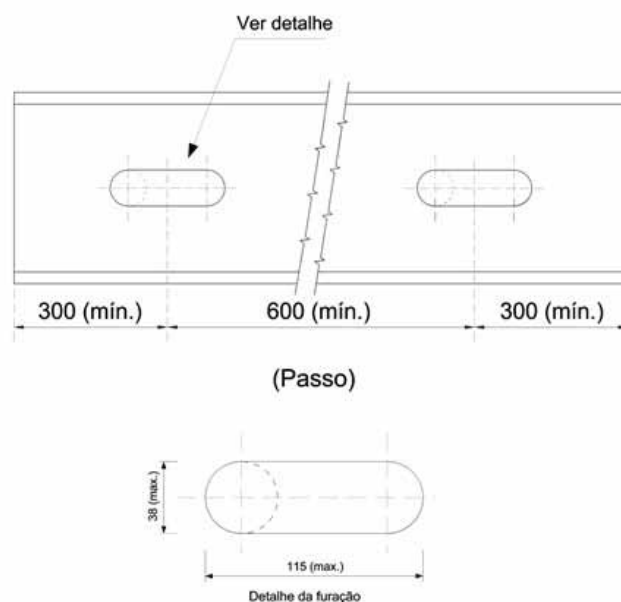


Figura 8.1 – Dimensões da furação de perfis de Light Steel Framing

Fonte: NBR 15253

Durante a compatibilização dos projetos, pode-se planejar o posicionamento de todos os furos de instalações exatamente nos locais onde há previsão de passagem de algum duto, diminuindo a quantidade de furos e direcionando o posicionamento das tubulações de acordo com o projeto.

A passagem das tubulações das instalações pelos vazios das paredes e forros das construções em LSF permite a leitura de toda a obra como um shaft visível, facilitando a execução e a manutenção dos sistemas. Na execução, diminui-se o volume de resíduo

gerado a quase zero e aumenta-se a rapidez da instalação, já na construção convencional há grande acúmulo de entulho, em função da necessidade de quebrar a parede recém executada para passagem de tubos ou dutos.

Nas situações em que há demanda por manutenção das instalações existentes ou acréscimo de novas, o sistema Light Steel Framing elimina a necessidade de rasgar todo o caminhamento para passagem da nova tubulação ou localização de eventual dano na existente. Os passos para manutenção, resumidamente, são os seguintes: corte da placa de gesso no local danificado, utilizando um serrote de mão, abrindo uma janela para o interior da parede; reparo da instalação danificada com plena visibilidade de seus componentes; posicionamento da placa de gesso removida ou outra nova com as mesmas dimensões, caso a anterior tenha se danificado; fixação dessa placa com auxílio de perfil metálico auxiliar e parafusos; e tratamento das juntas ao redor da janela com massas e fitas adequadas. Todas essas etapas são feitas de forma fácil, com pouco resíduo, transtorno e sujeira.

O funcionamento como shaft visitáveis das paredes e forros executados com Light Steel Framing permite uma perfeita visualização das interferências entre instalações diversas durante a sua execução, facilitando o trabalho e diminuindo a chance de danos acidentais às instalações já finalizadas (figura 8.2).



Figura 8.2 – Facilidade de visualização de interferências entre instalações  
Fonte: Acervo Flasan, 2011

Apesar da grande liberdade de passagem de dutos de instalações no interior das paredes, lajes e coberturas em Light Steel Framing, alguns cuidados devem ser tomados. Um desses cuidados é a localização dos dutos junto à alma dos montantes, pelo lado externo, ou livres no vão entre os perfis, nunca existindo dutos posicionados no interior dos montantes. Tal cuidado evita que as tubulações sejam danificadas pelos parafusos utilizados na fixação das placas de revestimento. Outro cuidado importante é evitar o caminhamento aleatório dos dutos, seguindo sempre o especificado no projeto de instalações. Mantendo esses cuidados, o futuro usuário da edificação terá maior tranquilidade no momento de executar furos nas paredes ou reparos nas instalações (SANTIAGO, TERNI, PIANHERI, 2008a).

O início da execução das instalações deve acontecer somente após a finalização completa da montagem das estruturas de paredes, lajes e coberturas em Light Steel Framing, minimizando a exposição do instalador a riscos, como a quedas de peças. É interessante também que os revestimentos externos, esquadrias e coberturas já estejam instalados, criando, assim, um

local de trabalho mais adequado e confortável para os instaladores, diminuindo a possibilidade de acidentes com tais profissionais e o risco de danos às instalações em virtude da chuva e do vento.

Após a conclusão das instalações e antes da fixação dos revestimentos dos lados internos das paredes e dos forros, o sistema Light Steel Framing permite que todas essas instalações sejam testadas enquanto ainda são visíveis, facilitando bastante eventuais reparos ou ajustes.

Na execução de lajes em concreto armado, há a necessidade de passagem dos dutos de instalações antes da concretagem, e, quando esta não é feita de forma criteriosa, pode haver danos a esses dutos, diminuindo sua seção ou até impossibilitando a sua utilização. Nas lajes em Light Steel Framing, devido aos vazios entre sua estrutura, a passagem das tubulações é feita após a montagem completa, evitando danos, como os citados.

Em toda obra de construção civil, inclusive em sistemas construtivos tradicionais, aspectos como o correto planejamento das instalações, detalhamento dos caminhamentos, estudo das interferências entre diferentes instalações e locação precisa das instalações nas fundações são fatores que contribuem para o bom andamento e sucesso da obra. Nas construções em Light Steel Framing, este planejamento da obra e o acompanhamento da correta execução dos projetos se tornam fundamentais. A precisa locação dos pontos na fundação também é extremamente importante, permitindo que as paredes sejam instaladas no local planejado e, assim, evitando improvisações e transtornos no canteiro de obras (figura 8.3).



Figura 8.3 – Locação correta dos pontos na fundação e problemas gerados pela locação incorreta  
Fontes: Acervo Flasan, 2011; SANTIAGO, TERNI, PIANHERI, 2008a

Em sintonia com os conceitos de industrialização da construção civil propostos pelo sistema Light Steel Framing, é possível a utilização de kits industrializados para as instalações elétricas e hidráulicas. No caso das instalações hidráulicas, o kit é composto de cavalete com as tubulações rígidas de esgoto que ficam embutidas nas paredes, todos os registros necessários e chicote com as tubulações PEX flexíveis para alimentação de água fria e água quente, já com comprimentos solicitados no projeto e encaixes para conexão com registros. Para instalações elétricas, o kit é composto pelo quadro elétrico e conjunto de

fios com comprimentos pré-determinados de acordo com o projeto. Em ambos os casos, a montagem dos kits aumenta a produtividade da obra, evita desperdício de materiais, garante a homogeneidade das instalações e reduz a necessidade de mão-de-obra em canteiro.

A utilização dos kits industrializados é muito vantajosa para a execução de conjuntos de construções padronizadas, já que, devido à repetibilidade, sua fabricação em grande escala potencializa os pontos positivos apresentados e gera economia no fim da obra. Para construções únicas, o emprego dos kits industrializados se torna menos interessante.

## **8.2. Água Quente e Água Fria**

As instalações de água fria e água quente são feitas normalmente por derivações a partir de reservatórios principais, com ramais para cada um dos pontos de consumo. As tubulações empregadas nesses sistemas possuem diâmetros pequenos, para serem instaladas no interior das paredes. Os conceitos usuais de dimensionamento, perda de cargas e caminhamento das tubulações empregados nas construções em alvenaria são plenamente aplicáveis nas obras em Light Steel Framing.

Os materiais mais comuns existentes no mercado para instalações hidráulicas, como o PVC (policloreto de vinila), o PEX (polietileno reticulado), o PPR (polipropileno copolímero random), o CPVC (policloreto de vinila clorado) e o cobre, são compatíveis com o sistema de construção a seco (SANTIAGO, TERNI, PIANHERI, 2008b).

As instalações em Light Steel Framing podem ser executadas com o emprego das mesmas peças de execução das tubulações de água quente e água fria, como joelhos, tubos, junções em T, registros etc., que são usadas na alvenaria. Porém, em virtude da não existência de massa no interior das paredes e lajes, as tubulações podem ficar soltas e criar vibrações

indesejáveis. Para evitar tal problema, nas instalações usando peças convencionais rígidas, deve-se travar as tubulações no interior das paredes, o que pode ser feito com o uso de espuma de poliuretano expansível ou anel de borracha nos pontos de passagem da tubulação pelos furos dos montantes. Nos registros e pontos de saída na parede, há grande dificuldade de fixação adequada das peças convencionais utilizando-se somente a espuma de poliuretano, podendo gerar patologias futuras em função da movimentação dessas peças em seu uso normal.

Existem plenamente difundidos no mercado peças especiais para instalações em Light Steel Framing e Drywall, que se focam principalmente nos registros e pontos de saída, situações em que o uso de peças convencionais não resolve satisfatoriamente o sistema.

As peças usadas nos pontos de saída de água, apropriadas para Steel Framing, são luvas que possuem flanges laterais, que são fixados às placas de revestimento das paredes com o uso de parafusos, dispensado qualquer improvisação na montagem (figura 8.4). Os diâmetros disponíveis são de 1/2" e 3/4", atendendo à necessidade da maioria das instalações hidráulicas comuns.



Figura 8.4 – Luva com flange para fixação em placas de revestimento  
Fonte: Arquivo dos autores



Uma limitação importante no projeto de instalações hidráulicas em Light Steel Framing é a não indicação do emprego de vasos sanitários com válvula de descarga convencional, que pode causar significativa vibração e não dispõe de peças adaptadas para fixação nas placas de revestimento. É recomendado, então, que se utilizem bacias sanitárias com caixa acoplada, que são alimentadas por pontos comuns de água fria, montados usando luvas com flange. Há disponíveis no mercado caixas de descarga que podem ser instaladas embutidas nas paredes de LSF, economizando espaço no banheiro e mantendo as características desejáveis da caixa acoplada.

Para a fixação dos registros, é necessária a instalação de peça auxiliar, normalmente metálica, no interior da parede. Essa peça pode ser executada utilizando-se um pedaço de perfil fixado aos montantes com parafusos ou com emprego de peças em aço galvanizado especialmente dobradas para este fim, com largura de acordo com a modulação dos montantes e parafusada à estrutura.

O registro, então, é fixado a esta peça de apoio com auxílio de braçadeira metálica ou suporte especial em policarbonato com braçadeira, de forma rápida e firme. O uso do suporte em policarbonato oferece, ainda, como vantagem o isolamento elétrico do registro em relação à estrutura, eliminando risco de choques ou corrosão galvânica, quando se tratar de registro metálico (figura 8.5).



Figura 8.5 – Registro fixado sobre peça metálica auxiliar  
Fonte: SANTIAGO, TERNI, PIANHERI, 2008b

Dos sistemas de instalações hidráulicas de água quente e água fria disponíveis no mercado, aquele que melhor se adapta ao Light Steel Framing é o sistema PEX, devido a sua grande flexibilidade, velocidade e facilidade de instalação.

Grande parte do ganho de velocidade do sistema PEX está no fato de seus tubos serem flexíveis, o que suprime a necessidade de peças extras para mudança de direção dos tubos, além de serem fornecidos em rolos, de forma a eliminar as constantes emendas ao longo do caminhamento dos tubos e perdas de material em função do corte de peças. O PEX é, também, atóxico, possui alta resistência química e à corrosão e baixa perda de calor.

Todas as conexões do sistema PEX, sejam com registros, conexão T, ou eventuais emendas, possuem anel metálico para fixação do tubo, que é prensado com auxílio de alicante crimpador, garantindo a estanqueidade do sistema (figura 8.6). Os registros e joelhos do sistema PEX possuem base para fixação nas peças metálicas auxiliares de sustentação, porém pode-se utilizar registros convencionais (figura 8.7). Para a conexão dos tubos de PEX a registros convencionais ou a instalações existentes em PVC ou outros materiais rígidos devem ser usadas peças especiais do sistema. As ferramentas para montagem desse sistema (corte de tubos e crimpagem) são diferentes das convencionais, porém facilmente encontradas no mercado.



Figura 8.6 – Sistema PEX: Conexão em T e peça roscável para conexão com instalação rígida  
Fonte: Tigre, 2010



Figura 8.7 – Joelho PEX para fixação em peça auxiliar metálica  
Fonte: Tigre, 2010

As tubulações PEX, em contato com os furos dos perfis estruturais de Light Steel Framing, devem ser protegidas de forma a evitar cortes acidentais no momento da sua instalação e transmissão de vibração durante sua utilização normal. Para isso, são utilizadas peças plásticas de proteção, instaladas em todos os furos dos montantes por onde a tubulação passar. Pode-se também empregar espuma de poliuretano expansiva para este fim, porém as peças plásticas são mais práticas de serem instaladas e possuem custo competitivo (figura 8.8).



Figura 8.8 – Passagem de tubulação em montantes com proteção / Fonte: SANTIAGO, TERNI, PIANHERI, 2008b e Arq. Roberto Inaba

### 8.3. Esgoto e Águas Pluviais

Assim como ocorre com as instalações de água quente e água fria, os processos de projeto de instalações de esgoto e águas pluviais para Light Steel Framing é bastante semelhante ao da alvenaria convencional. Da mesma forma, os materiais convencionais podem ser utilizados, mas com necessidade de adaptações para sua fixação.

As instalações de esgoto podem ser feitas sem adaptações, utilizando-se joelhos com flanges, que devem ser fixados às placas de revestimento ou de piso com o emprego de parafusos (figura 8.9). Os diâmetros disponíveis no mercado atendem às necessidades de saídas de esgoto de pias, lavatórios, mictórios e vasos sanitários.



Figura 8.9 – Instalações de esgoto em estrutura de LSF  
Fonte: Arquiteto Roberto Inaba

Seu processo de instalação indicado obedece aos seguintes passos: com o auxílio de uma furadeira elétrica e serra copo com diâmetro adequado, executa-se o furo no local planejado, na placa de revestimento; o joelho ou luva é posicionado no furo, pelo lado de dentro da parede, com os flanges laterais encostados na placa; os parafusos são instalados a partir da face externa da parede, fixando-se aos flanges; por último, as demais peças da tubulação são montadas, de forma similar às instalações convencionais (figura 8.10) (TIGRE, 2010).



Figura 8.10 – Instalação de joelho com flange  
Fonte: Tigre, 2010

Nas construções em Light Steel Framing, quando há necessidade de caminhamento horizontal das instalações de esgoto e águas pluviais sob as lajes, este normalmente ocorre abaixo das vigas de estruturação do piso, demandando a existência de rebaixo do forro. Tal fato se deve a limitação no diâmetro dos furos de serviço que podem ocorrer nas vigas, que é menor que as tubulações normalmente utilizadas nesse tipo de instalação.

Para evitar tal situação, é interessante que as instalações de esgoto e descida de águas pluviais possuam o menor caminhamento horizontal possível, preferencialmente no sentido paralelo aos perfis de estruturação, de modo a não criar altura extra. É possível também o uso de treliças para estruturação das vigas de piso, deixando vazios entre suas peças, que podem ser utilizados para caminhamento horizontal dos tubos de instalações, da mesma forma que ocorre para passagem de tubos entre as tesouras de cobertura.

A adoção, sempre que possível, de prumadas hidráulicas verticais desde os andares mais altos até o nível da fundação é vantajosa,

já que, no nível do solo, esse caminhamento horizontal é feito de forma bastante fácil e pouco onerosa.

Tanto nas eventuais prumadas de esgoto ou de descida de águas pluviais quanto nos demais caminhamentos das instalações que ocorram no interior das paredes de Light Steel Framing, o diâmetro das tubulações está limitado à largura usual dos montantes, que é de 90 mm. Assim, as tubulações com diâmetro de 100 mm ou maiores, que são muito comuns nas instalações de esgoto de edificações com múltiplos andares e em prumadas de drenagem pluvial, não podem ser embutidas nas paredes.

Para contornar tal limitação, onde há previsão de tubulações, as paredes podem ser construídas com maior diâmetro usando-se perfis com seção de 140 ou 200 mm, de forma a permitir caminhamento vertical desses tubos. Porém, mesmo com o uso de perfis de seção mais alta, não há a possibilidade de seu caminhamento horizontal, uma vez que os furos nas almas dos perfis possui diâmetro limitado. Outra solução possível para casos semelhantes é a construção da parede com o uso de perfis comuns de 90 mm com a instalação da tubulação em uma de suas faces. Neste caso, há a necessidade de execução de contra-parede em DryWall apenas para envolver as instalações, sem limitação do diâmetro da tubulação.

### 8.4. Elétrica

As instalações elétricas, assim como de TV, telefonia e lógica, utilizam conduítes ou eletrodutos para o caminhamento da sua rede de cabos e fios até locais pré-estabelecidos onde se criam os pontos de utilização e consumo. Esse princípio se aplica a instalações de diversos portes e em edificações com sistemas construtivos variados. Assim, o projeto dessas instalações para obras com Light Steel Framing não se difere em nada do projeto utilizado na

construção convencional.

Nas construções em alvenaria convencional, os conduítes, que podem ser corrugados ou lisos, em PVC ou em polietileno, são instalados no interior das paredes, num processo de corte e depois recomposição da alvenaria. Todo esse processo gera uma grande quantidade de resíduo, como já citado anteriormente. Nas construções em Light Steel Framing, utilizam-se os mesmos conduítes convencionais, com preferência para aqueles corrugados. Estes são facilmente instalados no interior da parede antes da fixação dos revestimentos sem qualquer geração de resíduo, dentro do conceito apresentado de parede como shaft visitável.

Nas construções em LSF, os conduítes são instalados utilizando-se os furos de serviços existentes nos montantes e nas vigas de piso. Esses eletrodutos precisam ser fixados aos perfis para perfeito funcionamento das instalações, sem existência de deslocamentos indesejados quando da passagem dos fios. Assim como ocorre nos tubos de água, os conduítes elétricos podem ser fixados com espuma expansiva ou peças plásticas de proteção (figura 8.11). Essa fixação evita também que as finas paredes dos conduítes sejam cortadas pelas bordas dos furos dos perfis durante sua locação e utilização.



Figura 8.11 – Peça de proteção plástica para passagem de conduítes em perfis

Fonte: Acervo dos autores

As caixas plásticas e de distribuição para pontos de eletricidade existentes no mercado para construção convencional podem ser utilizadas no sistema Light Steel Framing. Entretanto, devido ao vazio interno da parede, para que esse emprego ocorra, é necessário que as caixas sejam fixadas, com auxílio de parafusos, na estrutura do painel ou em peças metálicas auxiliares, semelhantes às utilizadas para suporte de registros de hidráulica (figura 8.12).



(a)



(b)

Figura 8.12 – Fixação de caixa elétrica (a) convencional (b) de distribuição em estrutura de LSF

Fonte: Arquiteto Roberto Inaba

Para evitar a necessidade de pré-fixação das caixas plásticas aos montantes, existem caixas de eletricidade desenvolvidas especificamente para serem instaladas em construções de Light Steel Framing (figura 8.13). Essas caixas, com dimensões padronizadas de 100 x 50 mm (4" x 2") e 100 x 100 mm (4" x 2"), possuem travas plásticas nelas encaixadas que, ao serem parafusadas, pressionam as

placas de revestimento por trás, fixando, de forma firme, a caixa elétrica. O contorno dessas caixas elétricas é arredondado para facilitar a sua instalação nas placas de revestimento.



Figura 8.13 – Caixas elétricas para fixação em placas de revestimento  
Fonte: Arquivo dos autores

A instalação das caixas deve ser feita obedecendo aos seguintes passos: primeiro marca-se o local de instalação da caixa plástica; em seguida são feitos dois furos na placa de revestimento com o auxílio de furadeira e serra-copo com diâmetro de 60 mm; após os dois furos prontos, as arestas entre eles devem ser removidas com auxílio de uma serra ou estilete; para instalação da caixa elétrica, os tampões para entrada do eletroduto corrugado devem ser removidos para sua entrada; após a colocação da caixa no orifício da parede, as travas devem ser encaixadas e comprimidas contra a placa de revestimento com o uso dos parafusos (figura 8.14) (ASTRA, 2010).

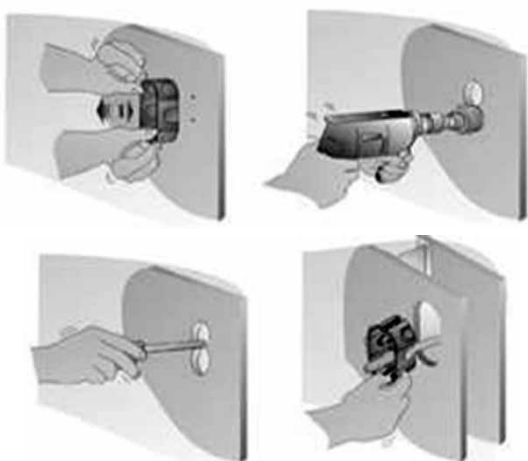


Figura 8.14 – Etapas de instalação de caixa elétrica em placas de revestimento  
Fonte: ASTRA, 2010



Figura 8.15 – Trava para eletroduto corrugado  
Fonte: Acervo dos autores

### 8.5. Gás

As instalações embutidas para passagem de gás doméstico no sistema Light Steel Framing, seja conectada a rede pública, seja para transporte do botijão até o ponto de consumo, devem ser feitas com os mesmos materiais e acessórios da construção em alvenaria.

As tubulações de gás doméstico podem ser executadas utilizando-se tubos de liga metálica de aço galvanizado, cobre ou latão, com ou sem costura, ou ainda tubos de polietileno de alta densidade com conexões soldadas por eletrofusão.

Os tubos de ligas metálicas são rígidos e os de polietileno de alta densidade possuem grande flexibilidade, sendo os últimos mais práticos e rápidos para a execução da instalação no interior das paredes de Light Steel Framing.

Para os materiais metálicos, é importante ter cuidado no isolamento de seu contato com os perfis de aço galvanizado, evitando a ocorrência de corrosão galvânica, que pode tanto comprometer as instalações quanto a estrutura. Esse isolamento pode ser feito com anel de borracha instalado de forma a envolver os tubos quando estes passam pelos furos dos perfis.

Já nas instalações com tubos flexíveis de polietileno de alta densidade, a proteção dos furos com peças plásticas (as mesmas utilizadas nas instalações elétricas e hidráulicas) evita possível dano ao tubo no momento de sua passagem pelos furos.

---

# ***Capítulo 9***

---

## Fechamento Externo de Fachadas

### 9.1. Generalidades

O sistema de fechamento externo de fachada é um dos mais importantes no processo construtivo como um todo, pois está diretamente ligado à imagem e ao conforto das edificações, além de, quando mal projetado ou executado, ser fonte de patologias. Sua racionalização pode resultar em economia em outros subsistemas envolvidos no processo construtivo, como esquadrias, instalações e revestimentos (SALES, 2001).

Maior organização e limpeza do canteiro, rapidez e facilidade na execução das vedações, facilidade de controle e menor desperdício de materiais são algumas das vantagens dos fechamentos industrializados sobre a alvenaria tradicional. (SILVA e SILVA, 2004). Outro ponto a ser destacado é a menor geração de resíduos na obra.

O fechamento de fachadas com Light Steel Framing (LSF) de edifícios com estrutura principal portante é bastante comum em diversos países. No Brasil, apesar da disponibilidade no mercado de todos os insumos necessários para execução, este emprego do sistema ainda é pouco utilizado por parte dos profissionais da área da construção civil.

Este tipo de fechamento oferece vantagens construtivas, em relação à alvenaria tradicional, semelhantes aos painéis pré-fabricados em concreto ou aos painéis metálicos industrializados, podendo ser ainda mais vantajoso já que sua montagem é simples e seu peso próprio é baixo (tabela 01), chegando a reduzir o peso próprio do edifício em 43% (PEREIRA JUNIOR, 2004), implicando em alívio nas solicitações da estrutura principal e nas fundações.

Tabela 9.1 – Peso próprio comparativo de sistemas de fechamento

Material de fechamento	Peso próprio (kN/m <sup>2</sup> )
Tijolo maciço (60mm) com reboco (15mm) nas duas faces	1,55
Tijolo cerâmico furado (90mm) com reboco (15mm) nas duas faces	1,55
Tijolo cerâmico furado (150mm) com reboco (15mm) nas duas faces	2,50
Bloco de concreto celular (110mm) com reboco (15mm) nas duas faces	1,30
Bloco de concreto (110mm) com reboco (15mm) nas duas faces	2,40
LSF com uma placa de gesso (12,5mm) e uma placa cimentícia (10mm)	0,33
LSF com uma placa de gesso (12,5mm) em cada face	0,28
LSF com duas placas de gesso (12,5mm) em cada face	0,52
LSF com uma placa cimentícia (10mm) em cada face	0,38
LSF com uma placa cimentícia (10mm) em cada face	0,72

Fonte: Baseado em SANTIAGO, 2008

O transporte do fechamento com LSF para o canteiro e dentro dele é fácil, visto que os elementos industrializados, como perfis e placas de fechamento, possuem dimensões e peso unitário pequenos. Além disso, o LSF é um sistema aberto, onde os elementos industrializados podem ser adaptados a qualquer exigência de projeto (Figuras 9.1, 9.2 e 9.3) (SANTIAGO, 2008).



Figura 9.1 – Fechamento externo em Light Steel Framing  
Fonte: Acervo Flasan, 2011



Figura 9.2 – Fechamento externo em Light Steel Framing  
Fonte: Acervo Flasan, 2011



Figura 9.3 – Fechamento em LSF em edifício com estrutura metálica  
Fonte: Acervo dos autores

Os métodos de montagem mais comuns, além de suas concepções estruturais qualitativas, são apresentados neste capítulo do manual, com base em informações colhidas junto a fabricantes, construtores e associações técnicas focadas no sistema LSF, mostrando diversas possibilidades de aplicação da tecnologia em fechamentos externos.

O conhecimento e avaliação dos métodos de montagem mais adequados para cada situação são fundamentais para se projetar elementos de fixação que compensem problemas eventualmente ocorridos na construção (nivelamento e prumo da estrutura), além de folgas ou juntas que possam compensar as tolerâncias dimensionais, a movimentação higrotérmica e a movimentação da estrutura.

## 9.2. Aspectos Estruturais

A utilização mais comum do Light Steel Framing no fechamento de fachadas de edifícios é como um sistema secundário, ou seja, que não possui papel estrutural no funcionamento do edifício como um todo. A estrutura principal do edifício é, então, dimensionada sem que os fechamentos tenham qualquer responsabilidade estrutural global, seja de suportar cargas, seja de estabilização (SCHA-



FER, 2003). Nesta situação, a responsabilidade estrutural do fechamento é de suporte de seu peso próprio e dos revestimentos e de resistência às forças de vento e impactos.

Porém, os painéis estruturais de fachadas em Light Steel Framing podem possuir função de colaborar no contraventamento horizontal da estrutura principal do edifício, aumentando a rigidez de seus quadros. Nesta hipótese, os elementos mais exigidos são as chapas ou perfis diagonais de contraventamento do painel, os quadros das aberturas (janelas e portas) e os perfis nas bordas (guias ou montantes) do painel. Um dos principais ganhos no dimensionamento da estrutura considerando o papel estrutural do painel de LSF é a diminuição do comprimento de flambagem dos pilares, resultado da presença de travamentos horizontais nesses painéis (PEREIRA JUNIOR, 2004).

É importante conhecer os deslocamentos aos quais a estrutura principal do edifício está sujeita para a escolha da forma de execução da fachada em Light Steel Framing. O dimensionamento da estrutura do fechamento pode ser feito considerando que tais deslocamentos serão isolados por meio de detalhes não-rígidos na montagem da estrutura de LSF. Pode-se, ainda, optar por admitir que os deslocamentos da estrutura principal não são isolados do fechamento e resultam em esforços nos perfis de LSF (SANTIAGO, 2008). A necessidade ou não de se empregar detalhes construtivos para isolar os deslocamentos da estrutura principal não é prescrita em normas, devendo ser avaliada e dimensionada pela equipe de projeto (LGSEA, 2004).

A conexão da estrutura do fechamento em LSF ou de seus inserts com a estrutura principal do edifício deve ser estudada de acordo com aspectos de execução, desempenho e disponibilidade de materiais. Sua capacidade resistente deve ser dimensionada pelos parâmetros usuais de cálculo de ligações, prescritos por

normas e manuais aplicáveis. Para fachadas em Light Steel Framing, os pinos acionados à pólvora são a solução mais empregada para conexão quando se trata de estrutura principal em concreto ou em aço com espessura de chapa maior que 3,5 mm; já para substrato em aço com menores espessuras, ou na ligação de inserts com os montantes do painel, os parafusos estruturais com cabeça sextavada e ponta broca são uma opção; pode-se, também, optar pelo uso de chumbadores de expansão (tipo parabolt) nos substratos em concreto maciço; além da solda para fixações em aço (SANTIAGO, 2008). De todas essas opções, os pinos são a mais prática e mais empregada na maioria dos casos.

### 9.3. Método Embutido

O Método Embutido é umas das possibilidades de solução construtiva para fachadas utilizando o Light Steel Framing, onde os painéis estruturais, que podem ser fabricados anteriormente ou no local, são montados internamente aos quadros da estrutura principal do edifício (figura 9.4).

Em cada um dos quadros da estrutura principal fechados com LSF, as cargas dos painéis são descarregadas na estrutura imediatamente abaixo, dessa forma, o sistema de fechamento não oferece limitação ao porte do edifício e nem demanda a utilização de sistemas auxiliares de sustentação e de transmissão de sua carga para a estrutura principal do edifício.

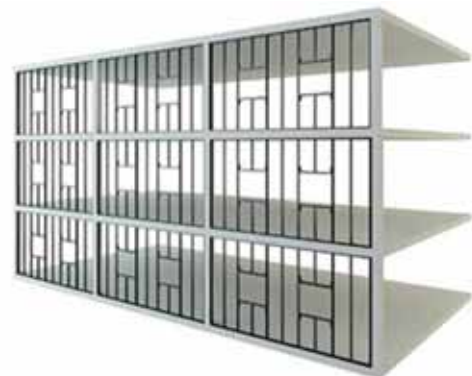


Figura 9.4 – Fechamento em LSF – Método Embutido  
Fonte: SANTIAGO, 2008

Os painéis de LSF são geralmente instalados na borda externa da estrutura, porém essa prática não é obrigatória. Tal montagem tem por objetivo facilitar a instalação dos materiais de fechamento e isolamento externos. Em casos onde se deseja tirar partido da estrutura aparente, pode-se optar pela montagem dos painéis recuados.

Os perfis dos painéis de LSF propostos nesse fechamento não possuem função estrutural no edifício, sendo responsáveis apenas por resistir às cargas de vento e ao seu peso próprio e dos acabamentos de fachadas. Sendo assim, não há necessidade da execução de vergas com múltiplos perfis sobre os vãos de janelas e portas, e nem de colocação de ombreiras reforçando os montantes das extremidades. Ao contrário, em painéis portantes, as vergas podem ser construídas utilizando-se apenas um perfil U simples, cortado e dobrado nas extremidades. Apenas em casos onde há grandes vãos ou forças de vento muito elevadas, há necessidade de uso de vergas compostas, como mostradas no capítulo sobre painéis portantes.

A montagem embutida tem como pontos positivos o custo mais baixo e a facilidade de instalação, ambos resultados da não necessidade de peças especiais de conexão com a estrutura principal do edifício. Uma das limitações do fechamento embutido é a dificuldade em compensar eventuais problemas de alinhamento e prumo decorrentes da execução da estrutura principal. Essa compensação só é possível em função dos acabamentos externos, que podem eventualmente ter essa capacidade.

Os painéis de fechamentos em LSF, quando montados pelo método embutido, podem ser concebidos com ligações rígidas entre os seus elementos estruturais e a estrutura principal do edifício, ou de forma a permitir o livre deslocamento entre eles. Em ambos os casos, a carga

vertical do fechamento é transmitida para a viga ou laje localizada imediatamente abaixo.

No caso de se optar pela liberdade de deslocamento entre as estruturas, a conexão dos montantes com a guia superior deve ser feita utilizando-se peças ou montagens específicas que permitam o deslocamento na forma e grandeza propostos pela concepção e dimensionamento estruturais.

### 9.3.1. Ligações Rígidas

A montagem do fechamento em Light Steel Framing com ligações rígidas é feita com painéis executados de forma semelhante àqueles utilizados em construções autoportantes. As ligações entre os montantes e as guias superiores e inferiores são executadas com parafusos estruturais e a conexão do painel com a estrutura principal é executada de forma rígida (figura 9.5).

A simplicidade e a facilidade de execução dos fechamentos com ligações rígidas, além do seu custo reduzido, constituem suas principais vantagens, que são função da não necessidade de detalhes ou peças especiais de montagem (SCHAFER, 2003).

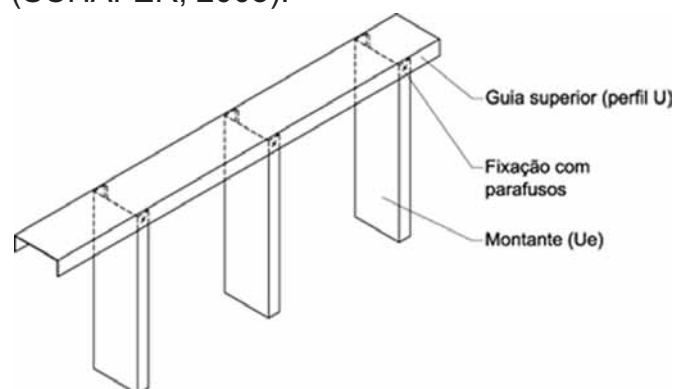


Figura 9.5 – Ligação rígida dos montantes com a guia superior / onte: Adaptado de SCHAFER, 2003

Quando o fechamento em LSF é executado com ligações rígidas há sempre a transmissão de carregamentos da estrutura principal, em função de seus deslocamentos, para a estrutura do painel em LSF. Tal comportamento deve ser levado em conta durante

## Fechamento Externo de Fachadas

a concepção e o dimensionamento, tanto do fechamento quanto da estrutura principal do edifício (SCHAFER, 2003).

### 9.3.2. Ligações Não-Rígidas Verticalmente

Visando permitir o deslocamento livre entre a estrutura do edifício e a estrutura do fechamento, pode-se optar pelo uso de montagem de LSF com espaço livre no topo dos montantes. Esse tipo de montagem permite a movimentação vertical sem transmissão de esforços para os elementos do painel, com custo relativamente baixo (SCHAFER, 2003).

A montagem da parte superior dos painéis é responsável por permitir sua trabalhabilidade dentro do quadro estrutural principal. Para tal, os montantes não são parafusados à guia superior e possuem dimensões inferiores ao vão total a ser preenchido, ficando espaçados da alma da guia superior. A espessura da chapa da guia deve ser determinada em cálculo, em função da resistência às cargas concentradas transmitidas pelos montantes (LABOUBE; BOLTE, 2004).

Como os montantes não são parafusados à guia superior, a instalação de travamentos horizontais é fundamental para a garantia da integridade do painel, de modo a manter os montantes verticalmente alinhados e a restringir sua rotação.

Uma das formas de execução de travamento para montantes com extremidade superior não parafusada é por meio de bloqueadores e fitas instalados horizontalmente (figura 9.6). Esses bloqueadores, instalados a uma distância aproximada de 150 mm do topo do painel, mantêm as seções dos montantes alinhadas e impedem sua rotação.

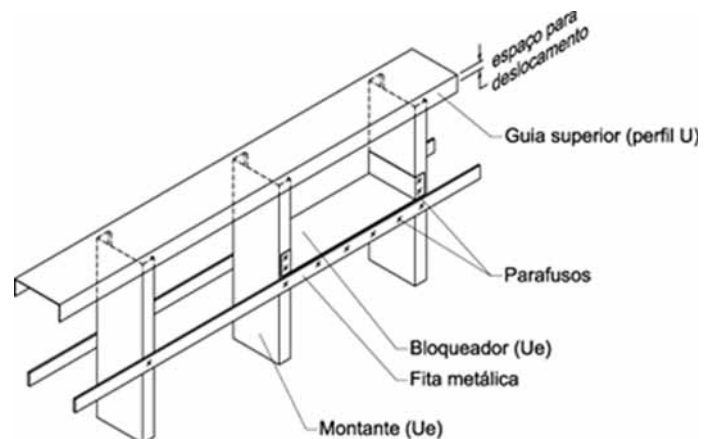


Figura 9.6 – Travamento superior com bloqueadores e fitas  
Fonte: Adaptado de SSMA, 2007

O travamento com bloqueadores e fitas garante boa estabilidade a movimentos laterais e a rotação dos montantes, podendo ser executado com facilidade e usando apenas elementos usuais do sistema LSF (guias e fitas). No processo de montagem, deve-se ter cuidado no alinhamento vertical dos montantes, já que estes não estão parafusados na guia superior.

Outra forma de execução do travamento horizontal dos montantes com espaço superior para movimentação é o uso de canaletas (perfis U de menor seção) combinados a cantoneiras (perfis L) (figura 9.7). Através desses furos, são instaladas canaletas horizontais ao longo de todo o painel. A fixação entre canaletas e montantes é feita com cantoneiras, e estas devem abranger, no mínimo, 80% da largura do montante para melhorar sua resistência à torção (SSMA, 2007). Cantoneiras e canaletas devem ter espessura de 1,25 mm (SCHARFF, 1996).

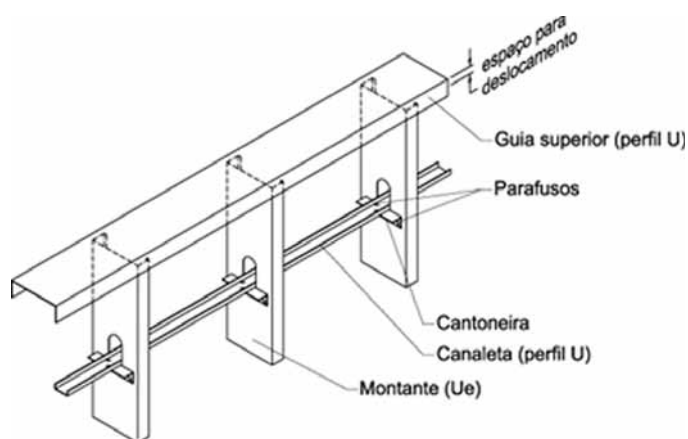


Figura 9.7 – Travamento superior com canaleta e cantoneiras / Fonte: Adaptado de SSMA, 2007

A montagem com cantoneiras e canaletas utiliza elementos padronizados e facilmente encontrados no mercado. Sua instalação é relativamente simples, porém requer atenção no alinhamento vertical dos montantes durante a execução. A estabilização dos montantes é menos eficiente que na montagem com bloqueadores, devendo ser verificada de modo a não ocorrer solitação das placas de revestimento (SSMA, 2007).

Uma montagem derivada da combinação de canaletas e cantoneiras é o espaçador com rasgos para travamento (figura 9.8). Para sua montagem, os montantes devem possuir furos oblongos na parte superior, distanciados até 300 mm do topo do painel. O espaçador consiste em uma cantoneira de aço galvanizado, com espessura de 1,50 mm e rasgos laterais perpendiculares, que são encaixados nos furos oblongos dos montantes sem a utilização de parafusos. Para essa montagem também são empregadas peças metálicas de guarda parafusadas aos montantes, com função de evitar que o espaçador se desencaixe (DIETRICH, 2007).

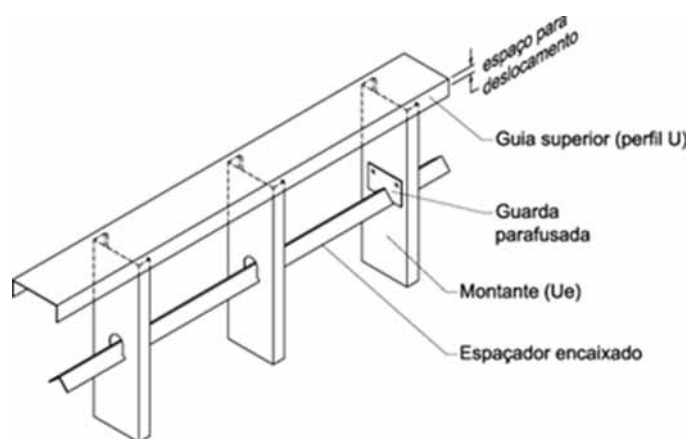


Figura 9.8 – Espaçador instalado entre montantes / Fonte: Adaptado de DIETRICH, 2010

Este sistema possui como principal vantagem a rapidez na execução, quando comparado aos bloqueadores com fitas ou canaletas com cantoneiras. Grande parte desse ganho é devido ao fato da peça ser fabricada com rasgos em distâncias pré-determinadas, fazendo com que o alinhamento vertical dos montantes durante a montagem deixe de ser uma dificuldade. Assim, como na montagem com canaletas, deve-se observar a estabilização dos montantes à rotação.

A montagem embutida com movimentação vertical também pode ser feita de modo a conectar os montantes do painel à guia superior, o que pode ocorrer com o emprego de guia superior, que possua furos oblongos verticais em suas mesas (figura 9.9). Nessa montagem, os parafusos estruturais que fixam os montantes à guia superior são instalados nos furos oblongos da mesa da guia, permitindo o deslocamento vertical da estrutura e mantendo o alinhamento dos montantes.

## Fechamento Externo de Fachadas

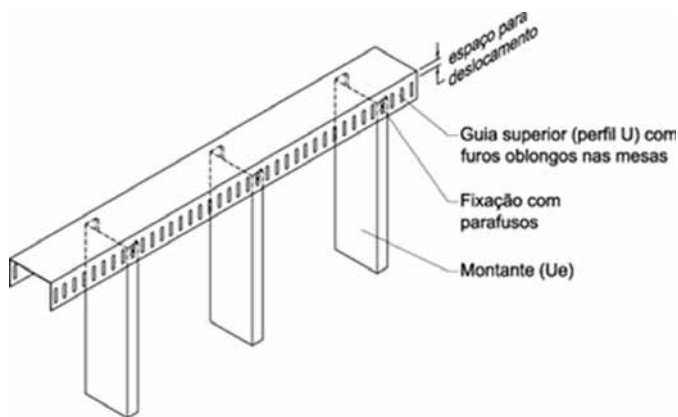


Figura 9.9 – Guia superior com furos oblongos  
Fonte: Adaptado de SCHAFFER, 2003

Dentre as vantagens da utilização de guia superior com furos oblongos está a evidente independência entre os deslocamentos verticais da estrutura principal e da estrutura do painel. Além disso, a montagem é prática e a extremidade superior dos montantes é travada lateralmente, evitando problemas com a rotação dos perfis (SCHAFFER, 2003), sendo também possível a montagem dos painéis em fábrica e seu transporte pronto para o canteiro. Há, porém, a necessidade de produção de peças especiais, que demandam adaptação de ferramentas extras nos equipamentos de fabricação dos perfis das guias, onerando seu custo.

A conexão superior entre guia e montante do painel de fechamento também pode ser executada de modo não-rígido verticalmente com o uso de cantoneiras com furos oblongos em uma de suas abas (figura 9.10). Essas cantoneiras fabricadas em aço galvanizado são fixadas à estrutura imediatamente acima do fechamento pela aba lisa e a outra aba, com os furos oblongos verticais, é presa aos montantes com parafusos estruturais.

A utilização de cantoneiras para a conexão proposta permite, de forma eficiente, o deslocamento livre entre fechamento e estrutura principal do edifício, mantendo o alinhamento dos montantes. Nesta montagem, há o uso de peças especiais que, apesar da facilidade de

fabricação, oneram o custo da montagem. É preciso também considerar que esse sistema não possibilita a execução prévia dos painéis em fábrica, uma vez que a fixação das cantoneiras deve ser feita individualmente na estrutura do edifício.

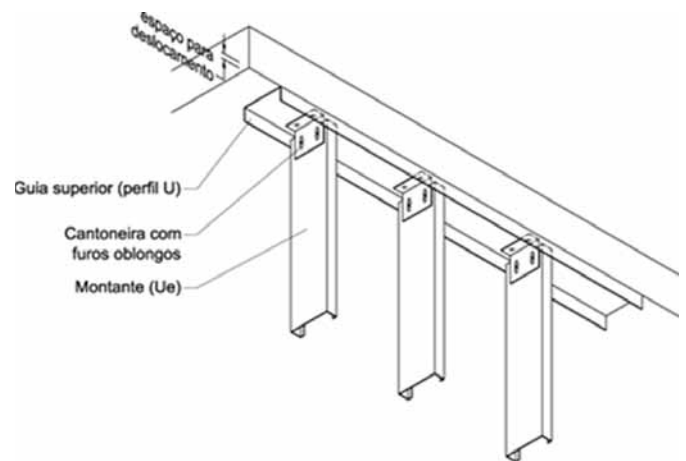


Figura 9.10 – Cantoneira superior com furos oblongos para movimentação vertical / Fonte: Adaptado de TSN, 2006

### 9.3.3. Ligações Não-Ríguas Horizontal e Verticalmente

A conexão superior dos montantes do fechamento com a guia pode ser feita com cantoneiras de maneira não-rígida tanto no sentido vertical quanto no horizontal. Para isso, a aba da cantoneira conectada à estrutura principal do prédio deve possuir furos oblongos, semelhantes àqueles da aba vertical (figura 9.11).

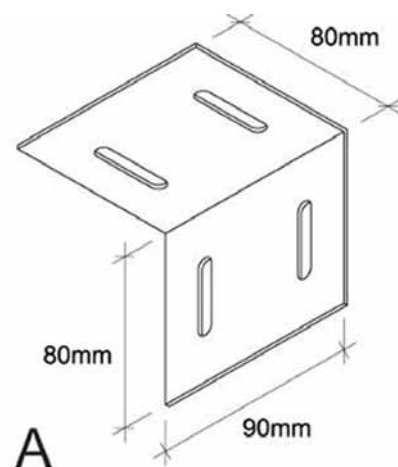


Figura 9.11 – Cantoneira de fixação superior não-rígida vertical e horizontalmente / Fonte: Adaptado de TSN, 2006

Sua utilização requer as mesmas observações apresentadas para a cantoneira não-rígida apenas verticalmente, considerando ainda que, esta cantoneira possui menor eficiência na estabilização dos montantes, visto que é possível giro sobre seus furos oblongos.

A montagem de painéis de fechamento em LSF pode ser feita também com a utilização de uma guia superior extra, fixada à estrutura principal do edifício, mas não fixada ao painel de fechamento (figura 9.12). Nessa montagem, como não há conexão entre essas guias superiores, tanto os deslocamentos horizontais quanto os verticais são bem acomodados (SCHAFER, 2003).

Na montagem de painéis de LSF utilizando guia superior dupla, a guia externa, chamada guia de movimentação, é instalada primeiro e conectada à estrutura principal do edifício. O painel de fechamento propriamente dito deve ser montado como um painel convencional de LSF, com ligações rígidas entre montantes e guias. Com a guia de movimentação instalada e o painel pronto, este é posicionado, de forma que sua guia superior fique interna à guia de movimentação (DIETRICH, 2007).

Para o funcionamento correto da montagem, a guia superior do painel deve possuir mesas com dimensões grandes o suficiente para que os parafusos que a ligam aos montantes não interfiram na liberdade de movimentação do conjunto. Para garantir isso, a guia superior do painel deve ter altura de mesa pelo menos igual ao espaço de movimentação previsto acrescido de 40 mm. Já a mesa da guia de movimentação deve ter dimensão mínima igual ao espaço de movimentação (deslocamento previsto para a estrutura principal), acrescido de 25 mm (SSMA, 2000).

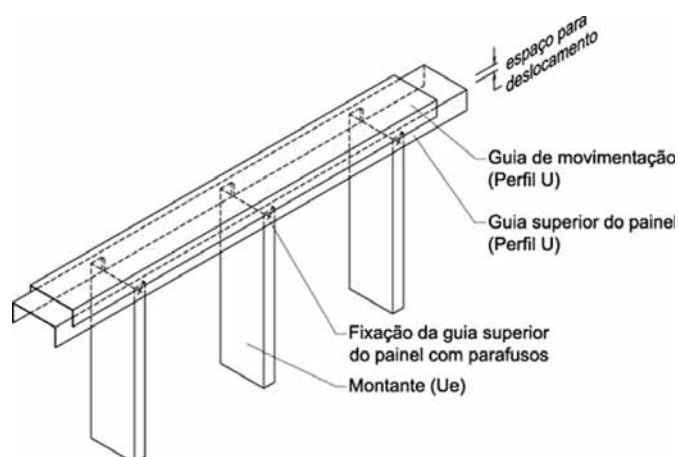


Figura 9.12 – Montagem com guia dupla  
Fonte: Adaptado de SSMA, 2000

Como na montagem com guia dupla a extremidade dos montantes está parafusada à guia superior do painel, a sua estabilização à rotação é eficiente. Além disso, os painéis podem ser pré-montados em fábrica e a transmissão das cargas horizontais do painel para a guia de movimentação ocorre de forma uniformemente distribuída, resultando em uma guia mais fina quando comparada àquela utilizada na montagem com extremidade dos montantes livre (SSMA, 2000). Nessa montagem, tanto a guia superior do painel quanto a de movimentação possuem dimensões maiores que as usuais do sistema LSF, porém, essas peças são de fácil obtenção.

Deve ser dada atenção ao ponto de encontro entre as guias, pois a maior espessura resultante da duplicidade de chapas pode levar a distorções na instalação das placas de acabamento do painel (SCHAFER, 2003).

#### 9.4. Método Contínuo

Os fechamentos para fachadas em Light Steel Framing podem ser executados como Painéis Contínuos externos, concebidos como uma “pele de revestimento” para o edifício, independente dos quadros de sua estrutura principal (figura 9.13). Os fechamentos contínuos, assim como os embutidos, não possuem, usualmente, função estrutural no edifício, sendo

## Fechamento Externo de Fachadas

responsáveis apenas por resistir às cargas de vento, ao seu peso próprio e dos acabamentos de fachadas.

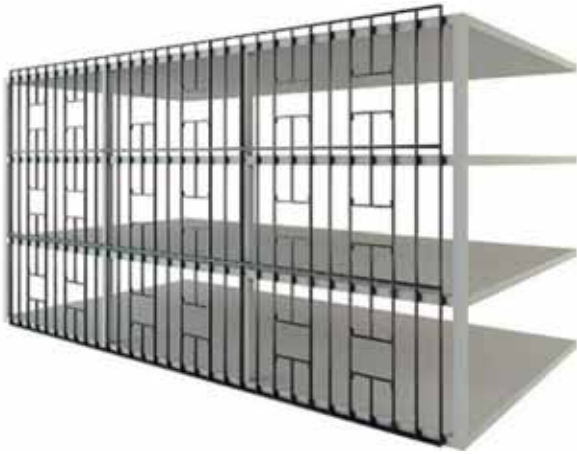


Figura 9.13 – Fechamento em LSF – Método Contínuo  
Fonte: SANTIAGO, 2008

O sistema de painéis contínuos oferece a vantagem de maximizar o aproveitamento da área interna do edifício, uma vez que não ocupa espaço na laje executada. Além disso, permite o alinhamento vertical da fachada independente da estrutura, especialmente útil em casos em que o cálculo estrutural indica a utilização de vigas e pilares com seções de larguras diferentes, ou em situações em que, pelo processo de execução, o prumo e o alinhamento da estrutura possuem imperfeições.

Para a execução do fechamento contínuo são necessárias peças exclusivas (inserts) para conexão dos painéis de Light Steel Framing com a estrutura principal do edifício. Tais peças são executadas em aço galvanizado, possuindo conformação e dimensões bastante variáveis, de acordo com o cálculo estrutural e a forma de montagem desejada, podendo ser rígidas ou não-rígidas verticalmente. O uso dos inserts está ligado às desvantagens mais significativas dos painéis contínuos, que são o custo mais elevado que a solução embutida e a maior complexidade de sua instalação.

Os painéis contínuos podem ser executados de modo a transmitir todo o carregamento

vertical do sistema de fechamento diretamente para a fundação, não havendo solicitação vertical nos elementos da estrutura principal do edifício. Em construções de menor porte estes painéis podem ser construídos com montantes contínuos que vão da base ao topo do prédio, com conexões entre os montantes dos painéis e a estrutura do edifício executadas de modo não-rígidos verticalmente, ou seja, com inserts que resistam às cargas horizontais, mas deixem livre a transmissão vertical (figura 9.14a). Em construções mais altas, esta solução pode ser empregada utilizando-se painéis “empilhados” uns sobre os outros, transferindo as cargas verticais para o painel imediatamente abaixo e depois para a fundação (figura 9.14b). Os montantes são ligados à estrutura do edifício também por conexões não-rígidas verticalmente e as interfaces horizontais entre painéis são executadas de forma rígida (LGSEA 2004).

O fechamento contínuo de edifícios altos também pode ser executado de modo a descarregar os esforços verticais nos elementos da estrutura principal do edifício. Para isso é constituído de painéis com altura de dois pavimentos sustentados por uma ligação rígida (responsável por resistir tanto às cargas horizontais quanto verticais) e uma ligação não-rígida (que permite a movimentação vertical e resiste a solicitações horizontais) alternadamente entre os pavimentos (figura 9.15). Na interface entre painéis, a conexão deve ser feita de modo não-rígido, para garantir a descontinuidade de cargas verticais entre eles.

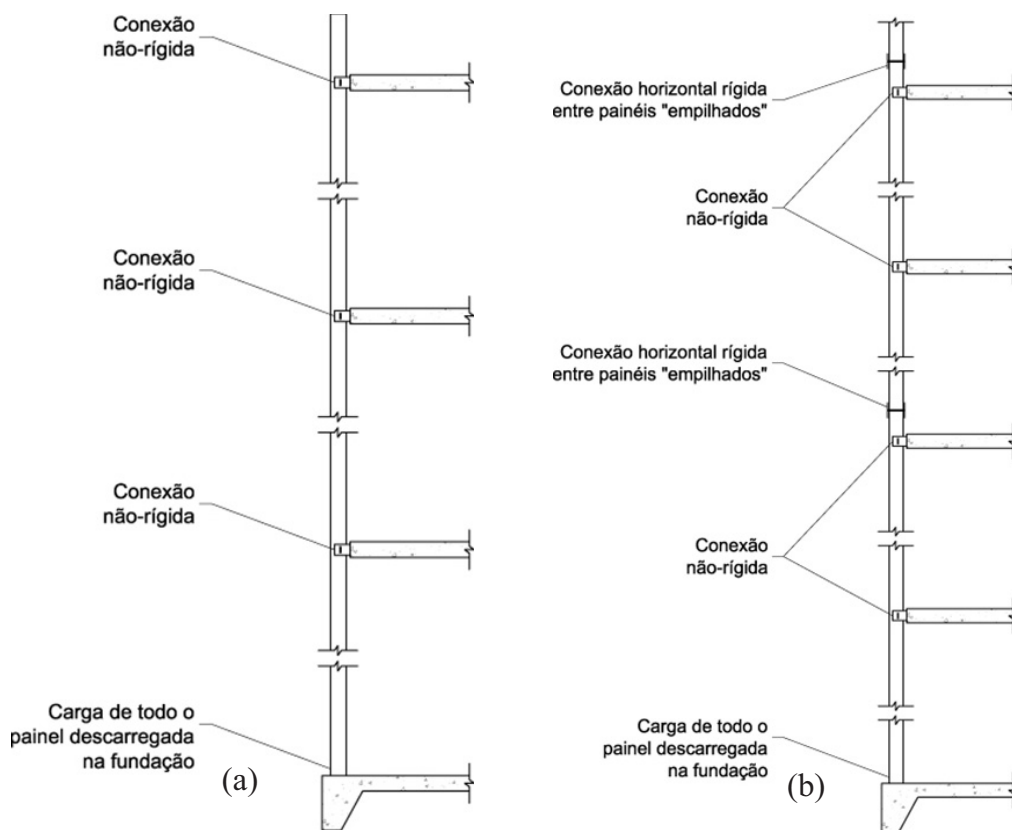


Figura 9.14 - Painéis contínuos apoiados na fundação: montante contínuo da base ao topo do edifício (a) e múltiplos painéis "empilhados" (b) / Fonte: Adaptado de LGSEA 2004

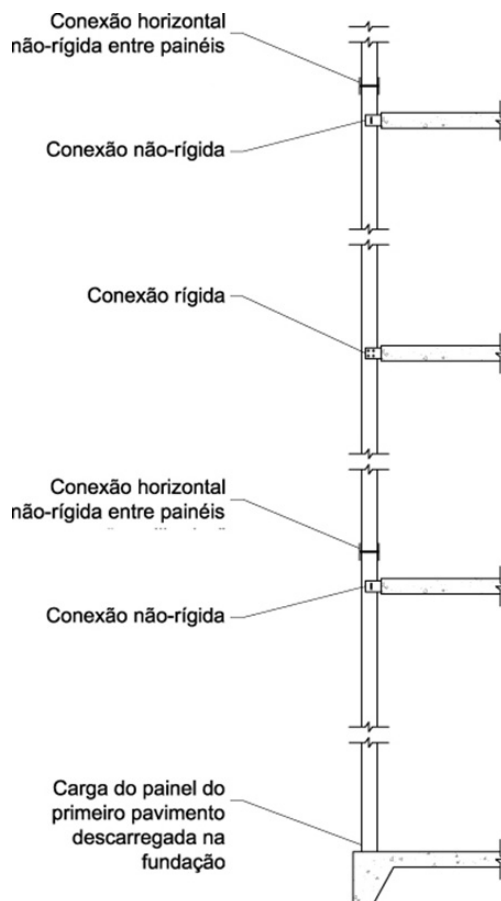


Figura 9.15 – Painel dividido verticalmente, sustentado pela estrutura principal do edifício  
Fonte: Adaptado de LGSEA, 2004



## Fechamento Externo de Fachadas

Em casos cujos deslocamentos previstos são pequenos ou os montantes e as conexões são dimensionados para resistir aos esforços decorrentes dessa movimentação, os painéis contínuos podem ser executados com todas as ligações rígidas na conexão com a estrutura principal do edifício, desde que tanto as ligações quanto as peças do painel sejam dimensionados para tal.

### 9.4.1. Ligações Rígidas

As ligações rígidas são aquelas responsáveis por resistir às cargas horizontais impostas ao fechamento e também aos carregamentos verticais decorrentes do peso próprio dos painéis e seus acabamentos. Tais ligações são as mais simples e baratas de serem executadas no fechamento contínuo.

As ligações rígidas mais simples podem ser feitas com cantoneiras de abas iguais comuns de aço galvanizado, tanto aquelas extrudadas quanto as dobradas a frio (figura 9.16). Há grande variedade deste material no mercado e peças especiais podem ser facilmente fabricadas. A espessura da chapa, que varia de 1,50 mm a 3,00 mm, o tamanho das abas e o comprimento da cantoneira são determinados no cálculo estrutural.

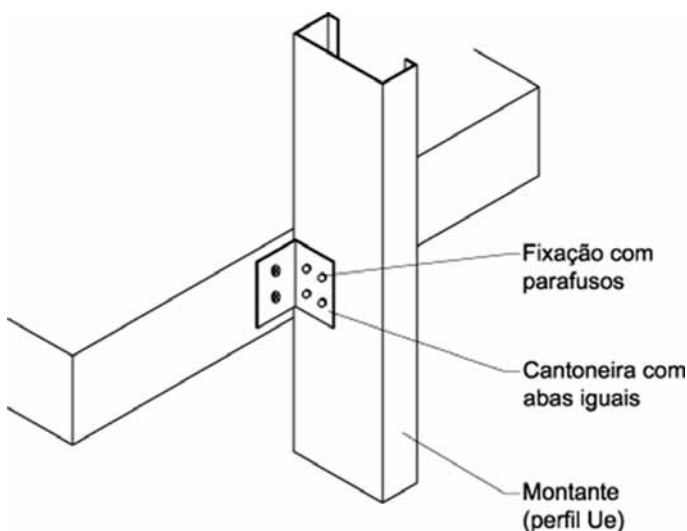


Figura 9.16 – Conexão rígida entre montante e estrutura executada com cantoneira comum  
Fonte: Adaptado de DIETRICH, 2010

Uma variação da solução com cantoneira é o emprego de insert em aço galvanizado fabricado com abas de comprimentos diferentes (figuras 9.17 e 9.18). A altura do insert varia de 100 a 200 mm e a espessura de chapa de 1,50 a 3,00 mm, ambos definidos em função do cálculo estrutural. A aba menor da peça é utilizada para fixação à estrutura principal do edifício e a aba mais longa é o ponto de fixação ao painel de fechamento. Para aumentar a resistência do insert pode se utilizar frisos enrijecedores perpendiculares à dobra da cantoneira ou dobras de enrijecimento nas bordas horizontais.

A fixação do insert à estrutura principal do edifício é feita pela aba menor. A aba maior é usada para fixação do perfil do painel de fechamento, e seu comprimento pode variar em função da dimensão da alma dos montantes e de eventual afastamento em relação à estrutura principal do edifício. A conexão do insert com o painel é feita com parafusos estruturais sextavados.

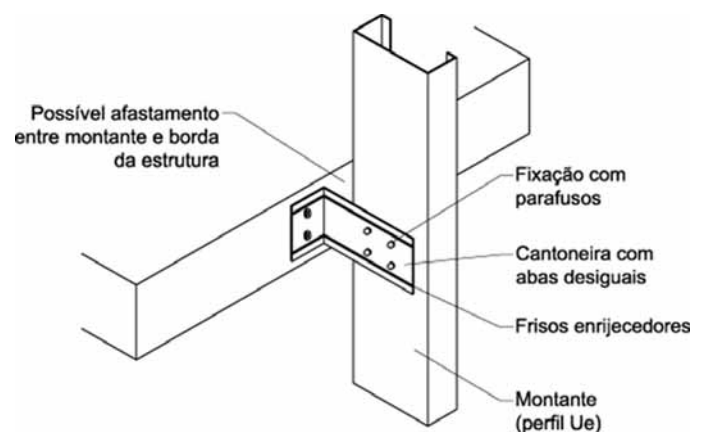


Figura 9.17 – Ligação rígida com inserts de abas desiguais  
Fonte: Adaptado de LGSEA, 2001

As vantagens do uso de insert com abas desiguais são a transmissão da solicitação vertical aos montantes no eixo de sua alma e a possibilidade de alinhamento dos montantes do painel em casos onde há variação nas seções das vigas ou imperfeições de prumo. A necessidade de fabricação de peça específica para essa montagem (mesmo que sem grande dificuldade) e o conseqüente aumento

de custo em relação à cantoneira comum são suas desvantagens.



Figura 9.18 – Ligação rígida com insert de abas desiguais e bordas enrijecidas / Fonte: Acervo Flasan, 2011

#### 9.4.2. Ligações Não-Rígidas Conectadas a Alma dos Montantes

As ligações não-rígidas que permitem a movimentação vertical dos painéis de fechamento em LSF são responsáveis por garantir a natureza secundária, do ponto de vista estrutural, do fechamento em relação ao edifício. Essas ligações precisam ser feitas com peças especialmente fabricadas para este fim. Seu conceito mais comum e eficiente é a conexão com a alma dos montantes, assim como ocorre com as ligações rígidas.

Os inserts com abas desiguais também podem ser utilizados para a execução de conexão não-rígida em painéis contínuos, sendo bastante adaptável a diversas situações (figura 9.19). Suas dimensões, formato, fixação e espessuras de chapa são semelhantes às utilizadas em conexões rígidas (LGSEA, 2004).

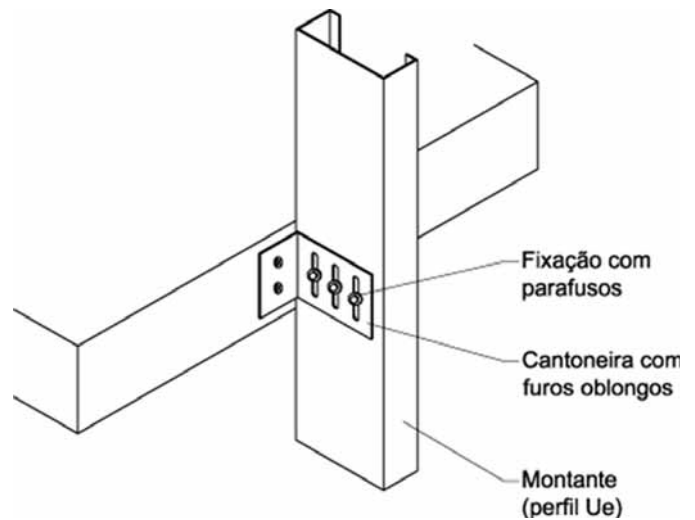


Figura 9.19 – Insert não-rígido com abas desiguais / Fonte: Adaptado de LGSEA, 2004

Na aba maior do insert, em contato com o perfil do painel, podem existir furos oblongos verticais. Esses furos oblongos têm o papel de permitir a movimentação vertical da estrutura do fechamento independente da estrutura principal. A fixação do montante ao insert é feita com parafusos estruturais sextavados.

Outra possibilidade de execução de ligações que permitem a movimentação vertical entre montantes de painéis contínuos e a estrutura principal do edifício é o uso de cantoneiras conectadas à face inferior das vigas (figura 9.20).

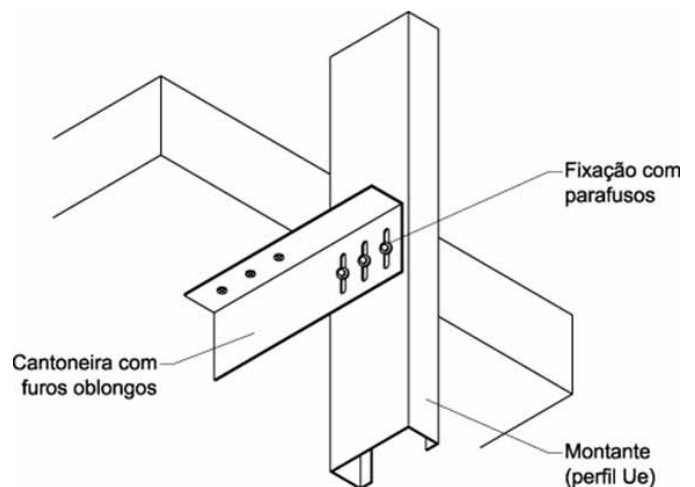


Figura 9.20 – Cantoneira com furos oblongos de movimentação fixada à face inferior da estrutura / Fonte: Adaptado de LGSEA, 2004

## Fechamento Externo de Fachadas

Nesta montagem, a cantoneira possui abas iguais ou desiguais, com furos oblongos verticais na extremidade que se conecta com os montantes do painel de fechamento. O comprimento da cantoneira varia com a dimensão da mesa do montante, com a largura da viga da estrutura do edifício e com o eventual afastamento entre o painel de fechamento e a estrutura principal (LGSEA, 2004).

Tanto o insert de abas desiguais quanto a cantoneira com furos oblongos são peças que precisam ser fabricadas especialmente para o emprego proposto, e são de fácil fabricação. A facilidade de acesso ao local da instalação da cantoneira por parte do profissional constitui uma vantagem do uso da mesma em relação ao insert instalado na face vertical da viga. Entretanto, o emprego da cantoneira conduz a execução de forro, e este deve estar em nível abaixo da estrutura para que seja possível ocultá-la, representando perda de pé-direito útil do pavimento.

### 9.4.3. Ligações Não-rígidas Conectadas às Mesas e Enrijecedores dos Montantes

As ligações que permitem a movimentação vertical dos montantes em relação ao quadro da estrutura principal se conectam com mais frequência a alma dos montantes. Porém, pode-se também utilizar inserts que se apóiam nas mesas e nos enrijecedores dos montantes do painel, de modo a mantê-los alinhados, restringindo seu deslocamento horizontal, mas mantendo a liberdade vertical.

A forma mais simples de ligação não-rígida deste tipo é a utilização de um perfil U metálico com corte transversal executado ao longo de toda a alma e em uma pequena parte das mesas (figura 9.21). A mesa do perfil U é fixada à viga da estrutura do prédio e o rasgo se encaixa ao enrijecedor do montante do fechamento.

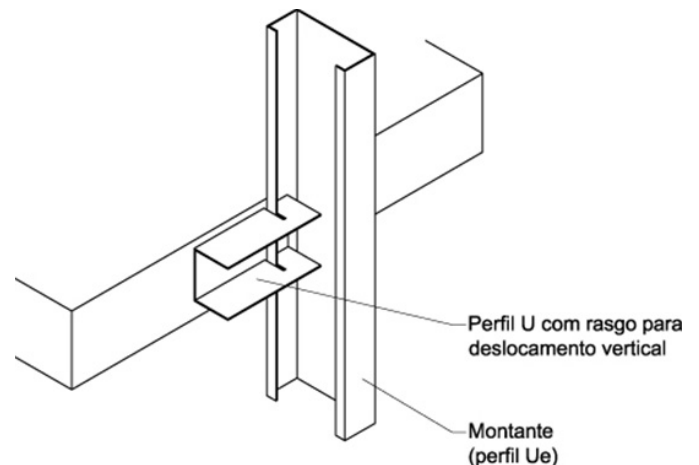


Figura 9.21 – Ligação não-rígida com perfil U apoiado na mesa e enrijecedor do montante / Fonte: Adaptado de LGSEA, 2004

Na utilização de ligação não-rígida com perfil U metálico, o corte de encaixe é o ponto mais frágil da peça, onde pode ocorrer rasgamento da chapa, demandando, assim, cuidado na escolha da espessura da chapa empregada. Uma limitação dessa ligação é que o fechamento deve ficar próximo à face vertical das vigas, restringindo sua possibilidade de correção de prumo e alinhamento e o seu uso em prédios com estrutura de perfis metálicos de seção transversal “I”.

Uma alternativa para ligação não-rígida é o uso de uma peça especialmente formada para encaixar internamente ao perfil do montante, travando-o horizontalmente, mas garantindo a liberdade de deslocamento vertical (figura 9.22). Essa peça de encaixe é fabricada a partir de chapa de aço e suas dimensões variam conforme a seção do montante do painel (DIETRICH, 2007). Sua conexão com a estrutura principal pode ocorrer tanto na face superior quanto na inferior das vigas. Essa variedade de possibilidades de fixação permite ao instalador escolher a localização que lhe seja mais conveniente, em virtude das particularidades do empreendimento.

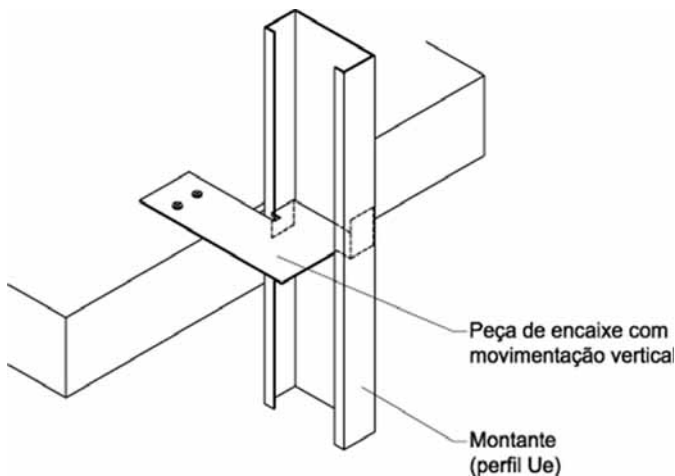


Figura 9.22 – Ligação apoiada na mesa e enrijecedor do montante realizada com peça especial  
 Fonte: Adaptado de DIETRICH, 2007

A peça de encaixe possui como vantagem em relação à alternativa anterior (figura 9.21), a possibilidade de afastamento do painel de fechamento da estrutura da edificação, que permite eventual correção de prumo e alinhamento. As desvantagens desta solução é que a peça deve ser fabricada especialmente para essa ligação.

#### 9.4.4. Conexão Horizontal Entre Painéis

Em painéis contínuos de fachada executados com LSF, não é recomendado que sejam usados perfis com comprimento muito grande. Assim, quando o edifício possui grande altura, é necessário o uso de múltiplos painéis, que podem ser “empilhados” com o peso próprio transmitido para a fundação ou prever estruturas intermediárias de sustentação.

Em ambos os casos, o encontro horizontal entre os painéis deve acontecer entre as lajes dos pavimentos, de forma que não exista interferência na conexão do painel com a estrutura principal. Além disso, o encontro entre painéis, logo acima da laje, facilita o acesso do instalador durante a montagem (LGSEA, 2004).

Nos painéis “empilhados” há a transmissão vertical da carga de um painel para o outro imediatamente abaixo, até que esta seja

descarregada na fundação. Nesta situação, os montantes devem ficar alinhados, conforme o conceito de estrutura em linha, utilizado nas construções autoportantes de LSF.

A conexão dos painéis “empilhados” com a estrutura principal do edifício é feita somente por ligações não-rígidas. Já a conexão horizontal entre painéis deve ser rígida, não permitindo deslocamentos horizontais ou verticais entre eles. Essa conexão é feita com a ligação da guia superior de um painel à guia inferior daquele imediatamente acima, com o uso de parafusos estruturais (figura 9.23).

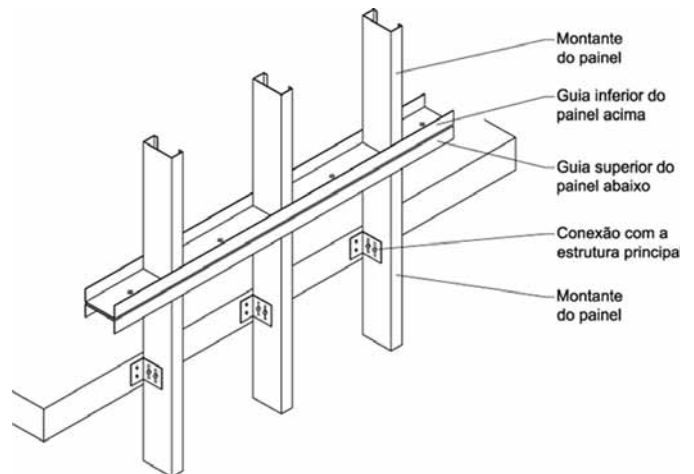


Figura 9.23 - Conexão horizontal rígida entre painéis  
 Fonte: SANTIAGO, 2008

Já os painéis com pontos intermediários de fixação rígida não descarregam qualquer esforço vertical no painel abaixo. Para garantir este comportamento, é preciso isolar os painéis entre si, com conexões que permitam que cada um deles se movimente verticalmente de forma independente, mas não se desloquem entre si na direção horizontal. Essas conexões horizontais entre painéis devem ocorrer nos pavimentos logo acima das ligações não-rígidas dos montantes com a estrutura principal do edifício.

Uma das formas de conectar painéis contínuos de LSF sem que ocorra transmissão vertical de carregamento é o uso de guias com furos oblongos verticais nas mesas, semelhan-

## Fechamento Externo de Fachadas

tes àquelas utilizadas para permitir a movimentação de montantes em painéis de LSF embutidos (figura 9.24) (LGSEA, 2004). Nesta montagem, a guia inferior do painel superior é uma guia convencional, parafusada de forma rígida aos montantes. A guia superior do painel imediatamente abaixo deve possuir furos oblongos nas suas mesas, de forma que os parafusos que a prendem aos montantes possam se deslocar verticalmente, garantindo o isolamento estrutural entre os painéis. As guias são conectadas entre si por parafusos estruturais.

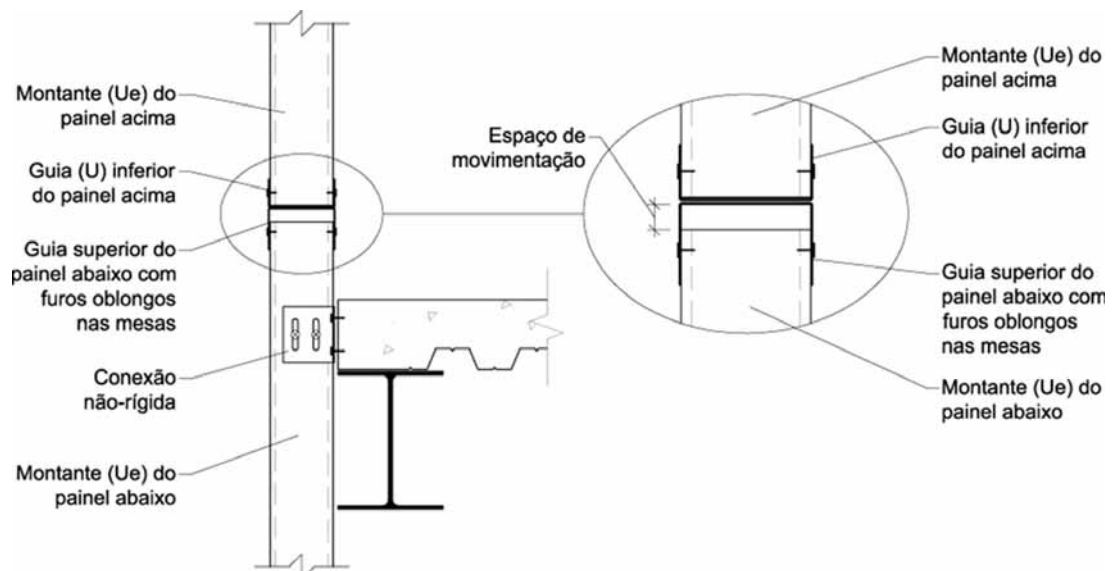


Figura 9.24 – Conexão não-rígida entre painéis contínuos com guia com furos oblongos  
Fonte: Adaptado de LGSEA, 2004

Outra possibilidade de montagem com isolamento vertical entre painéis contínuos é o uso de pinos e placas de aço para conexão entre as guias (figura 9.25). Nessa montagem, os pinos de aço atravessam as almas das guias de ambos os painéis em furos pré-executados, impedindo a movimentação horizontal e garantindo seu alinhamento. As chapas de aço são usadas para reforçar as bordas, impedindo que ocorra, neste ponto, algum dano que comprometa o sistema. É importante que os painéis sejam montados com espaço entre as guias superior de um e inferior de outro, para que ocorra a livre movimentação vertical.

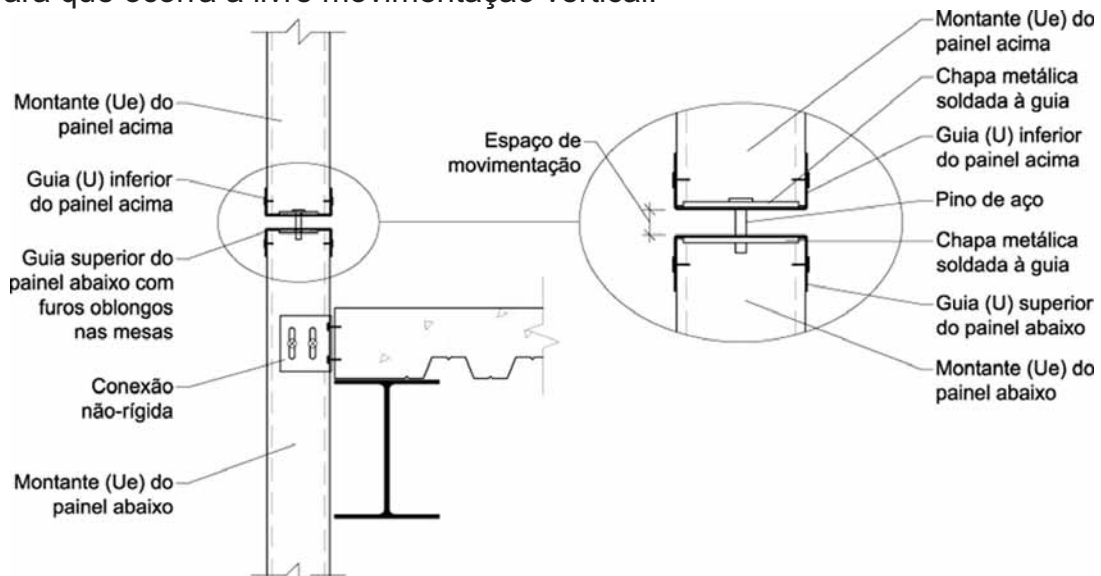


Figura 9.25 – Conexão não-rígida entre painéis contínuos executada com pinos e placas  
Fonte: Adaptado de LGSEA, 2004

A conexão horizontal não-rígida entre painéis, tanto utilizando guias com furos oblongos quanto com pinos, demanda peças especiais além daquelas usuais do sistema LSF. Ambas também permitem a execução prévia dos painéis em fábrica, porém, na conexão com guia com furos oblongos, há obrigação de contraventamento no painel, para garantir sua integridade durante o transporte.

## **9.5. Acabamentos e Interfaces**

A garantia de integridade dos fechamentos verticais é função do seu desempenho estrutural e também do planejamento dos acabamentos em suas faces e das interfaces com os demais componentes da edificação.

O planejamento dos acabamentos do sistema de fechamento em LSF e de suas interfaces visa garantir a estanqueidade à água e ao ar da edificação, responsável pela salubridade do ambiente e com influência direta na durabilidade e desempenho térmico da construção.

Além disso, as interfaces do acabamento com a estrutura principal e com os demais componentes construtivos são importantes na manutenção da sua integridade frente às constantes variações higrotérmicas a que esses acabamentos estão sujeitos. A independência estrutural entre fechamento e estrutura do edifício e suas liberdades de deslocamento também são afetadas pela forma de execução do acabamento dos painéis verticais de LSF empregados no fechamento de fachadas.

### **9.5.1. Interface das Peças de LSF com a Estrutura Principal**

Na interface entre os perfis do painel de fechamento e a estrutura principal recomenda-se a instalação de fita de isolamento de polietileno. Essa fita possui espessura de 3 mm e pelo menos uma das faces adesiva, e deve ser fixada nos locais de interface antes da instalação do painel de fechamento.

Nas construções com estrutura principal metálica, a fita de isolamento é importante para que não ocorra contato direto entre o aço galvanizado do LSF e o aço da estrutura principal, evitando, assim, a ocorrência da corrosão. Já nas construções em concreto, a fita de isolamento ajuda no nivelamento da superfície para receber a peça metálica do painel de fechamento, evitando que esta se amasse em função de pequenas imperfeições, comuns na face do concreto.

### **9.5.2. Juntas e Encontros de Placas de Acabamento**

Os acabamentos para fechamentos verticais em LSF estão sujeitos a variações dimensionais, cuja grandeza é determinada pelo seu material e processo de fabricação. A previsão de detalhes de execução, com espaços que permitam a dilatação ou encurtamento das placas, sem que ocorra deformação ou transmissão de esforço para as outras placas, é fundamental para o funcionamento correto do fechamento.

As juntas de dessolidarização são responsáveis pela movimentação dos acabamentos de fechamento. As juntas constituem a linha de separação entre dois elementos pré-fabricados montados justapostos ou superpostos, podendo ser horizontais ou verticais (KRÜGER, 2000). Sua forma de execução e grandeza dimensional varia em função do material empregado, podendo ser aparente ou invisível.

Os materiais de revestimento mais comuns para as construções com LSF, como placas cimentícias, gesso acartonado, EIFS, reboco sobre OSB e siding sobre OSB, podem ser utilizados quando o LSF é empregado no fechamento vertical de edifícios.

Dentre esses materiais de revestimento comuns do sistema, aqueles instalados a partir

## Fechamento Externo de Fachadas

de placas modulares, como as placas cimentícias e de gesso acartonado, são os mais frequentes. Esses revestimentos podem ser executados, tanto internamente quanto externamente, com juntas ocultas e rígidas, feitas com tratamento com massas e fitas específicas, ou juntas aparentes, deixadas abertas ou preenchidas com materiais flexíveis ou pequenos perfis metálicos (figura 9.26).



Figura 26 – Fechamento com placas cimentícias com juntas visíveis / Fonte: Acervo Flasan, 2011

Para os fechamentos com placas cimentícias e de gesso acartonado, mesmo nos locais onde são empregadas juntas ocultas, é recomendável a existência de alguns pontos tratados com material flexível, minimizando os efeitos tanto da movimentação da estrutura quanto das variações dimensionais em virtude de mudanças higrótérmicas. Tais juntas flexíveis são recomendadas tanto em montagens com estrutura embutida quanto contínua, sendo elas rígidas ou não-rígidas.

No caso das placas cimentícias externas, é recomendada a execução de junta horizontal flexível com largura de 10 mm a cada pavimento. Sua localização preferencial é próxima a laje e no encontro entre painéis de Steel Framing ou destes com as vigas ou lajes da estrutura principal do edifício. Para conexões não-rígidas, as bordas superiores das placas cimentícias do andar inferior não

devem ser parafusadas na guia do painel, sendo fixadas somente nos montantes, já as placas do andar superior, devem sobrepor-se à estrutura principal do edifício (em montagens embutidas), sendo fixadas na guia superior do painel inferior (Figuras 9.27 e 9.28). As juntas verticais flexíveis são necessárias quando o comprimento horizontal do edifício ultrapassa 6 m, seguindo a mesma recomendação de uso em edificações térreas.

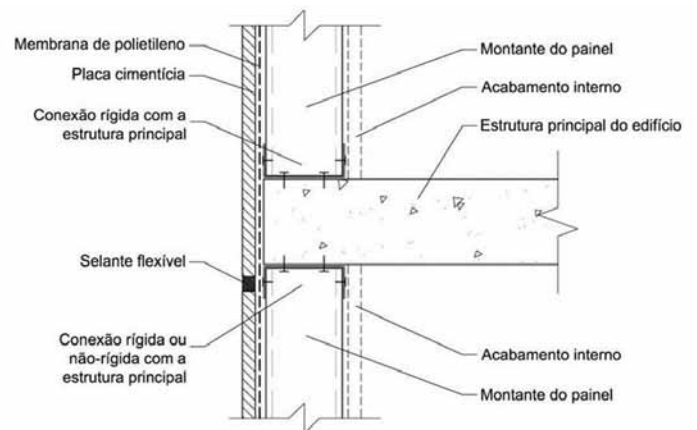


Figura 9.27 – Junta horizontal flexível em placas cimentícias – montagem embutida / Fonte: Adaptado de SANTIAGO, 2008

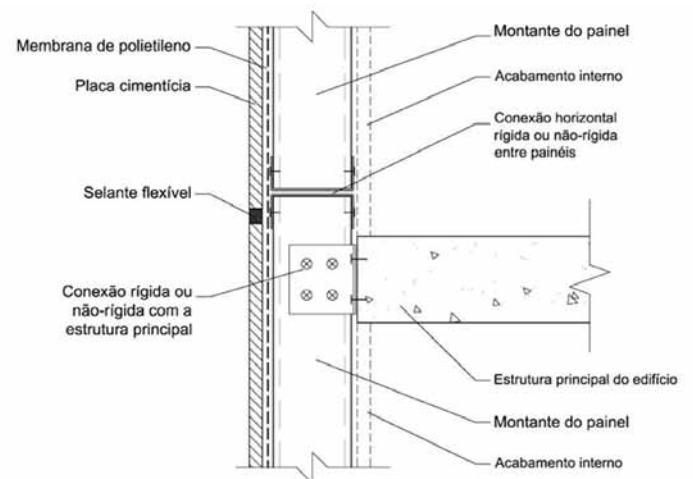


Figura 9.28 – Junta horizontal flexível em placas cimentícias – montagem contínua / Fonte: Adaptado de LGSEA, 2004

Nos revestimentos internos com gesso acartonado, as juntas podem existir entre a extremidade superior das placas e as lajes ou vigas, sendo desejáveis nas montagens rígidas e recomendadas nas montagens não-rígidas, tanto contínuas quanto embutidas. Estes espaços, com largura aproximada de 10 mm, devem ser preenchidos com selantes flexíveis e utilizado pintura também com capacidade de absorver pequenas deformações (figura 9.29). Há ainda a possibilidade de utilizar um rodeteo sobre o espaço da junta, desde que não conectado à placa vertical (figura 9.30), ou ainda, quando existir forro, essa junta pode ser deixada aberta.

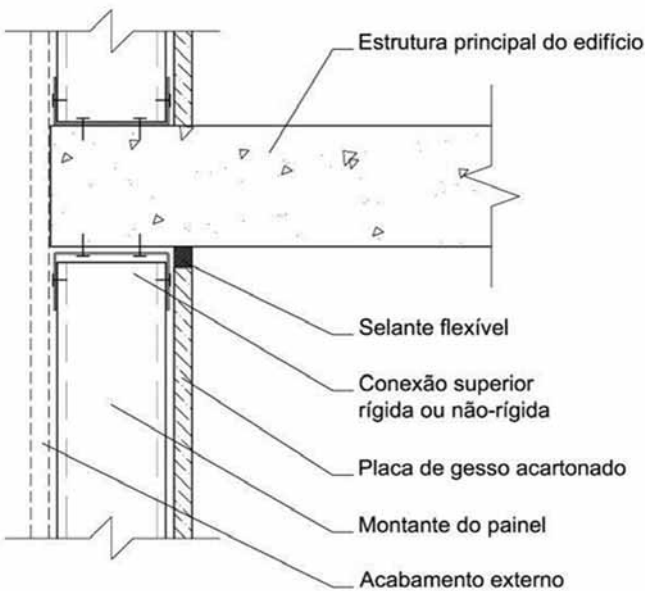


Figura 29 – Junta flexível em placas de gesso – montagem embutida / Fonte: Adaptado de SANTIAGO, 2008

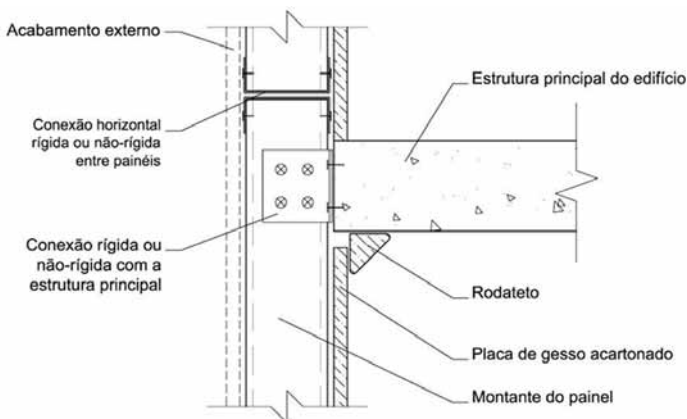


Figura 9.30 – Junta com rodeteo em placas de gesso – montagem contínua / Fonte: Adaptado de SANTIAGO, 2008

Os revestimentos que requerem a execução parcial no local criando grandes painos lisos, como o emprego de argamassa sobre OSB ou EIFS, demandam juntas de dilatação verticais e horizontais para evitar o aparecimento de trincas. Essas juntas podem ser interrupções no revestimento preenchidas com material flexível ou simples rebaixos na camada final para direcionamento das trincas que venham a existir.

No caso de utilização de argamassa sobre OSB ou EIFS, é recomendado que existam juntas de dilatação horizontais a cada pavimento, executadas com perfil metálico, de modo a diminuir o comprimento do pano liso de revestimento. Este perfil pode ser um perfil cartola, fixado com as abas sobre o OSB e recobertas pela argamassa. É importante que a membrana de polietileno seja contínua, passando entre o perfil da junta e a estrutura do painel, de modo a garantir a estanqueidade do sistema (figura 9.31). As juntas verticais devem ser avaliadas de acordo com a largura da edificação, não sendo recomendadas distâncias entre juntas maiores que 6 m.

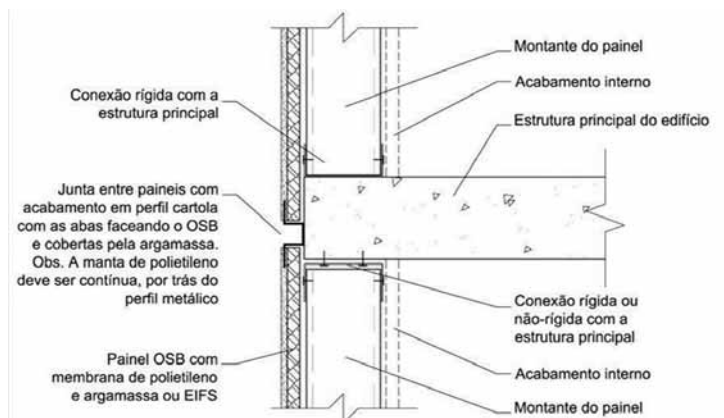


Figura 9.31 – Junta horizontal com perfil metálico em revestimento de argamassa sobre OSB ou EIFS / Fonte: Adaptado de SANTIAGO, 2008

Para fechamentos externos em LSF em edifícios, uma solução interessante para revestimento são os painéis metálicos, devido a sua grande leveza e flexibilidade. Tais painéis podem ser fabricados em aço ou alumínio e perfilados a partir de chapas simples (figura 9.32).



## ***Fechamento Externo de Fachadas***

Os painéis metálicos podem ser fixados na estrutura de LSF por inserts, encaixe macho-fêmea ou diretamente com parafusos. Em todos os casos, os painéis metálicos possuem, necessariamente, juntas aparentes e flexíveis. As juntas entre painéis devem ser tratadas de forma adequada para evitar a penetração de água e garantir a estanqueidade do sistema, com material flexível, como silicone ou poliuretano. Pode-se também utilizar membrana de polietileno entre o painel metálico e a estrutura de Light Steel Framing. É importante que a forma de fixação escolhida para o painel permita acomodar as deformações e deslocamentos aos quais a estrutura está naturalmente sujeita, e isole o contato entre diferentes metais para que não ocorra corrosão por ponte galvânica.



Figura 9.32 – Edifício com fachada estruturada em Light Steel Framing e revestida com painéis metálicos

Fonte: Acervo Flasan, 2011

# ***Capítulo 10***

---

Diretrizes de Projeto

### 10.1. Industrialização da Construção

Para que seja possível explorar o potencial do Light Steel Framing como um sistema construtivo industrializado, é necessário que o arquiteto além de dominar a tecnologia, incorpore ao projeto arquitetônico, as ferramentas indispensáveis ao processo de industrialização da construção. Essas ferramentas proporcionam uma maior eficiência e produtividade na execução da obra, resultando em construções de qualidade, com baixo potencial de patologias e conseqüentemente uma maior satisfação por parte do usuário final.

O processo de industrialização da construção se inicia na concepção do projeto arquitetônico. É nessa etapa que as decisões tomadas representam mais de 70% dos custos da construção (Cambiaghi, 1997). Ou ainda, segundo Meseguer (1991), o projeto é responsável, em média, por 40 a 45 % pelas “falhas de serviço” em edifícios.

Por isso, é fundamental que o projeto seja pensado em conformidade com todos os seus condicionantes, pois sistemas industrializados são incompatíveis com improvisações no canteiro de obras, e a reparação dos erros pode acarretar em prejuízos tanto financeiros como de qualidade do produto final.

A industrialização está essencialmente relacionada aos conceitos de organização, repetição e padronização do produto e mecanização dos meios de produção (Bruna, 1976). Podemos definir como industrial: “O método que, entre várias modalidades de produção é baseado essencialmente em processos organizados de natureza repetitiva e nos quais a variabilidade incontrolável e causal de cada fase de trabalho, que caracteriza as ações artesanais, é substituído por graus pré-determinados de uniformidade e continuidade executiva, característica das modalidades operacionais parcial ou totalmente mecanizadas” (Ciribini 1958 apud Rosso, 1980).

Porém, a indústria da construção civil tradicional difere em vários aspectos da indústria de transformação e como coloca Meseguer (1991), características peculiares da construção, tanto de natureza do processo de produção, como do próprio mercado, dificultam a transposição de várias ferramentas da produção industrial para o seu ambiente, entre elas:

1. A construção civil é uma indústria de caráter nômade;
2. Seus produtos são únicos e não seriados;
3. Sua produção é centralizada, não se aplicando conceitos de produção em linha;
4. Sua produção é realizada sob intempéries;
5. Utiliza mão-de-obra intensiva, com pouca qualificação e com alta rotatividade;
6. Possui grande grau de variabilidade dos produtos;
7. Possui pouca especificação técnica;
8. Seu produto geralmente é único na vida do usuário;
9. Possui baixo grau de precisão, se comparado com as demais indústrias.

Contudo, isso não inviabiliza a adoção dos conceitos da indústria na construção civil. Como afirma Teodoro Rosso (1980) “Quando o produto é único e é realizado num processo sui generis, não repetitivo (one-off), não temos condições de aplicar séries de produção, mas a mecanização e outros instrumentos de industrialização são, todavia válidos. Em geral, entretanto quase todos os produtos de processos one-off podem ser fracionados em partes ou componentes intermediários a serem fabricados por indústrias subsidiárias facultando em geral para estas subsidiárias a produção de séries e formação de estoques. O processo final resulta assim apenas em operações de montagem, ajustagem e acabamento”.

Métodos apropriados aplicados desde a

concepção do projeto e calcados no gerenciamento do processo de produção/construção levarão à industrialização da construção civil.

O sistema Light Steel Framing apresenta dois níveis de produção de edificações:

1. Produção de uma edificação através da montagem da estrutura “in loco” e da instalação posterior dos demais subsistemas como fechamentos, elétrico-hidráulico, esquadrias, revestimentos, entre outros. Ou seja, a edificação é subdividida em uma série de componentes elementares que se combinam e a execução é dada em uma sucessão de etapas ocorridas no canteiro. Nesse nível vários componentes podem ser industrializados, porém alguns processos ainda acontecem de forma convencional.

2. Sistemas modulares pré-fabricados onde os módulos ou unidades produzidos pela indústria são transportados ao local da obra e podem vir com todos os subsistemas já instalados. Essas unidades podem constituir toda a edificação ou apenas parte dela, como ocorre com os banheiros pré-fabricados. Quanto maior o nível de industrialização no processo de construção dessas edificações, menor a quantidade de atividades no canteiro, resumindo-as a montagem e interligação das unidades, formando um sistema estrutural único. O Japão possui uma indústria altamente desenvolvida, onde edifícios e casas residenciais são construídos a partir de unidades modulares que podem inclusive ser personalizadas através de opções de catálogo oferecidas pela indústria aos clientes.

Só o uso de produtos provenientes da indústria, não torna a construção industrializada. Nem significa o sucesso do empreendimento. Deve-se antes de tudo conceber o projeto para o sistema construtivo proposto, incorporando todas as suas propriedades, especificando e compatibilizando os seus subsistemas e componentes, e antevendo o

seu processo de construção. É a filosofia de “construir no papel”.

Não é viável conceber determinado projeto usando, por exemplo, a lógica do concreto armado e depois simplesmente construí-lo utilizando o sistema LSF, ou qualquer outro sistema estruturado em aço. Os resultados serão sempre insatisfatórios. A esse respeito, Coelho (2004) orientou os arquitetos:

“Utilizar o aço como elemento de construção transcende a simples substituição de um material por outro. Dentre outros aspectos é necessário:

a) Repensar os parâmetros tradicionais de projeto, item em que são exemplos o módulo básico vinculado à produção industrial da estrutura e os vãos compatíveis com as deformações admissíveis dos demais materiais;

b) Estudar e compreender as propriedades e características do aço e dos materiais complementares;

c) Definir antecipadamente os subsistemas que, junto com a estrutura, permitirão manter o grau de industrialização da construção;

d) Incorporar à arquitetura detalhes construtivos eficientes para as interfaces entre a estrutura e as vedações. Entre outros.”

A indústria da construção tem apostado na racionalização como forma de tornar mais eficientes os processos de produção de edifícios. Na falta de sistemas construtivos totalmente industrializados, racionalizar a construção significa agir contra os desperdícios de materiais e mão-de-obra e utilizar mais eficientemente os recursos financeiros. Em sentido mais amplo é, portanto a aplicação de princípios de planejamento, organização e gestão, visando eliminar a casualidade nas decisões e incrementar a produtividade do processo (Rosso, 1980)

O processo de racionalização começa ainda na fase de concepção, na análise e especificação dos componentes, na compatibilização dos subsistemas, no detalhamento, e continua no processo de construção, e posteriormente de utilização, com a observação, registro e interpretação do comportamento do produto, do seu desempenho no uso, para através da retroação, otimizar sua qualidade.

Os recursos ou ações a serem aplicadas que promovem a racionalização no processo de projeto são:

- Construtibilidade<sup>1</sup>, como um critério que deve incluir a facilidade de construção e execução das atividades no canteiro, bem como a fabricação e transporte dos componentes;
- Planejamento de todas as etapas do processo, desde a definição do produto, projetos, suprimentos, execução, até a entrega da obra;
- Uso da coordenação modular e dimensional;
- Associação da estrutura de aço a sistemas complementares compatíveis;
- Formação de equipes multidisciplinares, incluindo a participação de agentes da produção (construtoras ou montadoras), para o desenvolvimento simultâneo dos projetos;
- Coordenação e compatibilização de projetos antes da execução;
- Detalhamento técnico;
- Antecipar as decisões;
- Elaboração de projeto para produção, definindo os detalhes da execução e a sucessão da forma de trabalho;
- Existência de uma visão sistêmica comum a todos os participantes do processo.

A indústria da construção divide-se em duas partes: a da edificação propriamente dita e a de materiais de construção subsidiária da primeira. Uma das finalidades da racionalização é integrar as duas indústrias. Para que isso ocorra, deve-se formular princípios comuns que estabeleçam uma disciplina conceitual e pragmática que permita transformar os materiais de construção em componentes construtivos de catálogo. Uma condição fundamental é a adoção do sistema de coordenação modular, como base para a normalização dos componentes construtivos.

### 10.2. Coordenação Modular

O objetivo da coordenação modular é eliminar a fabricação, modificação ou adaptação de peças em obra, reduzindo o trabalho de montagem das unidades em seus correspondentes subsistemas e componentes funcionais. Para isso a indústria deve disponibilizar os seus produtos dimensionados como múltiplos de um único módulo, considerado como base dos elementos constituintes da edificação a ser construída. A adoção de um sistema de coordenação modular é fundamental para a normalização dos elementos de construção e é uma condição essencial para a industrializar sua produção.

O termo “módulo” vem do latim *modulus* que significa pequena medida. Na história da arquitetura o uso do módulo pode ser encontrado em várias épocas, desde a antiguidade. Na arquitetura grega, ele correspondia ao raio da base da coluna, à qual estavam relacionadas as dimensões de todas as outras partes do edifício e tinha uma função estética. No Império Romano serviu para padronizar os componentes básicos da construção.

<sup>1</sup> Sabbatini (1989) define construtibilidade de um edifício ou de um elemento, como a “propriedade inerente ao projeto de um edifício, ou de uma sua parte, que exprime a aptidão que este edifício (ou sua parte) tem de ser construído”

A partir da Revolução Industrial, a modulação se tornou uma ferramenta necessária à industrialização da construção civil, principalmente nas edificações que usavam o ferro fundido. O maior exemplar dessa época foi sem dúvida o Palácio de Cristal. Criado para ser uma concepção fruto dos conceitos de produção em massa, o Palácio de Cristal alia a arquitetura ao conceito de Desenho Industrial.

Desde o término da segunda guerra, sentiu-se a necessidade de sistematizar os estudos dos princípios da coordenação modular, tendo em vista a tecnologia sempre em evolução da indústria da construção. Para que a coordenação modular funcionasse como instrumento de integração, compatibilizando dimensionalmente o repertório completo de componentes de todo um setor industrial e ainda dotá-los de atributos que facultem a sua permutabilidade, era necessário que se estabelecessem normas que determinassem os parâmetros básicos dessa disciplina. Portanto, a partir da década de 50, houve um esforço por parte dos países europeus em estabelecer regras comuns devido a questões de intercâmbio comercial e pela necessidade de produção maciça de construções habitacionais. Na década de 80 foi criada a norma ISO 1006: 1983 – Building Construction – Modular Coordination, onde se estabeleceu que o módulo básico, unidade de medida de tamanho fixo a qual se referem todas as medidas que formam parte de um sistema de coordenação modular, seria representado pela letra M e corresponderia a  $1M = 100 \text{ mm}$  ou  $10 \text{ cm}$ .

O Brasil também adotou a coordenação modular na construção civil através da norma ABNT – NBR 5706, 1977, e estabeleceu o módulo básico (M) com um decímetro, ou seja,  $10 \text{ cm}$ . O módulo básico desempenha três funções essenciais:

1. É o denominador comum de todas as medidas ordenadas

2. É o incremento unitário de toda e qualquer dimensão modular a fim de que a soma ou a diferença de duas dimensões modulares seja também modular,

3. É um fator numérico, expresso em unidades do sistema de medidas adotado ou a razão de uma progressão.

A metodologia básica para a aplicação da coordenação modular na construção civil é conseguida através da integração dos subsistemas e componentes de uma edificação a uma malha modular que permita a coordenação de todas as informações do projeto.

### **10.3. Malhas Modulares**

O uso de malhas ou reticulados, planos ou espaciais, serve de base tanto para a estrutura principal como para os outros componentes e subsistemas que também obedecem a um padrão de coordenação modular. Seu objetivo é relacionar as medidas de projeto com as medidas modulares.

As malhas ou reticulados possibilitam posicionar e inter-relacionar os elementos estruturais, as vedações, esquadrias, instalações e tantos outros componentes que obedecem a uma disciplina modular permitindo um melhor aproveitamento dos materiais, gerando um mínimo de cortes e desperdícios. E funcionam como elo de intercâmbio facilitador entre a coordenação funcional, volumétrica e, principalmente estrutural da edificação. É sobre ela que serão lançadas as concepções estruturais, que guardarão relações de proporção com os outros elementos do edifício (Firmo, 2003).

O sistema de referência de uma edificação deve ser constituído por um conjunto de planos, linhas e pontos introduzidos durante o processo de projeto com o fim de facilitar o trabalho em cada etapa da edificação. Essencialmente se trata de uma organização geométrica em que todas as partes estão inter-

relacionadas. A base é o reticulado modular de referência que pode ser plano ou espacial, onde são posicionados a estrutura, as vedações, as esquadrias, e outros equipamentos, isolados ou em conjunto.

Basicamente, a distância entre duas linhas do reticulado ou de dois planos do reticulado espacial, deve ser o módulo básico (10 cm) para que a partir dele, todas as outras medidas possam ser correlacionadas. Porém, os reticulados ou malhas podem usar como base, a modulação da estrutura, contanto que sejam múltiplos ou submúltiplos do módulo (Figura 10.1).

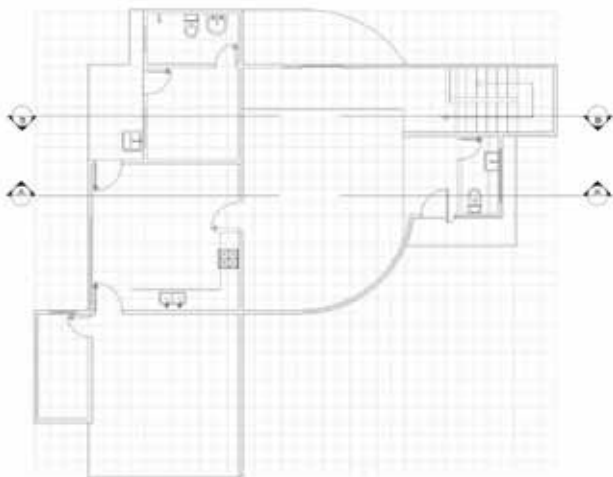


Figura 10.1 – Uso de malhas geométricas modulares para projetos de arquitetura em LSF.

Segundo Rosso (1976), na prática do projeto modular é aconselhável logo após o primeiro esboço proceder à consideração dos detalhes. Isto decorre da consideração de que o desenho livre das partes do edifício em função de uma livre execução na obra, não é mais possível, pois todos estão sujeitos a uma disciplina comum. Porém, é um engano supor que projetos concebidos a partir de malhas e componentes modulares geram uma arquitetura plasticamente pobre e repetitiva. A infinidade de combinações e arranjos permite uma grande flexibilidade, nas mais variadas linguagens arquitetônicas. A grande vantagem é que

os critérios técnicos são claramente definidos, já que para garantir a qualidade de uma edificação estruturada em aço, deve-se considerar a tecnologia empregada e a qualidade e compatibilidade dos materiais utilizados.

Franco (1992) afirma que ao se estabelecer um sistema de coordenação que conjugue as características dimensionais dos materiais e componentes constituintes do sistema e o processo de produção, pretende-se alcançar os seguintes benefícios:

- Simplificação da atividade de elaboração do projeto;
- Padronização de materiais e componentes;
- Possibilidade de normalização, tipificação, substituição e composição entre componentes padronizados;
- Diminuição dos problemas de interface entre componentes, elementos e subsistemas;
- Facilidade na utilização de técnicas pré-definidas, facilitando inclusive o controle da produção;
- Redução dos desperdícios com adaptações;
- Maior precisão dimensional;
- Diminuição de erros da mão-de-obra, com conseqüente aumento da qualidade e da produtividade.

### 10.4. Projeto para Produção

Para Barros (2003) o atual processo de projeto, que enfatiza a definição do produto sem levar em conta as necessidades de produção, pouco contribui para o avanço tecnológico nos canteiros de obra.

No processo construtivo tradicional, os projetos executivos que chegam ao canteiro, geralmente informam apenas as especificações do produto e o dimensionamento necessário indicando as formas finais do edifício no caso do projeto arquitetônico, ou as características técnicas dos subsistemas, sem contribuir para o modo como as operações devam se suceder. A falta de compatibilização entre subsistemas é comum, resultando em problemas que, na maioria das vezes, são resolvidos pelo próprio pessoal de obra. Assim, frequentemente, as decisões de como construir são tomadas no próprio canteiro.

Melhado (1994), fornece um conceito mais abrangente de projeto quando afirma que o projeto de edifícios deve extrapolar a visão do produto ou da sua função, devendo ser encarado também sob a ótica do processo da construção. O projeto deve incluir além das especificações do produto também, as especificações dos meios estratégicos, físicos e tecnológicos necessários para executar o seu processo de construção.

Assim, como conclui Taniguti (1999), para evoluir no processo de produção de edifícios é necessário melhorar o processo de elaboração do projeto considerando simultaneamente os vários subsistemas, bem como o conteúdo do projeto o qual, além da forma do produto, deve apresentar também o aspecto de como produzir.

Quando a indústria da construção trabalha com sistemas construtivos racionalizados e/ou industrializados é essencial que o projeto, além de focar o produto, contemple também o modo de produção, para que realmente possa se explorar o potencial produtivo e se atingir os resultados esperados.

O projeto para a produção é definido por Melhado (1994) como sendo um conjunto de elementos de projeto elaborado de forma simultânea ao detalhamento do projeto execu-

tivo, para utilização no âmbito das atividades de produção em obra, contendo as definições de:

- Disposição e seqüência das atividades de obra e frentes de serviço;
- Uso de equipamentos;
- Arranjo e evolução do canteiro;
- Dentre outros itens vinculados às características e recursos próprios da empresa construtora.

O papel essencial do projeto para a produção é o de encontrar soluções construtivas para determinado projeto, concebido para uma certa tecnologia, inserindo as condicionantes de racionalização e construtibilidade, a fim de dar suporte a atividade de execução, através de um processo de produção seriado e definido, permitindo o seu controle, garantindo a qualidade desejada para o produto e redução dos custos e desperdícios.

O projeto para produção não deve ser confundido com o projeto de um subsistema da edificação, não é apenas o detalhamento genérico que viabiliza as operações no canteiro.

Como se sabe, o processo de produção de edifícios é uma atividade multidisciplinar, que envolve a participação de diferentes profissionais e projetistas o que significa a necessidade de uma maior integração entre as diversas disciplinas de projeto (arquitetura, estrutura, instalações, vedações, fundações, etc.), bem como, entre essas disciplinas e as atividades da produção.

O elemento de ligação entre essas diversas disciplinas é a coordenação de projetos que é uma atividade de suporte ao desenvolvimento do processo de projeto, voltada à integração dos requisitos e das decisões de



projeto. A coordenação deve ser exercida durante todo o processo de projeto e tem como objetivo facilitar a interatividade entre os diversos membros e equipes a fim de melhorar a qualidade dos projetos a serem desenvolvidos e promover sua compatibilização.

A coordenação de projetos pode ser exercida por uma equipe da própria construtora, pelo escritório de arquitetura ou por um profissional ou empresa especializada.

A coordenação de projetos não vai resolver por si só todas as incongruências e não-conformidades existentes entre os projetos. Deve existir em comum entre todos os agentes participantes uma visão sistêmica do processo de produção e do produto/edificação resultando em um todo harmônico e integrado. Novaes (1996) apud Silva (2003) afirma que essa condição só será alcançada a partir da “adoção de uma visão sistêmica do comportamento dos subsistemas de um edifício, através da elaboração dos projetos para cada subsistema, e seus componentes, compatibilizada com as dos demais, em respeito às necessidades particulares de cada um e globais do edifício, visto como um organismo em funcionamento”.

### 10.5. Diretrizes para o Projeto de Arquitetura

A seguir serão apresentados alguns requisitos para a elaboração de projetos de arquitetura em LSF. O objetivo é orientar os profissionais em aspectos essenciais para garantir edificações mais eficientes, resultado de concepções planejadas e adequadas ao sistema LSF, e também para permitir a racionalização do processo construtivo.

#### 10.5.1. Estudo Preliminar

É importante desde a concepção do projeto se pensar na forma de produzir ou cons-

truir, portanto já no estudo preliminar devem ser considerados os conceitos e condicionantes estruturais.

O uso de malhas ou reticulados modulares planos e espaciais permite relacionar em um primeiro momento, a modulação da estrutura e os painéis de fechamento. O reticulado modular de referência deve considerar o módulo básico de 10 cm, uma vez que a partir dele que se referenciam as dimensões dos componentes. Porém malhas de maiores dimensões devem ser utilizadas para o projeto a fim de facilitar a criação e o desenho, contanto que sejam múltiplos do módulo fundamental. Para projetos com LSF pode ser empregada uma malha ou reticulado plano de 1200 mm x 1200 mm, uma vez que no estudo preliminar, o arquiteto não tem ainda a informação precisa se a modulação estrutural será de 400 ou 600 mm. Portanto, quando se usa essa malha que é múltipla tanto de 400 como 600 mm, permite-se que posteriormente o projeto seja adequado a qualquer das opções determinadas pelo projeto estrutural. Também essa modulação de malha possibilita que desde os primeiros esboços se considere a otimização no uso das placas de fechamento, uma vez que a maioria desses componentes utiliza essa dimensão.

Deve-se conceber um projeto coerente com o estágio tecnológico da construtora, ou seja, os métodos de construção e montagem adotados pela empresa devem refletir na complexidade e escolha de componentes da edificação.

#### 10.5.2. Anteprojeto

Nessa etapa é essencial dominar o uso dos materiais e componentes que fazem parte da construção, para uma melhor especificação e integração desses materiais de acordo com a situação.

Atentar para o uso a que se destina o edifício e o clima local a fim de considerar o padrão de acabamento e os critérios de desempenho termo-acústico, uma vez que várias configurações são possíveis no projeto de vedações. Essas condições são determinantes na escolha dos componentes de fechamento vertical e tipo de laje.

Especificar o tipo de revestimento e acabamento, para que seu peso próprio seja considerado no projeto estrutural. Nessa etapa, anteprojeto de estrutura, fundações e instalações devem ser desenvolvidos simultaneamente, e as interferências entre os subsistemas já devem ser consideradas.

Compatibilizar o projeto arquitetônico com as dimensões dos componentes de fechamento a fim de otimizar a modulação horizontal e vertical dos mesmos.

Especificar esquadrias, formas de fixação e as folgas necessárias para tal, compatibilizar a paginação dos componentes de fechamento com as aberturas de esquadrias. Otimizar a dimensão e localização das aberturas com a localização dos montantes considerando a modulação.

Proporcionar estanqueidade ao ar e água da estrutura através de componentes de impermeabilização e fechamento. Ou seja, os perfis galvanizados nunca devem estar aparentes.

Definir a viabilidade de concentrar as passagens das prumadas em “shafts” visando menor interferência com a execução das vedações e estruturas.

Definir o uso e tipo de sistema de água quente, ar condicionado e calefação.

Sempre que possível, lançar o layout das peças fixadas aos painéis dos ambientes para

prever a colocação de reforços.

### 10.5.3 Projeto Executivo e Detalhamento

Essa fase é caracterizada pelo processo de compatibilização entre subsistemas e elaboração dos projetos executivos e de detalhamento considerando as peculiaridades do sistema construtivo, e o nível de racionalização do processo. Portanto, os projetos executivos de arquitetura diferem dos projetos para construções convencionais que abordam e fornecem informações de forma genérica. Quanto mais preciso e detalhado o projeto, maior o desempenho e qualidade na montagem da edificação.

Apesar de não ser comum o dimensionamento dos projetos arquitetônicos em milímetros, a precisão milimétrica deve ser considerada, uma vez que a estrutura de aço proporciona um sistema construtivo muito preciso e todos os demais componentes devem acompanhar esse pré-requisito. Portanto, apesar de não ser condição essencial que as cotas do projeto executivo sejam apresentados em milímetros, todo o projeto deve ser pensado nessa grandeza, e o detalhamento, principalmente da interface entre subsistemas deve preferencialmente ser apresentado nessa escala.

Esse procedimento se mostra particularmente importante quando no detalhamento das interfaces, consideramos que mesmo que os componentes elementares da construção sejam fabricados segundo os critérios de coordenação modular, todo material está sujeito a variações de milímetros que decorrem de erros de fabricação e de posição, ou de dilatações e contrações diferentes devido à natureza da cada um. Portanto, esses aspectos devem ser apreciados a fim de se evitar patologias posteriores.

A elaboração do projeto executivo está inicialmente atrelada a compatibilização do projeto estrutural com o arquitetônico. Posteriormente, deve-se compatibilizar esses projetos com o de instalações, identificando, analisando e solucionando as interferências.

Elaborar projetos de vedações internas e externas atendendo ao projeto estrutural, já que é na estrutura que os componentes são fixados, compatibilizando e integrando com os outros subsistemas. A paginação dos componentes de fechamento deve otimizar a modulação vertical e horizontal e ser compatível com as aberturas e quando necessário com seu uso como diafragma rígido. Quando os componentes de fechamento não desempenharem a função estrutural, identificar e solucionar sua interferência com o uso de contraventamentos.

Especificar e detalhar o tipo de juntas de união (aparente ou invisível) de dessolidarização e movimentação das placas de fechamento, incorporando sempre que necessário esses detalhes ao projeto de arquitetura. É importante considerar também a deformabilidade da estrutura e as variações higrotérmicas dos materiais no detalhamento das juntas.

Identificar e solucionar a interferência de pontos hidráulicos de pias, vasos sanitários, chuveiros, tanques, e outros com a posição dos elementos estruturais, principalmente contraventamentos e montantes.

Especificar e detalhar o tipo de revestimento de áreas molháveis e o uso de materiais como piso box e outros.

Detalhar a interface painéis/esquadrias, caracterizando o tipo de material (alumínio, madeira, aço, PVC, etc), o modo de fixação, componentes de proteção destas aberturas tais como peitoris, pingadeiras e alisares. Cuidados especiais devem ser tomados quando

se usam materiais metálicos como o alumínio, a fim de isolar as esquadrias da estrutura evitando dessa forma os pares galvânicos.

Dar preferência aos detalhes padronizados, que têm desempenho comprovado. E isso deve ser aplicado tanto ao detalhamento do projeto arquitetônico quanto do projeto estrutural.

Definir projeto luminotécnico para evitar interferência com a estrutura, como vigas de piso e montantes.

É sempre importante a cada etapa fazer uma análise crítica para verificar se as alternativas propostas podem ser melhoradas visando à racionalização na produção e compatibilidade entre os subsistemas. Como também para detectar se as operações presentes são suficientes à elaboração dos projetos para a produção.

No processo de execução de construções em LSF, várias atividades ocorrem simultaneamente, isso é outra condição que implica na necessidade de se estabelecer os projetos de produção, uma vez que devido à velocidade de execução fica difícil solucionar de forma ótima as interferências que vão aparecendo e isso pode comprometer a seqüência de execução atrasando os prazos de entrega da obra.

É certo que sistemas construtivos como o Light Steel Framing são uma ponte para o desenvolvimento tecnológico da construção civil. Mas também, temos a convicção que uma das maiores contribuições desse sistema seja construir com qualidade, sem desperdício e com preocupação ambiental.

---

# ***Referências Bibliográficas***

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15253: Perfis de aço formados a frio, com revestimento metálico, para painéis reticulados em edificações: Requisitos Gerais. Rio de Janeiro, 2005.

NBR 10152: Níveis de ruído para conforto acústico. Rio de Janeiro, 1987.

NBR 6355: perfis estruturais de aço formados a frio - Padronização. Rio de Janeiro, 2003.

NBR 5706: Coordenação modular da construção. Rio de Janeiro, 1977.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS FABRICANTES DE BLOCOS E CHAPAS DE GESSO - Abragesso. Manual de montagem de sistemas drywall. São Paulo: Pini, 2004.

BARROS, M. M. B.; SABBATINI, F. H. Diretrizes para o processo de projeto para a implantação de tecnologias construtivas racionalizadas na produção de edifícios. São Paulo: EPUSP, 2003. 24 p. (Boletim técnico BT/PCC/172).

BATEMAN, B. W. Light gauge steel verses conventional wood framing in residential construction. Texas: Department of construction science of A&M University, College Station, 1998.

BAUERMAN, M. Uma investigação sobre o processo de projeto em edifícios de andares múltiplos em aço. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, 2002.

BRASILIT. Sistema construtivo brasiplac – paredes internas e externas: catálogo. São Paulo, 2004.

BROCKENBROUGH, R. L. & ASSOCIATES. Shear wall design guide. Washington: American

Iron and Steel Institute (AISI), 1998.

BRUNA, P. J. V. Arquitetura, industrialização e desenvolvimento. São Paulo: Ed. Perspectiva, 1976.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. Sistema construtivo utilizando perfis estruturais formados a frio de aços revestidos (steel framing) -Requisitos e Condições Mínimas para Financiamento pela Caixa. Disponível em: [http://www.cbca-ibs.org.br/biblioteca\\_manuais\\_caixa.asp](http://www.cbca-ibs.org.br/biblioteca_manuais_caixa.asp). Acesso em Fev. 2004.

CAMBIAGHI, H. Projeto frente às novas tecnologias. Disponível em < <http://www.asbea.org.br/midia/artigos/cambiaghi/projtech> >. Acesso em: abril, 2005.

CARDÃO, Celso. Técnica da Construção Vol. 2. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 1964.

CIOCCHI, Luiz. Revestimento em régua paralela. Revista Techné, São Paulo, n° 76, p. 54-56, julho 2003.

CIRIBINI, G. Architettura e indústria, lineamenti di tecnica della produzione edilizia. Milano: Ed. Tamburini, 1958.

COELHO, R. A. Sistema construtivo integrado em estrutura metálica. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Estruturas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2003.

COELHO, R. A. Interpretando a psicologia e a personalidade de cada material. Revista Mais Arquitetura. São Paulo, n° 58, p. 72. Abril 2004.

CONSTRUTORA SEQÜÊNCIA. Portfólio de Obras. Disponível em: [http://www.construtorasequencia.com.br/portfolio\\_obrassteel.htm](http://www.construtorasequencia.com.br/portfolio_obrassteel.htm). Acesso entre Set. 2003 e Março 2005.

CONSULSTEEL. Construcción con acero liviano – Manual de Procedimiento. Buenos Aires: Consul Steel, 2002. 1 CD-ROM.

CRASTO, R. C. M. Arquitetura e Tecnologia em Sistemas Construtivos Industrializados - Light Steel Framing. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, 2005.

DAVIES, J. Michael. Light gauge steel framing systems for low-rise construction. In: encontro nacional de construção metálica e mista, 2. Anais...1999, Coimbra.

DIAS, Luís Andrade de Mattos. Estruturas de aço: conceitos, técnicas e linguagem. São Paulo: Zigurate Editora, 1997.

Aço e arquitetura: estudo de edificações no Brasil. São Paulo: Zigurate Editora, 2001.

ELHAJJ, Nader R.; CRANDELL, Jay. Horizontal diaphragm values for cold-formed steel framing. Upper Marlboro, MD: National Association of Home Builders (NAHB), 1999.

ELHAJJ Nader; BIELAT, Kevin. Prescriptive method for residential cold-formed steel framing. USA: North American Steel Framing Alliance (NASFA), 2000.

ELHAJJ, Nader. Fastening of light frame steel housing: an international perspective. Upper Marlboro, MD: National Association of Home Builders (NAHB), 2004.

Residential steel framing: fire and acoustic details. Upper Marlboro, MD: National Association of Home Builders (NAHB), 2002.

FRECHETTE, Leon A.. Building smarter with alternative materials. Disponível em: <http://www.build-smarter.com>. Acesso em Out. 2004.

FIRMO. C. Estruturas tubulares enrijecidas por superfícies de dupla curvatura (hiperbólica). Dissertação (Mestrado) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, 2003.

FRANCO, L. S. Aplicação de Diretrizes de racionalização construtiva para a evolução tecnológica dos processos construtivos em alvenaria estrutural não armada. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo 1992.

GARNER, Chad J. Guia do construtor em steel framing. Tradução de Sidnei Palatnik. Disponível em: <http://www.cbca-ibs.org.br/>. Acesso em Março 2004.

GERGES, Samir N. Y. Ruído: fundamentos e controle. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 1992.

GÓMEZ, G. O. Acústica aplicada a la Construcción: El Ruido. Santiago de Cuba: Ed. ISPJAM, 1988.

GRUBB, P. J.; LAWSON, R. M. Building design using cold formed steel sections: construction detailing and practice. Berkshire: Steel Construction Institute (SCI) Publication, 1997.

HOLANDA, E. P. T. Novas tecnologias construtivas para produção de vedações verticais: diretrizes para o treinamento da mão-de-obra. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2003.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. Sistema Lafarge Gypsum: paredes de chapas de gesso acartonado. São Paulo: Divisão de Engenharia Civil, 2002. (Referência técnica nº 17)

INTERNATIONAL IRON AND STEEL INSTITUTE. Inovações em aço: construções residenciais em todo o mundo. Bruxelas: International Iron and Steel Institute, 1996.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 1006: Building construction - Modular coordination: Basic Module. Londres, 1983.

ISO 6241: Performance standards in buildings: principles for their preparation and factors to be considered. Londres, 1984.

KINSLER, L. E.; FREY, A. R.; COPPENS, A. B.; SANDERS, J.V. Fundamentals of Acoustics. 3 ed. New York: John Wiley & Sons, 1982.

KRÜGER, P. von. Análise de Painéis de Vedação nas edificações em estrutura metálica. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, 2000.

LABOUBE, Roger. Design guide for cold-formed steel trusses. Washington: American Iron and Steel Institute (AISI), 1995.

LOTURCO, Bruno. Chapas cimentícias são alternativa rápida para uso interno ou externo. Revista Técnica, São Paulo, nº 79, p. 62-66. PINI, Out. 2003.

MASISA. Painel estrutural OSB masisa: recomendações práticas. Catálogo Ponta Grossa: Masisa, 2003.

MELHADO. S. B. Qualidade do projeto na construção de edifícios: aplicação ao caso das empresas de incorporação e construção. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 1994.

MESEGUER, A. G. Controle e garantia da qualidade na construção. Trad. Roberto

Falcão Bauer, Antonio Carmona Filho, Paul Roberto do Lago Helene, São Paulo, Sinduscon – SP/ Projeto/PW, 1991.

MICHAELIS. Dicionário Prático Inglês-Português/Português-Inglês. São Paulo: Melhoramentos, 1987.

MOLITERNO, Antonio. Caderno de projetos de telhados em estruturas de madeira. São Paulo: Ed. Edgard Blücher Ltda, 2003.

NOVAES, C. C. Diretrizes para garantia da qualidade do projeto na produção de edifícios habitacionais. 1996. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996.

PEREIRA JUNIOR, Cleber José. Edifícios de Pequeno Porte Contraventados com Perfis de Chapa Fina de Aço. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2004.

PETTERSON, Eduard. Arquitectura Minimalista. Barcelona: Atrium Group de Ediciones y Publicaciones, S. L., 2001.

PINTO. M. A. V. Avaliação térmica de edifícios em estrutura metálica. . Dissertação (Mestrado) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, 2000.

RODRIGUES, F. C. Light steel framing - engenharia. Rio de Janeiro: Centro Brasileiro da Construção em Aço, 2005.

ROSSO. T. Racionalização da construção. São Paulo: Ed. FAU-USP, 1980.

ROSSO. T. Teoria e prática da coordenação modular. São Paulo: Ed. FAU-USP, 1976.

SABBATINI, F. H. Desenvolvimento de métodos, processos e sistemas construtivos:

Formulação e Aplicação de uma Metodologia. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 1989.

SABBATINI, F. H. O Processo de Produção das Vedações Leves de gesso Acartonado. In: Seminário de Tecnologia e Gestão da Produção de Edifícios: Vedações Verticais, São Paulo. 1998. Anais... São Paulo: PCC/TGP, 1998, p. 67-94.

SALES, U. C. Mapeamento dos problemas gerados na associação entre sistemas de vedação e estrutura metálica e caracterização acústica e vibratória de painéis de vedação. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, 2001.

SCHARFF, Robert. Residential steel framing handbook. New York: McGraw Hill, 1996.

SILVA, M. M. A. Diretrizes para o projeto de alvenarias de vedação. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2003.

STEEL CONSTRUCTION INSTITUTE (SCI). Light steel framing case studies. Disponível em: <http://www.steel-sci.org/lightsteel/>. Acesso em Abril de 2004.

STRUCTURAL BOARD ASSOCIATION. OSB wall sheathing works. Vancouver: Structural Board Association, 2004.

TANIGUTI, E. K. Método construtivo de vedação vertical interna de chapas de gesso acartonado. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 1999.

TREBILCOCK, Peter J. Building design using cold formed steel sections: an architect's guide. Berkshire: Steel Construction Institute

(SCI) Publication, 1994.

WAITE, Timothy J. Steel-frame house construction. California: Craftsman Book Company, 2000.