

UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO – ESCOLA DE MINAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

**ARQUITETURA E TECNOLOGIA EM SISTEMAS
CONSTRUTIVOS INDUSTRIALIZADOS:
LIGHT STEEL FRAMING**

AUTOR: RENATA CRISTINA MORAES DE CRASTO

ORIENTADOR: Prof. Dra. Arlene Maria Sarmanho Freitas

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação do Departamento de Engenharia Civil da Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto, como parte integrante dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil, área de concentração: Construções Metálicas.

Ouro Preto, setembro de 2005.

C894a Crasto, Renata Cristina Moraes de.
Arquitetura e tecnologia em sistemas construtivos industrializados
[manuscrito] : *light steel framing*. / Renata Cristina Moraes de Crasto. - 2005.
xxiii, 231f. : il., color., tabs.

Orientador: Profª Drª Arlene Maria Sarmanho Freitas.

Área de concentração: Construção Metálica.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Departamento de Engenharia Civil. Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil.

1. Estruturas metálicas - Teses. 2. Construção industrializada - Teses. 3. Coordenação modular (Arquitetura) – Teses. 4. Aço – perfis formados a frio – Teses. 5. Aço galvanizado – Teses. I. Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Departamento de Engenharia Civil. Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil. II. Título.

CDU: 624.014

Catálogo: sisbin@sisbin.ufop.br

Á minha família
Ao meu marido

MEUS AGRADECIMENTOS

A minha orientadora Professora Arlene Maria Sarmanho Freitas pela orientação dedicada e precisa e pela amizade demonstrada ao longo desse percurso;

Ao professor Ernani Carlos de Araújo por ser um grande e primeiro incentivador desse trabalho, e pelo carinho e apoio dedicados aos arquitetos;

Aos professores e amigos Christianne Nogueira e Ricardo Azoubel por me incentivarem a ingressar no mestrado e pela amizade e apoio constantes. Vocês são realmente especiais;

A todos os professores do curso de Pós-graduação em Construção Metálica pela oportunidade de aprendizado;

Ao professor Henor Artur de Souza por sempre estar disposto a ajudar;

Ao arquiteto Pedrovaldo Caram Santos por toda ajuda ao longo da elaboração desse trabalho e por ser a pessoa maravilhosa que é;

Ao arquiteto Guilherme Jardim por compartilhar de seus conhecimentos que muito contribuíram para a melhoria do conteúdo desse trabalho;

A todos os profissionais da Superintendência de Desenvolvimento e Aplicação do Aço da Usiminas: Ascânio, Ângela, Jackson, Marilda, Marcelo, Osmar, e em especial ao Eng. Lincoln Rubim;

À Usiminas e ao CBCA – Centro Brasileiro de Construção em Aço por tornar possível a elaboração desse trabalho e dar prosseguimento a essa pesquisa através do Manual “Sistema Light Steel Framing: um Guia para Arquitetos”;

Ao Eng. Alessandro de Souza Campos e ao Arq. Paulo César Arcoverde pelo apoio;

Ao Arq. Rogério Fonseca pela grande ajuda na elaboração das ilustrações;

As três: Betina Pearce, Cristiane Henriques, Flávia Furtini pelo companherismo, pela ajuda, pelo incentivo nos momentos difíceis. Enfim, vocês foram um dos grandes acontecimentos desse mestrado;

A todos os meus colegas de curso, em especial aos arquitetos Kneipp e Domência e aos engenheiros Cereno e Flávio;

A Eng^a Rosane Bevilaqua por ter compartilhado seus conhecimentos e amizade;

Ao arquiteto Célio Firmo, pelas fotos que estão divulgadas nesse trabalho e pela amizade;

As empresas: Construtora Seqüência (arq. Alexandre Mariutti), Flasan, Masisa, USHome, Brasilit;

A Róvia pela grande disposição em ajudar.

RESUMO

Apesar do Brasil ser um dos maiores produtores mundiais de aço, o emprego de estruturas metálicas em 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. Dentre as soluções construtivas industrializadas que empregam os perfis de aço formados a frio como elemento estrutural, o sistema Light Steel Framing (LSF) tem despertado grande interesse no mercado nacional. A flexibilidade e agilidade construtiva do sistema LSF determinam um grande potencial a ser explorado nas mais diversas aplicações, inclusive para habitações de interesse social. Porém, o sucesso de um empreendimento em LSF ou em qualquer outro sistema construtivo industrializado passa necessariamente pela concepção de um projeto de arquitetura dotado de uma visão sistêmica do processo de produção que considere todo o potencial e condicionantes do sistema, e promova a integração e coordenação entre todos os subsistemas da edificação dentro da realidade construtiva nacional. Nesse contexto, esse trabalho objetiva sistematizar as informações acerca dos materiais, técnicas, métodos e detalhes construtivos empregados no processo de construção de edificações com o sistema LSF, a fim de apresentar o seu atual estado da arte no país, dando ênfase a ações e diretrizes para a melhoria do processo de projeto, de modo a minimizar a ocorrência de patologias e incompatibilidades, visando maior eficiência e produtividade na execução da obra, e conseqüentemente, construções de maior qualidade.

ABSTRACT

In spite of Brazil to be one of the world's largest producers of steel, the use of metallic structures in constructions has been little expressive if compared to the potential of the Brazilian industrial park. Parallel the development of metallurgical products in the country enlarged the alternatives of available constructive solutions. Among the constructive solutions industrialized that use the cold formed steel profiles as structural element, the system Light Steel Framing (LSF) it has been arousing great interest in the national market. The flexibility and constructive agility of the system LSF determine a great potential besides to be explored in the most several applications, inclusive social housing. However, for the success of an enterprise in LSF or in any other industrialized constructive system, it is necessary the conception of an architecture design endowed with a vision systematic of the production process that considers the whole potential and prerequisites of the system, and promote the integration and coordination among all the sub-systems of the construction inside of the national constructive reality. In this context, this work propose to systematize the information concerning the materials, techniques, methods and details constructive uses in the process of construction of buildings with the system LSF, in order to present the current state of the art in the country, giving emphasis to actions and guidelines for the improvement of the design process, in way to minimize the occurrence of pathologies and incompatibilities, seeking larger efficiency and productivity in the execution of the construction, and consequently, buildings of larger quality.

SUMÁRIO

Resumo	VI
Abstract	VII
Lista de Figuras	XII
Lista de Fotos	XVII
Lista de Tabelas	XXII
Lista de Abreviaturas	XXIII
Capítulo 1 – INTRODUÇÃO	1
1.1. Considerações Gerais.....	1
1.2. Perfis Formados a Frio – Light Steel Framing.....	3
1.3. Justificativas e Objetivos	4
1.4. Estruturação do Trabalho.....	6
Capítulo 2 - CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA LIGHT STEEL FRAMING	8
2.1. Aplicações.....	17
2.2. Tipos de Perfis Utilizados.....	22
2.3. Métodos de Construção	26
2.4. Fundações.....	31
2.4.1. Laje Radier.....	31
2.4.2. Sapata Corrida ou Viga Baldrame	33
2.4.3. Fixação dos Painéis na Fundação.....	34
Capítulo 3 - PAINÉIS	40
3.1. Painéis Estruturais ou Auto-Portantes	40
3.1.1. Aberturas de Vãos em um Painel Estrutural	44
3.1.2. Estabilização da Estrutura	48
3.1.3. Travamento Horizontal	58
3.1.4 Encontro de Painéis	61
3.1.5. Emenda de Guia	65

3.2. Painéis Não-Estruturais	66
3.3. Paredes Curvas, Arcos e Formas Atípicas	68
Capítulo 4 - LAJES	71
4.1. Tipos de Laje.....	76
4.2. Vigamento de Piso	80
4.3. Travamento Horizontal.....	88
4.4. Escadas	90
Capítulo 5 - COBERTURAS	95
5.1. Tipos de Coberturas	96
5.1.1. Coberturas Planas	96
5.1.2. Coberturas Inclinadas	97
5.2. Telhado Estruturado com Caibros e Vigas	98
5.2.1. Estabilização do Telhado Estruturado com Caibros e Vigas.	102
5.3. Telhado Estruturado com Tesouras ou Treliças	104
5.3.1. Estabilização do Telhado Estruturado com Tesouras	118
Capítulo 6 - FECHAMENTO VERTICAL.....	122
6.1. Painéis de OSB.....	125
6.1.1. Siding Vínilico	130
6.1.2. Argamassa	134
6.2. Alvenaria.....	136
6.3. Placas Cimentícias	139
6.4. Gesso Acartonado.....	144
6.4.1. Características das Placas de Gesso Acartonado	145
6.4.2. Perfis de Aço para Sistemas Drywall	146
6.4.3. Aspectos de Projeto e Execução	147
6.4.4. Montagem do Sistema Drywall.....	147
6.4.4.1. Aberturas de Vãos para Esquadrias	152
6.4.4.2. Instalações Prediais e Reforços	154
6.4.4.3. Instalação das Chapas	155

6.4.4.4. Tratamento das Juntas	159
6.4.4.5. Painéis em Áreas Molháveis	163
6.5. Isolamento Termo-acústico	165
6.5.1. Isolamento Acústico	166
6.5.2. Isolamento Térmico.....	170
Capítulo 7 - LIGAÇÕES E MONTAGEM	172
7.1. Ligações	172
7.1.1. Parafusos	172
7.1.2. Tipos de Parafusos	173
7.1.3. Aplicações	174
7.2. Montagem.....	177
7.2.1. Sistema de Painéis	179
7.2.2. Montagem da Estrutura de Painéis do Pavimento Térreo	180
7.2.3. Montagem da Estrutura de Laje	186
7.2.4. Montagem da Estrutura de Painéis do Pavimento Superior	188
7.2.5. Montagem da Estrutura de Telhado	190
Capítulo 8 – CONDICIONANTES DE PROJETO	193
8.1. Industrialização da Construção	193
8.2. Coordenação Modular	199
8.3. Malhas Modulares	202
8.4. Projeto para Produção	204
8.5. Diretrizes para o Projeto de Arquitetura	208
8.5.1. Estudo Preliminar	208
8.5.2. Anteprojeto	209
8.5.3. Projeto Executivo e Detalhamento	211
Capítulo 9 – CONSIDERAÇÕES FINAIS	214
9.1. Sugestões para Trabalhos Futuros	219
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	220

ANEXOS	228
ANEXO I	229
1. Glossário	229

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 2

Figura 2.1 - “ <i>Balloon framing</i> ”.....	10
Figura 2.2 - Desenho esquemático de uma residência em Light Steel Framing.....	13
Figura 2.3 - Esquema de construção tipo “balloon”.....	29
Figura 2.4 - Esquema de construção tipo “platform”	30
Figura 2.5 - Corte esquemático de uma laje radier.....	32
Figura 2.6 - Detalhe esquemático de ancoragem de painel estrutural a uma laje radier.	33
Figura 2.7 - Corte detalhado de fundação sapata corrida.....	34
Figura 2.8 - Efeitos da carga de vento na estrutura: a) translação e b) tombamento.....	34
Figura 2.9 - Esquema geral de ancoragem química com barra roscada.....	35
Figura 2.10- Ancoragem com fita metálica.....	37
Figura 2.11 - Ancoragem com barra roscada tipo “J”.....	38
Figura 2.12 - Ancoragem com barra roscada tipo “J”	39

CAPÍTULO 3

Figura 3.1 - Transmissão da carga vertical à fundação.....	41
Figura 3.2 - Painel típico em Steel Framing.....	42
Figura 3.3 - Distribuição dos esforços através da verga para ombreiras.....	44
Figura 3.4 - Tipos de vergas.....	45
Figura 3.5 - Detalhe de ombreira.....	46
Figura 3.6 - Guia de abertura.....	47
Figura 3.7 - Composição de vão de abertura.....	47
Figura 3.8 - Desenho esquemático de painel estrutural com abertura.....	48
Figura 3.9 - Solicitação das diagonais de contraventamento.....	50
Figura 3.10 - Fixação das diagonais nos painéis por placa de Gusset.....	50
Figura 3.11 - Ancoragem painel superior.....	51
Figura 3.12 - Localização do contraventamento em relação as aberturas.....	52
Figura 3.13 - Assentamento das placas estruturais em painéis com aberturas.....	56
Figura 3.14 - Esquema de fixação de placas estruturais por parafusos.....	56

Figura 3.15 - Encontro das placas estruturais em relação aos painéis.....	57
Figura 3.16 - Encontro entre duas placas estruturais de canto.....	57
Figura 3.17 - Fita metálica para travamento de painel.....	60
Figura 3.18 - Esquema de travamento horizontal do painel através de bloqueadores.....	60
Figura 3.19 - Esquema de fixação de bloqueador através de cantoneiras.....	61
Figura 3.20 - União de dois montantes pela alma. a) planta; b) perspectiva.....	62
Figura 3.21 - União de três montantes: a) planta; b) perspectiva.....	62
Figura 3.22 - Fixação de painéis de canto.....	63
Figura 3.23 - Ligação de dois painéis formando um “T”: a) planta; b) perspectiva.....	64
Figura 3.24 - Encontro de três painéis: a) planta; b) perspectiva.....	65
Figura 3.25 - Emenda de perfil guia.....	66
Figura 3.26 - Desenho esquemático de painel não-estrutural com abertura.....	67
Figura 3.27 - Método para curvatura de perfis U.....	69
Figura 3.28 - Método para construção de aberturas em arco.....	70

CAPÍTULO 4

Figura 4.1 - Estrutura de piso em Steel Framing.....	71
Figura 4.2 - Aberturas nos perfis para passagem de tubulações.....	72
Figura 4.3 - Detalhe de reforço em viga de piso.....	73
Figura 4.4 - Planta de estrutura de piso em Steel Framing.....	75
Figura 4.5 - Desenho esquemático de laje úmida.....	77
Figura 4.6 - Desenho esquemático de laje seca.....	79
Figura 4.7 - Laje em Steel Framing apoiada sobre estrutura tradicional.....	80
Figura 4.8 - Laje em Steel Framing apoiada sobre fundação tipo sapata corrida.....	81
Figura 4.9 - Laje em balanço.....	81
Figura 4.10 - Laje em balanço.....	82
Figura 4.11 - Laje em balanço com contrapiso em níveis diferentes.....	83
Figura 4.12 - Viga de distribuição da carga do piso para os montantes.....	83
Figura 4.13 - Vigas compostas para aumentar a resistência.....	84
Figura 4.14 - Tipos de vigas principais para apoio de vigas de piso.....	85
Figura 4.15 - Vigas principais em aço soldado.....	86

Figura 4.16 - Emenda de viga de piso.....	87
Figura 4.17- Bloqueador.....	89
Figura 4.18- Travamento em “X”.....	89
Figura 4.19 - Desenho esquemático de escada viga caixa inclinada.....	90
Figura 4.20 - Desenho esquemático de escada painel com inclinação.....	91
Figura 4.21 – Desenho esquemático de uma escada de painéis escalonados.....	93

CAPÍTULO 5

Figura 5.1 - Cobertura plana em steel framing.....	95
Figura 5.2 - Alguns tipos de treliças planas para steel framing.....	96
Figura 5.3 - Caibros e vigas alinhados com montantes de painel estrutural.....	97
Figura 5.4 - Telhado típico estruturado com caibros.....	99
Figura 5.5 - Cumeeira de telhado estruturado com caibros.....	100
Figura 5.6 - Efeito de "abertura" das paredes devido ao peso do telhado.....	100
Figura 5.7 - Telhado estruturado com caibros e vigas.....	101
Figura 5.8 - Espigão formado a partir de dois perfis U.....	102
Figura 5.9 - Tesoura Howe.....	106
Figura 5.10 - Tesoura Pratt.....	106
Figura 5.11 - Tesoura Fink.....	106
Figura 5.12 - Tesoura alemã.....	107
Figura 5.13 - Tesoura Belga.....	107
Figura 5.14 - Elementos de uma tesoura.....	109
Figura 5.15 - Detalhe união banzo superior e inferior de uma tesoura.....	110
Figura 5.16 - Detalhe de beiral de telhado.....	111
Figura 5.17 - Detalhe cumeeira de tesoura Pratt.....	111
Figura 5.18 - detalhe cumeeira tesoura (a) Howe e (b) Pratt.....	112
Figura 5.19 - Painel de fechamento do oitão.....	112
Figura 5.20 - Painel de beiral.....	113
Figura 5.21 - Detalhe de fixação de painel de beiral.....	114
Figura 5.22 - Painel de beiral em balanço.....	115
Figura 5.23 - Método para construção de telhados de quatro águas.....	116

Figura 5.24 - Tesouras auxiliares.....	117
Figura 5.25 - Contraventamento lateral do banzo superior.....	118
Figura 5.26 - Vista lateral de estrutura de telhado mostrando o contraventamento em "X" do sistema de tesouras.....	119
Figura 5.27 - Telhado estruturado com tesouras com cobertura em telha metálica.....	121

CAPÍTULO 6

Figura 6.1 – Desenho esquemático de fechamento externo com EIFS.....	123
Figura 6.2- Embasamento elevado para evitar contato das placas e painéis com a umidade.....	129
Figura 6.3 - Fixação do <i>siding</i> com para fusos.....	133
Figura 6.4 - Detalhe da folga no encontro das régua com os perfis acessórios.....	133
Figura 6.5 - Sobreposição na junção das régua.....	133
Figura 6.6 - Desenho esquemático de fechamento de alvenaria de painéis em LSF.....	139
Figura 6.7 - Desenho esquemático do encontro de duas placas com junta aparente.....	142
Figura 6.8 - Desenho esquemático do encontro de duas placas com junta invisível.....	143
Figura 6.9 - Especificação padrão para painéis de gesso acartonado.....	148
Figura 6.10 - Seqüência de montagem das divisórias de <i>drywall</i>	148
Figura 6.11 - Junção de painéis <i>Drywall</i> em “L”.....	149
Figura 6.12 - Instalação dos montantes em divisória <i>Drywall</i>	150
Figura 6.13 - Emenda de montantes em painel <i>Drywall</i>	151
Figura 6.14 - Montante para fixação de painel perpendicular em <i>Drywall</i>	151
Figura 6.15 - Abertura de vão em painel <i>drywall</i>	152
Figura 6.16 - Montantes duplos para fixação de batente da porta em divisória <i>drywall</i>	153
Figura 6.17 - Montagem da parte superior da abertura de portas em divisória <i>drywall</i>	153
Figura 6.18 - Reforço para instalação de bancada em divisória <i>drywall</i>	154
Figura 6.19 - Folga entre a chapa e o piso.....	156
Figura 6.20 - Desencontro de juntas horizontais em painel.....	156
Figura 6.21 - Instalação de chapas simples de gesso acartonado.....	157
Figura 6.22 - Instalação de chapas duplas de gesso acartonado.....	157
Figura 6.23 - Aparafusamento correto das chapas de gesso.....	158

Figura 6.24 - Aplicação de massa na junta entre placas de gesso acartonado	160
Figura 6.25 - Tratamento da junta com espátula	160
Figura 6.26 - Acabamento da junta com desempenadeira	161
Figura 6.27- Aplicação de massa na junta de ângulo interno entre placas de gesso acartonado.....	161
Figura 6.28 - Colocação de fita metálica em junta de ângulo interno	162
Figura 6.29 - Cantoneira metálica perfurada	162
Figura 6.30 - Acabamento da junta com desempenadeira	163
Figura 6.31 - Método de impermeabilização de áreas úmidas	164
Figura 6.32 - Método de impermeabilização de áreas úmidas com rodapé metálico....	164

CAPÍTULO 7

Figura 7.1 - Ponta broca	174
Figura 7.2 - Ponta Agulha	174
Figura 7.3 - Tipos de cabeça de parafusos mais utilizados em ligações com LSF. Respectivamente: cabeças lentilha, sextavada, panela e trombeta.	174
Figura 7.4 - Parafuso cabeça lentilha e ponta broca.	175
Figura 7.5 - Parafuso cabeça sextavada e ponta broca..	175
Figura 7.6 - Parafuso cabeça trombeta e ponta broca..	175
Figura 7.7 - Parafuso cabeça trombeta e ponta broca com asas	176
Figura 7.8 - Fixação de perfil Ue para manter o esquadro dos painéis.....	184
Figura 7.9 - Emplacamento dos painéis externos	189
Figura 7.10 - Assentamento das placas de OSB na estrutura	192

CAPÍTULO 8

Figura 8.1 – Uso de malhas geométricas modulares para projetos de arquitetura em LSF, usando como base para o reticulado a modulação estrutural.....	203
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----

LISTA DE FOTOS

CAPÍTULO 2

Foto 2.1- Estrutura de residência em Steel Framing, São Paulo.....	8
Foto 2.2 - Montagem de residência em Steel Framing, São Paulo- SP.....	9
Foto 2.3 - Protótipo de residência em Steel Framing na Exposição Mundial de Chicago em 1933.....	10
Foto 2.4 - Perfis estruturais de madeira e aço galvanizado.....	11
Foto 2.5- Linha de montagem de módulos residenciais no Japão.....	12
Foto 2.6- Painéis do pavimento térreo de casa residencial - Belo Horizonte.....	14
Foto 2.7 - Vista do piso com vigas em perfis galvanizados e contrapiso em OSB.....	14
Foto 2.8 - Estrutura do telhado de residência em Steel Framing.....	15
Foto 2.9 - Residências construídas com o sistema Steel Framing em Cotia - São Paulo	16
Foto 2.10 - Residência em Cotia – SP.....	17
Foto 2.11- Residência no Chile.....	18
Foto 2.12 - Residência em Oxford – Inglaterra.....	18
Foto 2.13 - Edifício na Inglaterra.....	19
Foto 2.14 - Hotel na Inglaterra.....	19
Foto 2.15 – Clínica de Pneumologia Anglo Gold - Nova Lima – MG.....	20
Foto 2.16 - 1.425 módulos em LSF formam esse edifício na Inglaterra.....	20
Foto 2.17 - Módulos de banheiros prontos e posicionados no Hotel Mondial Airport Business em São Paulo.....	21
Foto 2.18 - Reforma de telhados substituindo por tesouras fabricadas com perfis formados a frio.....	21
Foto 2.19 - Fabricação por perfilagem de perfis seção Ue.....	22
Foto 2.20 - Steel framing montado pelo método <i>stick</i>	26
Foto 2.21– Elementos estruturais como tesouras e painéis são pré-fabricados em oficinas e levados a obra para montagem da estrutura.....	27
Foto 2.22– Unidades modulares empilhadas na forma da construção final, o vazio que se vê ao centro formará a circulação de acesso às unidades.....	28
Foto 2.23 - Módulo de banheiro.....	28

Foto 2.24 - Laje radier.....	32
Foto 2.25- Detalhe de ancoragem da estrutura à fundação por meio de chumbador e barra roscada.....	36
Foto 2.26 - Detalhe de fita metálica fixada a laje radier.....	37
Foto 2.27 – Ancoragem provisória.....	39

CAPÍTULO 3

Foto 3.1 - Painel cuja modulação é de 200mm devido à carga de caixa d'água.....	42
Foto 3.2 - Painel com abertura de janela.....	43
Foto 3.3 - Detalhe de verga para abertura de janela.....	45
Foto 3.4 - Painel com contraventamento em "X".....	49
Foto 3.5 - Painéis contraventados em função das aberturas em laboratório na Universidade Federal de Ouro Preto.....	52
Foto 3.6 - Contraventamento em "K".....	53
Foto 3.7 - Placas de OSB.....	54
Foto 3.8 - Fechamento de fachada com placas de OSB.....	55
Foto 3.9 - Bloqueador e fita fixados ao painel para travamento horizontal.....	59
Foto 3.10 - Painel não-estrutural de fachada de residência.....	67
Foto 3.11 – Montagem de paredes curvas projetadas para construção com perfis formados a frio em um ambulatório em Curitiba.....	68
Foto 3.12 - Perfil U flexível.....	69
Foto 3.13 - Painéis apresentando diversas formas curvas.....	70

CAPÍTULO 4

Foto 4.1 - Vigas de piso.....	72
Foto 4.2 – Estrutura de piso em Steel Framing.....	75
Foto 4.3 - Fôrma metálica para contrapiso úmido.....	76
Foto 4.4 - Placas de OSB utilizadas para laje seca.....	78
Foto 4.5 - Manta de polietileno expandido entre vigas de piso e contrapiso com placas de OSB.....	79
Foto 4.6 - Vigas de piso apoiadas em montantes de painéis do pavimento térreo.....	80

Foto 4.7 - Vigas de piso apoiadas sobre viga principal em aço.....	87
Foto 4.8 - Travamento horizontal da laje de piso por meio de bloqueadores e fitas metálicas.....	88
Foto 4.9 - Escada viga caixa inclinada.....	91
Foto 4.10 - Montagem de uma escada de painéis escalonados.....	92

CAPÍTULO 5

Foto 5.1- Trelças planas.....	96
Foto 5.2 -Telhado estruturado com caibros em um Laboratório na Universidade Federal de Ouro Preto – MG.....	98
Foto 5.3 - Cumeeira composta de perfis U e Ue para apoio dos caibros.....	99
Foto 5.4 - Placas de OSB para fixação de telhas "shingles".....	104
Foto 5.5 - Modelo de tesoura de telhado confeccionada com perfis de aço formados a frio galvanizados.....	105
Foto 5.6 -Tesouras de telhado em arco confeccionadas com perfis de aço formados a frio galvanizados.....	105
Foto 5.7 - Tesoura de telhado sendo descarregada no canteiro de obras.....	108
Foto 5.8 - Tesoura em "meia água" cujos elementos estão fixados em placas metálicas de aço (placas de Gusset).....	109
Foto 5.9 - Telhado com interseção de vários planos.....	116
Foto 5.10 - Placas de OSB para fixação de telhas "shingles".....	119
Foto 5.11 - Demonstração de instalação de telhas “shingles” sobre placas de OSB.....	120
Foto 5.12 - Telhas metálicas usadas na cobertura da edificação.....	120

CAPÍTULO 6

Foto 6.1 - Fechamento externo de edificação em LSF com painéis metálicos	124
Foto 6.2 - Fachada com fechamento externo em OSB apresentando juntas sem tratamento para receber como revestimento final o <i>siding</i> vinílico.....	127
Foto 6.3 - Impermeabilização das placas de OSB da fachada da foto anterior com membrana de polietileno	128
Foto 6.4 - Instalação de OSB na fachada com juntas defasadas.....	129

Foto 6.5 - Residência estruturada em LSF com fachada revestida com <i>siding</i> de madeira.....	130
Foto 6.6 - Instalação de <i>siding</i> vinílico.....	131
Foto 6.7 - Perfis acessórios para instalação do <i>siding</i> vinílico, no detalhe acabamento para esquadrias e cantoneiras.....	132
Foto 6.8 - Revestimento das placas de OSB com argamassa aplicada sobre tela de galinheiro.....	135
Foto 6.9 - Fachada em OSB revestida com argamassa com juntas aparentes para orientação das trincas.....	135
Foto 6.10 - Fachada em OSB revestida com argamassa	136
Foto 6.11 - Fachada revestida com tijolos maciços.....	137
Foto 6.12 - Residência estruturada em LSF e revestida de tijolos	138
Foto 6.13 - Fechamento vertical de estrutura em LSF com tijolos maciços, no detalhe conectores metálicos	138
Foto 6.14 - Fechamento com placas cimentícias	140
Foto 6.15 - Trincas na junção de placas cimentícias	142
Foto 6.16 - Proteção plástica para instalações	155
Foto 6.17 - Instalação de lã de vidro em painel <i>Drywall</i>	159

CAPÍTULO 7

Foto 7.1 - Parafusadeira	177
Foto 7.2- Unidades modulares sendo posicionadas na construção	178
Foto 7.3 – Corte dos perfis com serra circular.....	179
Foto 7.4 – Mesa de trabalho para montagem de componentes estruturais	180
Foto 7.5 – Aplicação de fita selante na base do painel.....	180
Foto 7.6 – Escoramento do painel durante a montagem.....	181
Foto 7.7 – Ancoragem provisória com pinos de aço	182
Foto 7.8 – Montagem dos painéis	182
Foto 7.9 – Verificação do nível do painel e fixação da ancoragem.....	183
Foto 7.10 – Montagem dos painéis externos.....	183
Foto 7.11 – Marcação da localização dos painéis internos.....	184

Foto 7.12 – Fixação de dois painéis com parafusos estruturais.....	185
Foto 7.13- Colocação do fechamento externo dos painéis	185
Foto 7.14 – Juntas de placas devem estar defasadas	186
Foto 7.15 – Posicionamento das vigas de piso na sanefa	187
Foto 7.16 – Execução de laje úmida.....	187
Foto 7.17 – Montagem dos painéis do pavimento superior	188
Foto 7.18 – Içamento e posicionamento de painel de pavimento superior	189
Foto 7.19 –Detalhe de cumeeira em telhado estruturado com caibros	190
Foto 7.20 – Montagem de tesouras de telhado	191
Foto 7.21 – Instalação de placas de OSB sobre o telhado	192

CAPÍTULO 8

Foto 8.1 – Palácio de Cristal.....	200
------------------------------------	-----

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 2

Tabela 2.1 – Espessura mínima dos perfis estruturais	23
Tabela 2.2- Designações dos perfis de aço formados a frio para uso em Steel Framing e suas respectivas aplicações.	24
Tabela 2.3 - Dimensões Nominais Usuais dos Perfis de Aço para Steel Framing	25

CAPÍTULO 6

Tabela 6.1. – Espessura mínima das placas de OSB de acordo com espaçamento entre montantes e tipo de revestimento.....	126
Tabela 6.2. - Relação entre espessura da placa cimentícia e aplicação.....	141
Tabela 6.3. Tipos de perfis para <i>Drywall</i>	146
Tabela 6.4– Qualificação do Isolamento Acústico	167
Tabela 6.5 – Classe de Transmissão de Som Aéreo para elementos construtivos	168
Tabela 6.6 – Índice de Redução Acústica (Rw) da lã de vidro.....	169
Tabela 6.7 – Resistência Térmica e Condutividade Térmica da lã de vidro.	172

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRAGESSO – Associação Brasileira de Fabricantes de Chapas de Gesso
AISI – American Iron and Steel Institute
ASBEA – Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura
CB – Comitê Técnico
CBCA – Centro Brasileiro de Construção em Aço
CEF – Caixa Econômica Federal
EIFS – Exterior Insulation and Finish System
IBS - Instituto Brasileiro de Siderurgia
IISI – International Iron and Steel Institute
IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas
ISO – International Organization for Standardization
LSF – Light Steel Framing
NAHB – North American Home Builders
NASFA – North American Steel Framing Alliance
NBR – Norma Brasileira
OSB – Oriented Strand Board
SBA – Structural Board Association
SCI – Steel Construction Institute
USIMINAS – Usinas Siderúrgicas de Minas Gerais
WWW – World Wide Web

Capítulo 1

INTRODUÇÃO

1.1. Considerações Gerais

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 mudanças nessa situação, mas ainda de forma lenta se comparada a outros setores da economia.

Dentro desta realidade, os construtores têm buscado investir em processos construtivos mais eficientes que resultem em produtos de melhor qualidade sem aumentos significativos dos custos, a fim de se tornarem mais competitivos, como forma de garantir a sobrevivência de suas empresas no mercado (Silva, 2003).

O caminho para mudar este quadro como afirma Dias (2001) passa necessariamente pela construção industrializada, com mão de obra qualificada, otimização de custo mediante contenção do desperdício de materiais, padronização, produção seriada e em escala, racionalização e cronogramas rígidos de planejamento e execução. E apesar das empresas construtoras brasileiras serem tradicionalmente resistentes a modernização dos seus meios de produção, a introdução de inovações tecnológicas é a melhor forma para se atingir a industrialização dos processos construtivos.

Outro fator importante a ser considerado é a sustentabilidade ambiental. O mundo já tem constatado a necessidade de implantação do desenvolvimento sustentável diante da ameaça de escassez dos recursos do meio ambiente. A arquitetura vê a necessidade de

se enquadrar e adotar construções sustentáveis, ou seja, mais racionais, econômicas, principalmente no que diz respeito a insumos e energia, e sobretudo produzidas com materiais que possam ser reciclados e que causem menos impacto ambiental.

Porém, essas inovações devem ser economicamente viáveis e compatíveis com os condicionantes nacionais, para que a construção industrializada possa ser a solução real no panorama brasileiro (Sales, 2001). As tecnologias importadas que não considerem ou não sejam adaptadas às condições climáticas e sociais do país, encontram dificuldades em se estabelecer como uma solução construtiva eficiente e confiável.

Outrossim, para que essas iniciativas sejam bem sucedidas, devem ser incorporadas e analisadas a partir de uma visão sistêmica. Visão essa que além de promover a integração e coordenação entre todos os subsistemas da edificação, priorize o projeto cuja concepção incorpore as condicionantes do sistema construtivo proposto, sob a ótica do processo de produção.

Nesse contexto, o uso do aço na construção civil vem aparecendo como uma das alternativas para mudar o panorama do setor. A construção em aço requer conhecimento das potencialidades e limitações de seu uso e de todos os subsistemas que compõem a edificação, incluindo sua compatibilização e, além disso, exige uma grande atenção ao planejamento e interação de cada uma de suas etapas, desde a concepção de projeto até a montagem e finalização da edificação (op. cit.).

Apesar do Brasil ser um dos maiores produtores mundiais de aço com uma produção de 32,90 milhões de toneladas de aço bruto no ano de 2004 (Fonte IBS, 2005), o emprego de estruturas metálicas em 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. Portanto, o arquiteto tem um papel fundamental como indutor da utilização de novas técnicas e produtos.

1.2. Perfis Formados a Frio – Light Steel Framing

Com o progresso 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 formados a frio de aço galvanizado se enquadram perfeitamente. A utilização na construção civil de estruturas metálicas 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.

Os sistemas industrializados e/ou racionalizados encontram-se em um estágio de grande aceitação no mercado da construção civil, principalmente para a execução de fechamentos verticais que surgem como uma forma para a industrialização, pelo menos parcial, da construção de edifícios. Entre os vários sistemas disponíveis, podemos citar o *drywall*¹ como um grande precursor da implantação da industrialização dos subsistemas de fechamento e que vem mudando a mentalidade do usuário em relação a construções que não usem elementos maciços como o concreto e a alvenaria.

Dentre as soluções construtivas industrializadas que empregam os perfis de aço formados a frio como elemento estrutural, o sistema Light Steel Framing (LSF) tem despertado grande interesse no mercado nacional. Trata-se de um sistema construtivo de concepção racional caracterizada pelo uso de perfis formados a frio de aço galvanizado compondo sua estrutura e por subsistemas que proporcionam uma construção industrializada e a seco.

Os principais benefícios e vantagens no uso do sistema Light Steel Framing 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

¹ Traduzindo do inglês: Parede seca. Sistema de fechamento vertical interno que utiliza estrutura de perfis formados a frio de aço galvanizado e chapas de gesso acartonado.

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

- Facilidade de obtenção dos perfis formados a frio já que são largamente utilizados pela indústria;
- 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 montagem, manuseio e transporte devido a leveza dos elementos;
- Durabilidade e longevidade da estrutura, proporcionada pelo processo de galvanização das chapas de fabricação dos perfis;
- 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;
- Facilidade na execução das ligações;
- Rapidez de construção;
- O aço é um material incombustível;
- O aço é 100% reciclável;
- Grande flexibilidade no projeto arquitetônico

Embora o LSF tenha sido comumente empregado em países como Estados Unidos, Inglaterra, Japão e Austrália há quase 30 anos, foi no início da década de 90 que seu uso foi intensificado com o desenvolvimento da cadeia produtiva, preços mais competitivos e formação de associações (Trebilcock, 1994).

1.3. Justificativas e Objetivos

No Brasil, no final da década de 90, com o setor cada vez mais favorável à introdução de novas tecnologias e alavancado pela aceitação do *drywall*, algumas construtoras brasileiras começaram a importar dos Estados Unidos, kits pré-fabricados em LSF para a montagem de casas residenciais. Apesar dessas construções pré-fabricadas não serem

adequados ao clima e a cultura brasileira, percebeu-se a eficiência do sistema enquanto processo industrializado.

A partir da flexibilidade e agilidade construtiva do sistema LSF observa-se um grande potencial a ser explorado nas mais diversas aplicações inclusive para habitação popular. Porém, a necessidade de “tropicalizar” e produzir os componentes que constituíam o sistema, tanto para se adequar ao clima, quanto aos padrões estéticos brasileiros, transformou-se no primeiro obstáculo para que o sistema se estabelecesse no país.

Em 2003, a Usiminas (Usinas Siderúrgicas de Minas Gerais) apostou no crescimento da utilização de perfis formados a frio de aço galvanizado na construção civil, e a partir da execução em 2004 de um protótipo de uma residência em Light Steel Framing, iniciaram um processo para preparar o mercado nacional para o desenvolvimento e consolidação do sistema (Fonte: Assessoria de Imprensa da Usiminas, 2004).

Esse processo inclui desenvolver a cadeia produtiva, treinar profissionais e construtoras e produzir pesquisas na área. Concomitantemente, agentes financiadores como a Caixa Econômica Federal apresentou um manual que regulamenta o financiamento para construções com o sistema LSF, e em Julho de 2005 foi aprovada a norma brasileira que especifica os requisitos mínimos para os perfis formados a frio de aço galvanizado empregados em construções com o sistema, e também será lançado ainda neste ano, o manual “Sistema Light Steel Framing: um guia para arquitetos”.

Se por um lado, existe no Brasil uma infra-estrutura já instalada para a produção de construções com o sistema LSF, por outro, há uma total falta de informações e de pesquisas orientadas para o arquiteto, e isso se estende ao conhecimento técnico das construções em aço de um modo geral, e é corroborado por Sales (2001) quando afirma que o desenvolvimento de tecnologias para construções em aço, assim como sua divulgação, ficaram em segundo plano, já que se estabeleceu uma “cultura do concreto” no país. Provavelmente, um dos fatores que inibe o uso do aço na construção é a falta de informação técnica disponível.

O principal objetivo desse trabalho consiste em apresentar os conceitos e condicionantes do sistema LSF, a fim de orientar arquitetos e profissionais da área na concepção de projetos de edificações com o referido sistema. Para identificação desses conceitos e condicionantes é necessário o conhecimento do atual estado da arte do sistema no país.

Esta pesquisa propicia, ainda, uma fonte de consulta para projetistas, visto que há pouca disponibilidade de bibliografia que trate especificamente sobre o assunto.

Para isso, pretende-se como objetivos específicos:

- Sistematizar as informações acerca dos materiais, técnicas, métodos e detalhes construtivos empregados no processo de construção de edificações com o sistema LSF;
- Analisar os componentes do sistema, propondo aqueles que apresentam melhor desempenho para a realidade construtiva nacional;
- Propor ações e diretrizes para a melhoria do processo de projeto, de modo a minimizar a ocorrência de patologias e incompatibilidades, visando maior eficiência e produtividade na execução da obra, e conseqüentemente construções de maior qualidade.

1.4. Estruturação do Trabalho

A estrutura proposta para esta dissertação pretende apresentar de forma didática todo o processo construtivo do sistema LSF, a fim de fornecer subsídios para a elaboração de projetos de arquitetura com essa tecnologia. Também, pretende-se a partir de uma visão sistêmica abordar aspectos relevantes para a melhoria da qualidade dos projetos de arquitetura sob a ótica do processo de produção.

No capítulo 2 apresentam-se as características, definições e aplicações do sistema LSF, e seu histórico e evolução como sistema construtivo. Também se aborda de forma geral aspectos fundamentais como características estruturais e de composição do sistema, preparando para o detalhamento tratado nos capítulos seguintes.

No capítulo 3 trata-se dos painéis e sua função na estrutura, detalhando sua constituição em várias configurações, o modo de estabilização e os aspectos construtivos.

No capítulo 4 são apresentados os tipos de lajes, sua composição, as formas de apoio e estabilização. Também são comentados os tipos de escadas estruturadas com perfis, suas indicações e detalhes construtivos.

No capítulo 5 são abordados os tipos de coberturas e aspectos construtivos para a elaboração de telhados de diversas configurações, estruturados com tesouras ou caibros e sua forma de estabilização.

Já no capítulo 6 trata-se do fechamento vertical externo e interno para LSF, as principais exigências para o seu desempenho, os tipos de fechamento utilizados no mercado nacional, aspectos construtivos de montagem e instalação. Acabamentos. O uso do sistema *drywall*, e finalmente o tratamento termo-acústico dos fechamentos.

No capítulo 7 apresentam-se os tipos de ligações entre os componentes do sistema e as ferramentas utilizadas, e a seqüência de montagem de uma edificação de dois pavimentos, detalhando os procedimentos de execução.

No capítulo 8 abordam-se os requisitos necessários para a elaboração de projetos de arquitetura que explorem o potencial do LSF como um sistema construtivo industrializado. Para isso é destacada a importância do uso de instrumentos que permitam a implementação da racionalização construtiva desde as primeiras etapas do empreendimento e a integração entre os projetos como forma de se obter maior qualidade no processo de produção.

E por fim, no capítulo 9 apresentam-se as considerações finais que fornecem sugestões para trabalhos futuros e onde se procede algumas reflexões a respeito do atual estágio da tecnologia, suas vantagens e desvantagens e se avalia se os objetivos propostos foram alcançados.

Capítulo 2

CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA LIGHT STEEL FRAMING

O Light Steel framing (LSF) ou Steel Framing, 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 de piso, vigas secundárias, 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 Steel Framing também pode ser denominado de sistema auto-portante em aço de construção a seco.



Foto 2.1- Estrutura de residência em Steel Framing, São Paulo. Fonte: Construtora Sequência, 2003.

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. Porém, o **sistema** Light Steel Framing não se resume apenas a sua estrutura. Como um sistema construtivo, ele é composto por vários componentes e “subsistemas”. Esses subsistemas são, além do estrutural, de fundação, de isolamento, de fechamento interno e externo, e instalações elétricas e hidráulicas (Consul Steel, 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 Steel Framing, São Paulo - SP

Fonte: Construtora Seqüência, 2003

Apesar de ser considerada uma tecnologia nova, a origem do Steel Framing remonta ao início do século XIX (Consul Steel, 2002). 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 espaçadas a um

intervalo regular de 400 ou 600 mm, conhecido por *Balloon Framing* (Consul Steel, 2002), (Figura 2.1).

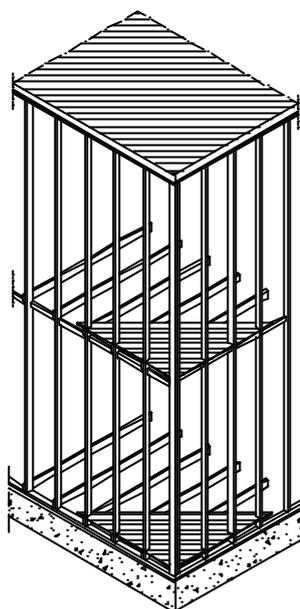


Figura 2.1- “Balloon framing”

A partir daí, as construções em madeira, conhecidas por *woodframe*, tornaram-se a tipologia residencial mais comum nos Estados Unidos. Cem anos depois, 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 Steel Framing (Foto 2.3) que utilizava perfis de aço substituindo a estrutura de madeira (Frechette, 1999).

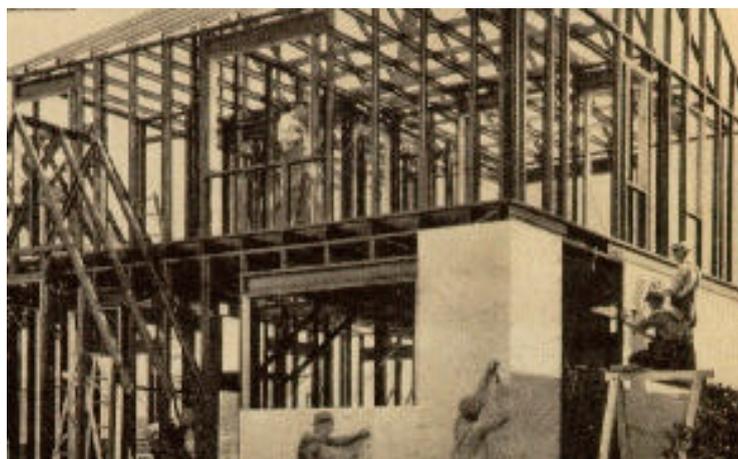


Foto 2.3 - Protótipo de residência em Steel Framing na Exposição Mundial de Chicago em 1933.

Fonte: Marshall University Web Pages, 2005.

O crescimento da economia americana e a abundância na produção de aço no período pós 2^a. Guerra possibilitou a evolução nos processos de fabricação de perfis formados a frio, e 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. Uma pesquisa feita pela North American Steel Framing Alliance (NASFA) em 2002, revelou que nos Estados Unidos o LSF participa de 1,5% do total do mercado residencial e 2% no Canadá. Em certas regiões como o Havaí, esse percentual pode chegar até 40% de residências construídas naquele ano.

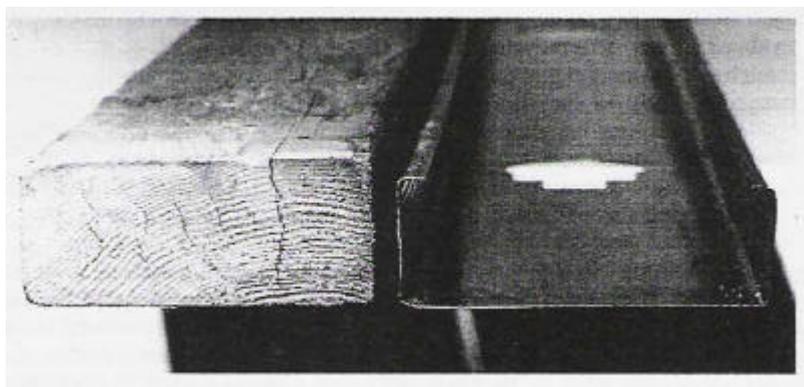


Foto 2.4 - Perfis estruturais de madeira e aço galvanizado. Fonte: Scharff, 1996.

No Japão, as primeiras construções em Steel Framing começaram a aparecer após a 2^a. Guerra quando foi necessária a reconstrução de quatro milhões de casas destruídas por bombardeios (MetalMag, 2004). 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 exauridos 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, atualmente, o

Japão detêm o maior conhecimento na área de construções em perfis leves de aço e o mercado é altamente desenvolvido (Foto 2.5).



Foto 2.5- Linha de montagem de módulos residenciais no Japão. Fonte: Grubb e Lawson, 1997.

Apesar do Steel Framing 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 Steel Framing, 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 Light Steel Framing, como já foi definido anteriormente, é um sistema muito mais amplo, capaz de integrar todos os componentes necessários a 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 Light Steel framing (Figura 2.2):

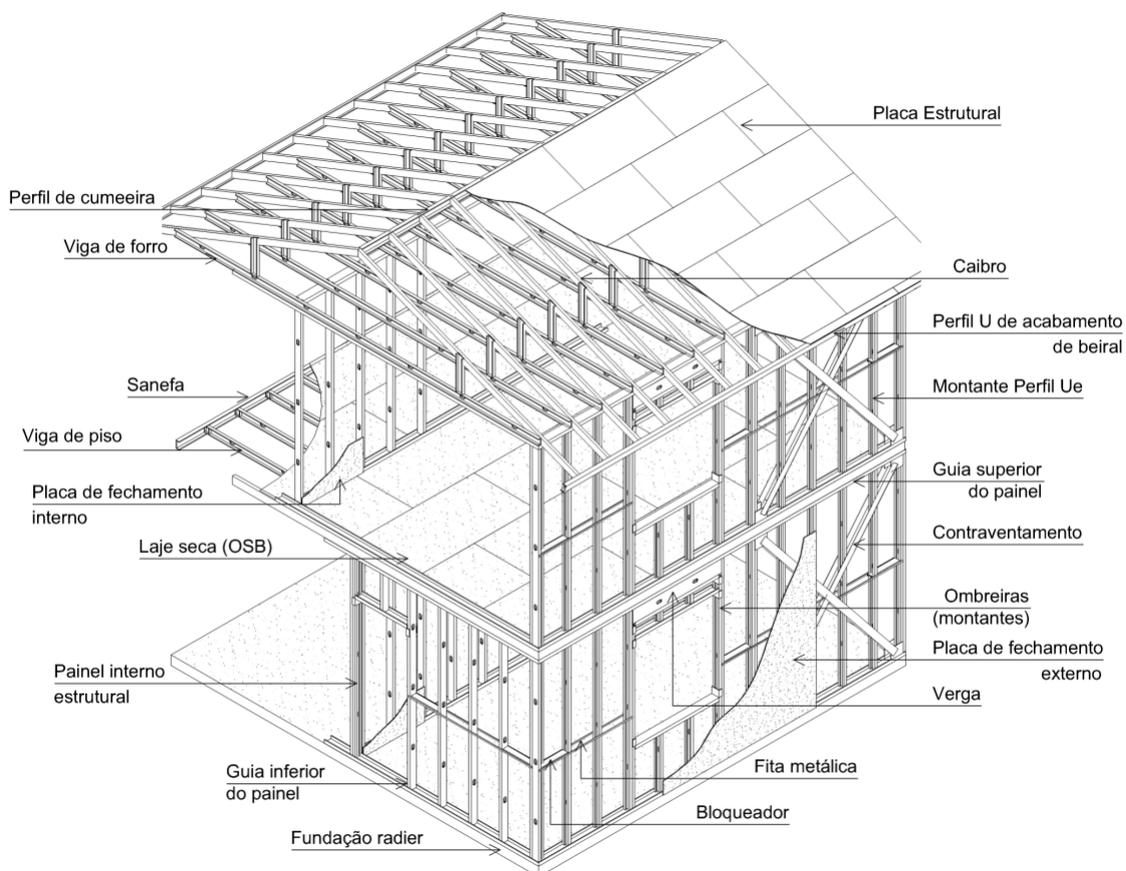


Figura 2.2- Desenho esquemático de uma residência em Light Steel Framing.

Basicamente a estrutura em Steel Framing é composta de paredes, pisos e cobertura. Reunidos, eles possibilitam a integridade estrutural da edificação, resistindo aos esforços que solicitam a estrutura.

As paredes que constituem a estrutura são denominadas de painéis estruturais ou autoportantes e são compostos por grande quantidade de perfis galvanizados muito leves denominados montantes, que são separados entre si 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.

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).

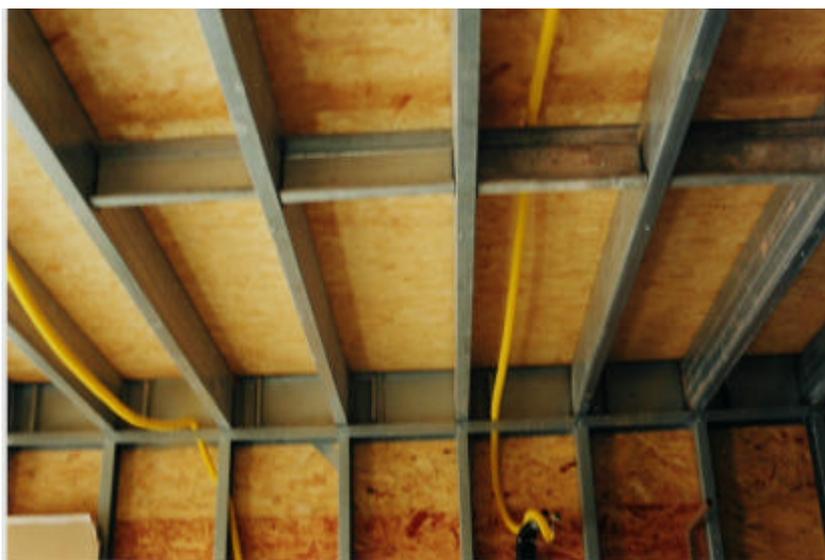


Foto 2.7 - Vista da estrutura do piso com vigas em perfis galvanizados e contrapiso em OSB.

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 Steel Framing 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, metálicas, de cimento reforçado por fios sintéticos ou de concreto. Também é comum o uso de telhas “shingles”, que são compostas de material asfáltico.



Foto 2.8 - Estrutura do telhado de residência em Steel Framing.

Assim, de acordo com o descrito anteriormente, pode-se definir os fundamentos do sistema Light Steel Framing como:

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

O uso da estrutura metálica não impõe ao projeto que a mesma esteja aparente. Muitos usuários e projetistas descartam a construção metálica por achar que resultará em uma arquitetura muito peculiar ou *hi-tech*. Esse receio é maior quando se trata da arquitetura residencial. Porém, a construção metálica 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 metálica, só são possíveis quando há um planejamento integral da obra, que implica em um projeto amplamente detalhado. Com o 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 Steel Framing em Cotia - São Paulo.

A estrutura de perfis de aço galvanizado é a parte principal do sistema Steel Framing. 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. Para edificações de até dois pavimentos, o dimensionamento pode ser realizado através do Método Prescritivo que consta da publicação “Prescriptive Method For Residential Cold-Formed Steel Framing” desenvolvido nos Estados Unidos, e no Brasil através do documento “**Tabelas de Dimensionamento Estrutural para Edificações com o Sistema Construtivo em Steel Framing**” (Rodrigues, 2003). Para edificações com mais de dois pavimentos o dimensionamento deve atender as especificações das normas brasileiras para perfis formados a frio.

2.1. Aplicações

O sistema Light Steel Framing apresenta grande flexibilidade no projeto arquitetônico. As aplicações do sistema são variadas conforme os exemplos ilustrados a seguir.

a) Residências Unifamiliares



Foto 2.10- Residência em Cotia – SP.



Foto 2.11 - Residência no Chile. Fonte: Petterson, 2004.

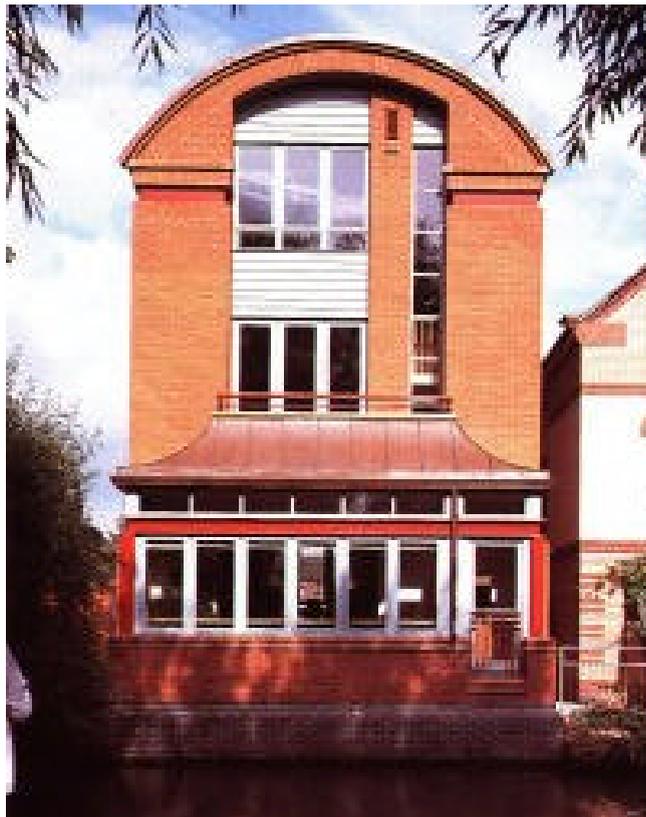


Foto 2.12 - Residência em Oxford – Inglaterra
Fonte: Steel Construction Institute, 2004.

b) Edifícios residenciais e comerciais até quatro pavimentos



Foto 2.13 - Edifício na Inglaterra. Fonte: Steel Construction Institute, 2004.

c) Hotéis



Foto 2.14 - Hotel na Inglaterra. Fonte: Steel Construction Institute, 2005.

d) Hospitais, clínicas, estabelecimentos de ensino



Foto 2.15 – Clínica de Pneumologia Anglo Gold - Nova Lima – MG.

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.

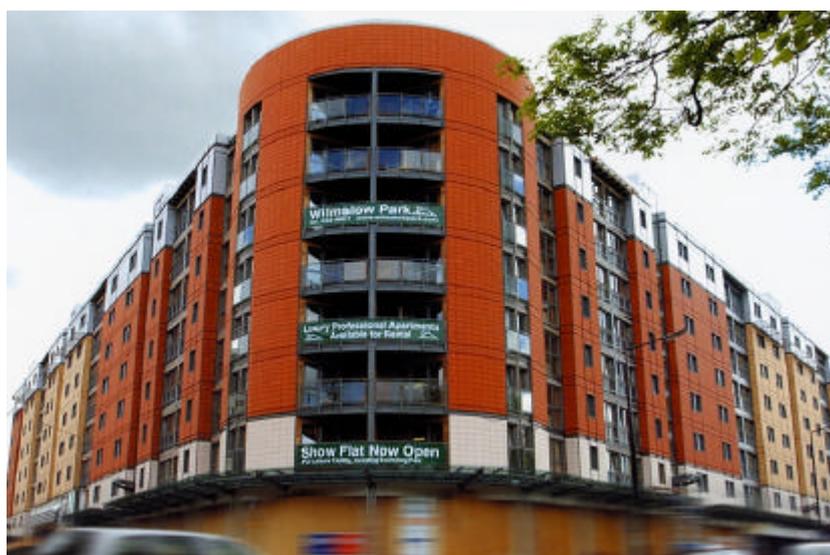


Foto 2.16 - 1.425 módulos em LSF formam esse edifício na Inglaterra. Fonte: Corus Construction, 2005.



Foto 2.17 - Módulos de banheiros prontos e posicionados no Hotel Mondial Airport Business em São Paulo. Fonte: Dias, 2001.

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.



Foto 2.18 – Reforma de telhados substituindo por tesouras fabricadas com perfis formados a frio. Fonte: Steel Construction Institute, 2004.

A seguir serão apresentados detalhadamente os elementos que compõem o sistema.

2.2. Tipos de Perfis Utilizados

As estruturas metálicas são compostas por duas “famílias” de elementos estruturais. Uma composta pelos perfis laminados e soldados 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 perfilagem em conjunto de matrizes rotativas (Foto 2.19), de tiras de aço cortadas de chapas ou bobinas laminadas a frio ou à quente, revestidas ou não (NBR 6355: 2003).



Foto 2.19 - Fabricação por perfilagem de perfis seção Ue. Fonte: Trebilcock, 1994.

Por essas operações ocorrerem com o aço na temperatura ambiente, advém o termo “formado a frio”. Os perfis típicos para o uso em Steel Framing geralmente 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.

A galvanização ou zincagem é um dos processos mais efetivos e econômicos empregados para proteger o aço da corrosão atmosférica. O efeito da proteção ocorre por meio da barreira mecânica exercida pelo revestimento e também pelo efeito

sacrificial (perda de massa) do zinco em relação ao aço base (proteção galvânica ou catódica). Dessa forma, o aço continua protegido, mesmo com o corte das chapas ou riscos no revestimento de zinco.

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).

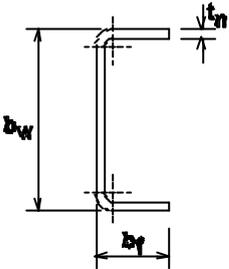
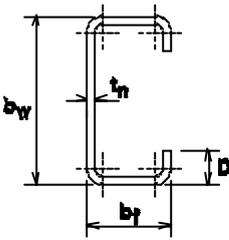
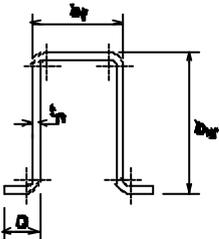
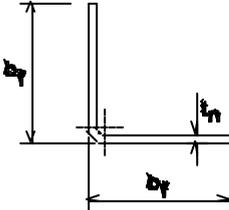
Tabela 2.1 – Revestimento mínimo dos perfis estruturais e não-estruturais.

Tipo de revestimento	Perfis estruturais		Perfis não-estruturais	
	Massa mínima do revestimento ¹ g/m ²	Designação do revestimento conforme normas	Massa mínima do revestimento ¹ g/m ²	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 (NM86)
1) A massa mínima refere-se ao total nas duas faces (média do ensaio triplo) e sua determinação deve ser conforme a NM 278				

Fonte: NBR 15253: 2005.

As seções mais comuns na construção civil 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. A tabela 2.2 apresenta as seções transversais dos perfis utilizados e suas aplicações. A seção do perfil U (guia) possui alma (b_w) e mesa (b_f) 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 geralmente não transmitem nem absorvem os esforços, sendo isto feito pelos montantes, vigas e eventualmente pilares presentes na estrutura.

Tabela 2.2- Designações dos perfis de aço formados a frio para uso em Steel Framing e suas respectivas aplicações.

SEÇÃO TRANSVERSAL	SÉRIE Designação NBR6355:2003 ¹⁾	Utilização
	<p>U simples $U b_w \times b_f \times t_n$</p>	<p>Guia Ripa Bloqueador Sanefa</p>
	<p>U enrijecido $Ue b_w \times b_f \times D \times t_n$</p>	<p>Bloqueador Enrijecedor de alma Montante Verga Viga</p>
	<p>Cartola $Cr b_w \times b_f \times D \times t_n$</p>	<p>Ripa</p>
	<p>Cantoneira de abas desiguais $L b_{f1} \times b_{f2} \times t_n$</p>	<p>Cantoneira</p>

Fonte: NBR 15253: 2005.

As dimensões da alma dos perfis Ue variam geralmente de 90 a 300 mm (medidas externas), apesar de ser possível utilizar outras dimensões. No Brasil as dimensões comercializadas são 90, 140 e 200 mm. E as mesas podem variar de 35 a 40 mm, dependendo do fabricante e do tipo de perfil (Tabela 2.3). Os outros perfis que podem ser necessários para estruturas de Steel Framing são tiras planas, cantoneiras e cartolas.

Tabela 2.3 - Dimensões Nominais Usuais dos Perfis de Aço para Steel Framing, conforme NBR 6355.

DIMENSÕES (mm)	DESIGNAÇÃO	LARGURA DA ALMA b_w (mm)	LARGURA DA MESA b_f (mm)	LARGURA DO ENRIJECEDOR DE BORDA – D (mm)
Ue 90x40	Montante	90	40	12
Ue140x40	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	Cantoneira de abas desiguais	150	40	-
L 200x40	Cantoneira de abas desiguais	200	40	-
L 250x40	Cantoneira de abas desiguais	250	40	-
Cr 20x30	Cartola	30	20	12

Fonte: Caixa Econômica Federal, 2004.

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 (t_f) (Tabela 2.1), 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 6673:1981, não deve ser inferior a 230 MPa (NBR 15253: 2005).

2.3. Métodos de Construção

Segundo Trebilcock (1994), Scharff (1996), Bateman (1998) e Waite (2000), há essencialmente cinco 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 2.20). Os perfis podem vir perfurados para a passagem das instalações elétricas e hidráulicas e os demais sub-sistemas são instalados posteriormente a 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.

Como desvantagens podemos citar:

- Montagem muito mais lenta;
- Requer mão-de-obra mais especializada no canteiro se comparado ao método por painéis.

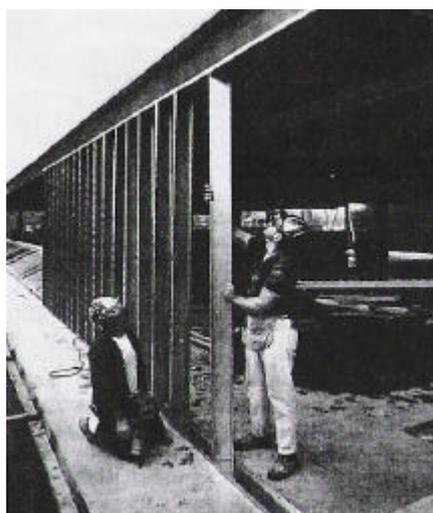


Foto 2.20 - Steel Framing montado pelo método *stick*. Fonte: Scharff, 1996.

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 2.21). Alguns materiais de acabamento podem também ser aplicados na fábrica para diminuir o tempo da construção. Os painéis e sub-sistemas 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.

A desvantagem desse método é que o construtor necessita de um ambiente apropriado como uma oficina para a confecção dos componentes.



Foto 2.21– Elementos estruturais como tesouras e painéis são pré-fabricados em oficinas e levados a obra para montagem da estrutura. Fonte: Aegis Metal Framing, 2005.

c) Construção Modular

As construções modulares são unidades completamente pré-fabricadas na indústria 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 2.22). Exemplo muito comum desse tipo de construção são os módulos de banheiros para obras comerciais ou residenciais de grande porte (Foto 2.23).



Foto 2.22– Unidades modulares empilhadas na forma da construção final, o vazio que se vê ao centro formará a circulação de acesso as unidades. Fonte: Steel Construction Institute, 2004.



Foto 2.23 - Módulo de banheiro. Fonte: Trebilcock, 1994.

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

A 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).

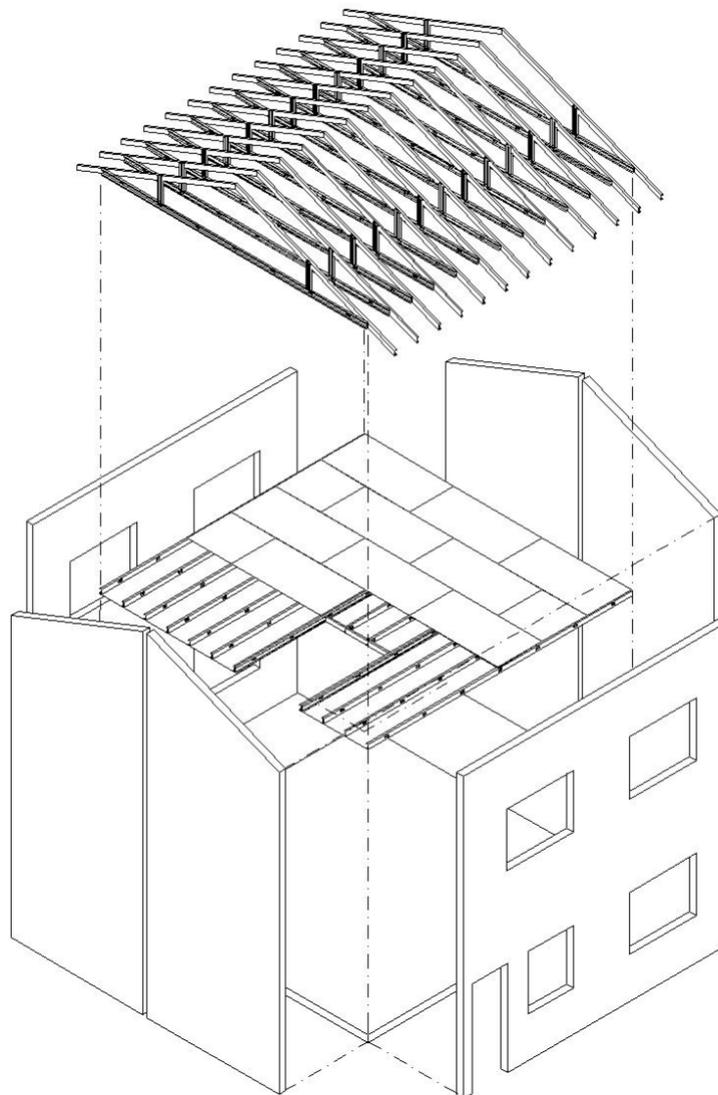


Figura 2.3 - Esquema de construção tipo “balloon”. Fonte: Grubb e Lawson, 1997.

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). É um método bastante utilizado nas construções atuais (Trebilcock, 1994).

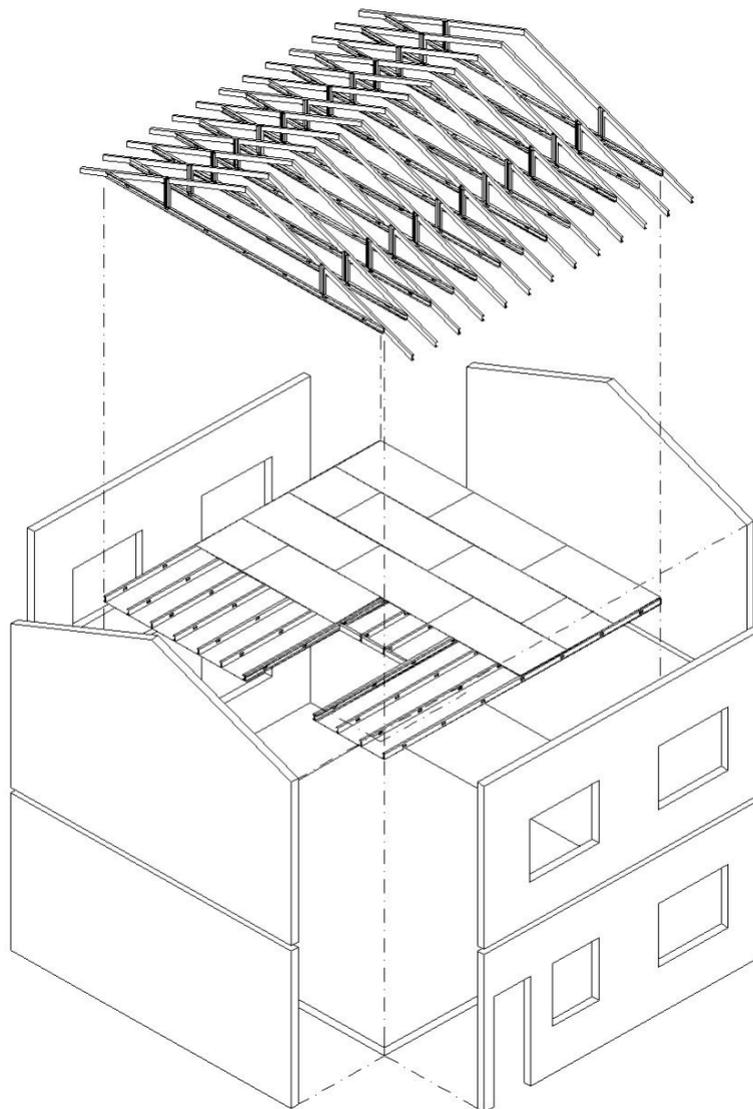


Figura 2.4 - Esquema de construção tipo “platform” . Fonte: Grubb e Lawson, 1997.

2.4. Fundações

Por ser muito leve, a estrutura de Steel Framing e os componentes de fechamento exigem bem menos da fundação do que outras construções. Segundo afirma Trebilcock (1994), um painel estrutural pesa apenas 20% de uma parede equivalente em blocos. 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 (Consul Steel, 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 a fundação.

2.4.1. 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 Steel Framing.

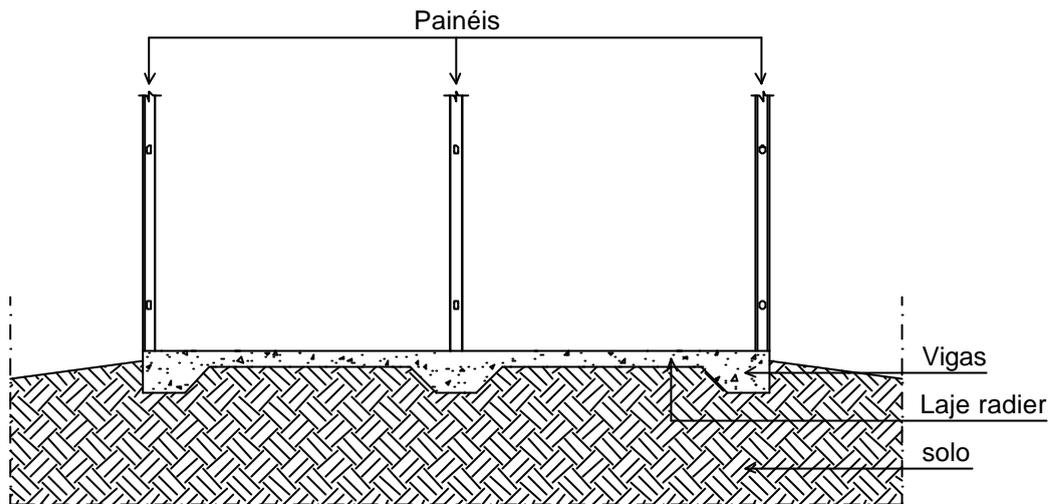


Figura 2.5 - Corte esquemático de uma laje radier

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 à no mínimo 15 cm de altura do solo;
- Nas calçadas ao redor da construção, garagens e terraços (Foto 2.24), possibilitar o escoamento da água através de uma inclinação de pelo menos 5%.



Foto 2.24– Laje radier. Fonte: Portal Metálica, 2004.

Na figura 2.6 mostra-se o detalhe do esquema de ancoragem de um painel estrutural à uma laje radier.

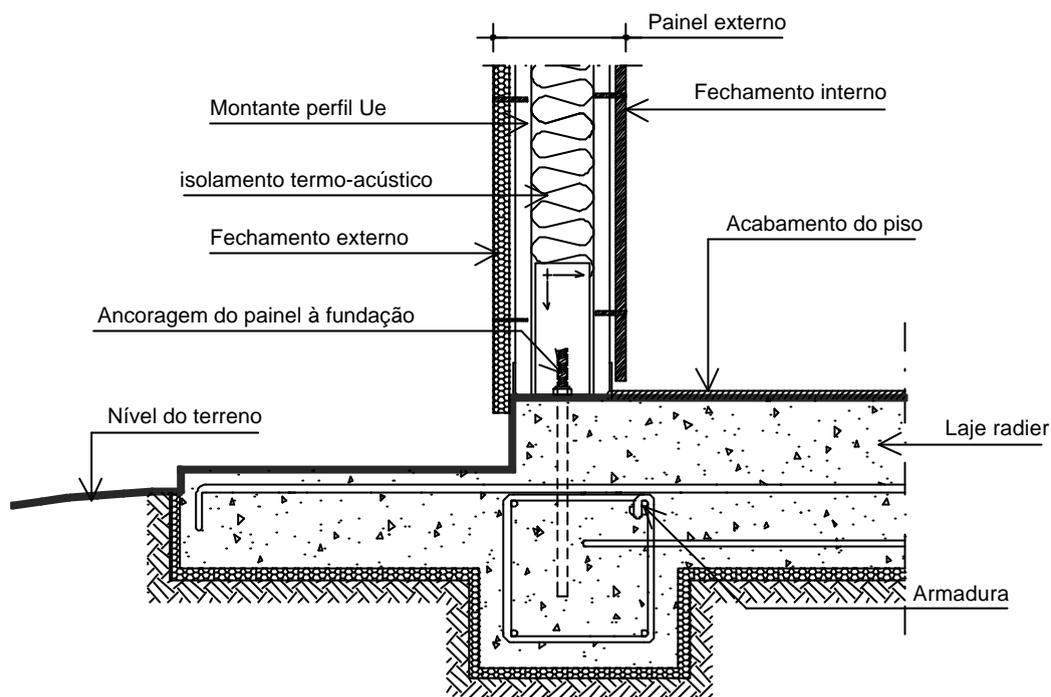


Figura 2.6 – Detalhe esquemático de ancoragem de painel estrutural à uma laje radier
(Adaptado de Consul Steel, 2002).

2.4.2. 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 desse tipo de fundação é obtido por meio de perfis galvanizados que apoiados sobre a fundação constituem uma estrutura de suporte aos materiais que formam a superfície do contrapiso (Figura 2.7).

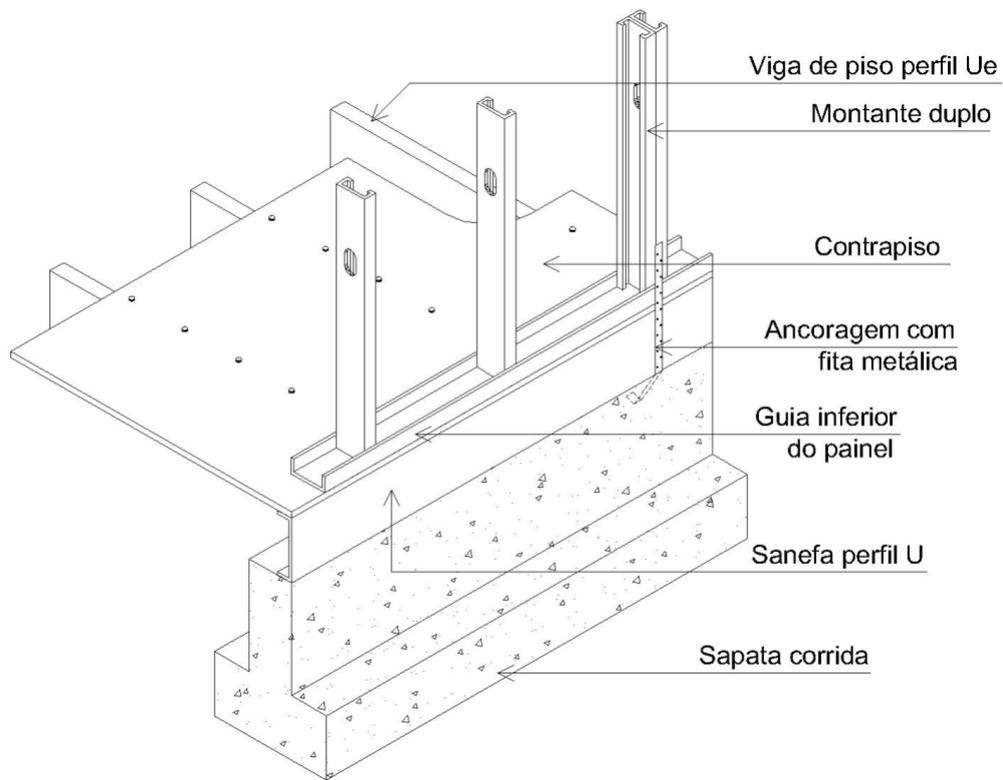


Figura 2.7 - Corte detalhado de fundação sapata corrida

2.4.3. 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).

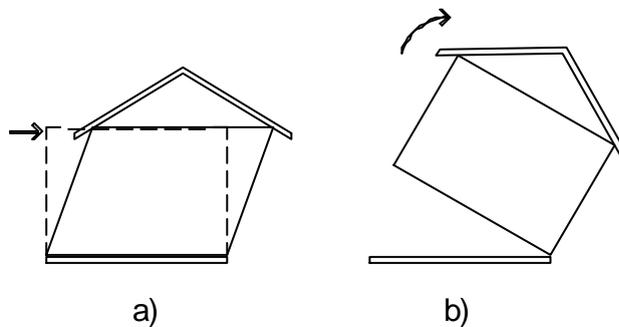


Figura 2.8 – Efeitos da carga de vento na estrutura: a) translação e b) tombamento.

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 (Consul Steel, 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 roscada; a com fita metálica e a fixação com barra roscada tipo “J”.

a) Ancoragem química com barra roscada

Diferente dos dois outros tipos de ancoragem, a química com barra roscada é colocada depois da concretagem da fundação. Consiste em uma barra roscada com arruela e porca, que é fixada no concreto por meio de perfuração preenchida com uma resina química a base de epóxi 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 roscada e à guia e aparafusada ao montante geralmente duplo. A figura 2.9 e a foto 2.25 ilustram a fixação do painel à fundação.

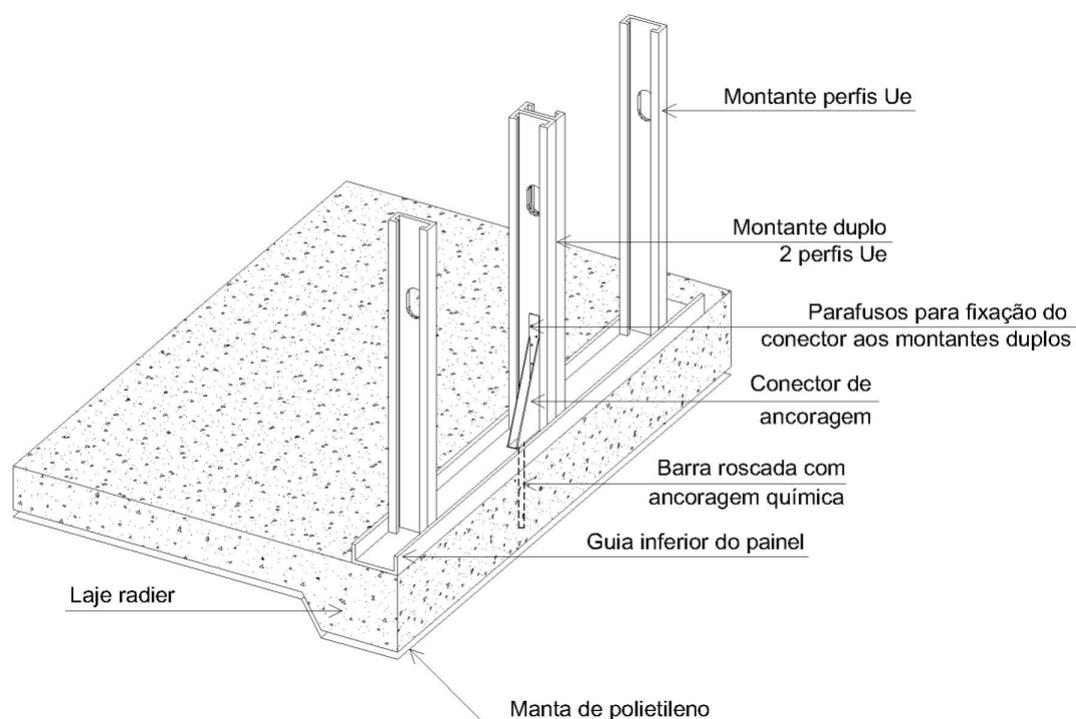


Figura 2.9 – Esquema geral de ancoragem química com barra roscada



Foto 2.25- Detalhe de ancoragem da estrutura à fundação por meio de chumbador e barra roscada.

b) Ancoragem com fita metálica

As fitas metálicas são peças de aço, com uma extremidade engastada na fundação, colocada antes da concretagem e a outra extremidade é aparafusada nos montantes da estrutura (Figura 2.10). Uma recomendação construtiva é que essas fitas não devem ser fixadas aos “cripples” (montantes curtos localizado em baixo de vãos de janela) (Consul Steel, 2002).

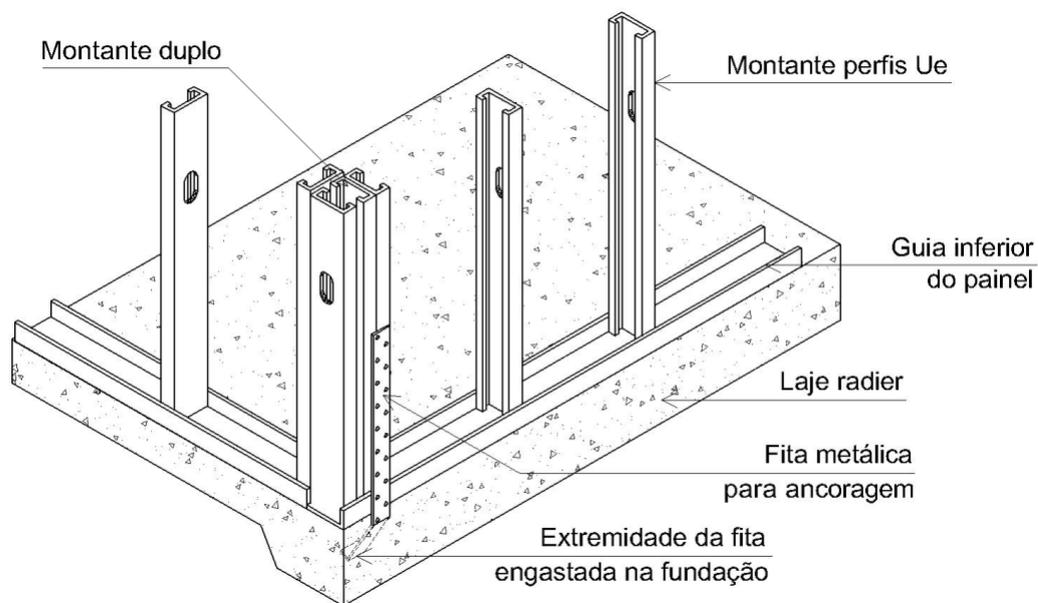


Figura 2.10- Ancoragem com fita metálica

Esses chumbadores devem ser precisamente posicionados antes da concretagem, pois dado a cura do concreto, eles não podem ser mais deslocados. A foto 2.26 ilustra a fita metálica fixada à fundação. As fitas devem estar perfeitamente conectadas aos montantes para funcionarem adequadamente. Assim quando ocorre de algum chumbador não poder ser fixado ao montante por não estar corretamente posicionado, recomenda-se sua substituição por uma ancoragem com barra rosca. (Consul Steel, 2002).



Foto 2.26 - Detalhe de fita metálica fixada a laje radier.

c) Ancoragem com barra roscada tipo “J”

A ancoragem com barra roscada tipo “J” consiste em uma barra roscada e curvada, engastada na fundação, pois é colocada antes da concretagem. A parte curva é posicionada no interior da fundação e a parte reta serve para ser fixada à guia ou ao montante. Não é uma ancoragem muito recomendada, devido a dificuldade de locação da barra roscada. Quando fixado à guia é necessário o uso de um reforço de comprimento mínimo igual a 150 mm de um perfil Ue, conforme representado na figura 2.11.

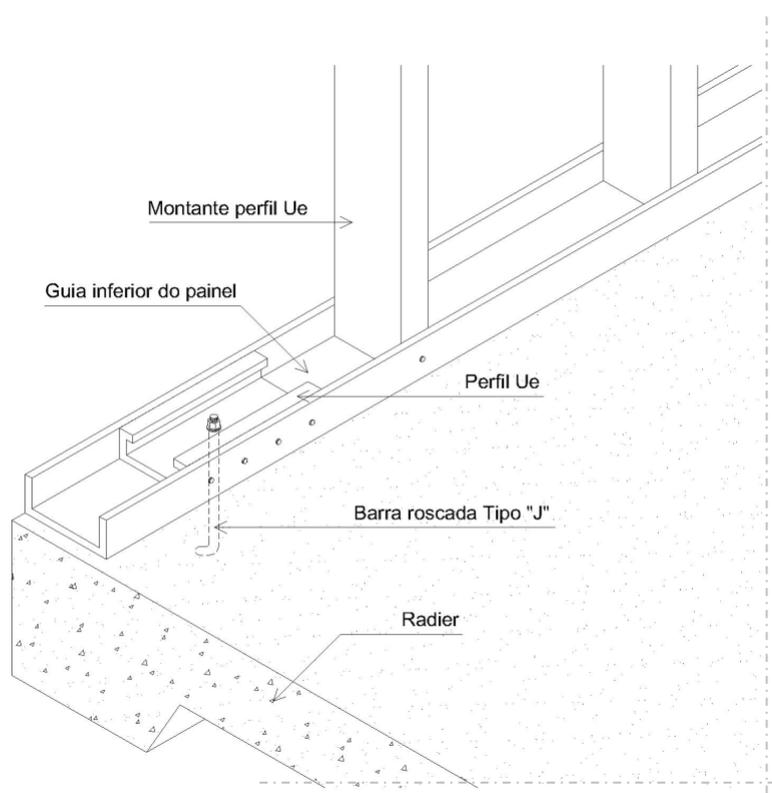


Figura 2.11 - Ancoragem com barra roscada tipo “J”.

Quando fixado ao montante, usa-se uma peça de aço que é conectado à barra roscada e à guia e aparafusado no montante geralmente duplo (Figura 2.12).

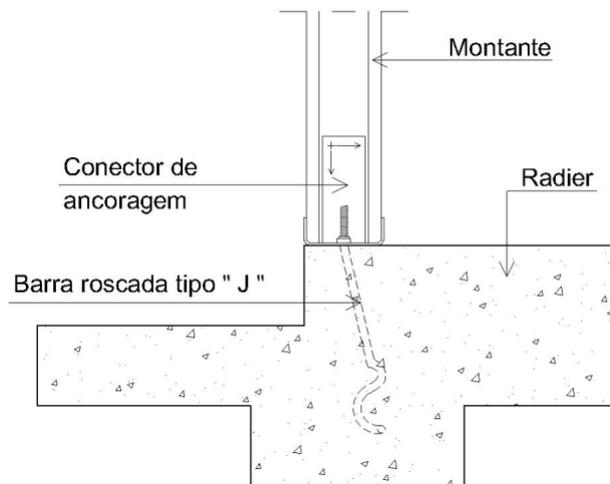


Figura 2.12 - Ancoragem com barra rosca tipo "J"

d) Ancoragem provisória

No processo de montagem da estrutura, os painéis são fixados à fundação através de sistema de finca pinos acionados a pólvora (Foto 2.27). 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 2.27 – Ancoragem provisória.

Capítulo 3

PAINÉIS

Os painéis no sistema LSF exercem basicamente a finalidade de componentes do sistema estrutural da edificação, e associados a elementos de fechamento, desempenham a função de vedação vertical da mesma.

Nem todos os painéis precisam ser estruturais. 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 vedação externa 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 observa-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.

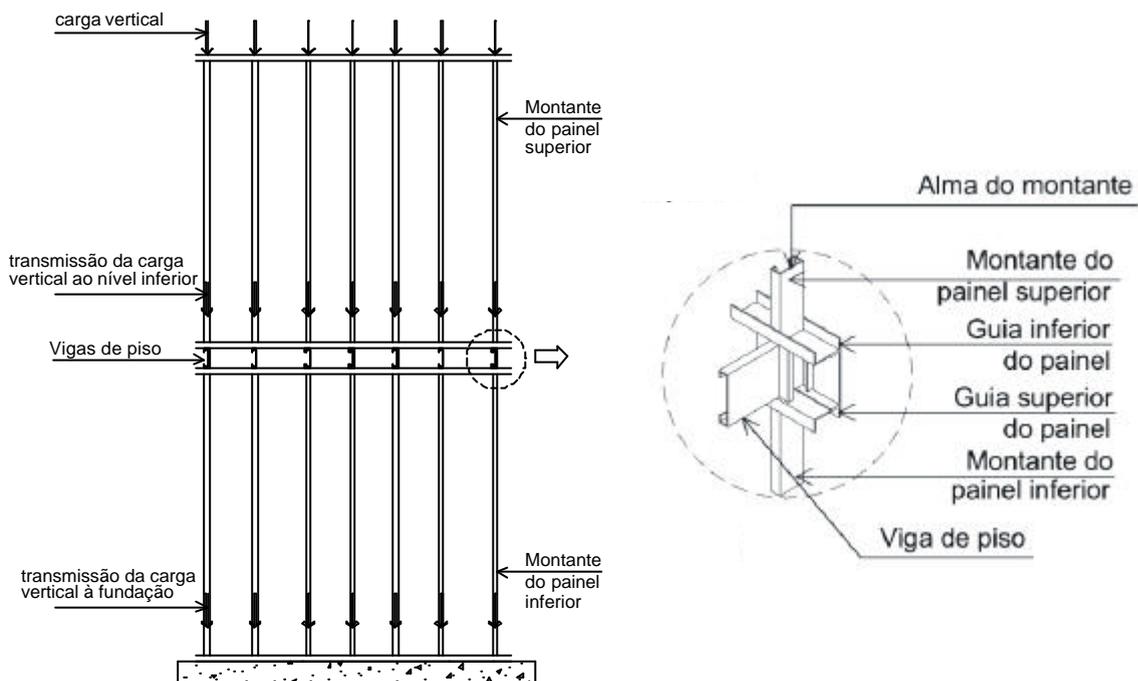


Figura 3.1- Transmissão da carga vertical à fundação.

A distância entre os montantes ou **modulação**, geralmente de 400 ou 600 mm, é determinada pelas solicitações que cada perfil será submetido. Quanto maior a separação entre os montantes, menor a quantidade dos mesmos e como consequência, 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.

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).

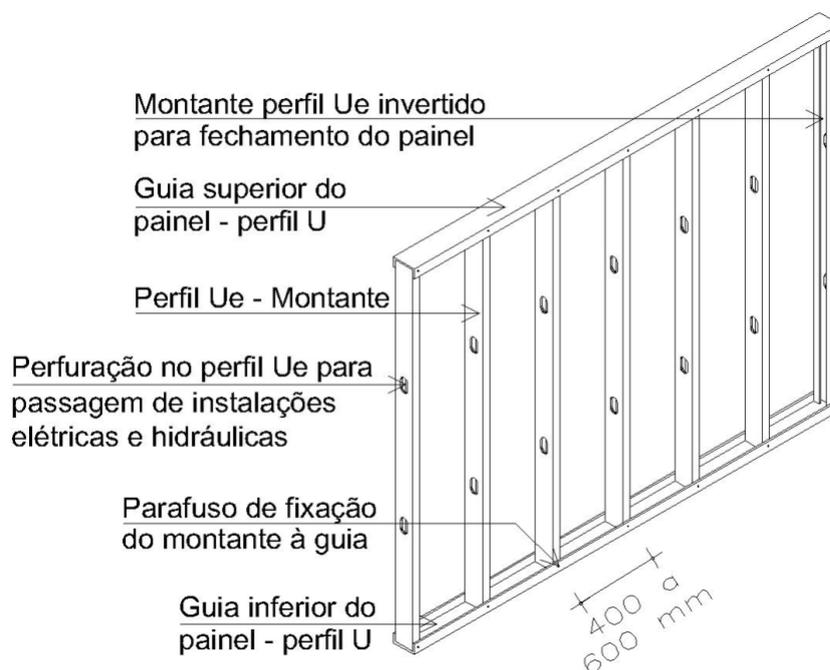


Figura 3.2 – Painel típico em Light Steel Framing

Porém, só os montantes não são capazes de resistir aos esforços horizontais que solicitam a estrutura, de forma que os painéis devem ser providos de outros elementos capazes de resistir e transmitir às fundações os referidos esforços. Esses elementos podem ser **contraventamentos** em “X” ou placas estruturais de fechamento que funcionam como **diafragmas rígidos**. Os painéis estruturais devem descarregar diretamente sobre as fundações, outros painéis estruturais ou sobre uma viga principal (Elhajj; Bielat, 2000).

Os painéis com vãos de portas e janelas necessitarão de reforços nas aberturas, como se pode ver na foto 3.2. Painéis cegos podem ter elementos como contraventamentos. Assim em um mesmo projeto haverá painéis de diversas configurações.



Foto 3.2- Painel com abertura de janela.

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.

3.1.1. Aberturas de Vãos em um Painel Estrutural

As aberturas para portas e janelas em um painel portante necessitam de elementos estruturais como **vergas** a fim de redistribuir o carregamento dos montantes interrompidos aos montantes que delimitam lateralmente o vão, denominados de ombreiras. Na figura 3.3 ilustra-se estes elementos bem como a distribuição do carregamento no painel.

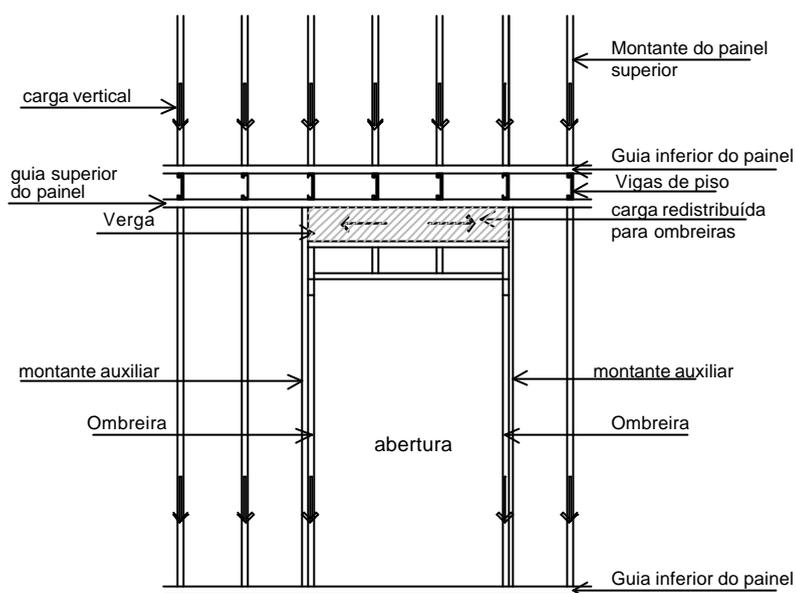


Figura 3.3 - Distribuição dos esforços através da verga para ombreiras.

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 as mesas inferiores dos dois perfis Ue. Além disso, a guia da verga é conectada as ombreiras, a fim de evitar a rotação da verga, e também permite a fixação dos **montantes de composição (cripples)**, que não tem 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.

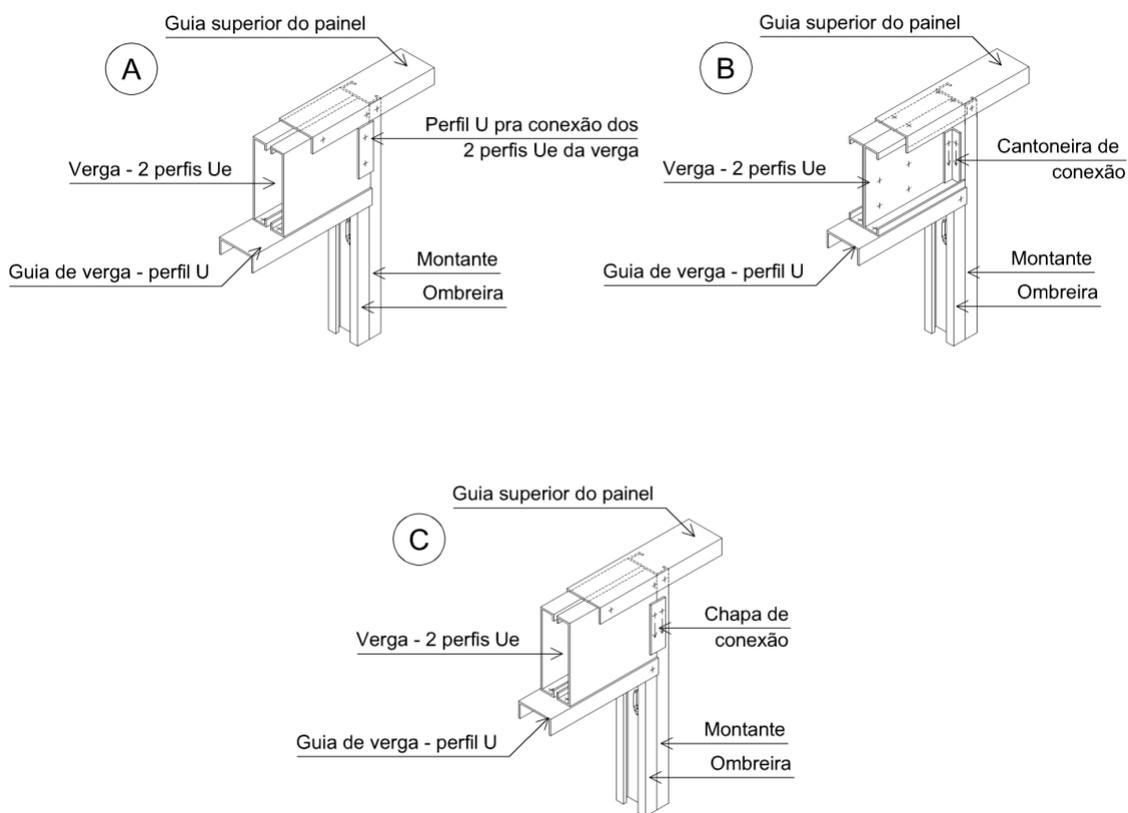


Figura 3.4 - Tipos de vergas

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* (Consul Steel, 2002), em uma aproximação pode se estabelecer que o número 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.

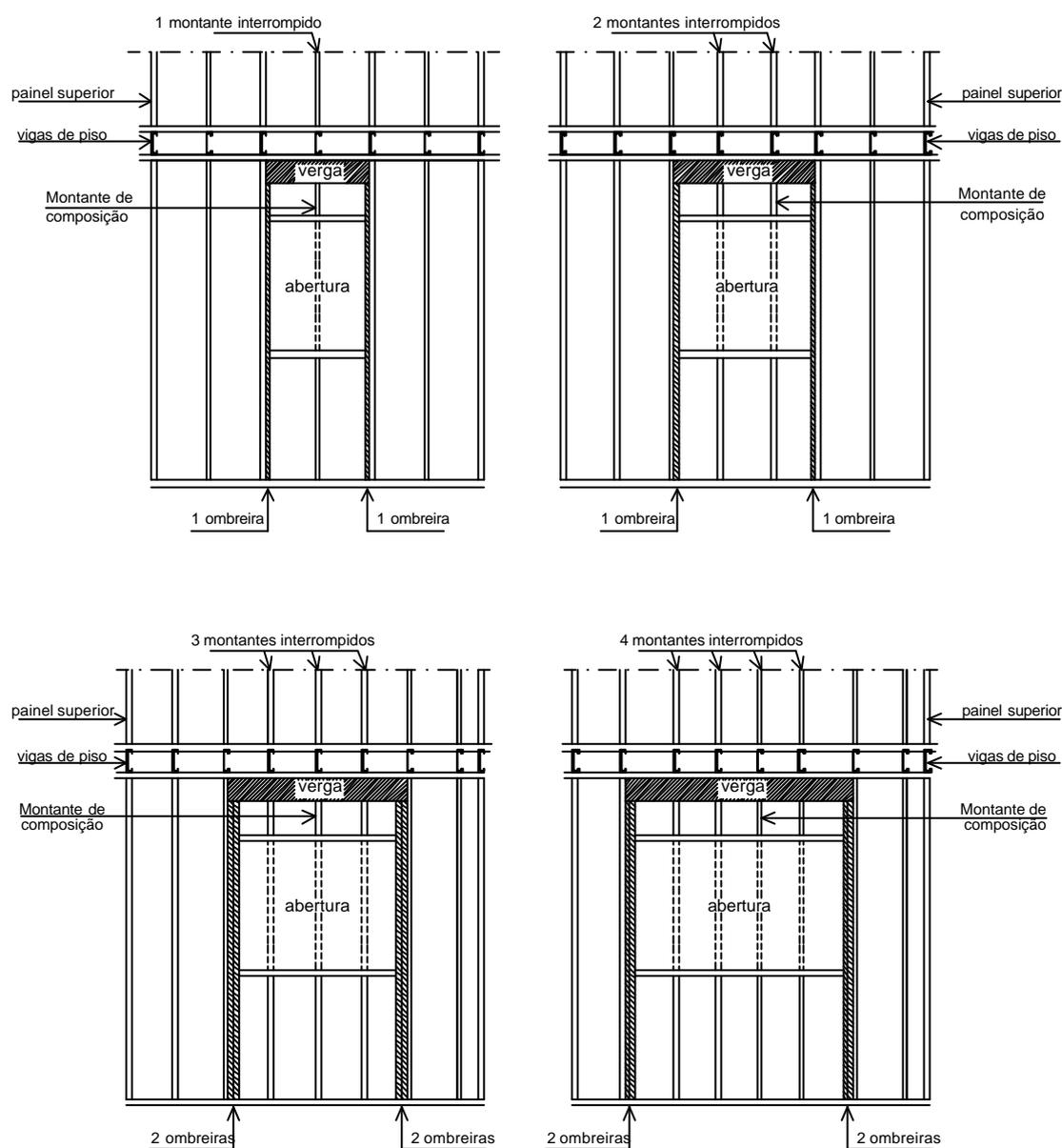


Figura 3.5 - Detalhe de ombreira

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 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**. Para vãos de portas, esse acabamento só é necessário na parte superior da abertura (Figura 3.6).

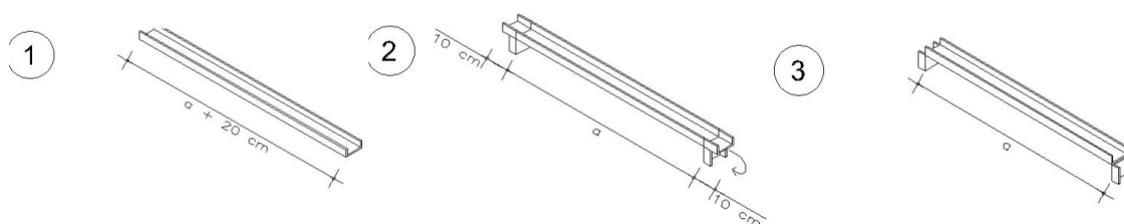


Figura 3.6 - Guia de abertura (a partir de Consul Steel, 2002)

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

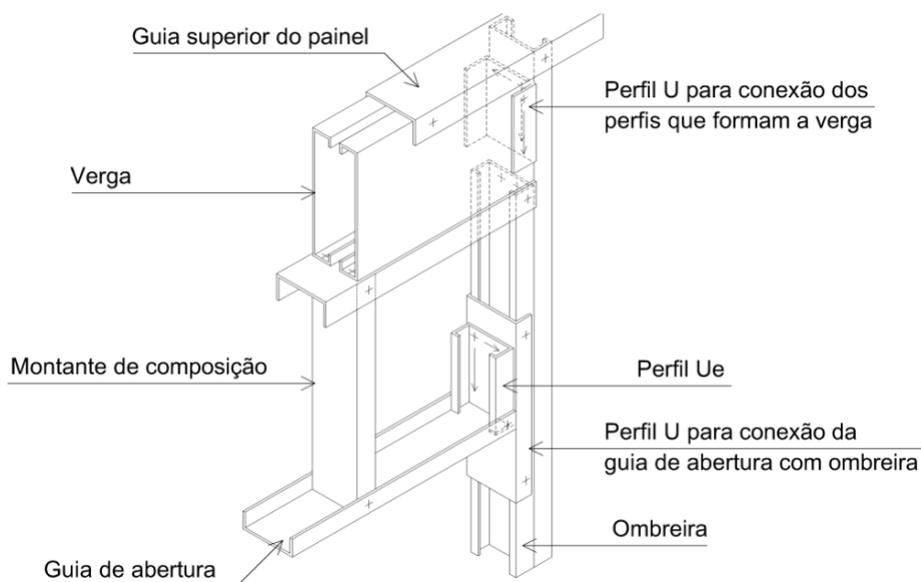


Figura 3.7 - Composição de vão de abertura

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 das esquadrias.

Na figura 3.8 mostra-se o esquema de um painel estrutural com abertura de janela.

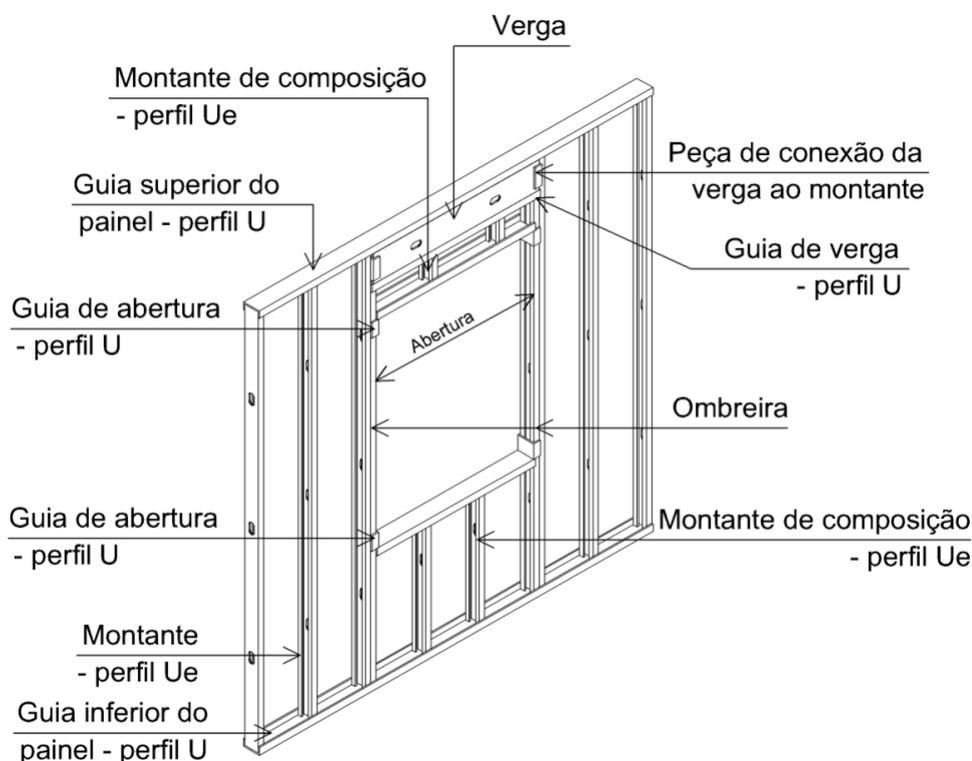


Figura 3.8– Desenho esquemático de painel estrutural com abertura

3.1.2. Estabilização da Estrutura

As cargas horizontais que solicitam a edificação como as provocadas pelo vento podem ocasionar perda de estabilidade da estrutura causando deslocamentos e até mesmo levá-la ao colapso. Para que isso seja evitado deve se prover à 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 Steel Framing são:

- Uso de **contraventamentos** nos painéis, combinado ao diafragma rígido no plano de piso que proporciona a transferência dos 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) **Contraventamento em “X”**

O método mais comum de contraventamento é 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” .

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 (Consul Steel,

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).

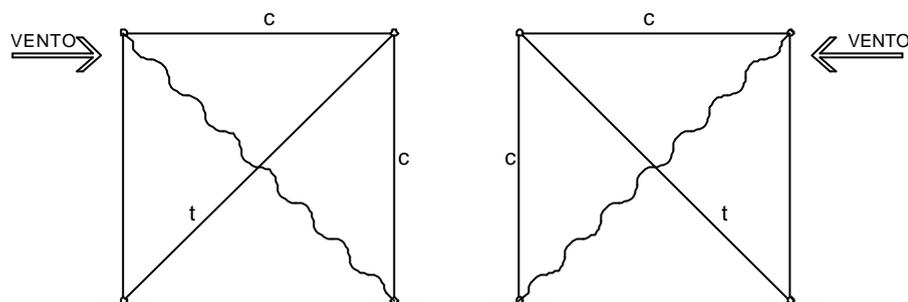


Figura 3.9. - Solicitação das diagonais de contraventamento (a partir de DIAS, 1997)

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° , as diagonais perdem sua eficiência em evitar as deformações. Preferencialmente, para o melhor desempenho, a inclinação das diagonais deverá estar compreendida entre 30° e 60° (Consul Steel, 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).

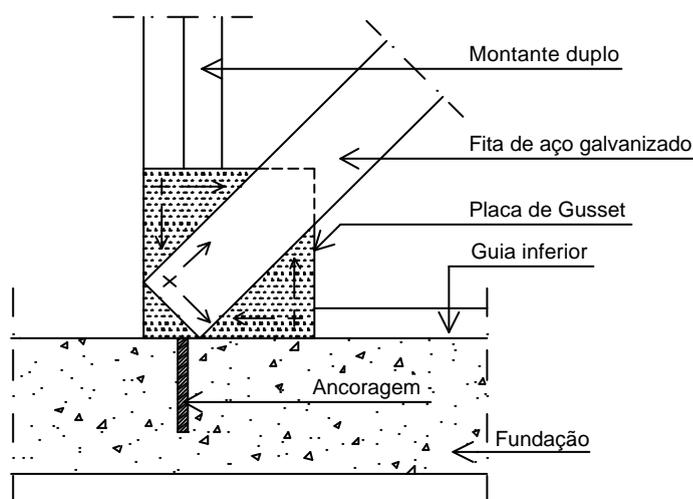


Figura 3.10- Fixação das diagonais nos painéis por placa de Gusset.

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).

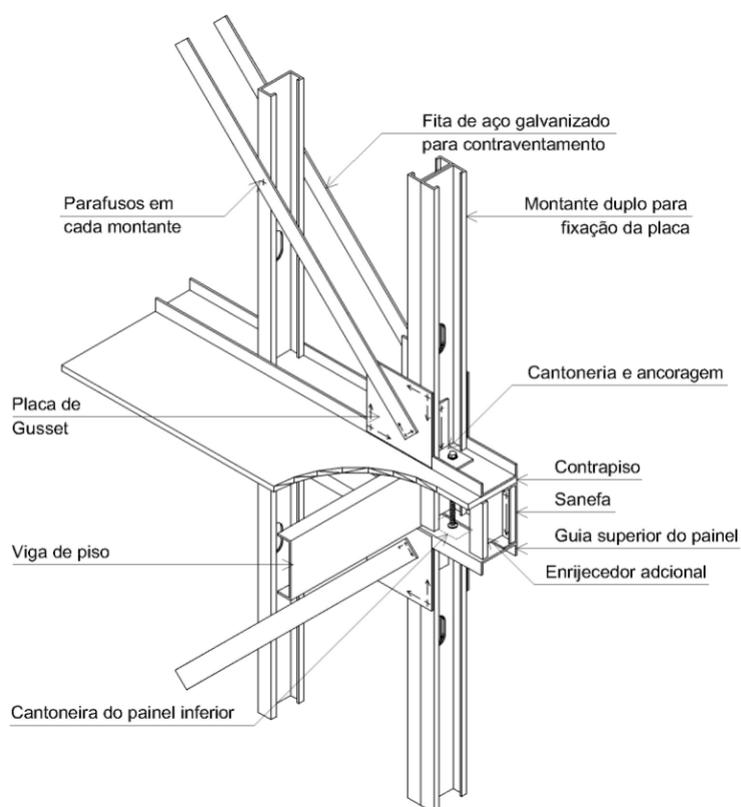


Figura 3.11 - Ancoragem painel superior

Durante a instalação das fitas metálicas é importante que estas sejam firmemente tensionadas, a fim de evitar folgas que comprometam sua eficiência na transmissão dos esforços, permitindo o deslocamento dos painéis aos quais estão fixadas (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 funcionando 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.

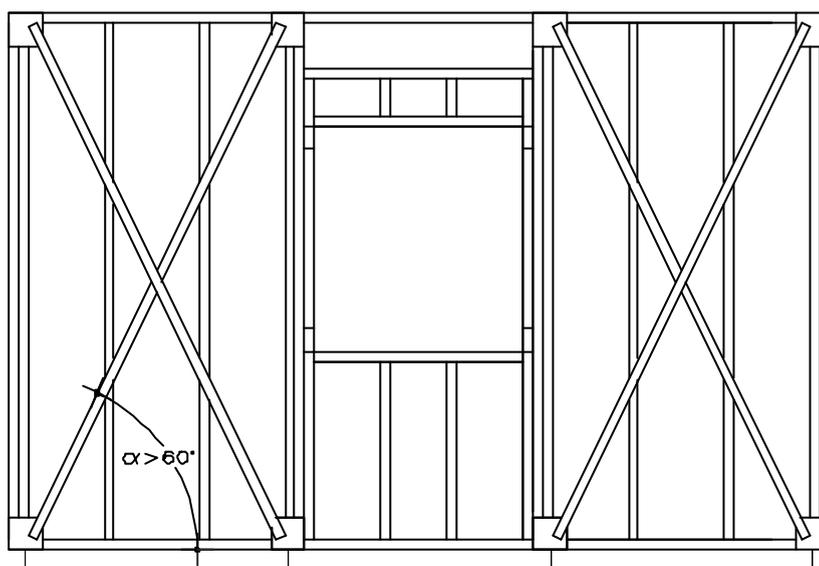


Figura 3.12 - localização do contraventamento em relação as aberturas.



Foto 3.5 - Painéis contraventados em função das aberturas em laboratório na Universidade Federal de Ouro Preto. Fonte: Firmo, 2003.

Quando o uso do contraventamento em “X” não é o mais apropriado, devido ao projeto arquitetônico prever mais aberturas em uma fachada do que parede sólida, 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: Steel Construction Institute, 2004.

Esses elementos funcionam tanto à tração, como à compressão e junto com 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 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 (Brockenbrough & Associates, 1998), e as transmitem a 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 funcionando 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 (Dias et al., 2004; Santos, 2005).



Foto 3.7 - Placas de OSB.



Foto 3.8 - Fechamento de fachada com placas de OSB.

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 e a North American Steel Framing Alliance (NASFA), 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 (Brockenbrough & Associates, 1998; Elhajj , Bielat, 2000).

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

- As placas devem ser instaladas com maior dimensão paralela ao montante (orientação vertical) (Elhajj ; Bielat, 2000);
- Nas bordas dos painéis a largura mínima da placa estrutural deve ser de 1,20 m, a fim de manter a resistência da placa, conforme mostra a figura 3.13 (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.

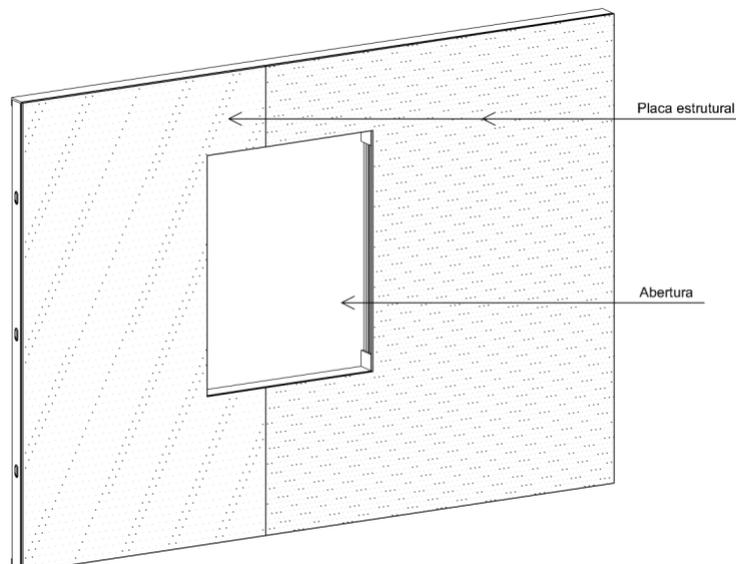


Figura 3.13 - Assentamento das placas estruturais em painéis com aberturas.

- 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 (Consul Steel, 2002). Na figura 3.14 ilustra-se a fixação de duas placas adjacentes.

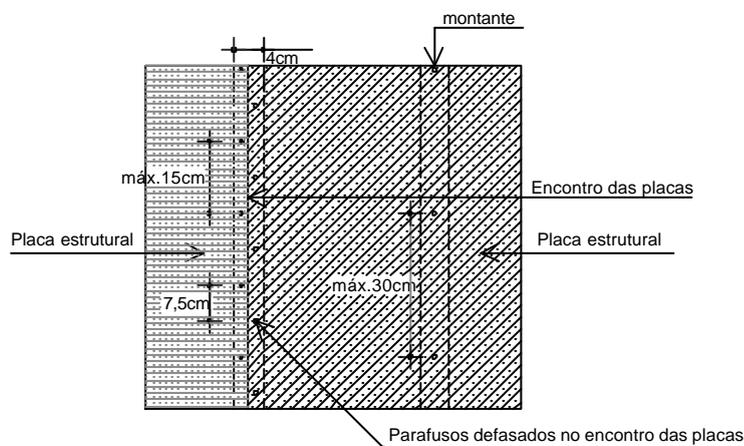


Figura 3.14- Esquema de fixação de placas estruturais por parafusos.

- 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 mostrado na figura 3.15 (Consul Steel, 2002);

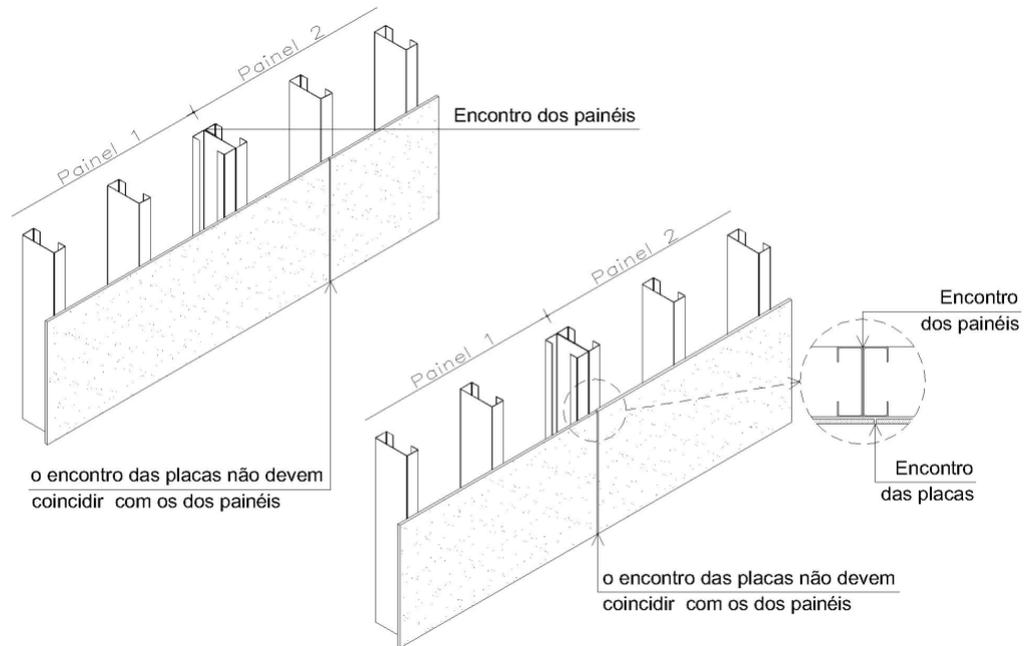


Figura 3.15- Encontro das placas estruturais em relação aos painéis.

- 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 se sugere na figura 3.16, aumentando a rigidez do conjunto (Consul Steel, 2002);

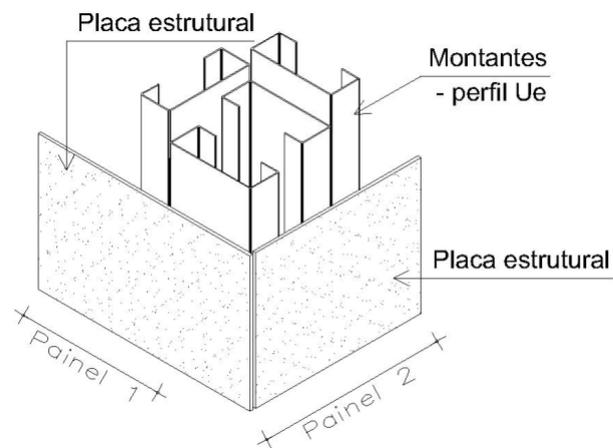


Figura 3.16- Encontro entre duas placas estruturais de canto.

- 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 se ilustra na figura 3.14, estejam estes separados de 400 mm ou 600 mm.

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 podem funcionar como fechamento dos painéis e são utilizados em sua face externa. Porém, nem todas as placas de fechamento externo podem funcionar 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 do contraventamento em “X” com fitas metálicas.

3.1.3. Travamento Horizontal

A fim de aumentar a resistência do painel estrutural, fitas metálicas 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 fixados ao painel para travamento horizontal.

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. 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 daqueles que na face externa levam placas de diafragma rígido (Figura 3.17) (Consul Steel, 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).

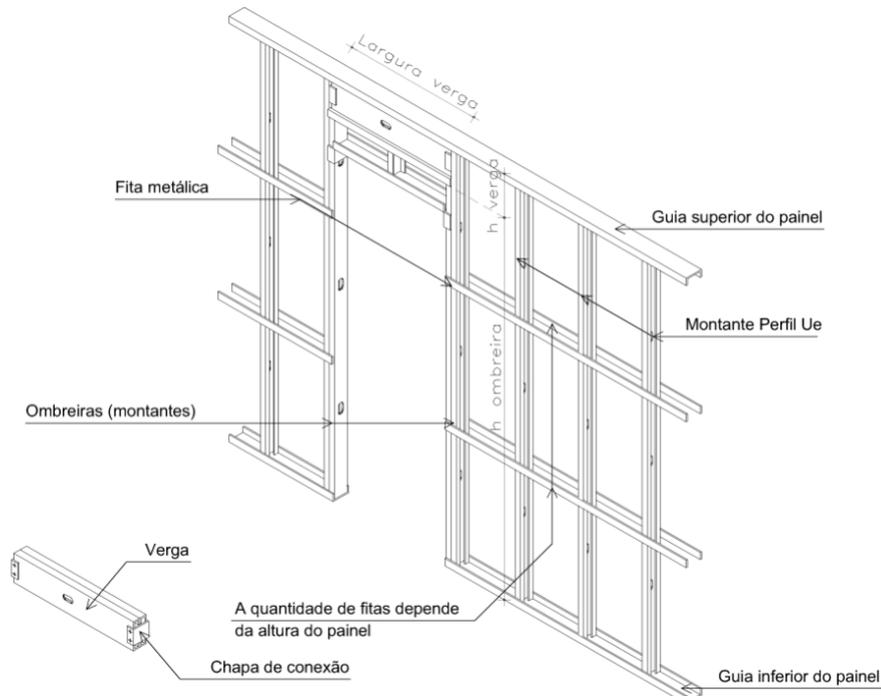


Figura 3.17- Fita metálica para travamento de painel

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 90° para servir de conexão com os montantes, conforme mostrado na 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).

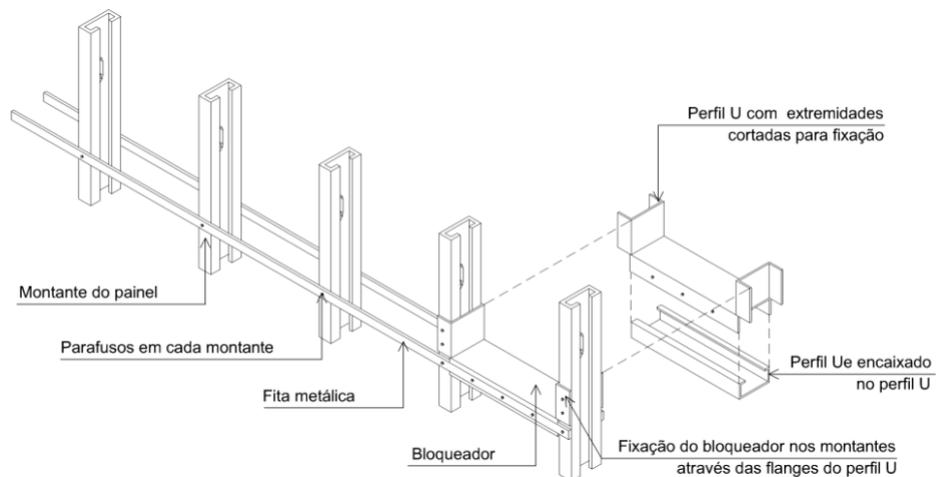


Figura 3.18 – Esquema de travamento horizontal do painel através de bloqueadores.

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).

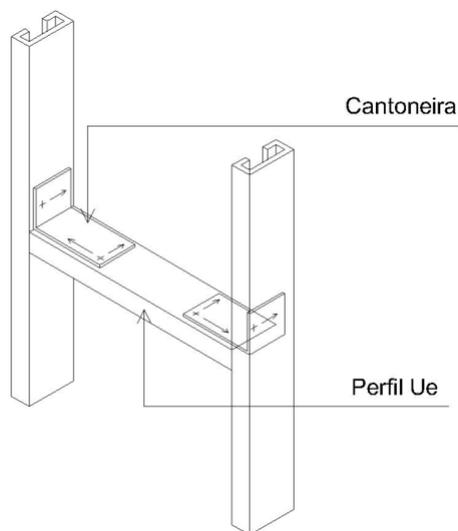


Figura 3.19- Esquema de fixação de bloqueador através de cantoneiras.

3.1.4. Encontro de Painéis

No encontro de painéis estruturais, varias 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 dos painéis 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 pela alma:

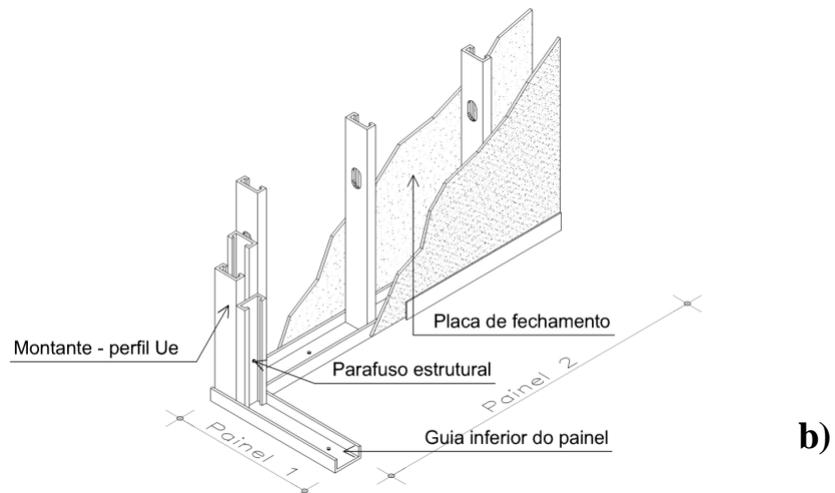
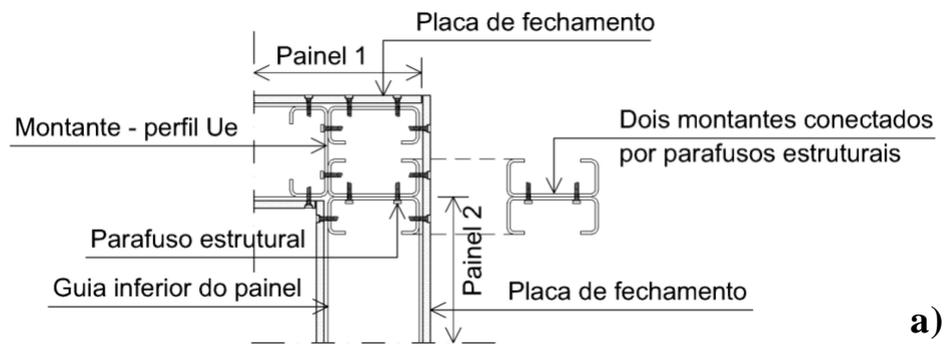


Figura 3.20 - União de dois montantes pela alma. a) planta; b) perspectiva.

- União de três montantes (Scharff,1996):

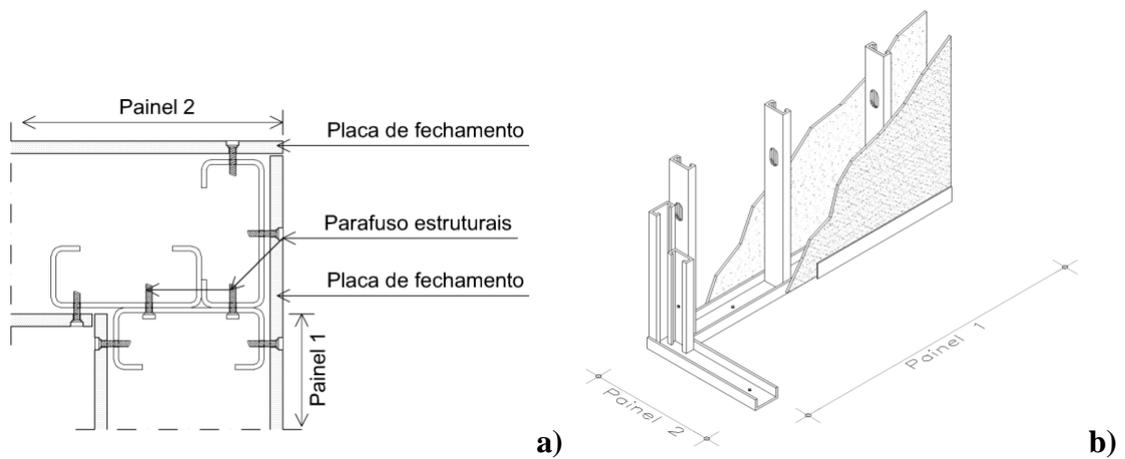


Figura 3.21 – União de três montantes: a) planta; b) perspectiva

Em ambos os casos ilustrados nas figuras 3.20 e 3.21, 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 mostrado na figura 3.22 (Garner, 1996):

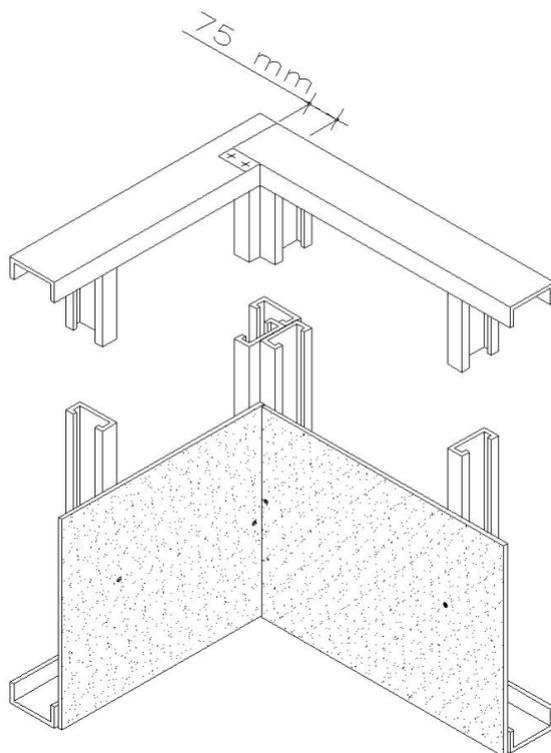


Figura 3.22- Fixação de painéis de canto.

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.

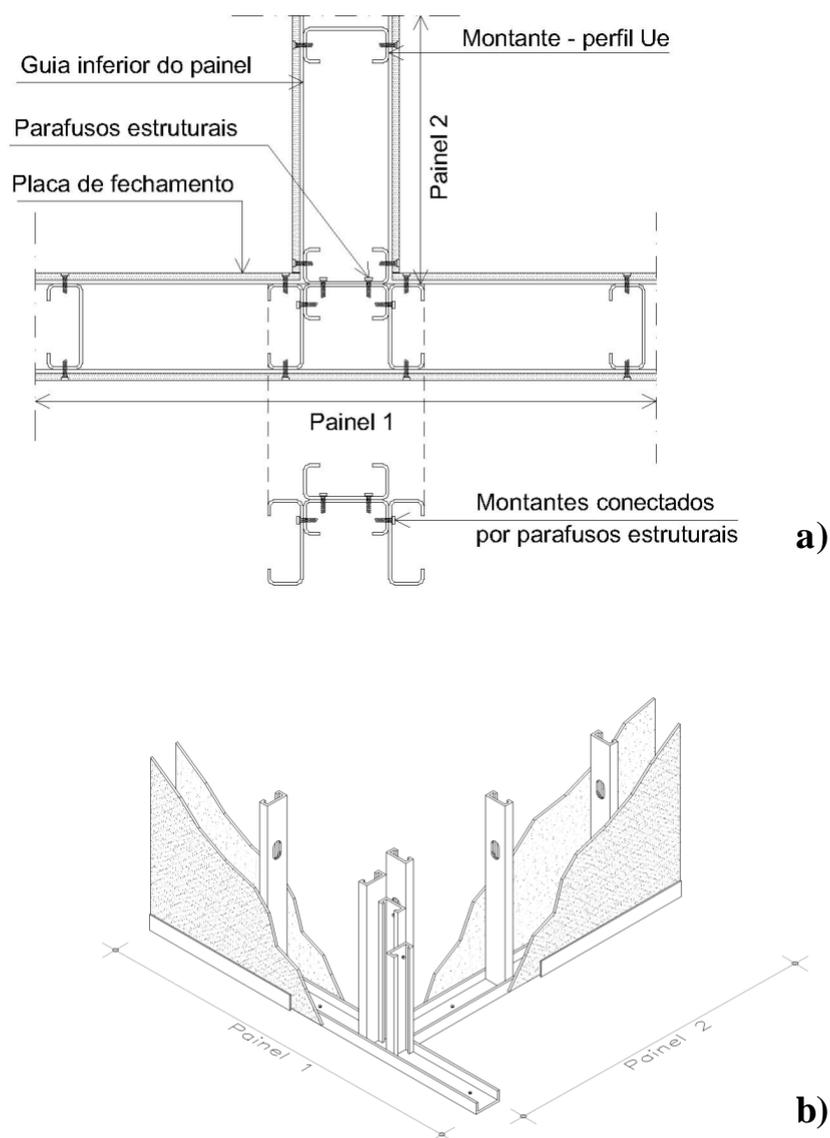
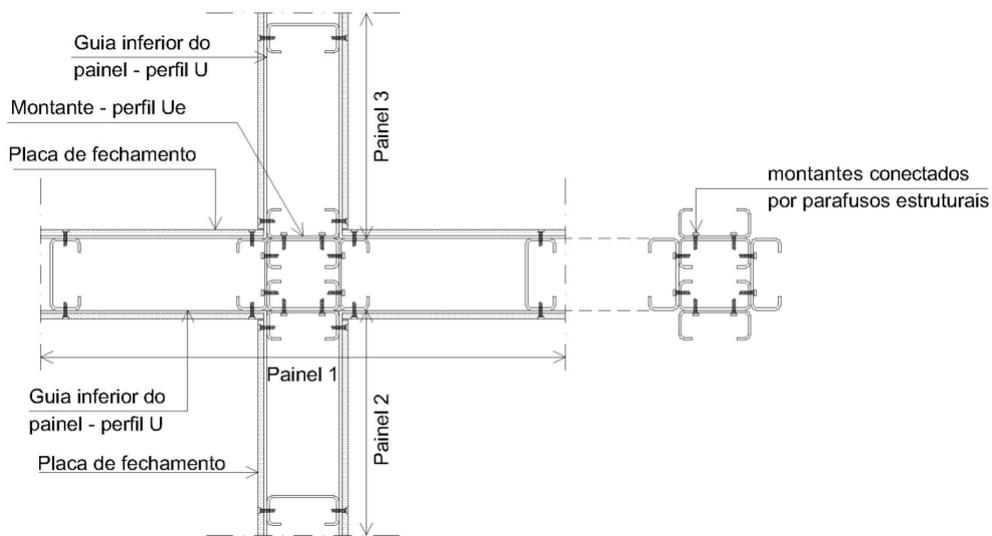


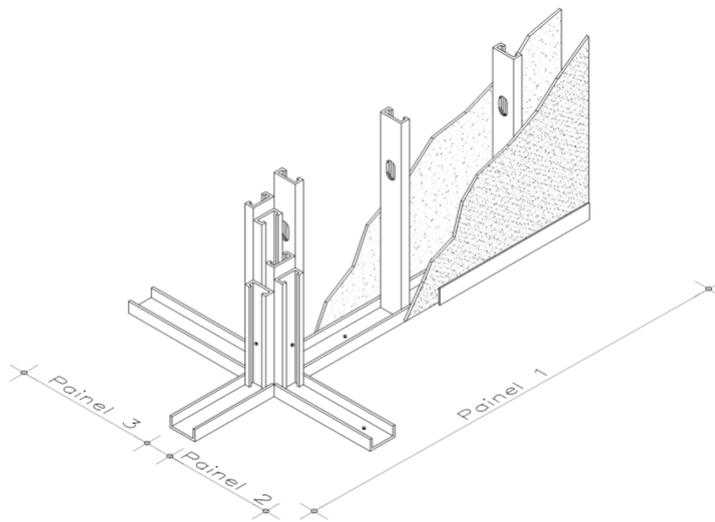
Figura 3.23 – Ligação de dois painéis formando um “T”: a) planta; b) perspectiva.

c) Ligação de três painéis

A ligação de três painéis ocorre 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 utilizando perfis Ue conectados aos montantes dos dois painéis alinhados (Figura 3.24).



a)



b)

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 mostrado na 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.

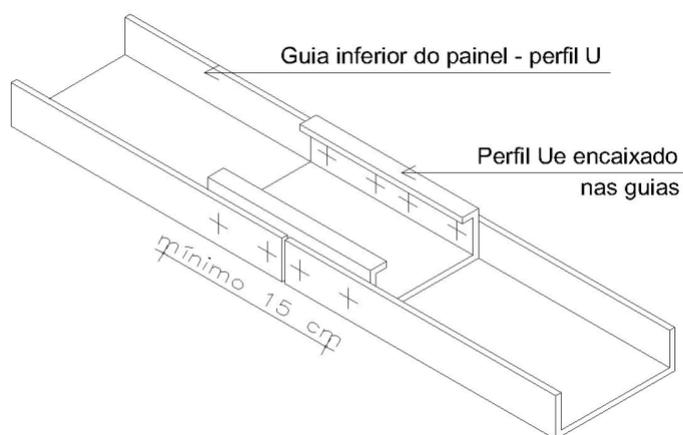


Figura 3.25 - Emenda de perfil guia.

3.2. Painéis Não-estruturais

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

Quando se trata de divisórias internas, é mais 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 a 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 a dos painéis estruturais, utilizando a guia de abertura. Na figura 3.26 e foto 3.10, apresenta-se a conformação de um painel não-estrutural.

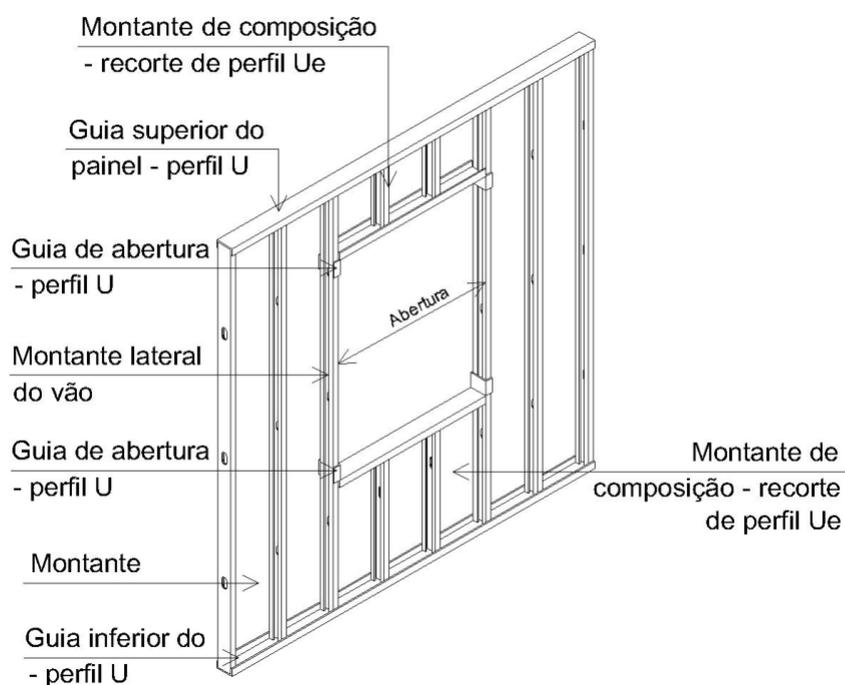


Figura 3.26 - Desenho esquemático de painel não-estrutural com abertura.



Foto 3.10 - Painel não-estrutural de fachada de residência.

3.3. Paredes Curvas, Arcos e Formas Atípicas.

Os 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, 2005.

Para a construção de paredes curvas é necessário que as guias superior e inferior do painel tenham suas mesas da face externa da curvatura 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 muitas fechadas. Para manter o raio da curvatura e reforçar a guia, uma fita metálica deve ser fixada na face externa da mesa da guia, conforme mostra a figura 3.27, através de parafusos ou “*clinch*ing¹”, 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.

¹ *Clinching* é um método de fixação usado pra unir chapas metálicas entre si por deformação plástica a frio, onde a união se gera através de uma ferramenta que exerce pressão de punção, fazendo com que uma parte do material da chapa flua lateralmente formando uma trava de união com a chapa adjacente.

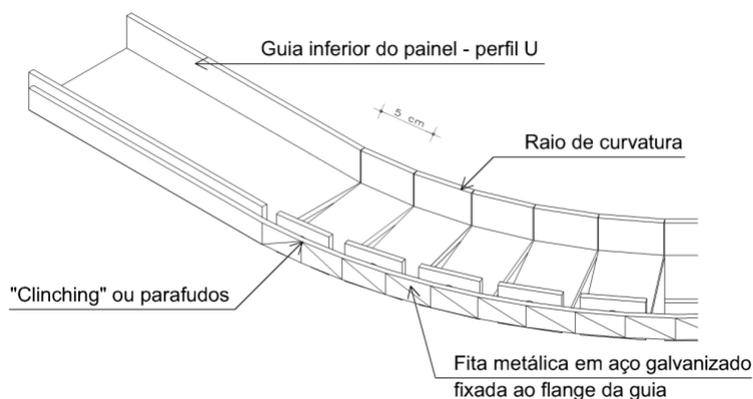


Figura 3.27– Método para curvatura de perfis U.

Como esses procedimentos geralmente são trabalhosos e demandam tempo, já 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: ToolBase Services, 2005.

As 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

mostrado na figura 3.28. Do mesmo modo que nos painéis curvos, perfis flexíveis podem ser usados para agilizar o trabalho de montagem.

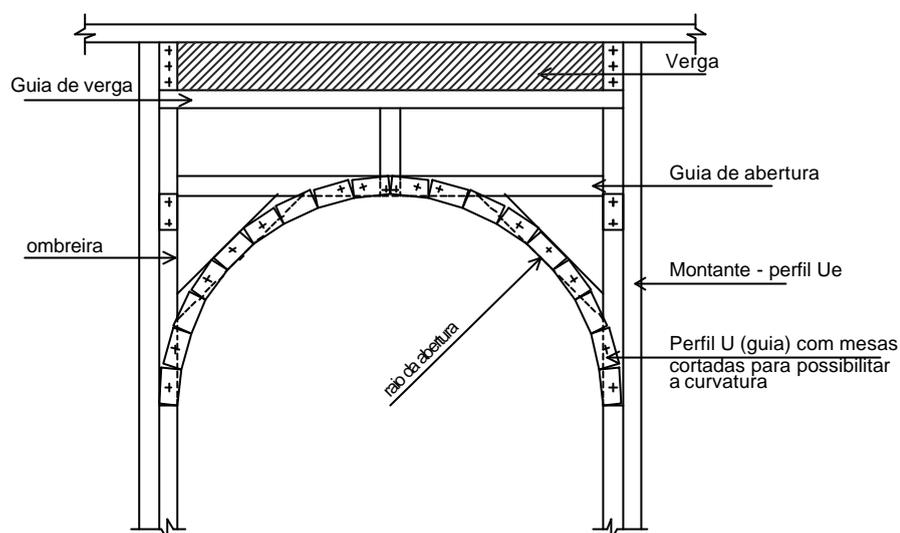


Figura 3.28 - Método para construção de aberturas em arco.

Devido a sua versatilidade, projetos em Steel Framing possibilitam diversas formas arquitetônicas (Foto 3.13). 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: Aegis Metal Framing, 2005.

Capítulo 4

LAJES

Como mencionado anteriormente, a estrutura de piso em 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.

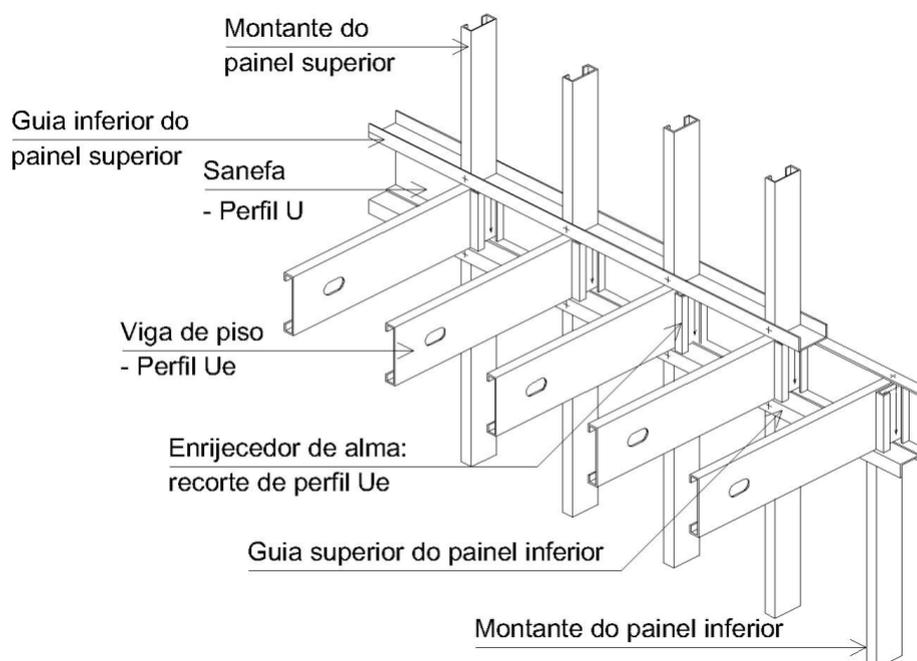


Figura 4.1- Estrutura de piso em Light Steel Framing.

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.



Foto 4.1- Vigas de piso.

Os perfis devem ser suficientemente resistentes e enrijecidos para suportar as cargas e evitar deslocamentos acima dos exigidos por norma. Portanto, nunca deve 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. O projeto de 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.

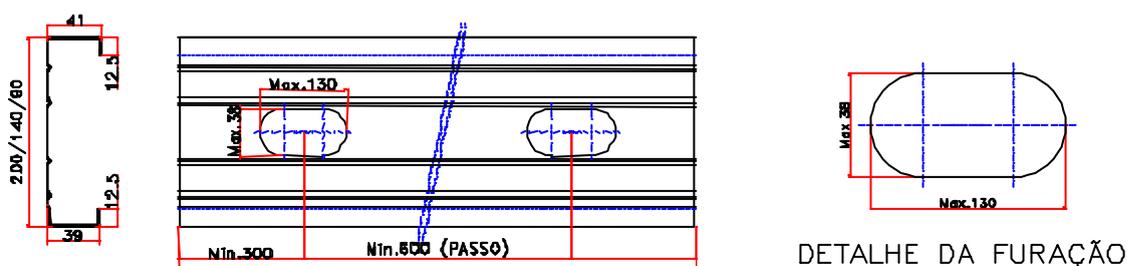


Figura 4.2- Aberturas nos perfis para passagem de tubulações. Fonte: NBR 15253:2005.

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).

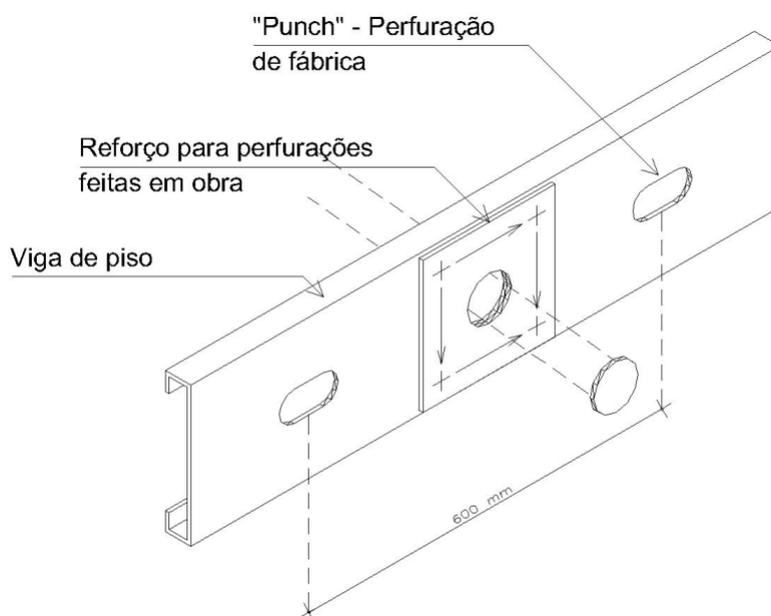


Figura 4.3 - Detalhe de reforço em viga de piso.

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 as 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 suportados 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).

De acordo com a natureza do contrapiso, a laje pode ser do tipo úmida, quando se utiliza uma chapa metálica ondulada aparafusada as vigas e preenchida com concreto que serve de base ao contrapiso. Ou a laje pode ser do tipo seca quando placas rígidas de OSB, cimentícias ou outras são aparafusadas à estrutura do piso (Foto 4.2).

Além das vigas de piso, outros elementos são essenciais na constituição de uma laje em um sistema Light Steel Framing, como representado na figura 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 as 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.

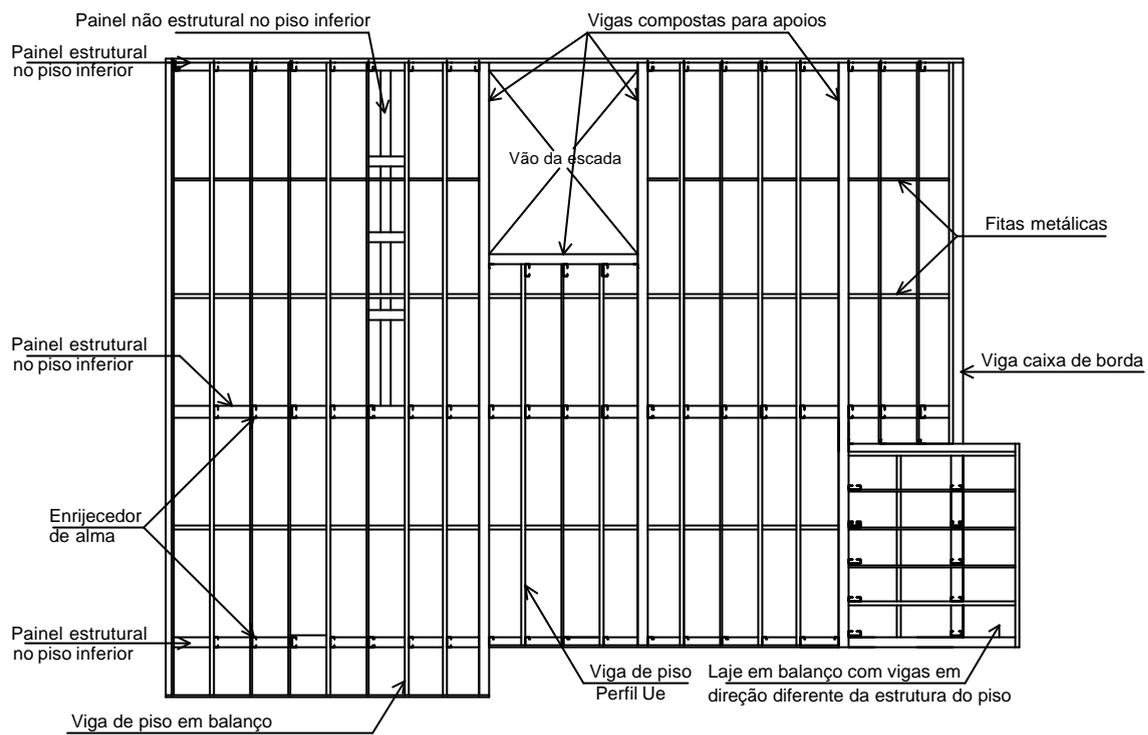


Figura 4.4 - Planta de estrutura de piso em Steel Framing



Foto 4.2 – Estrutura de piso em Steel Framing. Fonte: Aegis Metal Framing, 2005.

4.1. Tipos de Laje

a) Laje Úmida

A laje úmida é composta basicamente por uma chapa metálica ondulada (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 metálica para contrapiso úmido.

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 no concreto é necessário o emprego de uma armadura de distribuição colocada antes da concretagem.

A laje úmida não deve ser confundida como o *Steel Deck*, já que este funciona como uma estrutura mista e necessita de menor quantidade de apoios.

Já que o concreto não está plenamente aderido à fôrma metálica, o contato direto entre os materiais que formam a laje, quando sujeitos à movimentação da utilização normal do piso, podem produzir uma propagação de ruídos entre ambientes. Para obter o conforto acústico adequado, deve-se empregar um material de isolamento entre a fôrma metálica e o concreto (Consul Steel, 2002).

A forma mais comum é a colocação de painéis de lã de vidro compacta sobre a chapa metálica protegido por um filme de polietileno para evitar a umidificação da lã de vidro durante a concretagem (Figura 4.5).

Antes da colocação da chapa metálica, 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.

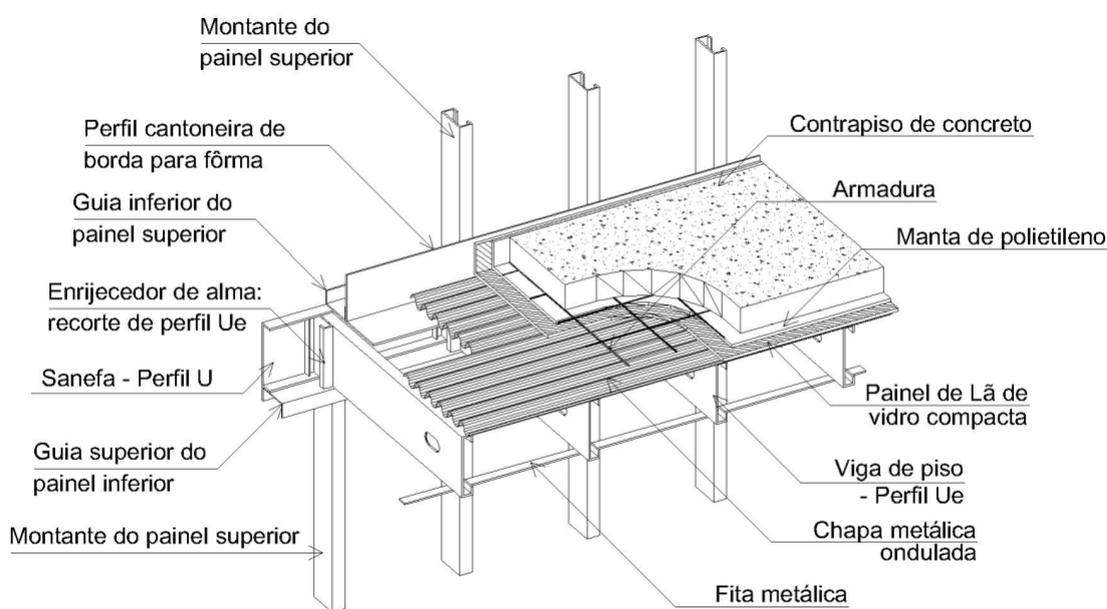


Figura 4.5 – Desenho esquemático de laje úmida.

Nas várias construtoras pesquisadas, observou-se que os montadores 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 deslocamentos relativos à falta de nivelamento ou precisão dimensional dos elementos que formam o contrapiso.

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 (Consul Steel, 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.

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)

O uso da placa cimentícia como diafragma horizontal ainda não foi comprovado por ensaios e estudos científicos.

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.

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. A figura 4.6 mostra o corte esquemático de uma laje seca.

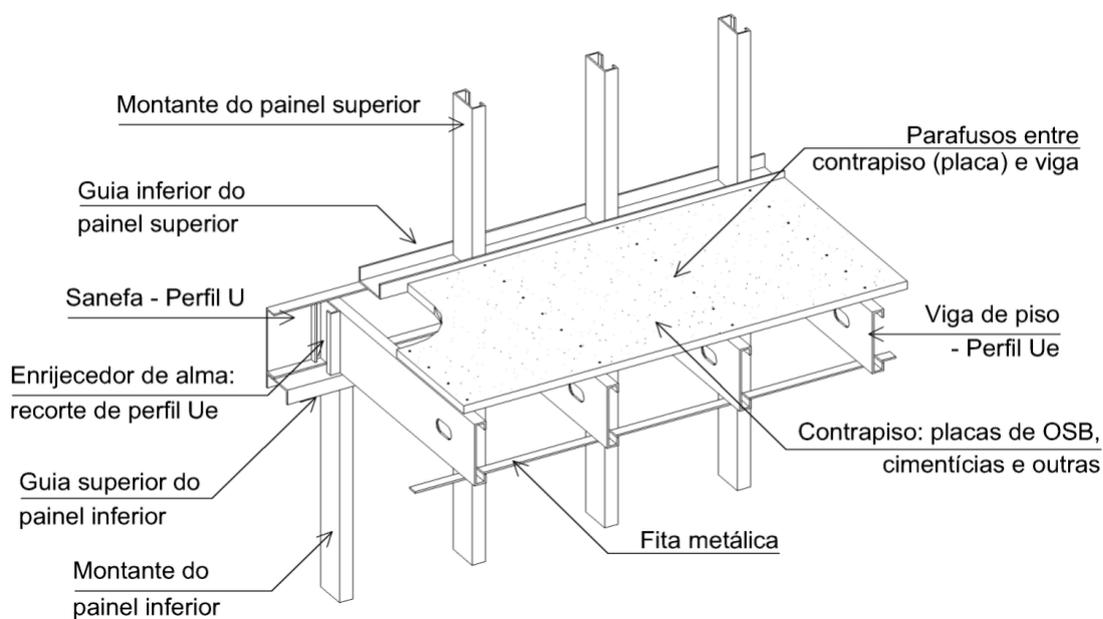


Figura 4.6 - Desenho esquemático de laje seca.

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.

Porém, existem situações em que outros elementos estruturais funcionam como apoio. Uma laje em Steel Framing pode se apoiar em uma estrutura tradicional (alvenaria ou concreto) já existente (Figura 4.7). Ou podem ocorrer em construções onde as fundações sejam do tipo sapata corrida em que a laje do 1º pavimento se apóia diretamente na fundação (Figura 4.8).

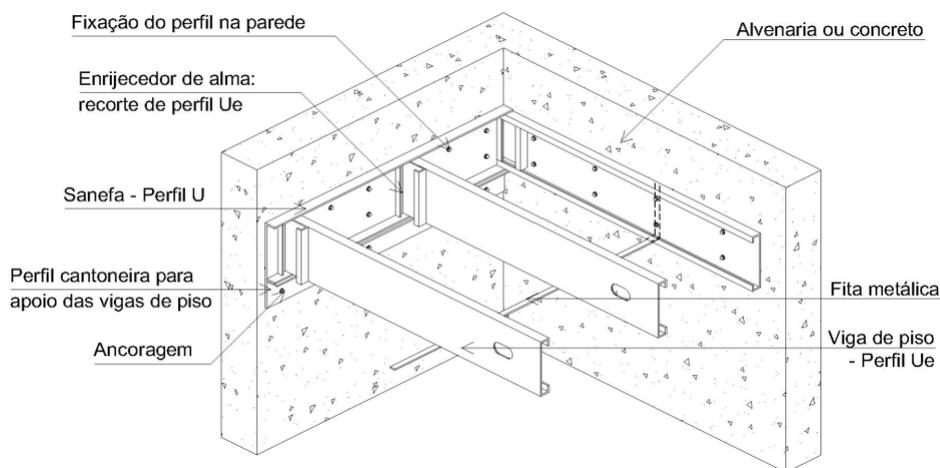


Figura 4.7 - Laje em Steel Framing apoiada sobre estrutura tradicional.

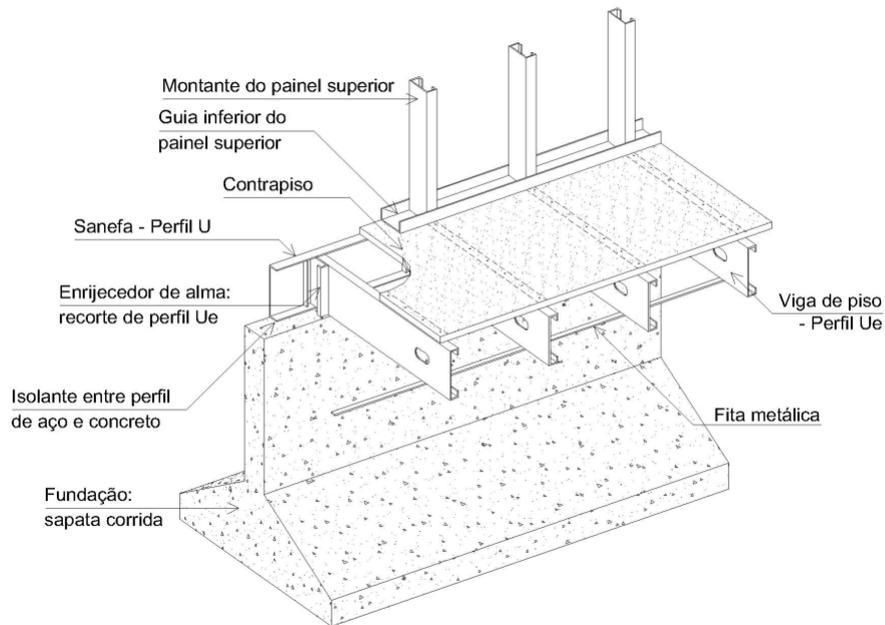


Figura 4.8 - Laje em Steel Framing apoiada sobre fundação tipo sapata corrida

Para lajes em balanço, pela ausência de apoio em uma das extremidades das vigas, estas 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.

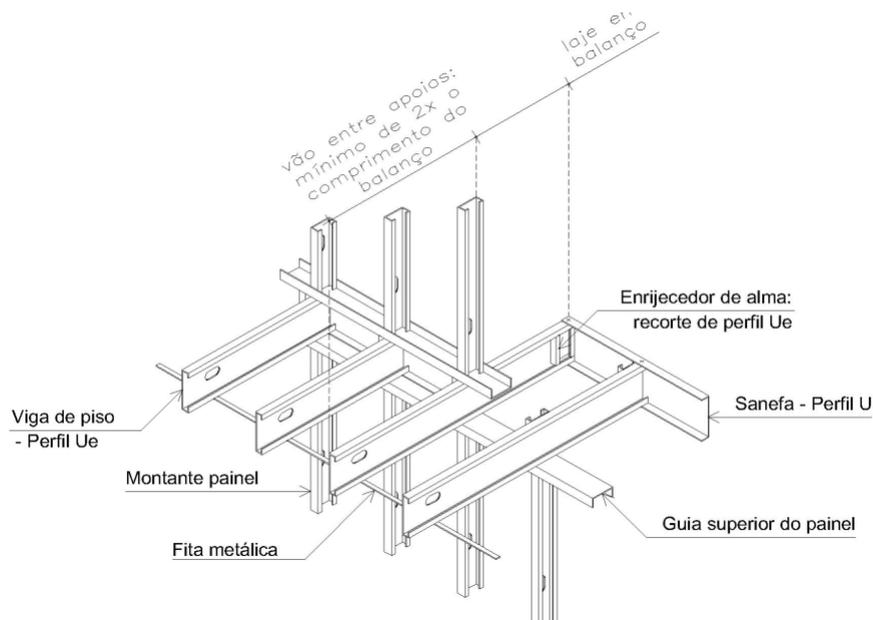


Figura 4.9 - Laje em balanço.

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.

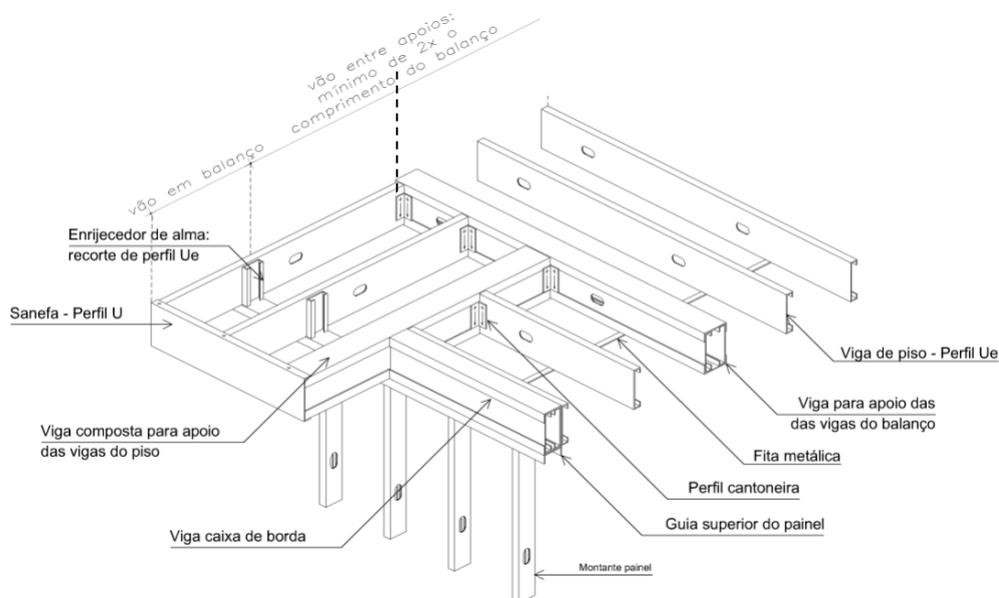


Figura 4.10 - Laje em balanço.

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 mostrado na figura 4.11.

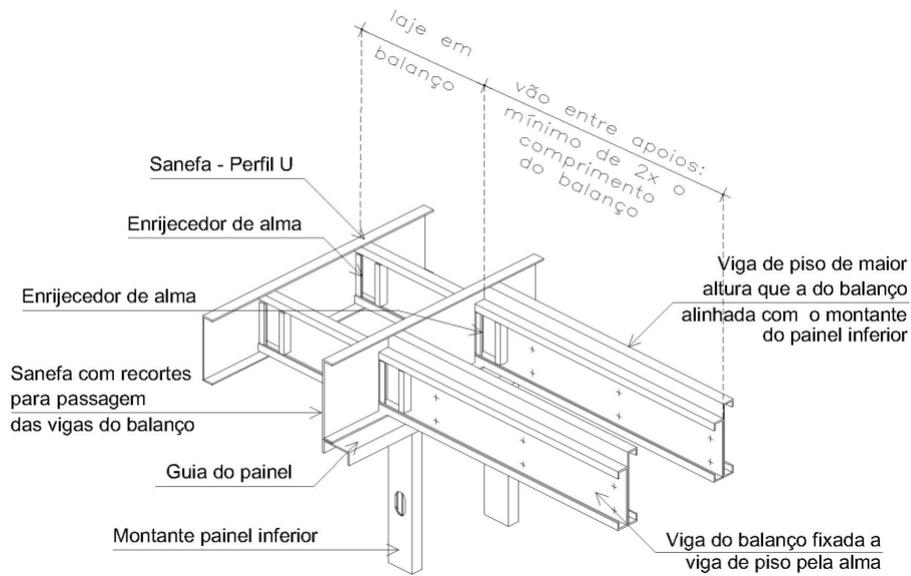


Figura 4.11 - Laje em balanço com contrapiso em níveis diferentes.

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:

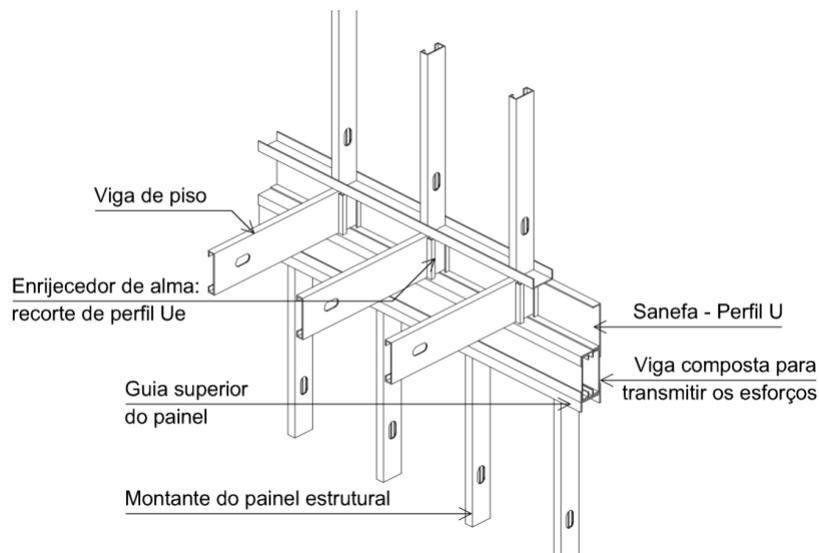


Figura 4.12 - Viga de distribuição da carga do piso para os montantes

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 utilizar uma viga principal. Essa viga é feita a partir da combinação de dois ou mais perfis dependendo da solicitação que deve resistir, conforme mostrado na figura 4.13.

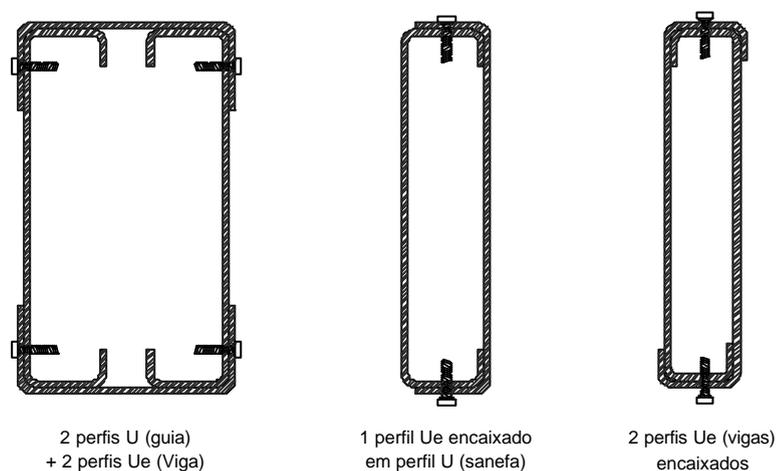


Figura 4.13 - Vigas compostas para aumentar a resistência.

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).

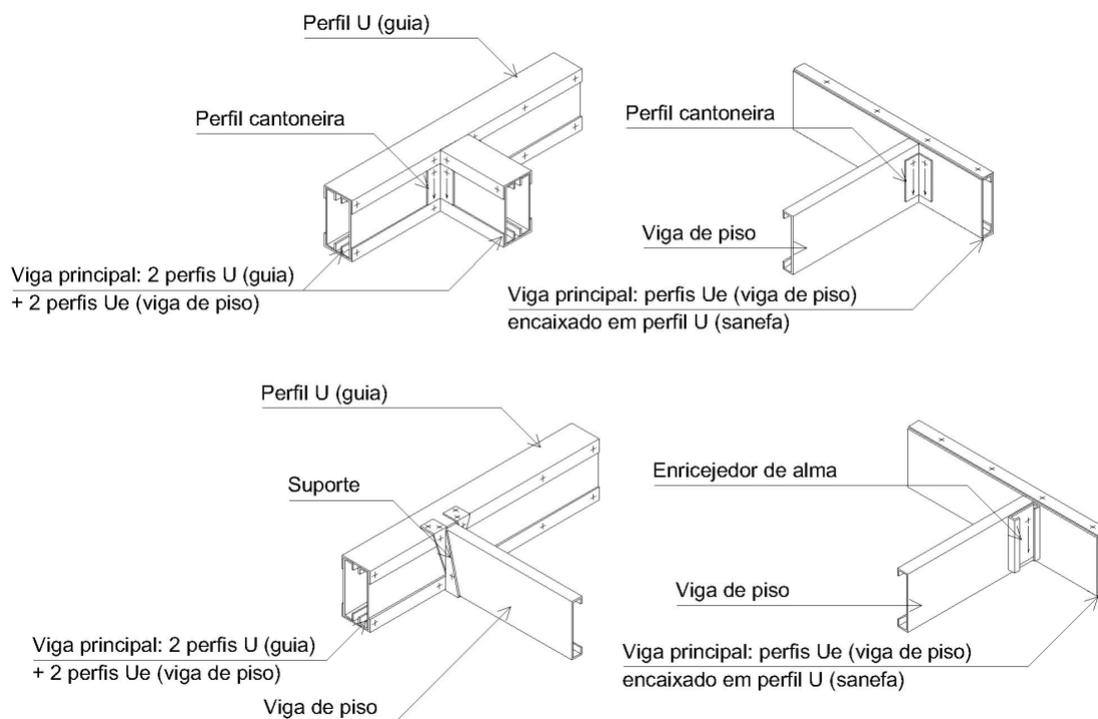


Figura 4.14 - Tipos de vigas principais para apoio de vigas de piso.

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 aço carbono e aço galvanizado que estejam em contato a fim de evitar corrosão.

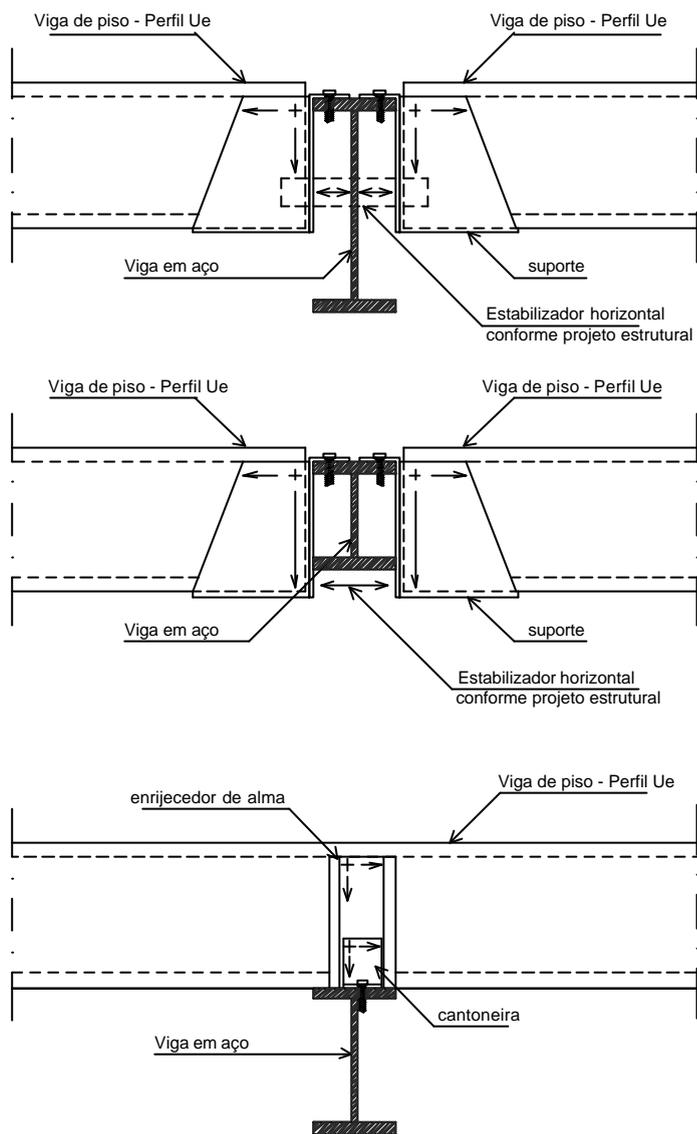


Figura 4.15 - Vigas principais em aço soldado.



Foto 4.7- Vigas de piso apoiadas sobre viga principal em aço. Fonte: Aegis Metal Framing, 2005.

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 conectado a alma das vigas (Figura 4.16). O comprimento desse segmento que funciona como uma emenda, depende das tensões atuantes no local.

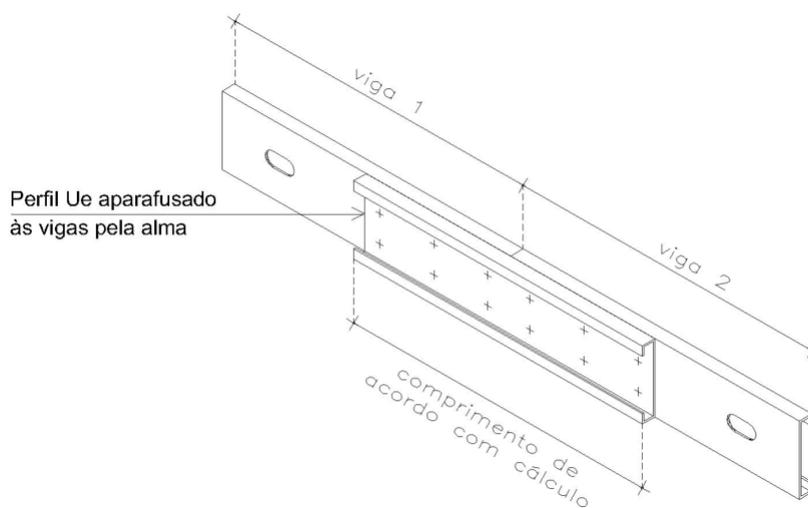


Figura 4.16 - Emenda de viga de piso.

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.

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

- Bloqueador: consiste em usar um perfil Ue de mesmas características das vigas de piso, entre estas, conectado 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 metálicas onde são ligados por meio de parafusos.

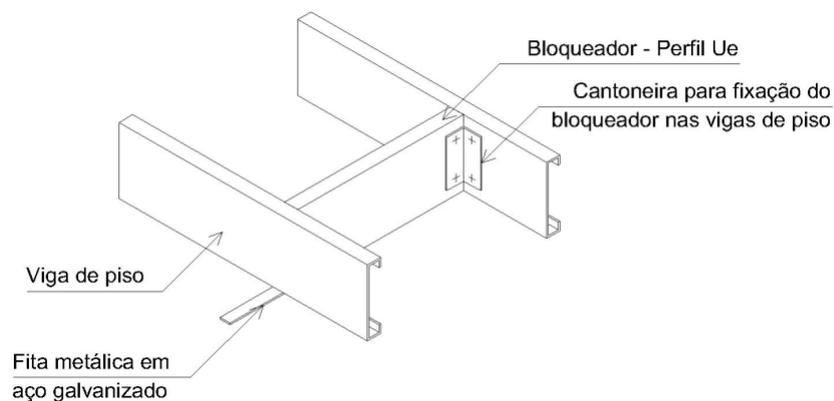


Figura 4.17- Bloquedor.

- Fita metálica: usado em conjunto com o bloquedor, 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.
- Travamento em “X”: também chamado de travamento em diagonal, não é muito usual. Consiste em conectar as vigas duas a duas através de fitas metálicas aparafusadas nas mesas dos perfis formando um “X”, como mostrado na figura 4.18.

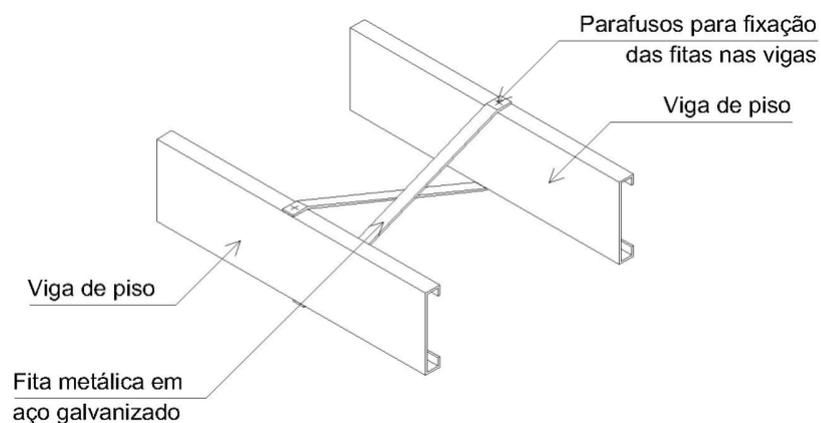


Figura 4.18- Travamento em “X”.

4.4. Escadas

As estruturas de escadas em 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 cimentícias aparafusadas na estrutura são os mais utilizados. Pisos úmidos também são viáveis desde que usados com o sistema adequado.

Há vários métodos descritos, porém a escolha de um deles depende do tipo de escada, se ela é aberta ou fechada e qual contrapiso ou substrato vai se utilizar. De acordo com *Construcción com Acero Liviano – Manual de Procedimiento* (Consul Steel, 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 4.19 e foto 4.9). 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.

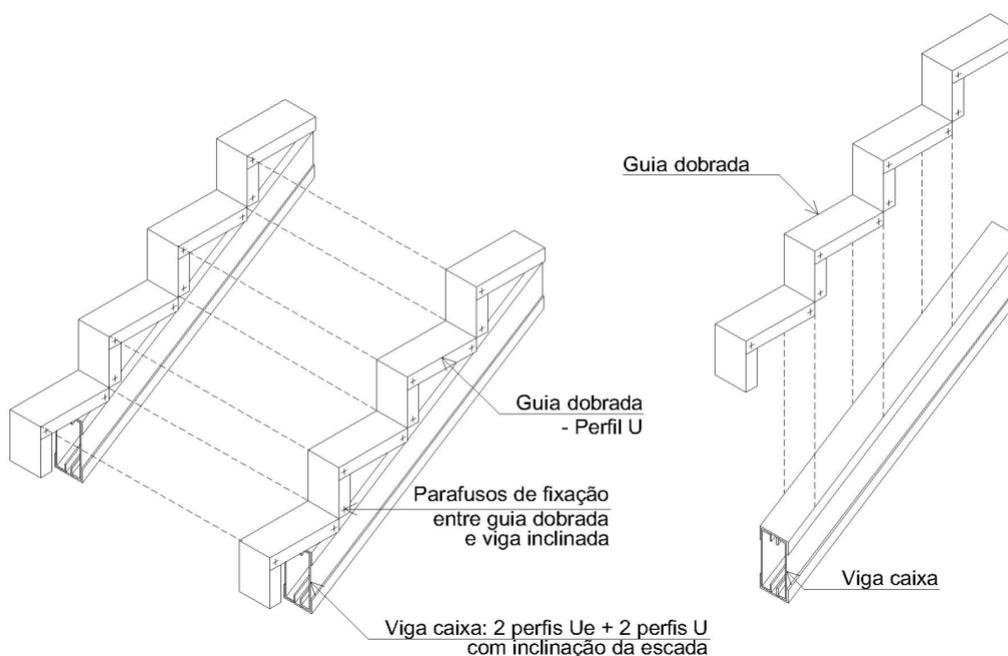


Figura 4.19 - Desenho esquemático de escada viga caixa inclinada



Foto 4.9 - Escada viga caixa inclinada.

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 4.20). 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.

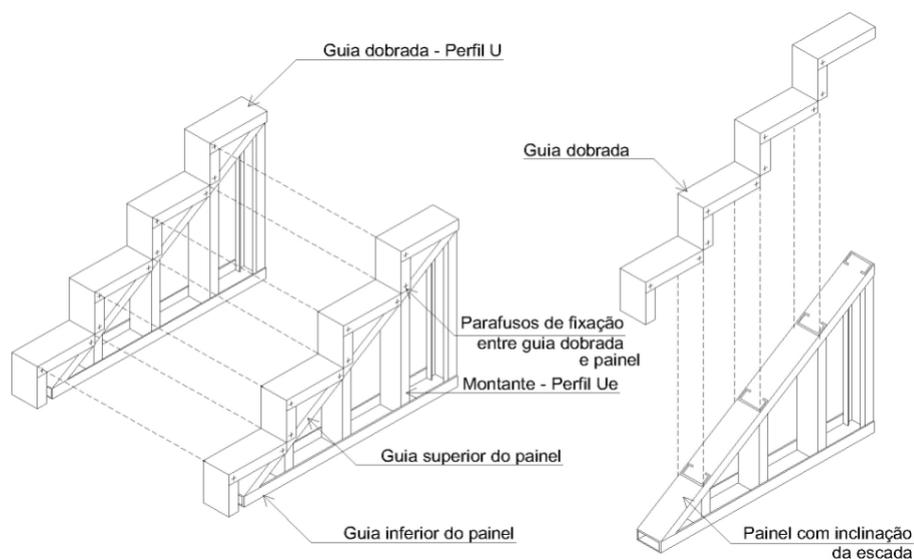


Figura 4.20 - Desenho esquemático de escada painel com inclinação.

- **Guia-degrau**

Para permitir o escalonamento tanto da escada de Viga Caixa como na de Pannel 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 à 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).

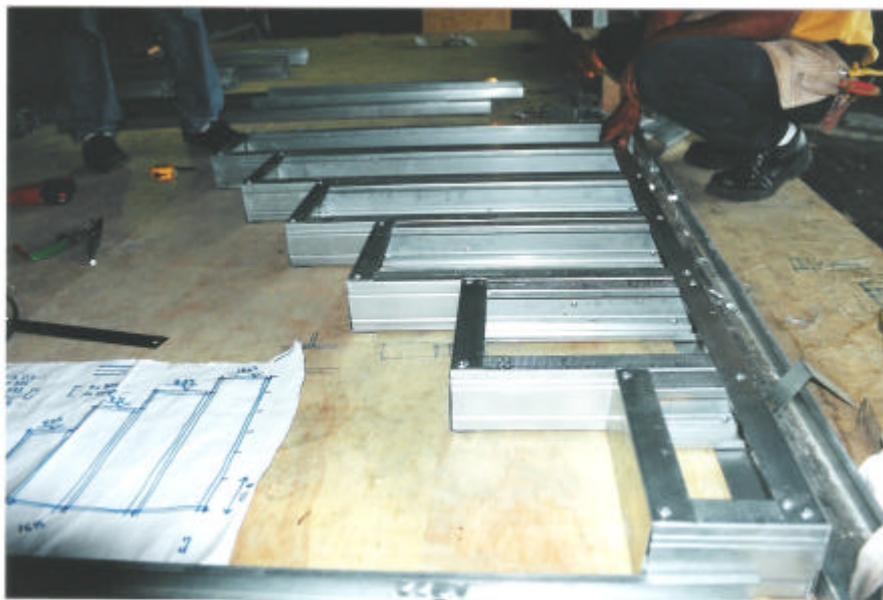


Foto 4.10 - Montagem de uma escada de painéis escalonados.

Este painel escalonado é montado como um único painel através de uma guia inferior contínua para todos os montantes conforme mostrado na figura 4.21.

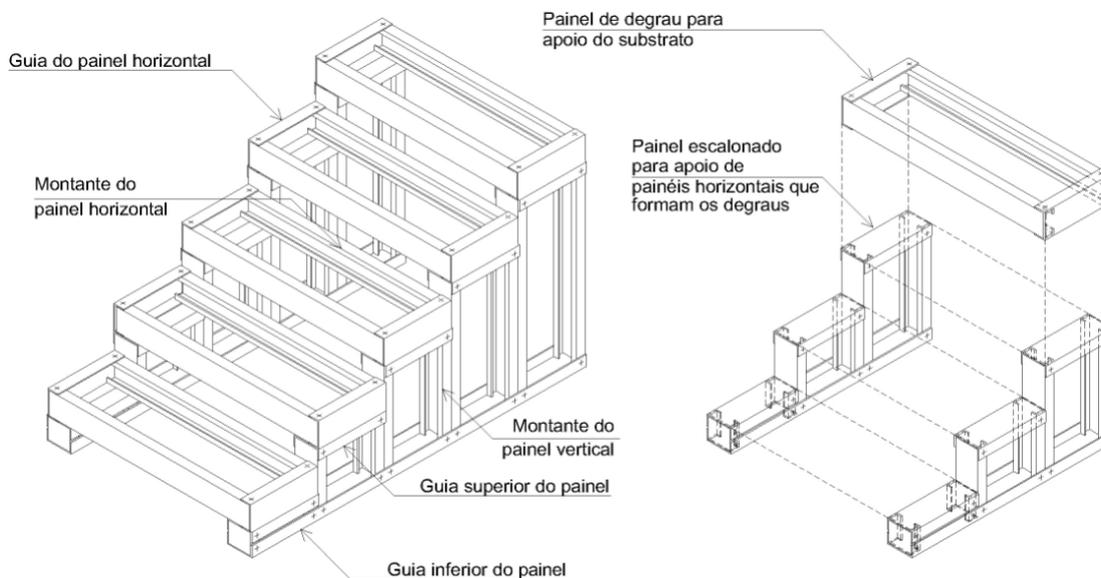


Figura 4.21 – Desenho esquemático de uma escada de painéis escalonados.

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 cobertas 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, constituem um excelente isolante térmico (Cardão, 1964). Devido a isso, no Brasil, país de clima tropical, os telhados inclinados cobertos com telhas cerâmicas 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 Steel Framing 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 LaBoube (1995), 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 LSF, 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 LSF 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 mostrado na figura 5.1. (Consul Steel, 2002).

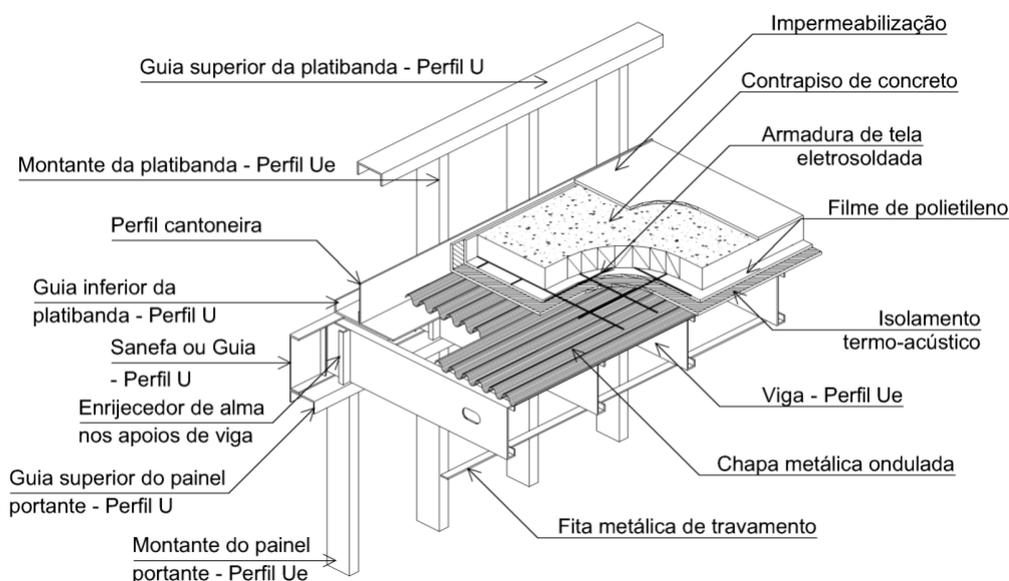
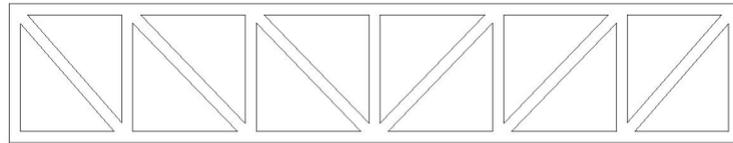
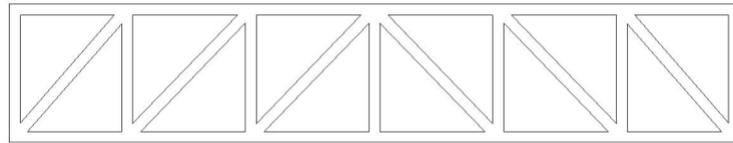


Figura 5.1 - Cobertura plana em steel framing.

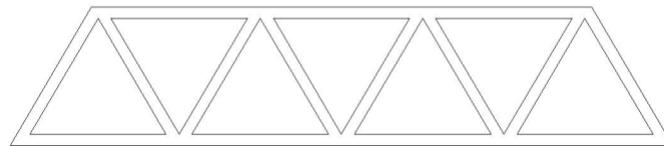
Para vãos maiores sem apoios intermediários, é possível o uso de treliças planas (Figura 5.2) confeccionadas com perfis Ue galvanizados (Foto 5.1). As treliças planas também podem ser utilizadas para estrutura de pisos que demandam grandes cargas e vãos.



A



B



C

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



Foto 5.1- Treliças planas. Fonte: Aegis Metal Framing, 2005.

5.1.2. Coberturas Inclinadas

A estrutura de um telhado inclinado em LSF 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).

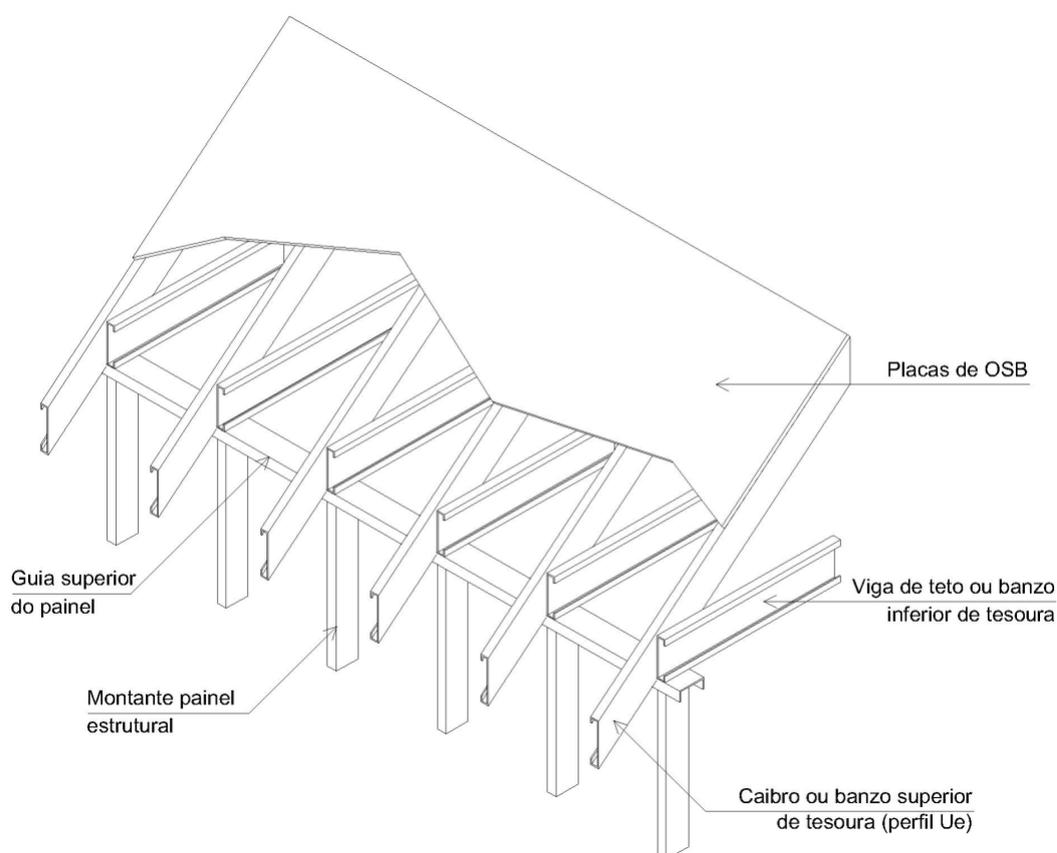


Figura 5.3 - Caibros e vigas alinhados com montantes de painel estrutural.

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

5.2. Telhado Estruturado 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: Firmo, 2003.

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).

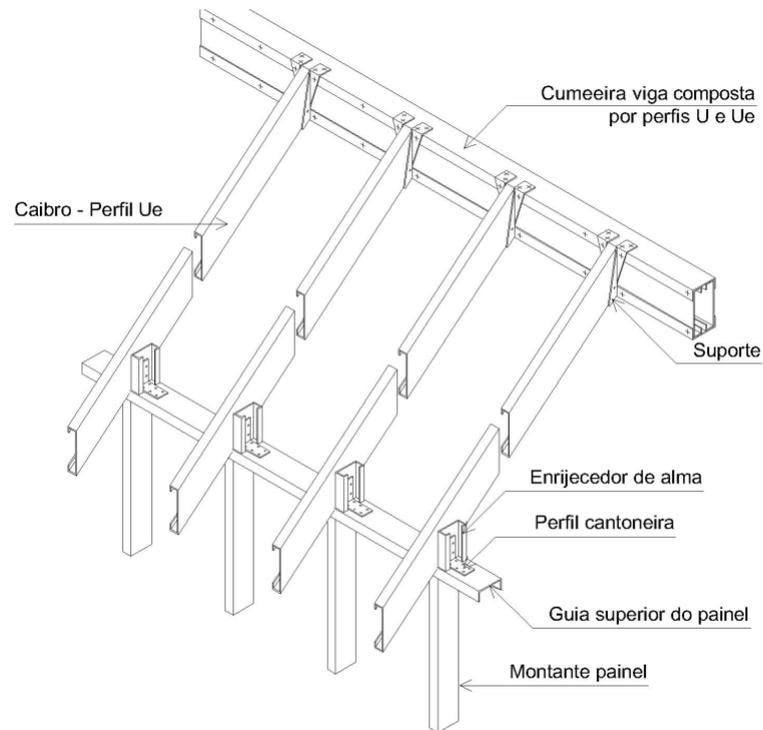


Figura 5.4 - Telhado típico estruturado com caibros.

O peso do telhado e outros carregamentos são transmitidos através dos caibros aos painéis e, por conseguinte à fundação.

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.

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):

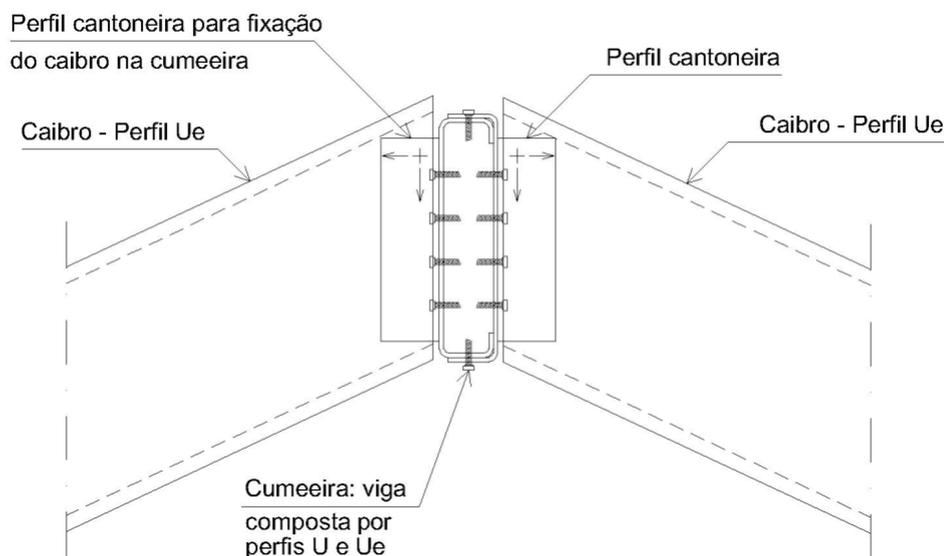


Figura 5.5 - Cumeeira de telhado estruturada com caibros.

Há casos em que é inevitável o uso de vigas de teto que atravessam o vão (Figura 5.7), atando as extremidades opostas dos caibros a fim de evitar que os painéis de apoio se inclinem devido ao peso do telhado, como ilustrado na figura 5.6 (Waite,2000).

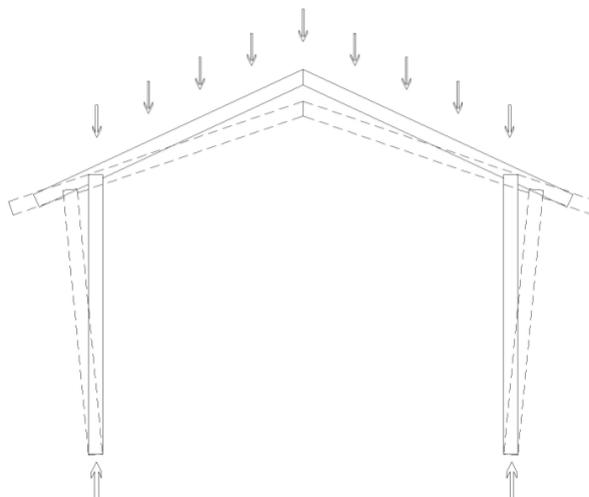


Figura 5.6 - Efeito de "abertura" das paredes devido ao peso do telhado.

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 (Elhadj, 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 permitem reduzir o vão e as dimensões dos caibros (Waite, 2000).

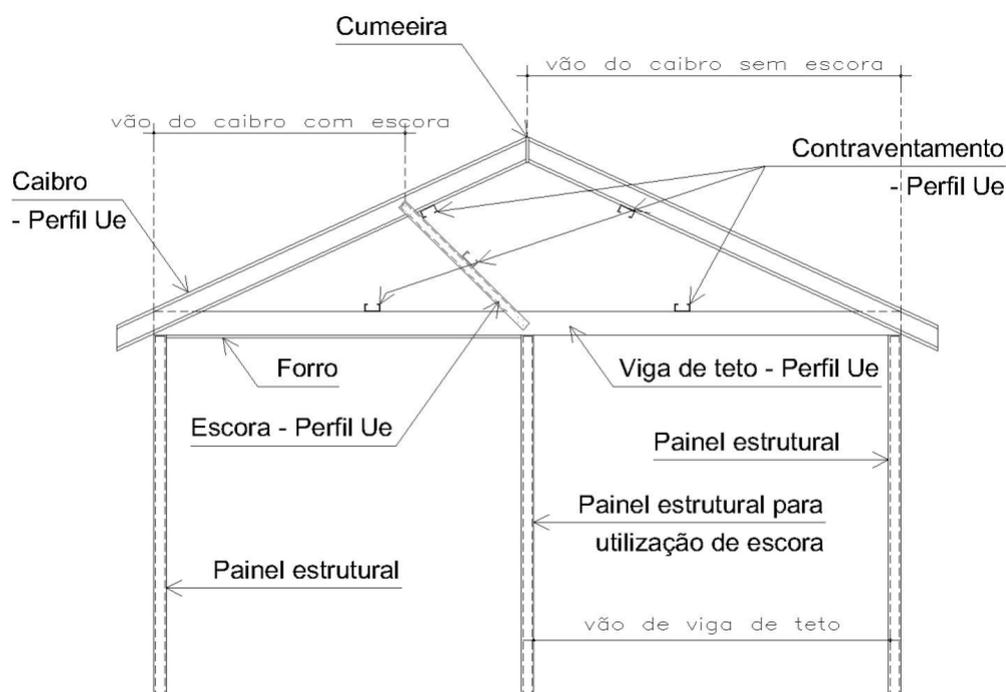


Figura 5.7 - Telhado estruturado com caibros e vigas.

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.

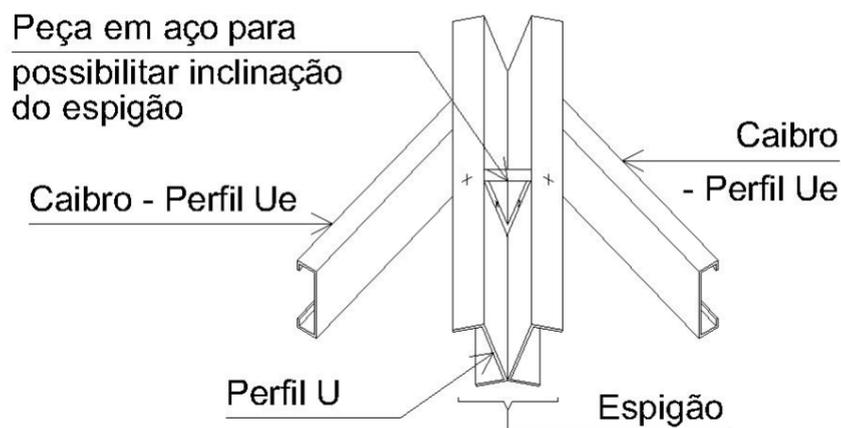


Figura 5.8 - Espigão formado a partir de dois perfis U .

5.2.1. Estabilização do Telhado Estruturado com Caibros e Vigas

As 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 e Bielat (2000) são:

- Perfis U ou Ue ou fitas metálicas 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 metálicas fixadas na mesa superior das vigas de teto (ver figura 5.7);
- Bloqueadores e fitas metálicas posicionados nas vigas de teto seguindo o mesmo procedimento descrito para vigas de piso;
- Placas estruturais, capazes de funcionar como diafragma rígido, fixadas nas mesas superiores dos caibros.

Os telhados inclinados em Steel Framing admitem diversos tipos de coberturas ou telhas. Para alguns tipos de telhas como cerâmicas ou “shingles¹” 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.

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

¹ Telhas “shingles” são telhas planas e de espessura muito fina fabricadas com grãos de cerâmica pré-pintadas, em véu estrutural de fibra de vidro embebido em emulsão asfáltica.



Foto 5.4 - Placas de OSB para fixação de telhas "shingles".

5.3. Telhado Estruturado com Tesouras ou Treliças

Solução mais comum nas coberturas residenciais, tesouras ou treliças cobrem grandes vãos sem precisar de apoios intermediários. Em países onde a construção civil é predominantemente industrializada, tesouras metálicas 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: Aegis Metal Framing, 2005.



Foto 5.6 - Tesouras de telhado em arco confeccionadas com perfis de aço formados a frio galvanizados.
Fonte: Aegis Metal Framing, 2005.

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

- Tesoura Howe

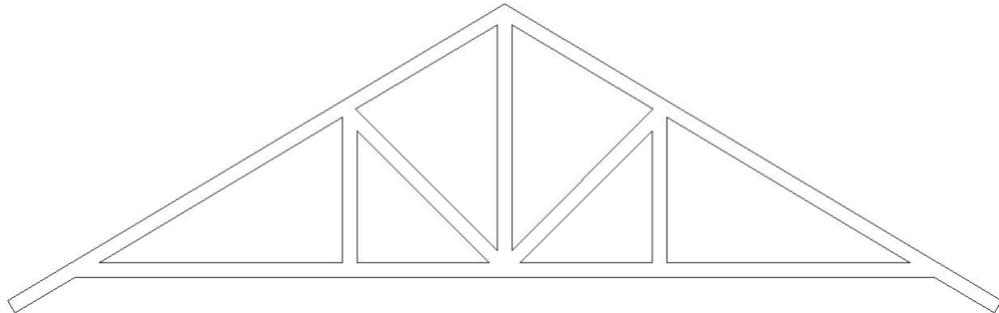


Figura 5.9 - Tesoura Howe

- Tesoura Pratt

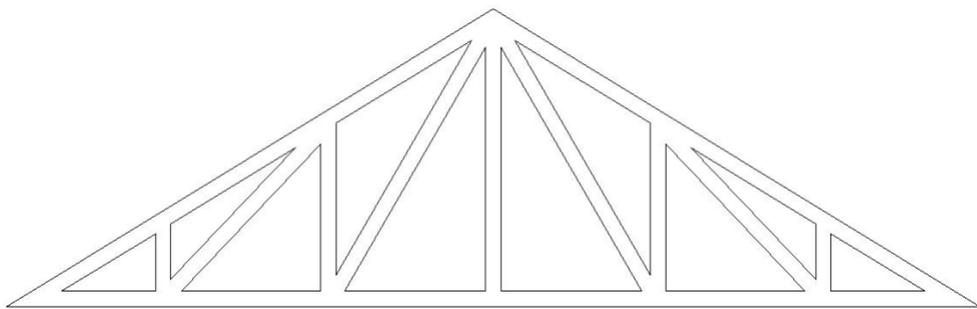


Figura 5.10 - Tesoura Pratt

- Tesoura Fink

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

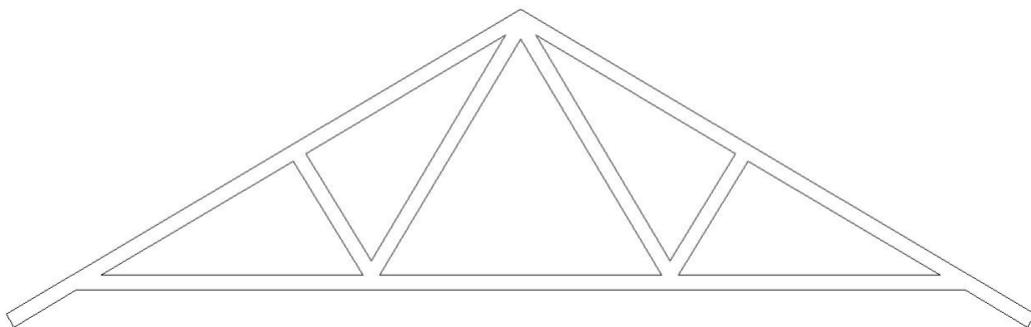


Figura 5.11 - Tesoura Fink

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

- Tesoura Alemã

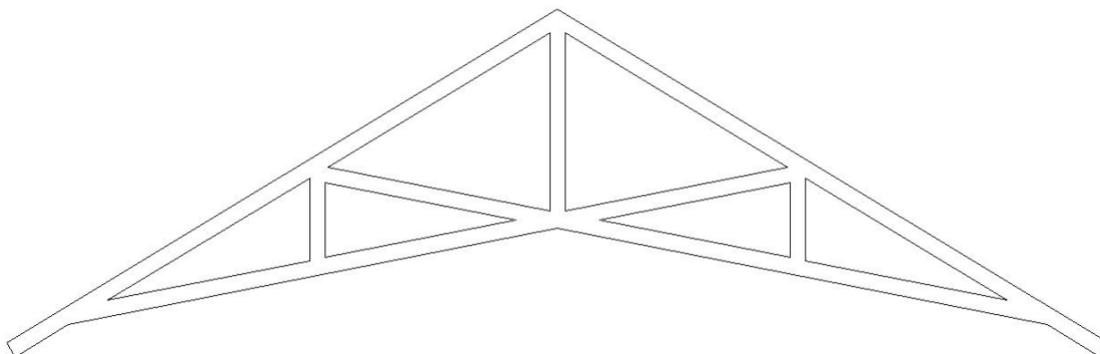


Figura 5.12 - tesoura alemã.

- Tesoura Belga

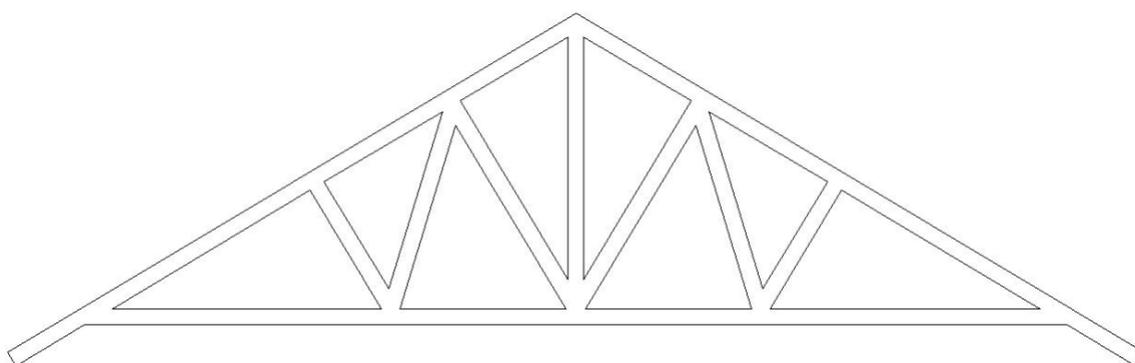


Figura 5.13 - Tesoura Belga

As tesouras ou treliças podem vir pré-fabricadas 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 muitas vantagens, tais como: precisão dimensional, menor tempo de trabalho no canteiro e rapidez e facilidade de instalação devido a leveza do material (Foto 5.7). 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.

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 esforços 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;

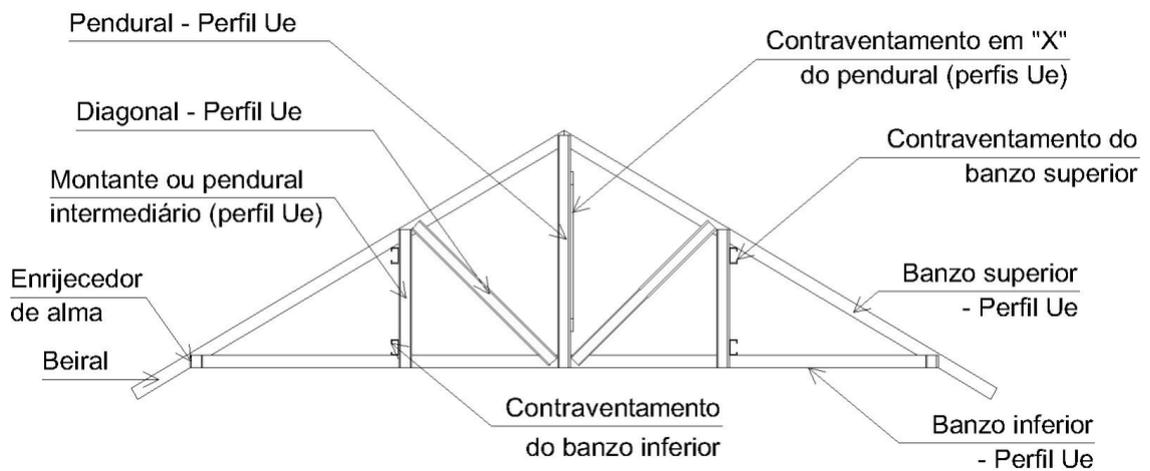


Figura 5.14 - Elementos de uma tesoura.

Segundo Scharff (1996) as ligações entre os elementos 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, aparafusa-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).

- Camada sobre camada, onde os perfis que formam pendurais e diagonais são aparafusadas 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:

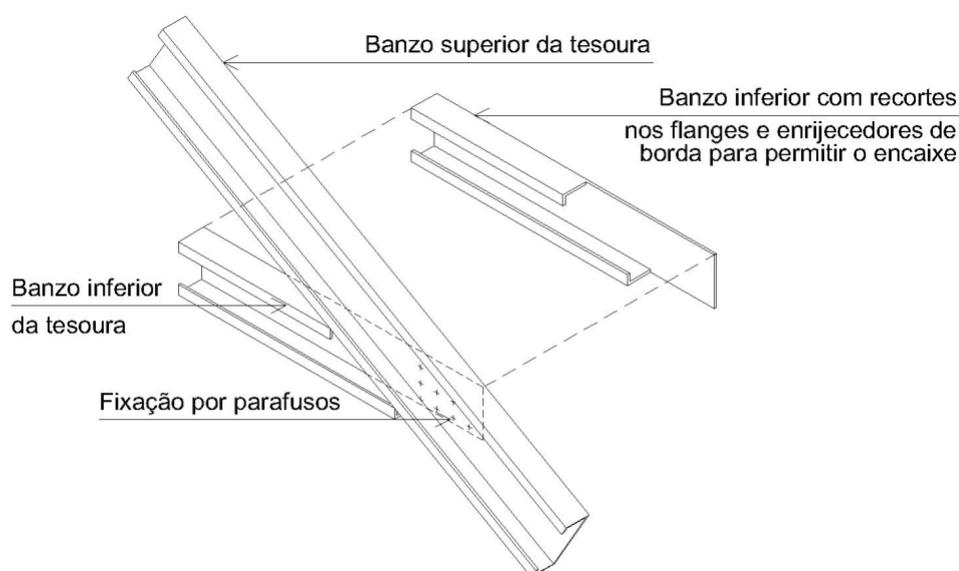


Figura 5.15 - Detalhe união banzo superior e inferior de uma tesoura

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).

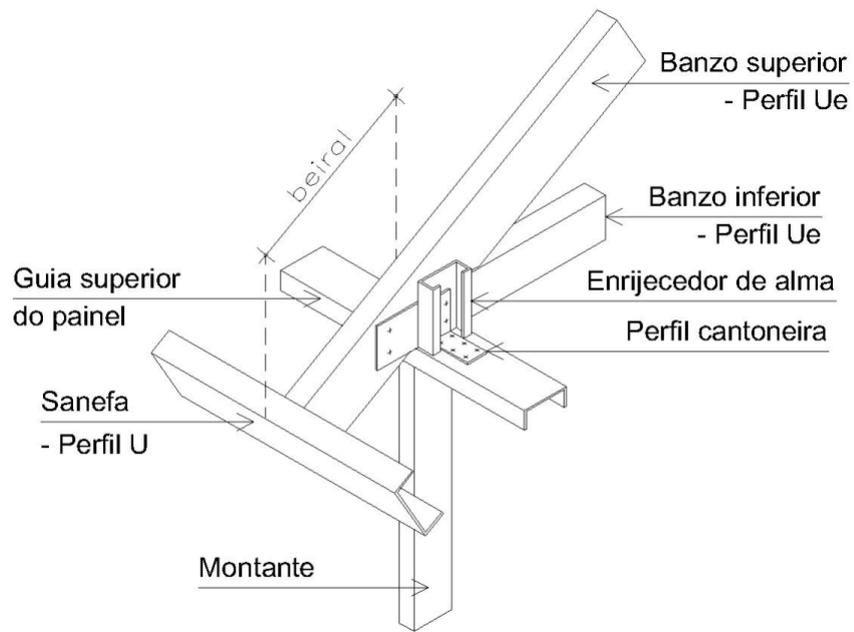


Figura 5.16 - Detalhe de beiral de telhado.

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).

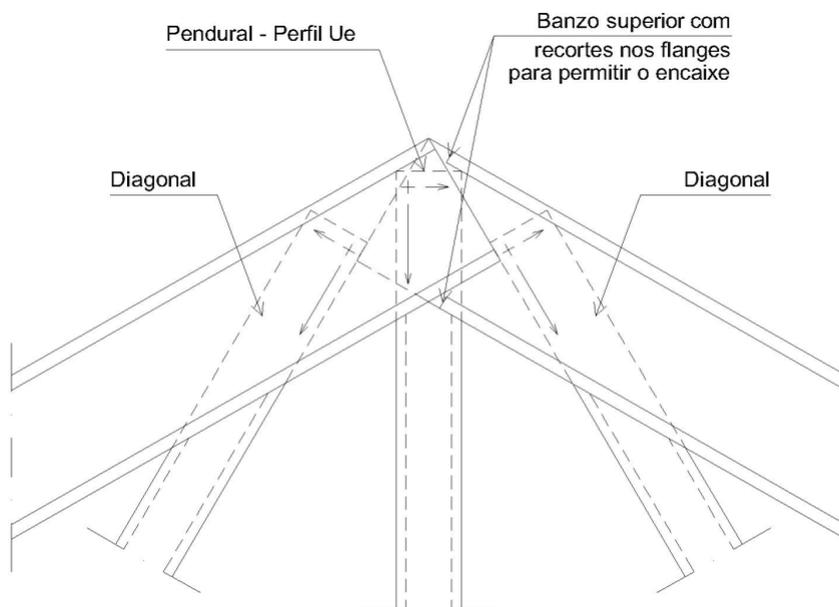


Figura 5.17 - Detalhe cumeeira de tesoura Pratt.

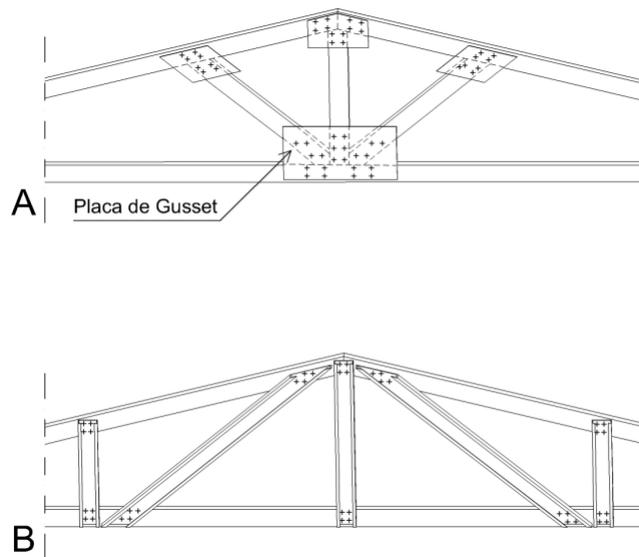


Figura 5.18 - detalhe cumeeira tesoura (a) Howe e (b) Pratt

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).

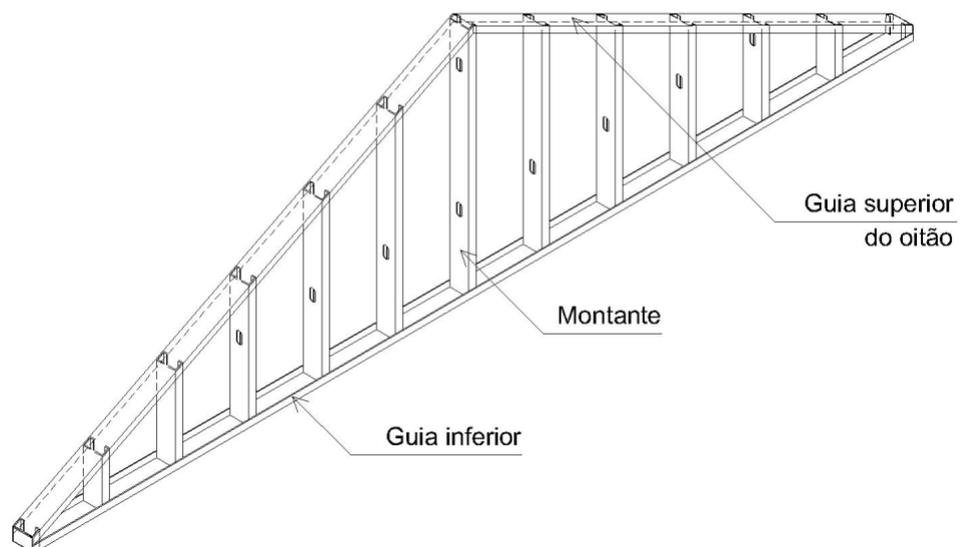


Figura 5.19 - Painel de fechamento do oitão.

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 Manual “Construcción com Acero Liviano-Manual de Procedimiento” (Consul Steel, 2002):

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:

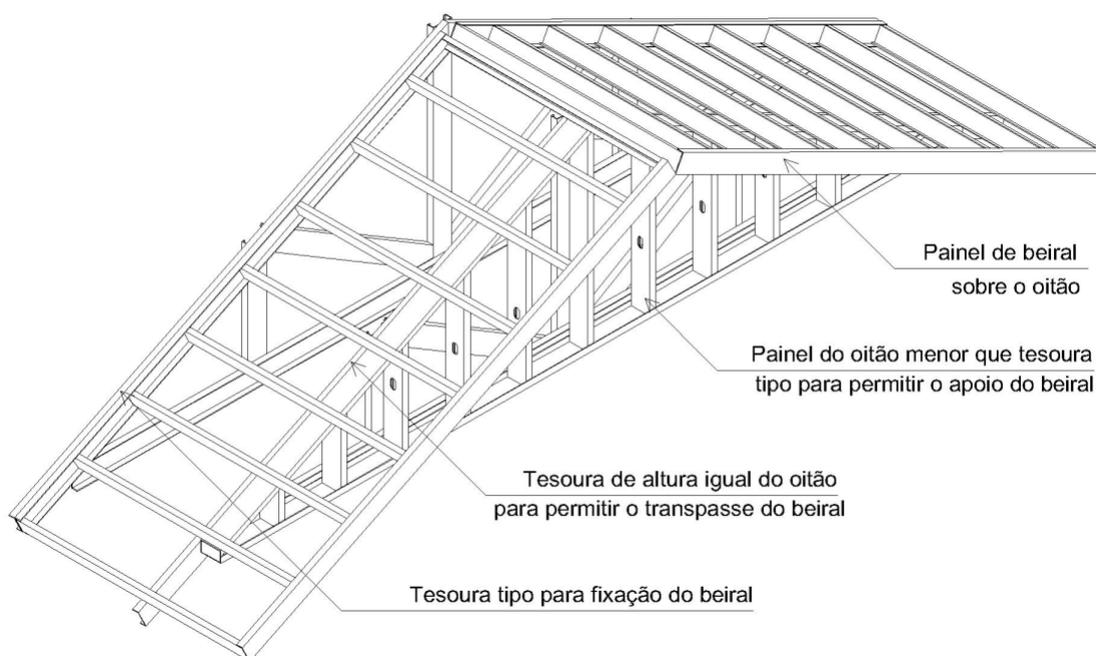


Figura 5.20 - Painel de beiral.

Para poder unir o beiral a 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 5.21.

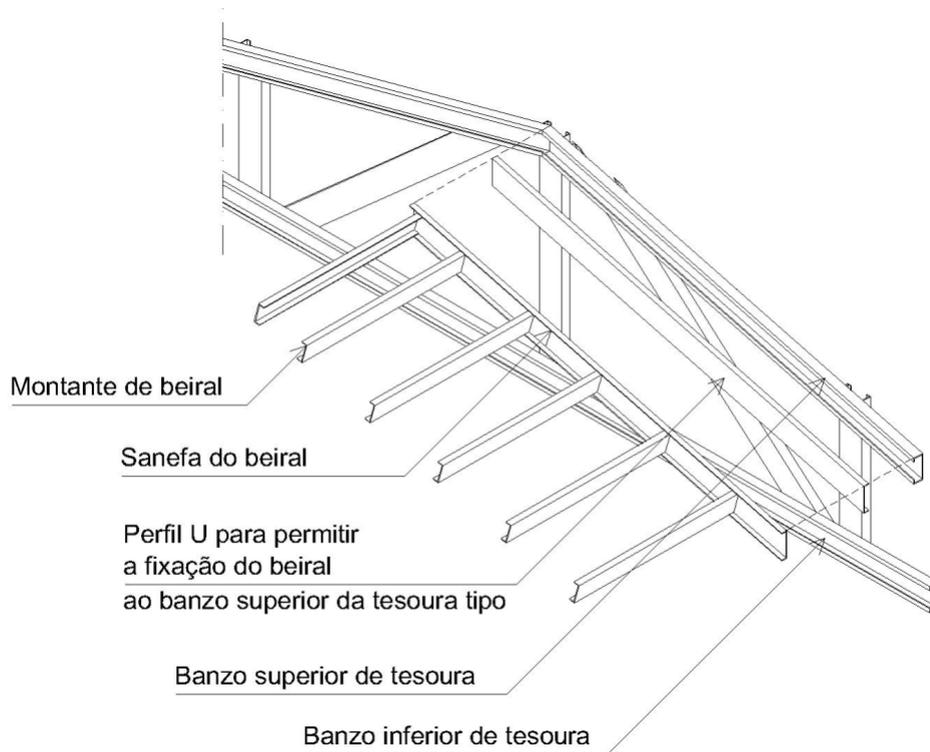


Figura 5.21 - Detalhe de fixação de painel de beiral.

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 devem 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).

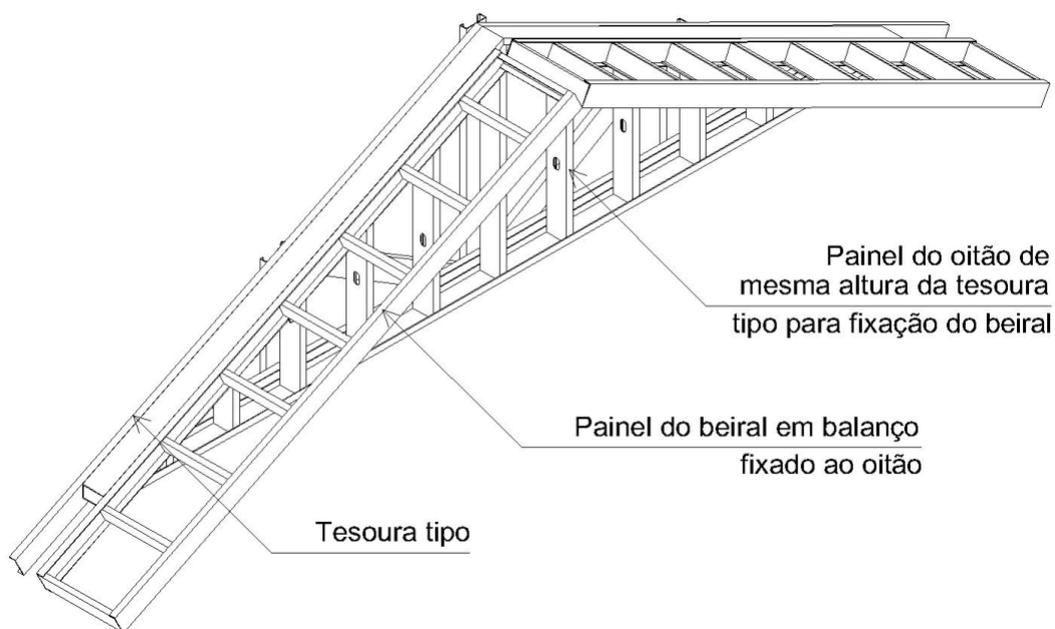


Figura 5.22 - Painel de beiral em balanço.

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” (Consul Steel, 2002) :

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 intersecção 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: Aegis Metal Framing, 2005.

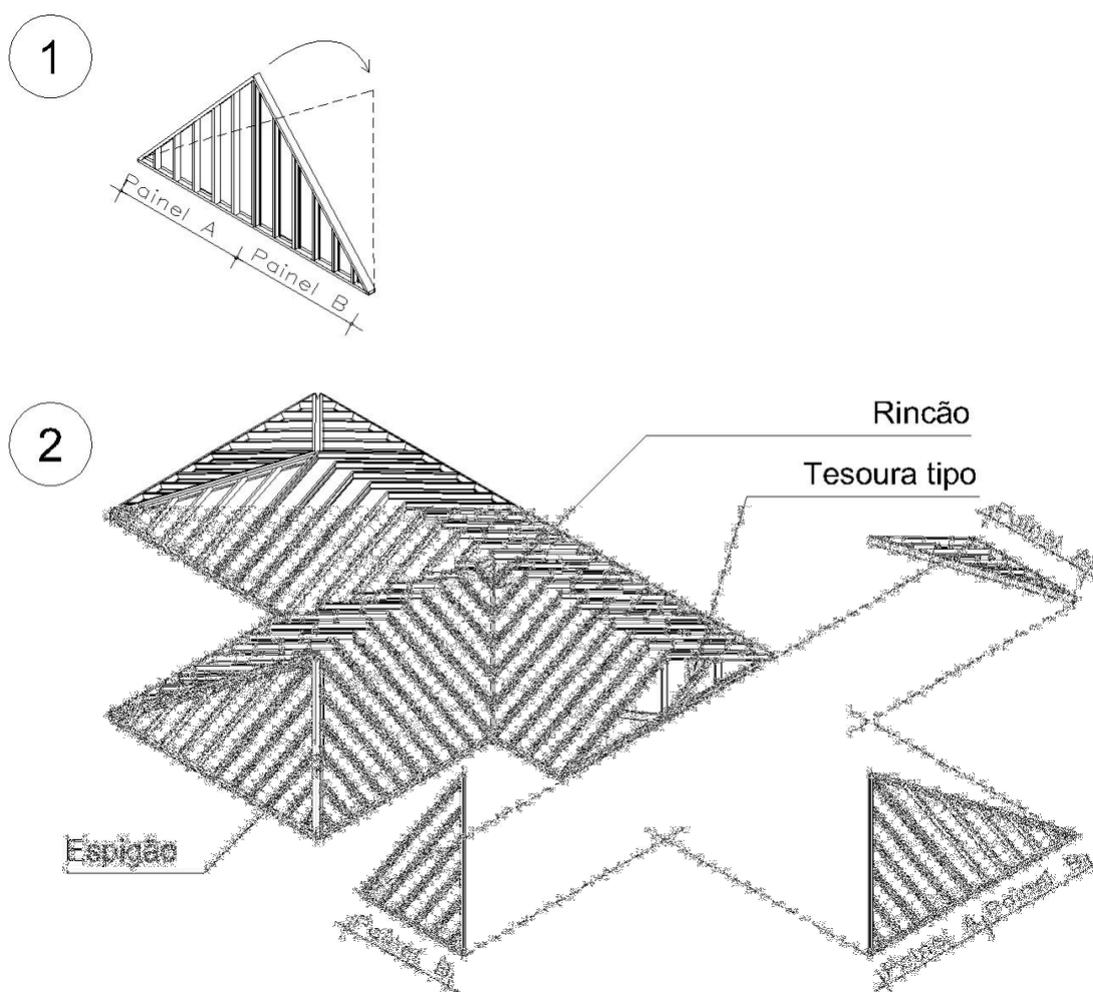


Figura 5.23 - Método para construção de telhados de quatro águas.

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 corresponde a sua posição na inclinação do telhado e que apoiarão as terças, como mostrado na figura 5.24.

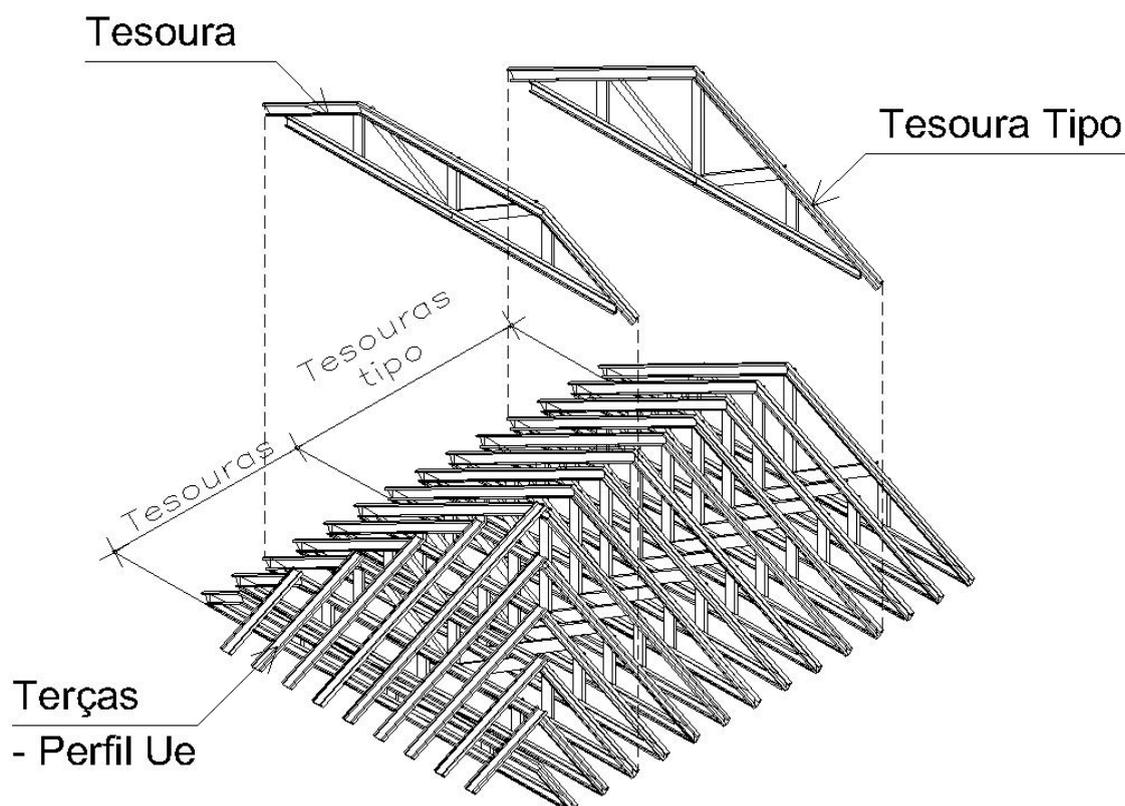


Figura 5.24 - tesouras auxiliares.

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 (2000), 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 do Telhado Estruturado com Tesouras

De acordo com LaBoube, 1995, 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 funcionem 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 as 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;

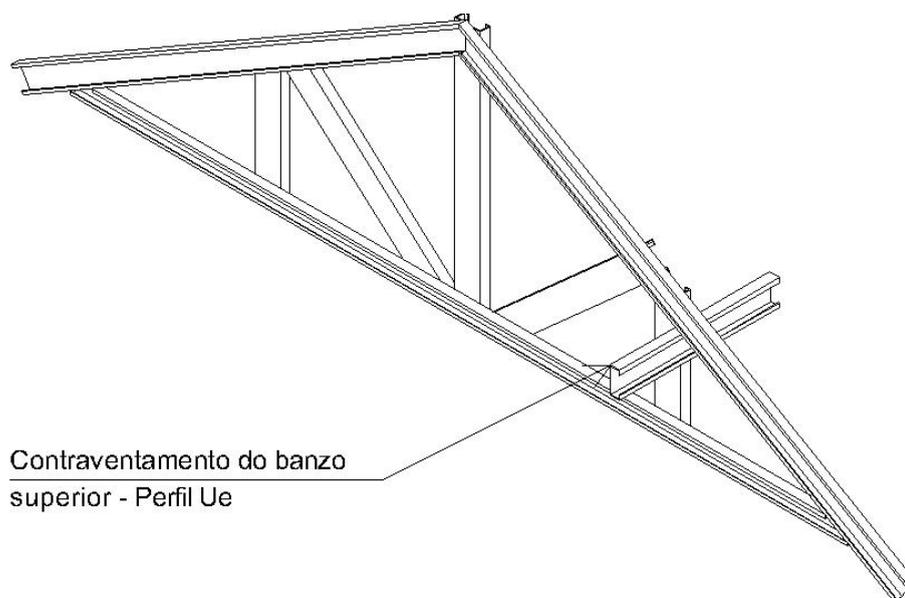


Figura 5.25 - Contraventamento lateral do banzo superior.

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).

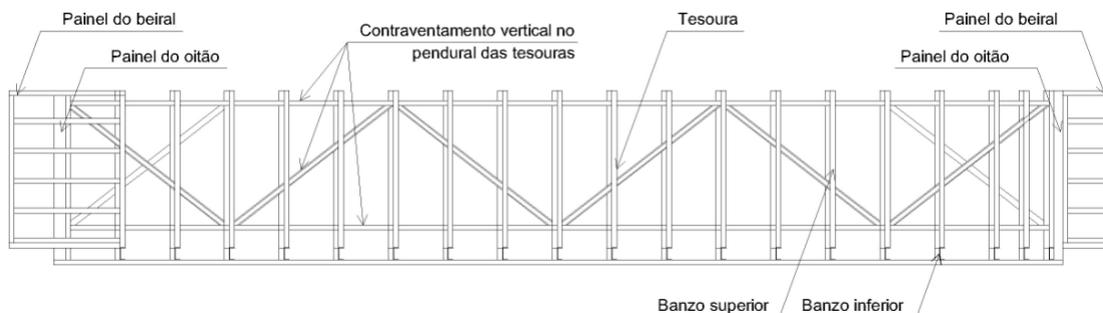


Figura 5.26 – Vista lateral de estrutura de telhado mostrando o contraventamento em "X" do sistema de tesouras.

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".



Foto 5.11 – Demonstração de instalação de telhas “shingles” sobre placas de OSB.

Para telhas metálicas (Foto 5.12), o contrave ntamento lateral do banzo superior quando disposto sobre as tesouras, serve de base para a fixação da telha (Figura 5.27).



Foto 5.12 -Telhas metálicas usadas na cobertura da edificação.

Fonte: Aegis Metal Framing, 2005.

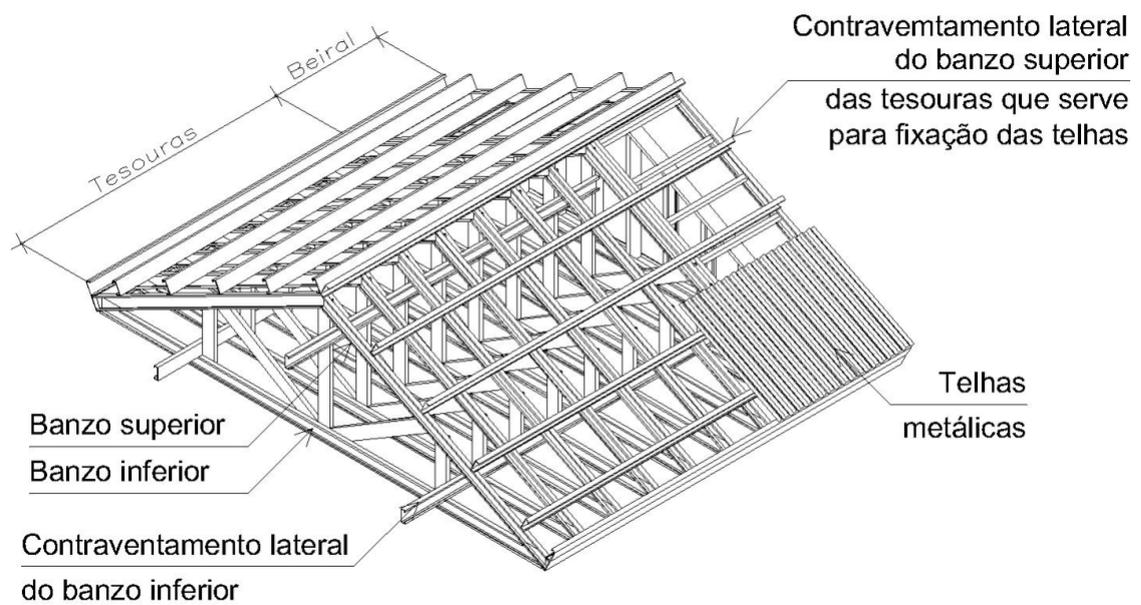


Figura 5.27 - Telhado estruturado com tesouras com cobertura em telha metálica.

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 ser 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 sistemas racionalizados 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 400 mm 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 do sistema de fechamento vertical 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 elas, 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 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. Para o isolamento térmico da edificação, outro ponto a ser considerado é que os perfis que compõem a estrutura têm a capacidade de produzir pontes térmicas em determinadas condições de temperatura. Por isso em muitos casos, as pesquisas se detêm a sistemas de fechamento externo que possuam grande capacidade de isolamento térmico como painéis de EIFS (Figura 6.1), que em Inglês corresponde a “*Exterior Insulation and Finish System*”, que consiste em um sistema multicamada composto de isolamento térmico com EPS (poliestireno expandido), revestimento especial (argamassa polimérica) e tela de fibra de vidro que garante a resistência e durabilidade dos painéis.

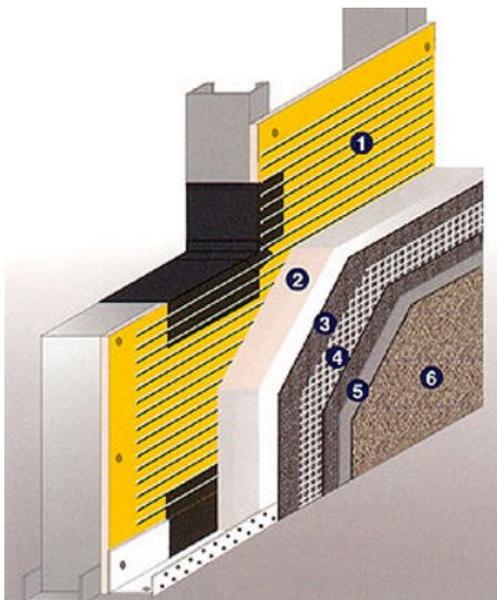


Figura 6.1 – Desenho esquemático de fechamento externo com EIFS: 1- substrato; 2- placa de EPS; 3- revestimento de base; 4- malha de reforço; 5- regulador de fundo; 6- revestimento final.

Fonte: Futureng, 2004.

No Brasil, basicamente, a tecnologia para sistemas de fechamento de edificações estruturadas em aço tem sido importada. Apesar da maioria dos produtos já serem produzidos no país, algumas características como as dimensões nominais das chapas ainda não foram totalmente nacionalizadas, portanto algumas apresentam dimensões que foram convertidas de pés para milímetros. Nesse caso, a maior implicação estaria no fato da modulação das placas não estar compatível com a da estrutura estabelecida no sistema métrico, ocasionando perdas pela necessidade de cortes.

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 pode ser usado com aplicações internas.

Porém, o mercado está sempre oferecendo novas opções, reflexo das pesquisas por materiais alternativos a alvenaria, que não apresenta tanta compatibilidade com as estruturas metálicas. Nesse campo, pode-se citar o uso de painéis metálicos (Foto 6.1) que já podem apresentar isolamento termo-acústico incorporado e além de compatibilidade com a estrutura, são amplamente empregados no fechamento de galpões, indústrias, centros comerciais e culturais, de ensino e tantos outros.



Foto 6.1– Fechamento externo de edificação em LSF com painéis metálicos
Fonte: Revista Architecture à Vivre, 2004.

Nesse capítulo, estudam-se os materiais mais utilizados até agora no Brasil: OSB, placa cimentícia e gesso acartonado, por melhor ter se adequadado 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 as 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 (Dias et al., 2004) e lajes de piso (Santos, 2005).

O OSB ou painel de tiras de madeira orientadas é produzido a partir de madeira de reflorestamento como o pinus, orientadas em três camadas perpendiculares, que aumentam sua resistência mecânica e rigidez. Essas tiras de madeira são unidas com resinas e prensadas sob alta temperatura (Masisa, 2003).

O OSB foi concebido visando grande versatilidade de uso e alta durabilidade. Segundo informações do fabricante, as chapas de OSB não possuem vazios em seu interior, nem nós, nem problemas de delaminação. Apresenta grande trabalhabilidade, permitindo serrar, perfurar, pregar, pintar, envernizar e colar (Masisa, 2003). São tratadas contra insetos e possuem uma relativa resistência à umidade, devido aos adesivos utilizados na confecção das chapas e as bordas seladas (borda verde). São comercializadas nas dimensões de 1,22 m x 2,44 m e com espessuras que variam entre 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.

As espessuras das placas a serem empregadas são determinadas por fatores como tipo de acabamento (*siding* ou argamassa), espaçamento entre montantes, função estrutural (diafragma rígido) que são propostas no projeto da estrutura. De acordo com estudos técnicos feitos pela *Structural Board Association* (2004) (Associação Canadense de OSB), a relação entre a espessura da placa, o tipo de revestimento e o espaçamento entre montantes, sem considerar a função estrutural, podem ter como referência os valores mostrados na Tabela 6.1.

Tabela 6.1. – Espessura mínima das placas de OSB de acordo com espaçamento entre montantes e tipo de revestimento.

OSB COM REVESTIMENTOS LEVES TIPO SIDING VINÍLICO E SIMILARES		
Aplicação	Espaçamento máximo entre montantes	Espessura mínima
Horizontal	400 mm	9 mm
Vertical	400 mm	12 mm
Horizontal	600 mm	9 mm
Vertical	600 mm	12 mm
OSB COM REVESTIMENTOS TIPO ARGAMASSA		
Horizontal	400 mm	12 mm
Vertical	400 mm	12 mm
Horizontal	600 mm	12 mm
Vertical	600 mm	15 mm

Fonte: adaptado de SBA – Structural Board Association, 2004.

O método de fixação e montagem é muito semelhante ao do gesso acartonado no sistema *drywall* (que será descrito no item 6.3), onde as placas, por suas dimensões e por serem muito leves (aproximadamente 5,4 Kg por m², dependendo da espessura), são

fixadas por meio de parafusos auto-brocantes e auto-atarraxantes específicos aos perfis galvanizados podendo ser transportadas manualmente sem a necessidade de equipamentos.

Como as placas de fechamento externo estão sujeitas as intempéries, deve se tomar algumas precauções tanto no projeto como na execução da edificação. Já no projeto, deve-se prever as juntas de dilatação entre as placas, devido às variações dimensionais ocasionadas pela temperatura e umidade do ar. 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*, 2004). As juntas podem ser abertas ou tratadas de acordo com o tipo de revestimento externo que for especificado para a fachada (Foto 6.2).



Foto 6.2 – Fachada com fechamento externo em OSB apresentando juntas sem tratamento para receber como revestimento final o *siding* vinílico.

Independente do revestimento, 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 estanqueidade 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 minimize 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.

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 mostrado na figura 6.2:

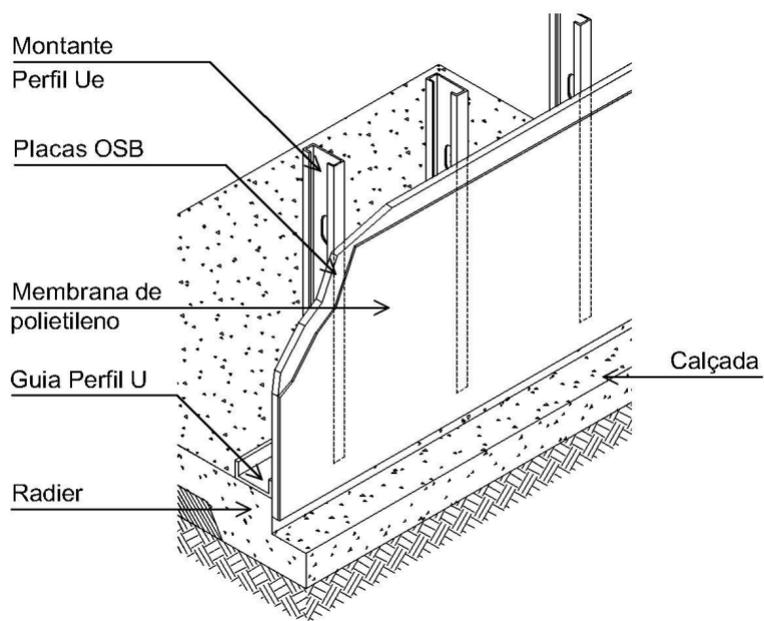


Figura 6.2- Embasamento elevado para evitar contato das placas e painéis com a umidade.

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



Foto 6.4- Instalação de OSB na fachada com juntas defasadas.

Como acabamento final podem ser adotados o *Siding* vinílico, o de madeira ou cimentício e a argamassa. 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.

6.1.1. *Siding* Vínilico

O *siding* é um revestimento de fachadas, composto de placas paralelas, muito comum nas residências suburbanas norte-americanas (Foto 6.5). 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 construção 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.



Foto 6.5- Residência estruturada em LSF com fachada revestida com *siding* de madeira.
Fonte: International Iron and Steel Institute, 1996.

O *siding* vínilico 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 régua duplas com 5,00 m

de comprimento e 25,0 cm de largura com texturas que imitam a madeira e na cor branca (Foto 6.6).



Foto 6.6- Instalação de *siding* vinílico. Fonte: Lima, 2003¹.

O revestimento é impermeável, graças ao material que é composto e ao sistema de montagem de barras intertravadas, que possibilita a estanqueidade. Porém, não apresenta grande resistência a impactos, apesar de atender a normas internacionais de desempenho. Também o PVC é um material que sofre variações dimensionais provocadas pelas mudanças de temperatura, já que está exposto ao ambiente externo. Para assegurar a eficiência da instalação do *siding* vinílico, deve-se colocar as régua 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 6.7). Portanto é um sistema que se apresenta completo para instalação.

¹ Imagem originalmente publicada em: Revista Techné n° 76, Julho de 2003, pág. 56.



Foto 6.7- Perfis acessórios para instalação do *siding* vinílico, no detalhe acabamento para esquadrias e cantoneiras.

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 as 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);

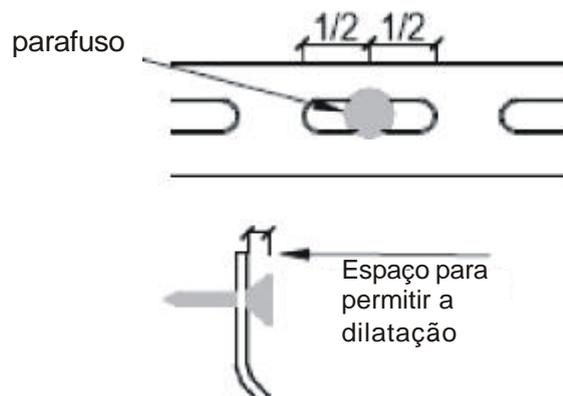


Figura 6.3- Fixação do *siding* com parafusos.

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;

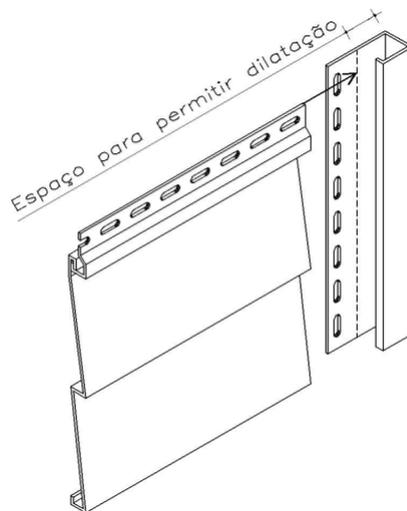


Figura 6.4 – Detalhe da folga no encontro das réguas com os perfis acessórios.

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);

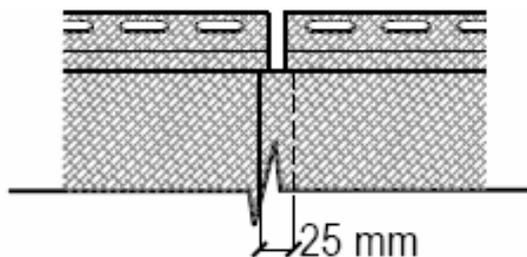


Figura 6.5 – Sobreposição na junção das réguas.

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.

As juntas entre as placas de OSB podem ser abertas sem precisar de tratamento, pois a membrana de polietileno e o *siding* já garantem a estanqueidade do painel.

6.1.2. Argamassa

As pesquisas para o uso da argamassa revestindo as placas de OSB têm evoluído no sentido de resolver os problemas de trincas e fissuras relativas à movimentação e variação dimensional da estrutura e das placas, elaborando argamassas mais flexíveis e proporcionando superfícies mais aderentes. Porém, ainda há certas dificuldades na execução, que podem ocasionar patologias, principalmente pelas placas de fechamento e as membranas de impermeabilização não apresentarem uma superfície adequada para a aderência da argamassa, e pelo revestimento estar exposto as condições climáticas que podem influir no desempenho final.

Basicamente, o método mais indicado de revestir o OSB com argamassa, consiste em aplicá-la sobre tela de galinheiro 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 6.8). A argamassa de traço forte deve ser aplicada, uniformemente, oferecendo um bom recobrimento e não deixando a tela exposta.



Foto 6.8- Revestimento das placas de OSB com argamassa aplicada sobre tela de galinheiro.

Não é preciso o tratamento das juntas das placas de OSB, podendo ficar abertas. Porém é necessário juntas feitas na argamassa para a orientação de trincas (Foto 6.9). 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.



Foto 6.9- Fachada em OSB revestida com argamassa com juntas aparentes para orientação das trincas.
Fonte: Firmo, 2004.

O outro método desenvolvido consiste em usar um revestimento tipo argamassa colante, à base de cimento, aditivos especiais e agregados, que é flexível e impermeável aplicado diretamente sobre as placas de OSB sem membrana de polietileno, após o tratamento das juntas das placas com a mesma argamassa e tela de fibra de vidro (Foto 6.10). Porém este procedimento não tem se mostrado satisfatório.



Foto 6.10- Fachada em OSB revestida com argamassa especial sem impermeabilização com membrana de polietileno.

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 6.11).



Foto 6.11- Fachada revestida com tijolos maciços. Fonte: Construtora Seqüência, 2004.

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

Porém, não há impedimentos em se construir uma edificação com estrutura em light Steel Framing e fechamentos em alvenaria, principalmente quando isso se constitui uma exigência do cliente (Foto 6.12). Contudo, é necessária especial atenção a impermeabilização; vinculação do fechamento à estrutura de forma adequada considerando a variação dimensional e movimentação da estrutura de aço e do bloco de alvenaria; isolamento termo-acústico, detalhamento de interfaces e racionalização da execução da parede de alvenaria.



Foto 6.12- Residência estruturada em LSF e revestida de tijolos. Fonte: IISI, 1996.

Como a parede de alvenaria não se apóia sobre a estrutura, só se vincula a ela por meio de conectores (Foto 6.13), os únicos movimentos restringidos entre a fachada e a estrutura são aqueles provenientes dos deslocamentos 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).



Foto 6.13- Fechamento vertical de estrutura em LSF com tijolos maciços, no detalhe conectores metálicos.

Para o correto funcionamento dos conectores, devem ser atendidas as seguintes recomendações (Figura 6.6):

1. Os elementos de vinculação devem localizar-se de modo a coincidirem com os montantes dos painéis, fixando-se em cada um deles. Portanto, a fixação no sentido horizontal dependerá da modulação da estrutura, que normalmente é de 400 ou 600 mm;
2. Quanto a modulação das fixações no sentido vertical, para blocos de cimento será a cada 4 fiadas, ou aproximadamente 80 cm, e para tijolos comuns a cada 10 fiadas, ou aproximadamente 70 cm, como mostra a foto 6.13 (Consul Steel, 2002);
3. Quanto ao reforço das vergas para vãos de aberturas, os critérios são os mesmos da construção convencional.

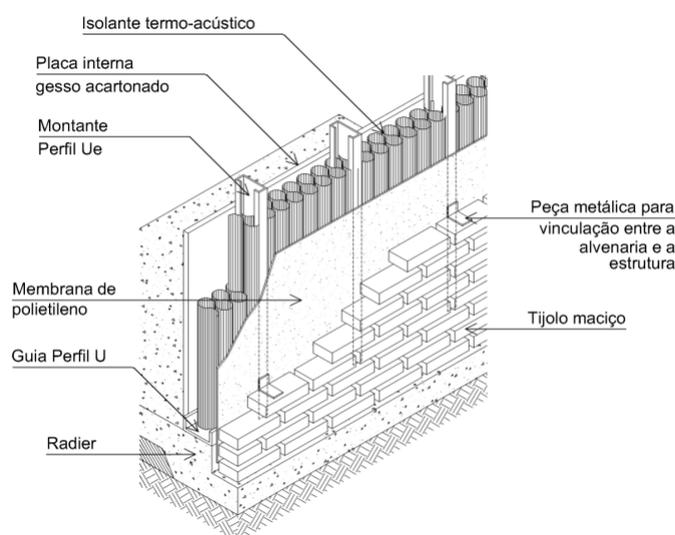


Figura 6.6 – Desenho esquemático de fechamento de alvenaria de painéis em LSF.

6.3. Placas Cimentícias

As placas cimentícias podem ser utilizadas como fechamento externo ou interno dos painéis, principalmente em áreas molhadas, substituindo o gesso acartonado e em áreas expostas a intempéries (Foto 6.14). Para uso em pisos é necessário um substrato de apoio, que pode ser de chapas de madeira transformada resistente a água, para proporcionar resistência à flexão.



Foto 6.14 – Fechamento com placas cimentícias. Fonte: Loturco, 2003.

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).

Segundo os fabricantes, as principais características da placa cimentícia são (Brasilit, 2004; Loturco, 2003):

- 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 sentido do comprimento com até 3 m de raio;
- Tem baixo peso próprio, até 18 Kg por m^2 , facilitando o transporte e manuseio, dispensando o uso de equipamentos;

- 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 6.2).

Tabela 6.2. - Relação entre espessura da placa cimentícia e aplicação.

<i>Espessura da placa</i>	<i>Aplicação Usual</i>
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.

Fonte: Brasilit, 2004.

Como ainda não existem normas brasileiras específicas que controlem a qualidade de fabricação das placas, é essencial a pesquisa junto ao fabricante das características de seu produto para evitar riscos de patologias. Entre as patologias de maior ocorrência estão as fissurações no corpo da chapa, trincas em juntas (Foto 6.15) e revestimentos, inclusive com destacamento dos mesmos.

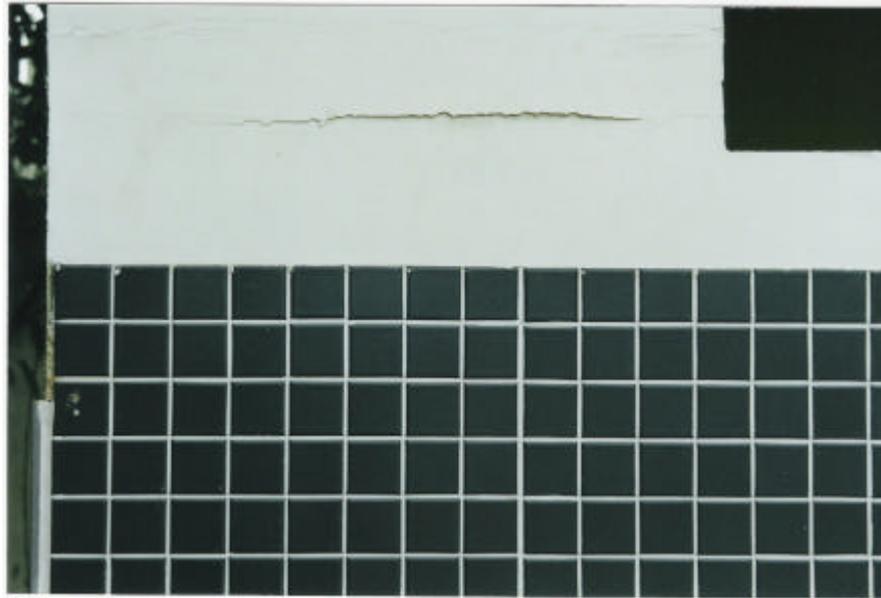


Foto 6.15 – Trincas na junção de placas cimentícias.

Portanto, 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 como mostrado na figura 6.7.



Figura 6.7 – Desenho esquemático do encontro de duas placas com junta aparente.

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, como mostrado na figura 6.8.



Figura 6.8- Desenho esquemático do encontro de duas placas com junta invisível.

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 a do gesso acartonado, que será apresentado a seguir, 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, as divisórias internas, quando não são estruturais podem ser construídas 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 com armários, bancadas, quadros, etc.

Convém explicar que o termo *Drywall* é empregado usualmente nos Estados Unidos e vem sendo utilizado no Brasil para se referir às divisórias de gesso acartonado com estrutura em perfis galvanizados. Porém, esse termo refere-se aos componentes de fechamento utilizados na construção a seco, sendo as chapas de gesso acartonado e os perfis galvanizados apenas um dos vários tipos de *Drywall*. Dentre eles, os fechamentos das divisórias internas com placas de OSB, cimentícias ou similares dos painéis constituídos de perfis galvanizados também podem ser considerados como *Drywall*.

A seguir vamos tratar da execução do sistema *Drywall* com chapas de gesso acartonado. A mesma técnica que é utilizada na montagem e fixação das referidas chapas nos perfis galvanizados do sistema *Drywall*, é empregada no fechamento dos painéis estruturais e não-estruturais do sistema LSF com as chapas de gesso acartonado.

Também a montagem e fixação das placas cimentícias, tanto nos painéis como no *Drywall* segue os mesmos princípios, exceto pelo tratamento das juntas e tipos de parafusos que já foram descritas no item 6.2.

6.4.1. Características das Placas de Gesso Acartonado

O gesso acartonado é um tipo de fechamento vertical utilizado na compartimentação e separação de espaços internos em edificações. É um sistema leve, estruturado, fixo, geralmente monolítico, de montagem por acoplamento mecânico e constituída usualmente por uma estrutura de perfis metálicos e fechamento de chapas de gesso acartonado (Sabbatini, 1998² apud Holanda, 2003).

Por não possuir função estrutural, as chapas de gesso acartonado são vedações leves e sua densidade superficial varia de 6,5 Kg por m² a 14 Kg por m² 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. São produzidas de acordo com as normas NBR 14715:2001, NBR 14716:2001 e NBR 14717:2001.

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.

Conforme a Abragesso (2004) 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;

² 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. P. 67-94.

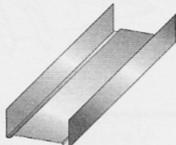
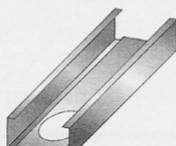
- A Placa Resistente ao Fogo (RF), conhecida como placa rosa, para aplicação em áreas secas, em paredes com exigências especiais de resistência ao fogo.

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 e montantes verticais a fim de possibilitar uma estrutura para fixação das chapas. Suas especificações estão descritas na tabela 6.3.

Tabela 6.3. Tipos de perfis para *Drywall*

Tipo de perfil	Desenho	Código	Dimensões nominais (mm)	Utilização
Guia (formato de 'U')		G 48	48/28	Paredes, forros e revestimentos
		G 70	70/28	
		G 75	75/28	
		G 90	90/28	
Montante (formato de 'C')		M 48	48/35	Paredes, forros e revestimentos
		M 70	70/35	
		M 75	75/35	
		M 90	90/35	

Fonte: Abragesso, 2004

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 minimiza 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 sistemas de fechamento racionalizados é necessário que seu projeto juntamente com os projetos 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. Esse assunto será abordado com mais profundidade no capítulo 8.

Portanto, antes de iniciar a montagem do sistema de fechamento interno é importante verificar a compatibilização dos projetos entre si. A seguir devem ser verificadas as seguintes condições (Taniguti, 1999):

- Todo o fechamento vertical externo já deve estar instalado e impermeabilizado, e lajes de piso e telhado devem ter sido terminados;
- 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 (concreto, laje seca com OSB, laje úmida).

6.4.4. Montagem de Sistema *Drywall*

A especificação padrão para a nomenclatura do sistema consiste em espessura da parede, largura e espaçamento entre montantes (Figura 6.9). Demais características como tipo e espessura da placa, tipo de preenchimento, tipos de estruturas ou paredes especiais são especificadas de acordo com o fabricante.

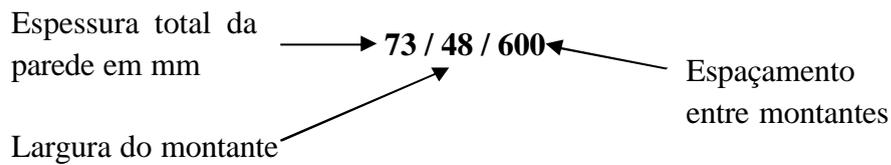


Figura 6. 9– Especificação padrão para painéis de gesso acartonado. Fonte: Placo.

Os componentes básicos para a montagem 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 mostrado na figura 6.10:

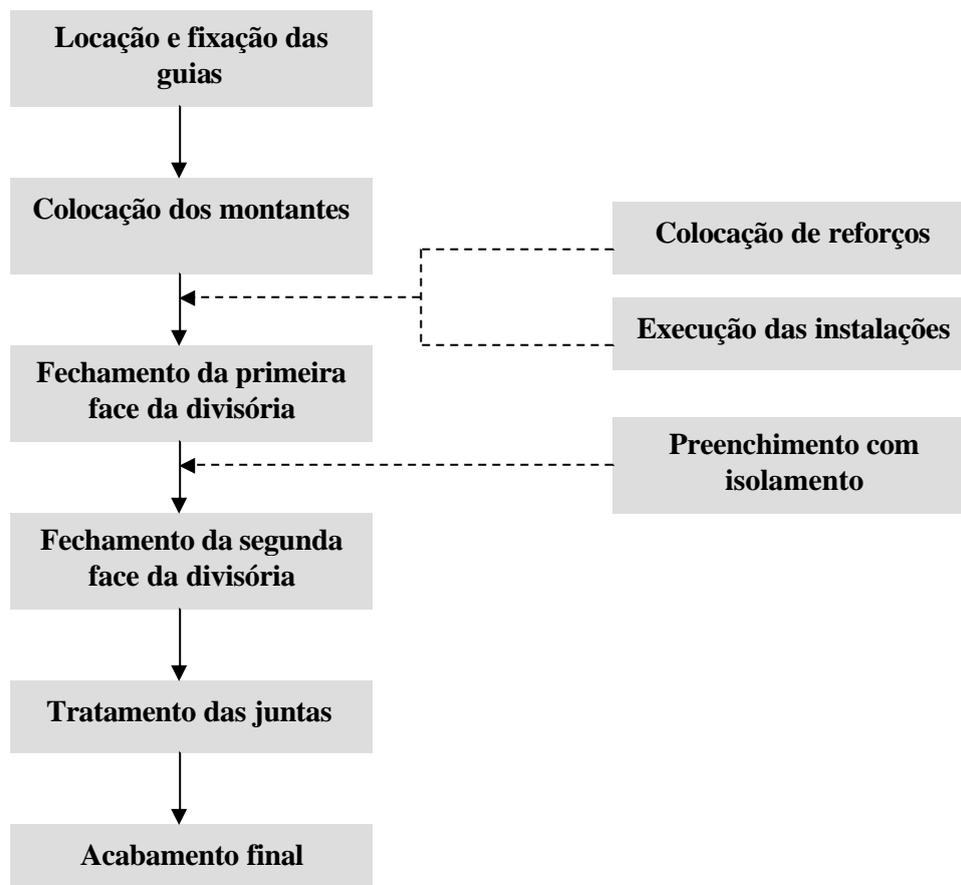


Figura 6. 10 – Seqüência de montagem das divisórias de drywall. Fonte:adaptado de Taniguti, 1999.

A execução das divisórias inicia-se com a marcação no piso e no teto da localização da guia superior e inferior. Primeiro marca-se com fio traçante a localização da guia inferior, e com ajuda de prumo e nível a laser a localização da guia superior. Marcam-se os pontos de referência dos vãos de portas e fixação de cargas pesadas como pias, armários suspensos, bancadas, etc.

As guias são fixadas a cada 60 cm com parafusos auto-atarraxantes galvanizados na estrutura, com pinos de aço nas fundações, e com parafusos galvanizados e buchas em alvenarias. Antes da fixação das guias, colar na alma do perfil a fita de isolamento ou banda acústica, de forma que ela fique entre este e a superfície de fixação. Observar o espaçamento entre as guias na junção de paredes em “L” ou “T”, considerando a espessura da chapa de gesso, conforme mostra a figura 6.11.

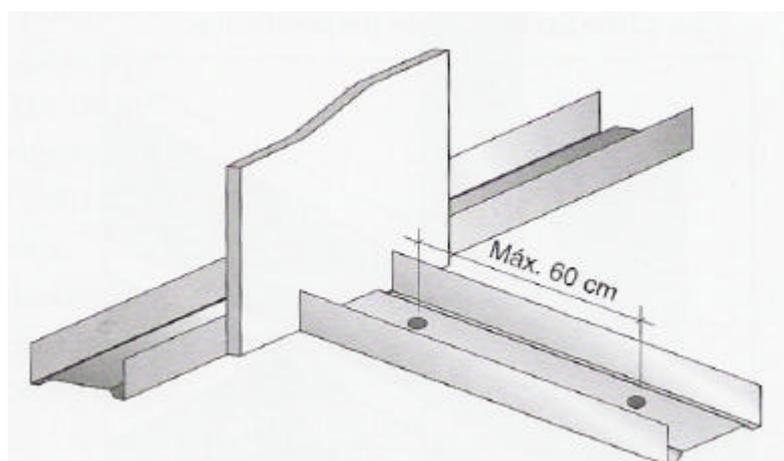


Figura 6.11 – Junção de painéis *Drywall* em “L”. Fonte: Abragesso, 2004.

Após a fixação das guias, os montantes são cortados com 5 mm a menos que o pé-direito do ambiente, devido as espessuras das guias onde serão encaixados. A fixação se inicia com os montantes das extremidades do painel que são parafusados às superfícies que estão encostados e que podem ser outros painéis ou estruturas. Antes da fixação dos montantes, se estiver previsto em projeto, colar na alma do perfil a fita de isolamento ou banda acústica, de forma que ela fique entre este e a superfície de fixação.

Encaixar os demais montantes, aparafusando-os nas guias, obedecendo ao espaçamento previsto no projeto, que geralmente é de 400 mm ou 600 mm (Figura 6.12). Para verificar o prumo dos montantes, usar régua com nível de bolha.



Figura 6.12– Instalação dos montantes em divisória *Drywall*. Fonte: Abragesso, 2004.

Caso haja necessidade de emenda de montantes, que é possível já que a parede não é estrutural, a ABRAGESSO (2004) recomenda duas formas:

- a) Executá-la através de encaixe telescópico, cujo transpasse deve ser de, no mínimo, 30 cm com pelo menos dois parafusos metal/metal de cada lado, conforme mostra a figura 6.13 a:
- b) Pode-se também emendá-los com o auxílio de pedaço de guia ou de montante, neste caso o transpasse deve ser de pelo menos 30 cm de cada lado da emenda e com no mínimo quatro parafusos metal/metal de cada lado (figura 6.13 b). Nunca coincidir as emendas dos montantes em uma mesma linha; elas devem sempre ser desencontradas.

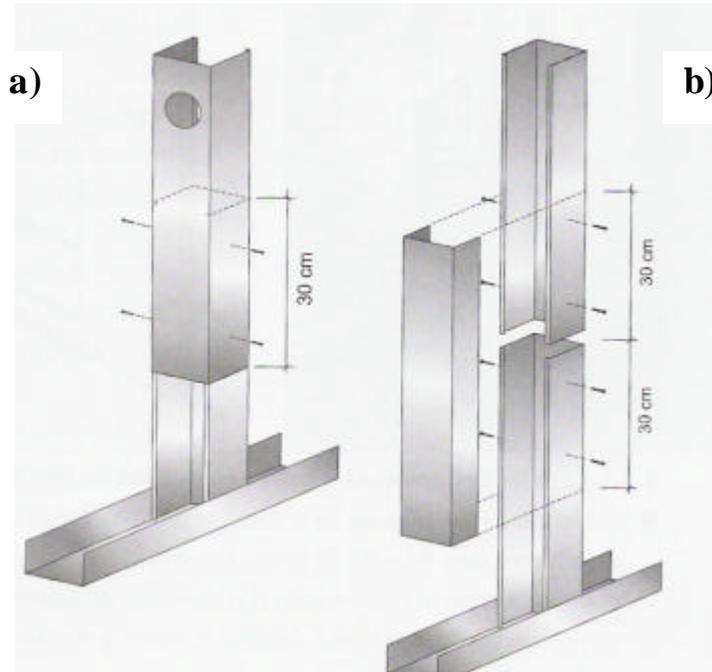


Figura 6.13 – Emenda de montantes em painel Drywall. Fonte: Abragesso, 2004.

É importante que a abertura dos perfis dos montantes em um painel estejam voltados sempre para a mesma direção. No encontro de painéis prever um montante, independente da modulação da estrutura, para a fixação do painel perpendicular (figura 6.14).

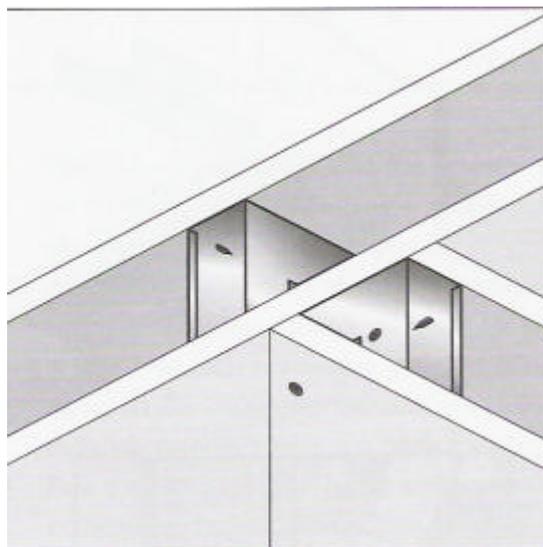


Figura 6.14 – Montante para fixação de painel perpendicular em *Drywall*. Fonte: Abragesso, 2004.

6.4.4.1. Aberturas de Vãos para Esquadrias

Para a abertura de vãos para portas, deve-se proceder da seguinte forma:

- Interromper a guia inferior no vão da porta, deixando 20 cm de cada lado para ser dobrado 90° para remonte sobre o montante, conforme mostrado na figura 6.15. Fixar firmemente a guia em contato com o piso na extremidade das aberturas;

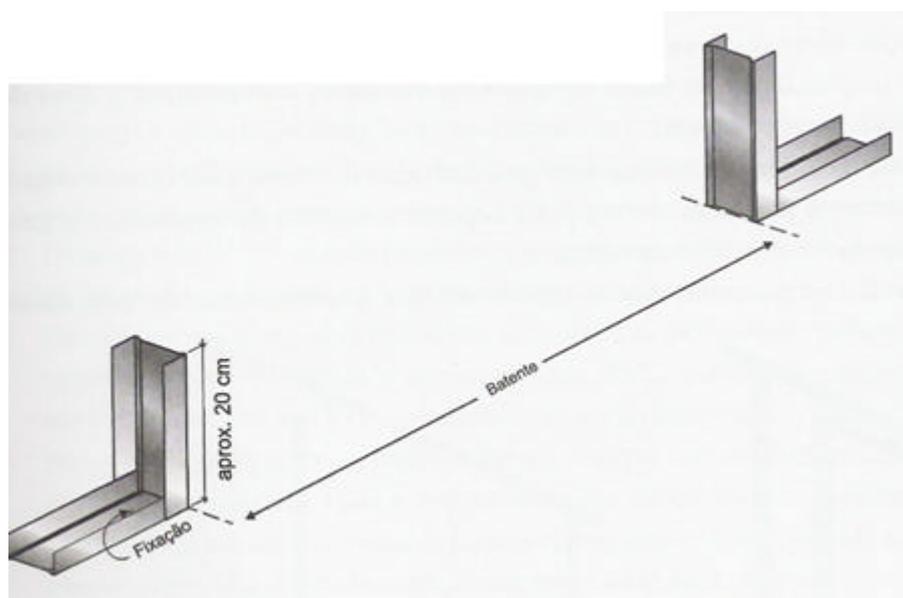


Figura 6.15 – Abertura de vão em painel *drywall*. Fonte: Abragesso, 2004.

- Sempre que possível utilizar montantes duplos nas laterais da porta, encaixando-os nas guias superior e inferior (figura 6.16). No caso de montantes simples, alma do montante deve estar voltada para o batente;

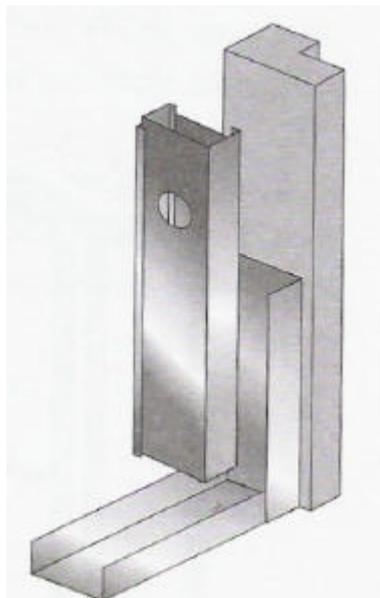


Figura 6.16 – Montantes duplos para fixação de batente da porta em divisória *drywall*.
Fonte: Abragesso, 2004.

- Na parte superior do vão, colocar uma guia de abertura (conforme descrito no capítulo 3), fixando-a nos montantes laterais. Colocar os montantes auxiliares entre a guia de abertura e a guia superior do painel, mantendo a modulação da estrutura (figura 6.17).

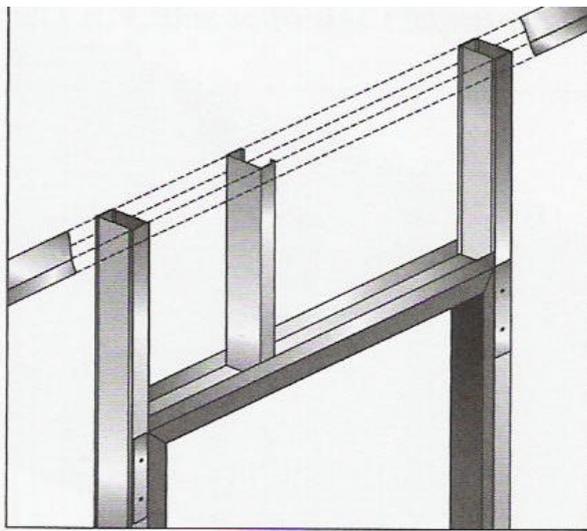


Figura 6.17- Montagem da parte superior da abertura de portas em divisória *drywall*.
Fonte: Abragesso, 2004.

- Quando houver fixação de um batente contra um painel, prever um montante dentro do painel, para possibilitar sua fixação.

6.4.4.2. Instalações Prediais e Reforços

Segundo a Abragesso (2004) havendo a necessidade de executar instalações elétricas e hidráulicas e reforços para a fixação de peças suspensas pesadas (Figura 6.18), estes elementos devem ser aplicados preferencialmente antes da colocação das chapas, para facilitar a execução. Certificar-se do correto posicionamento dos elementos conforme projeto e testar a estanqueidade das instalações hidráulicas antes do fechamento dos painéis.

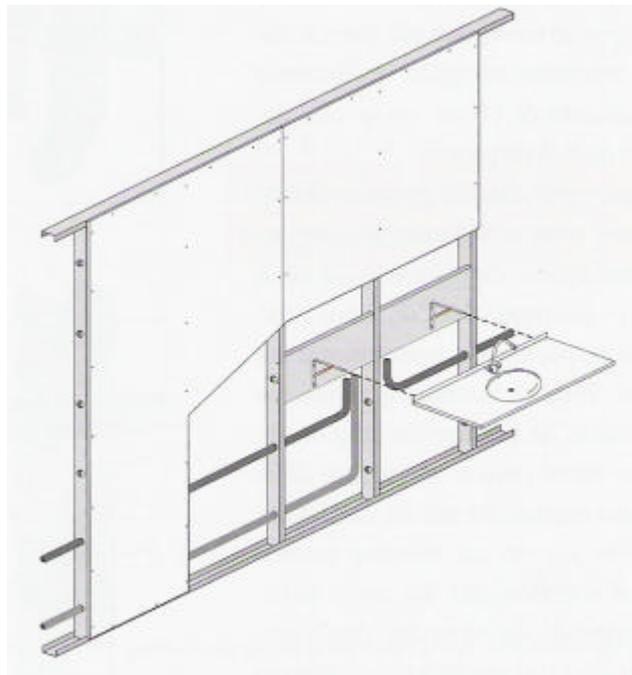


Figura 6.18 – Reforço para instalação de bancada em divisória *drywall*. Fonte: Abragesso, 2004.

Os reforços podem ser travessas metálicas ou de madeira, e o espaçamento mínimo entre os pontos de fixação deve ser de 40 cm.

As tubulações hidráulicas quando são de cobre ou bronze devem ser isoladas dos perfis galvanizados para se evitar a corrosão por pares galvânicos, inclusive quando passarem

pelos furos existentes nos montantes. Fios e cabos elétricos devem ser colocados dentro de eletrodutos ou conduítes corrugados, e nos furos dos montantes, deve-se utilizar peças plásticas de proteção para evitar danos na instalação elétrica, uma vez que esses furos possuem arestas cortantes (Foto 6.16).

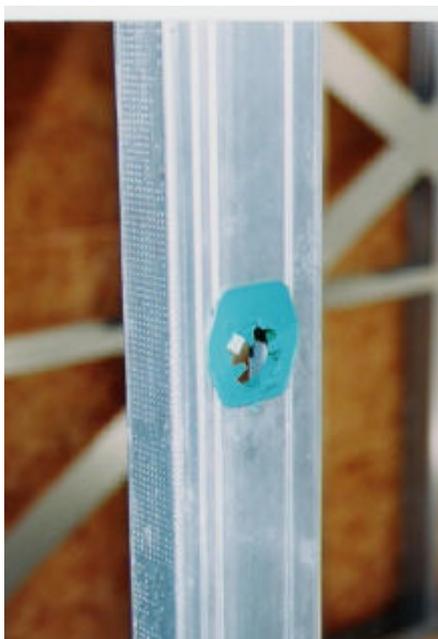


Foto 6.16 – Proteção plástica para instalações.

6.4.4.3. Instalação das Chapas

As chapas ou placas podem ser fixadas na horizontal ou vertical, porém devido a critérios de modulação, para o melhor aproveitamento da chapa, recomenda-se sua instalação com o comprimento na posição vertical. As chapas devem ter altura 10 mm menor que o pé-direito, deixando essa folga entre a chapa e o piso para evitar absorção de umidade (Figura 6.19).

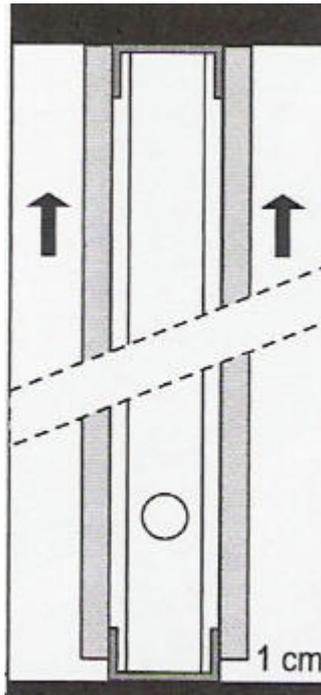


Figura 6.19 – Folga entre a chapa e o piso. Fonte: Abragesso, 2004.

Se o pé direito for maior que o comprimento das chapas, suas juntas horizontais devem ser desencontradas, como ilustra a figura 6.20:

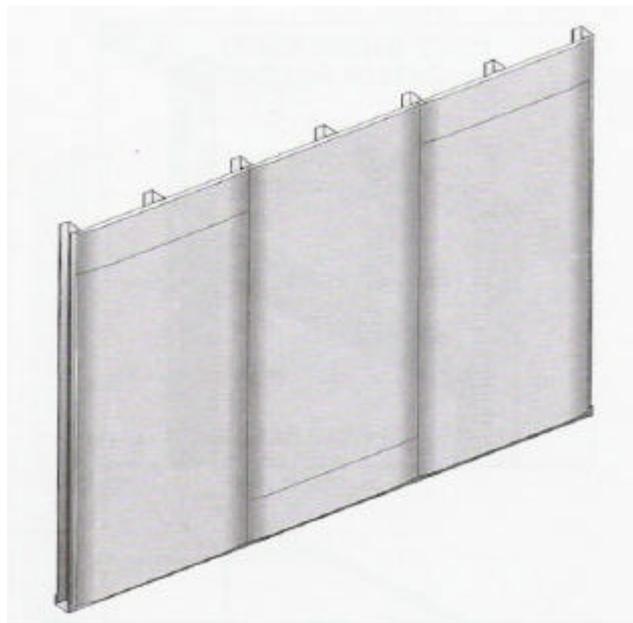


Figura 6.20 – Desencontro de juntas horizontais em painel. Fonte: Abragesso, 2004.

As juntas em uma face da parede devem ser desencontradas em relação às da outra face, como ilustra a figura 6.21:

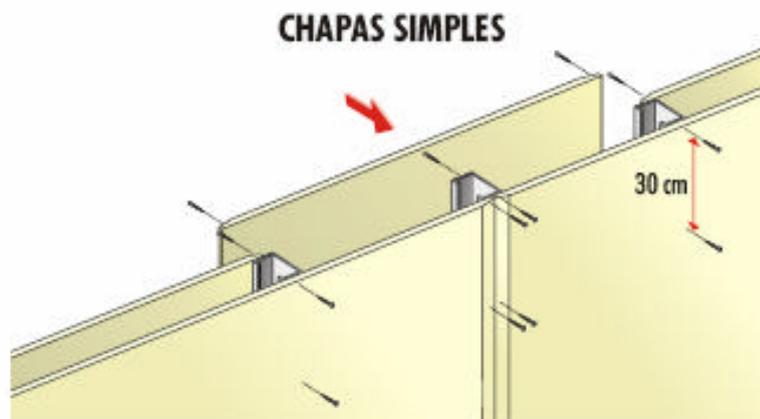


Figura 6.21 – Instalação de chapas simples de gesso acartonado. Fonte: Lafarge.

Observa que as juntas entre os painéis devem estar sempre sobre montantes. No caso de paredes com chapas duplas, as juntas da segunda camada devem ser defasadas da primeira, como ilustra a figura 6.22:

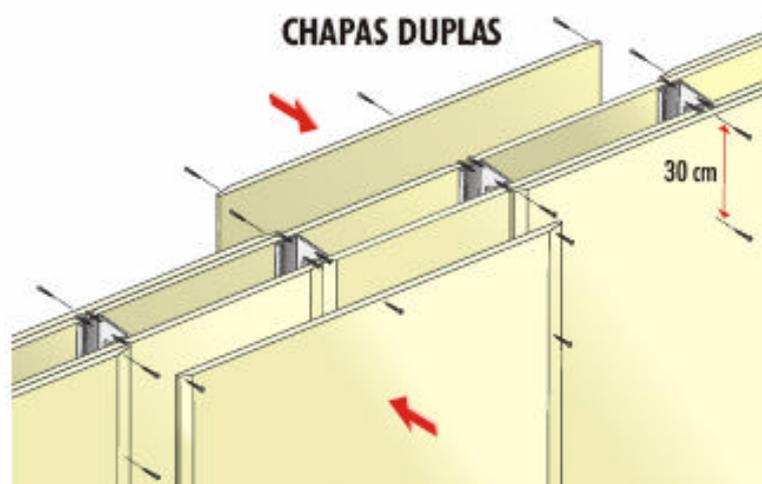


Figura 6.22 - Instalação de chapas duplas de gesso acartonado. Fonte: Lafarge.

As chapas são aparafusadas aos montantes, com espaçamento de 25 a 30 cm entre os parafusos e, no mínimo a 1 cm da borda da chapa (Abragesso, 2004). No caso de duas camadas de chapas de gesso em uma mesma face do painel, pode-se aparafusar a

primeira camada de chapa nos montantes, com espaçamento de 50 a 60 cm entre os parafusos, pois os parafusos de fixação da segunda camada, espaçados a cada 25 ou 30 cm, transpassam e fixam também a primeira camada aos montantes. Quando os montantes são duplos, na face em que não há encontro de chapas, aparafusar alternadamente sobre cada montante (Abragesso, 2004).

Deve-se ter especial atenção ao parafusar a chapa para que a cabeça do parafuso não perfure totalmente o cartão e para que não fique saliente em relação à face da chapa (figura 6.23).

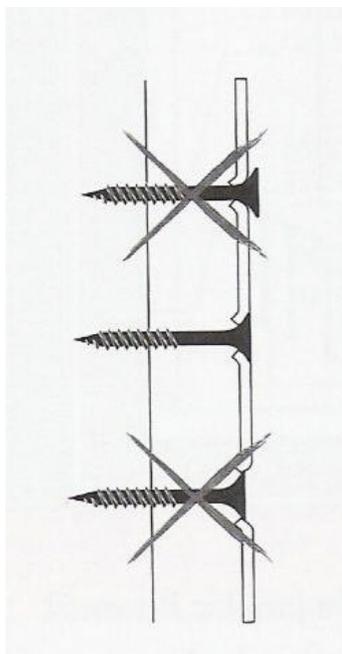


Figura 6.23 – Aparafusamento correto das chapas de gesso. Fonte: Abragesso, 2004.

Depois de concluído o fechamento de uma face do painel, deve ser instalado o isolamento termo-acústico que pode ser lã de rocha ou lã de vidro. O isolante deve ser colocado entre os montantes, de forma a distribuí-lo uniformemente sem deixar espaços vazios (foto 6.17). Se houver tubulações hidráulicas no interior do painel, executar um corte em uma das faces da lã, para facilitar o envolvimento da tubulação com o isolante.



Foto 6.17 – Instalação de lã de vidro em painel *Drywall*. Fonte: Isover.

6.4.4.4. Tratamento das Juntas

Após a instalação das chapas de gesso, realiza-se o tratamento das juntas entre as placas. As juntas devem ser niveladas às chapas de gesso e não devem conter imperfeições, para que os painéis apresentem um aspecto monolítico.

As massas para rejuntamento são específicas e devem estar associadas a fitas especiais para melhorar o desempenho do acabamento e manter a solidarização da junta.

Baseando-se nas recomendações contidas no “Manual de Montagem de Sistemas *Drywall*” (Abragesso, 2004), relaciona-se os seguintes procedimentos para a execução das juntas:

1. Com a espátula metálica aplicar uma primeira camada de massa de rejunte sobre a região da junta, como ilustra a figura:

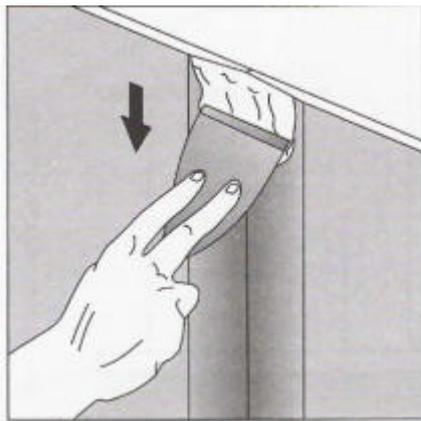


Figura 6.24 – Aplicação de massa na junta entre placas de gesso acartonado. Fonte: Abragesso, 2004.

2. Marcar o eixo da junta com a espátula;
3. Aplicar a fita de papel microperfurado sobre o eixo da junta;
4. Pressionar firmemente a fita com a espátula para eliminar o excesso de massa, evitando bolhas de ar, vazios e enrugamentos (Figura 6.25);

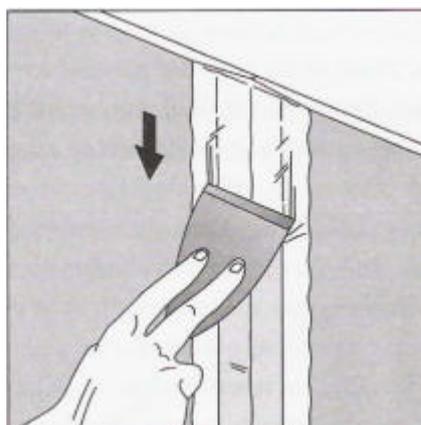


Figura 6.25 – Tratamento da junta com espátula. Fonte: Abragesso, 2004.

5. Após a secagem completa, variável em função do tipo de massa, da temperatura e da umidade relativa, poderá ser executado o acabamento final da junta com uma ou mais aplicações de massa por meio de desempenadeira metálica, nivelando a junta com a superfície das chapas (figura 6.26). Sempre aguardar a secagem completa de cada demão, evitando a retração das juntas, após a pintura. Antes da pintura, a região das juntas e parafusos deverá ser lixada com lixa envolta em taco de madeira ou outro elemento de base plana, eliminando rebarbas e ondulações;

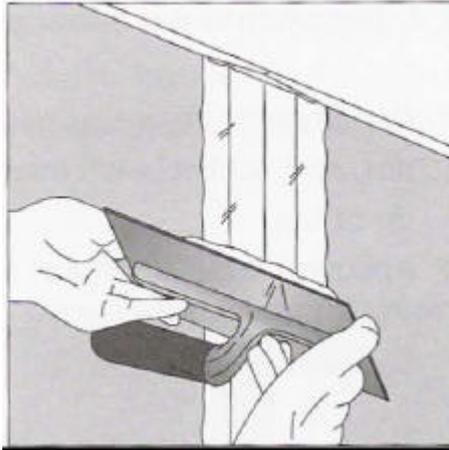


Figura 6.26 – Acabamento da junta com desempenadeira. Fonte: Abragesso, 2004.

6. Para paredes com mais de uma camada de chapas em uma mesma face, calafetar as juntas das camadas intermediárias com massa de rejunte e executar junta completa com massa e fita de papel microperfurado.

Para o tratamento das juntas em ângulo, deve-se proceder da seguinte forma:

1. Aplicar com a espátula uma camada de massa de rejunte de cada lado do ângulo, seja interno (figura 6.27) ou externo;

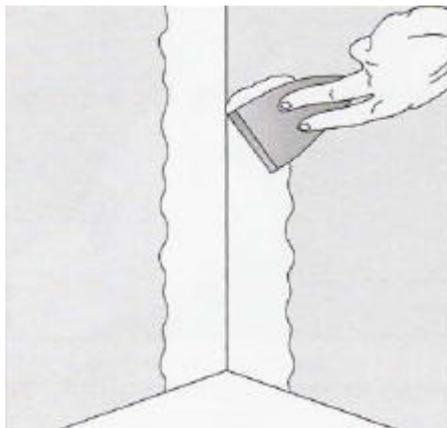


Figura 6.27 - Aplicação de massa na junta de ângulo interno entre placas de gesso acartonado.
Fonte: Abragesso, 2004.

2. Dobrar a fita metálica no eixo pré-marcado e colocá-la sobre o ângulo (figura 6.28);

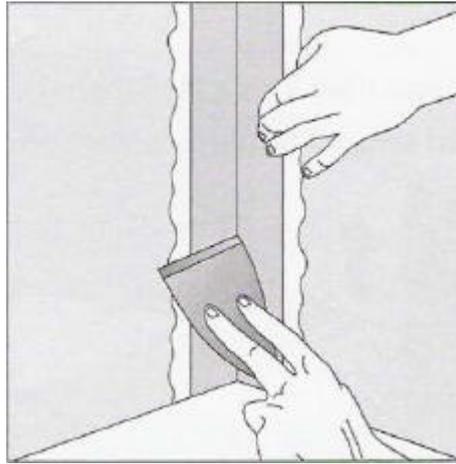


Figura 6.28 – Colocação de fita metálica em junta de ângulo interno. Fonte: Abragesso, 2004.

3. No caso de ângulos externos, pode-se usar a cantoneira metálica perfurada (figura 6.29);

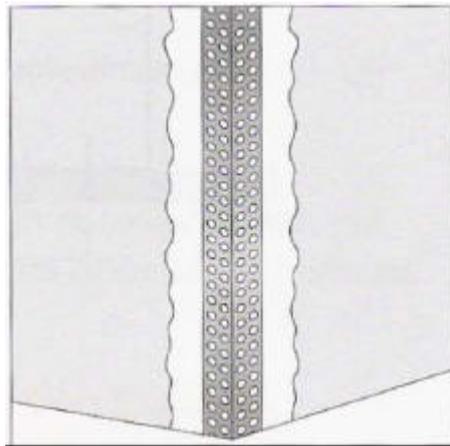


Figura 6.29 – Cantoneira metálica perfurada. Fonte: Abragesso, 2004.

4. Pressionar firmemente a fita com a espátula para eliminar o excesso de massa, evitando bolhas de ar, vazios e enrugamento;
5. Cobri-la com uma leve camada de massa para que a fita não se desprenda;
6. Após a secagem completa, variável em função do tipo de massa, da temperatura e da umidade relativa, poderá ser executado o acabamento final com uma ou mais aplicações de massa por meio de desempenadeira metálica, nivelando os dois lados do ângulo com a superfície das chapas (figura 6.30). Sempre aguardar a secagem completa entre cada demão, evitando a retração das juntas, após a pintura. Antes da

pintura, o ângulo deverá ser lixado com lixa envolta em taco de madeira ou outro elemento de base plana, eliminando rebarbas e ondulações.

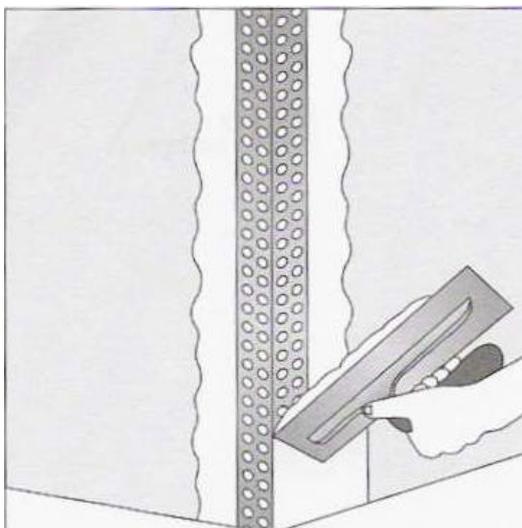


Figura 6.30 - Acabamento da junta com desempenadeira. Fonte: Abragesso, 2004.

6.4.4.5. Painéis em Áreas Molháveis

A execução de painéis em áreas molháveis, sejam eles divisórias em *Drywall* ou painéis estruturais ou não, requer cuidados específicos a fim de evitar que a umidade danifique os painéis ou que a água passe para o interior das paredes ou para o ambiente contíguo. Recomenda-se o uso de placas de gesso resistentes à umidade ou placas cimentícias.

Existem várias soluções recomendadas por fabricantes e empresas de construção a seco. No geral, deve-se impermeabilizar o piso e pelo menos 20 cm da parede (no caso de box de banheiro até 1,00 m) e usar um material selante entre o piso e a chapa, fechando o afastamento de 10 mm existente com mastique ou similar (figura 6.31).

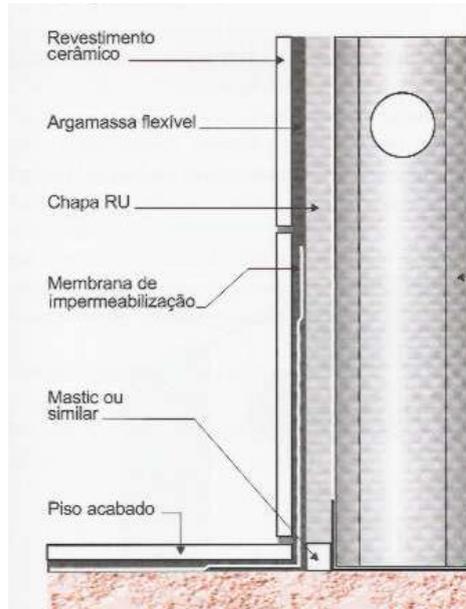


Figura 6.31 – Método de impermeabilização de áreas úmidas. Fonte: Abragesso, 2004.

Pode-se utilizar também rodapé metálico de impermeabilização para suporte dos materiais. Fixa-se o rodapé metálico na estrutura do painel e posteriormente instalam-se as chapas de gesso ou cimentícia sobre o rodapé. Reveste com a impermeabilização e então se executa uma proteção mecânica para posterior acabamento final com revestimentos cerâmicos (figura 6.32).

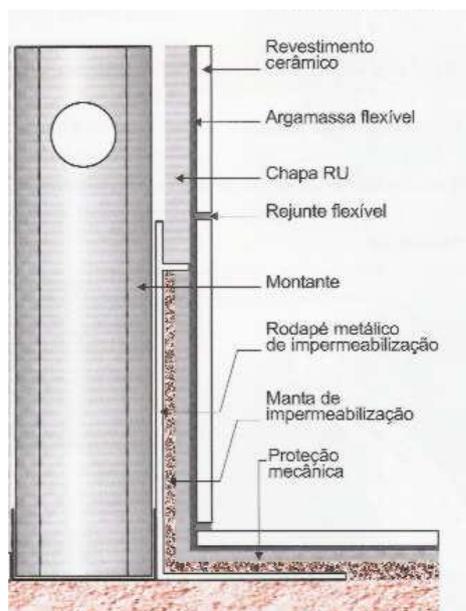


Figura 6.32 - Método de impermeabilização de áreas úmidas com rodapé metálico. Fonte: Abragesso, 2004.

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 fechamentos 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 o meio externo ou contíguo. O fechamento vertical tem papel fundamental no isolamento termo-acústico, pois constituem as barreiras físicas entre os ambientes e o exterior.

Tradicionalmente, os princípios de isolamento consideram que materiais de grande massa ou densidade são melhores isolantes. Portanto, pode-se pensar que estruturas e fechamentos mais leves que têm conseqüentemente uma menor massa para isolamento dos ambientes pode levar a condições de conforto não satisfatórias (Gerges, 1992).

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 isolamento 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 do material intermediário (isolante).

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; Gerges, 1992).

Há três modos 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 fechamentos;
- 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 com paredes, pisos ou 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 parede 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.

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. A característica de isolamento sonoro de uma parede é normalmente expressa em termos da Perda de Transmissão (PT). Quanto maiores os valores da perda de transmissão, mais baixa será a transmissão da energia acústica, e vice-versa (Gerges, 1992). Segundo Gómez³ (1998) *apud* Sales (2001), o isolamento acústico de paredes pode ser classificado, de acordo com os valores das respectivas perdas de transmissão, conforme apresentado na tabela 6.4

Tabela 6.4– Qualificação do Isolamento Acústico

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	Ouvm-se muito fracamente os sons muito altos.

Fonte: Gerges, 1992.

³ GÓMEZ, G. O. *Acústica Aplicada a la Construcción: El Ruido*. Santiago de Cuba: Ed. ISPJAM, 1988. 53 p.

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) (Baring, 2000). 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 a mesma. Na tabela 6.5 fornece-se o CTSA para alguns componentes usados na construção convencional e em LSF.

Tabela 6.5 – Classe de Transmissão de Som Aéreo para elementos construtivos.

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 400mm 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 600mm 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 600mm com 2 placas de gesso de 15 mm em ambos os lados com isolamento de lã mineral de 75mm de espessura	50-54

Fonte: Adaptado de Kinsler et al, 1982 e Elhajj, 2002.

Atualmente, o classificador CTSA vem sendo substituído por R_w (Índice de Redução Acústica) que é baseado na norma internacional ISO 717:1996 (Baring, 2000).

No Brasil não há normalização estabelecendo critérios de desempenho acústico nas edificações. O Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT, 1998) propõe critérios mínimos de desempenho para habitações térreas de interesse social, no que diz respeito ao desempenho acústico, considerando 30 dB de isolamento sonoro bruto para o conjunto fachada/cobertura e 45 dB de isolamento sonoro bruto para paredes internas à edificação.

O isolamento de painéis em LSF segue o princípio massa-mola-massa, onde em lugar de uma parede de massa m , usa-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 a 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 combinada com placas de gesso acartonado, apresenta valores conforme mostrado na tabela 6.6:

Tabela 6.6 – Índice de Redução Acústica (R_w) da lã de vidro

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

Fonte: Isover - Saint Gobain, 2005.

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. Os métodos tradicionais de avaliação do desempenho térmico de edificações adotam como indicador a resistência térmica ou a condutividade térmica dos elementos da edificação.

Entretanto, para um país de clima predominantemente quente como no Brasil, segundo trabalho desenvolvido por Akutsu (1998), não é suficiente adotar um procedimento baseado somente na resistência térmica dos elementos de fechamento para caracterizar o comportamento térmico da edificação. É necessário que se avalie simultaneamente todas as trocas térmicas dinâmicas que ocorrem nos ambientes. Neste caso a abordagem mais adequada se faz por meio de simulação numérica.

No Brasil a norma NBR 15220:2005 apresenta definições e métodos de cálculo simplificados para a avaliação do desempenho térmico de edificações.

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 metálicos, que são altamente condutores, com os fechamentos interno e externo.

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, 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 determinadas regiões do país.

Capítulo 7

LIGAÇÕES E MONTAGEM

7.1. Ligações

Existe uma ampla variedade de conexões e ligações para estruturas metálicas 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.

Entre os métodos utilizados nas construções em LSF, as ligações por parafusos são mais eficientes por serem executadas tanto no canteiro como em fábricas, e por permitirem a ligação entre vários tipos de componentes da edificação.

7.1.1. Parafusos

Os parafusos auto-atarraxantes e auto-perfurantes são os tipos de conexão mais utilizados em construções com LSF. Primeiro, por que existe no mercado uma série de tipos de parafusos para cada ligação específica (metal/metal, chapa/metal), e também

por ser uma ligação 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 metálicos 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 metálicos, o parafuso deve fixar todas as camadas e ultrapassar o perfil metálico 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 entre os 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 entre os fios de rosca. Quanto maior a espessura do aço a perfurar, menor o passo do parafuso.

7.1.2. Tipos de Parafusos

Os parafusos auto-atarraxantes apresentam dois tipos de ponta: ponta broca (Figura 7.1) e ponta agulha (Figura 7.2). A espessura da chapa metálica 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 metálicas com espessura máxima de 0,84 mm (Elhajj, 2004) e são recomendados para uso em perfis metálicos não estruturais como os usados em *drywall*.

Os parafusos com ponta broca são utilizados em chapas metálicas 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 metálicos entre si (ligação metal/metal). Já os parafusos com cabeça tipo trombeta servem para a fixação de placas de fechamento nos perfis metálicos (ligação chapa/metal)(Figura 7.3).



Figura 7.3 – Tipos de cabeça de parafusos mais utilizados em ligações com LSF. Respectivamente: cabeças lentilha, sextavada, panela e trombeta. Fonte: Elhajj, 2004.

Normalmente, as fendas são do tipo Phillips nº 2, exceto em parafusos sextavados que não possuem fenda. Outras características podem ser asas no corpo do parafuso para a fixação de placas de fechamento como OSB e cimentícias, e ranhuras na cabeça tipo trombeta.

7.1.3. 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 metálicas. 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, 2005.

- **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.

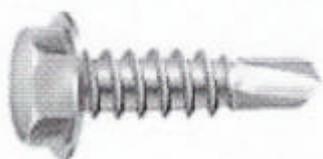


Figura 7.5 – Parafuso cabeça sextavada e ponta broca. Fonte: Ciser Parafusos e Porcas, 2005.

- **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.

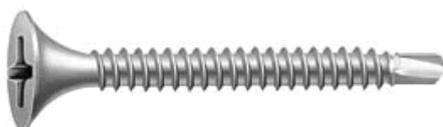


Figura 7.6 – Parafuso cabeça trombeta e ponta broca. Fonte: Ciser Parafusos e Porcas, 2005.

- **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 metálico onde se fixa a placa.



Figura 7.7 - Parafuso cabeça trombeta e ponta broca com asas. Fonte: Ciser Parafusos e Porcas, 2005.

- **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 parafuso 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 usam bits de # 2 e # 3 para os parafusos com fenda Phillips e capuz para cabeças sextavadas.



Foto 7.1 - Parafusadeira. Fonte: Construtora Seqüência.

É necessária uma certa habilidade para executar o aparafusamento, para que o parafuso atravesse as chapas de aço sem se queimar ou espanar e sem deteriorar a ponta. O manual “Construcción com Acero Liviano - Manual de Procedimiento” (Consul Steel, 2002), faz as seguintes recomendações:

- Iniciar o aparafusamento lentamente e quando o parafuso atravessar o material, aumentar a velocidade;
- Antes que o parafuso se encontre firmemente assentado, diminuir novamente a velocidade para finalizar o aparafusamento lentamente, de maneira a não espanar o parafuso;
- Aplicar pressão sobre a parafusadeira com o braço estendido e reto.

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: Corus Construction.

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, têm sido substituído nesse país, pelo método por Painéis devido as maiores vantagens apresentadas como nível de qualidade e precisão dos componentes da estrutura e rapidez de construção (Trebilcock, 1994).

Como se observou nas construtoras pesquisadas no Brasil, o método de construção por painéis é o mais amplamente utilizado, pois melhor se adaptou a cultura das empresas construtoras e a 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 metálicos 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.



Foto 7.4 – Mesa de trabalho para montagem de componentes estruturais.

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

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.

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 recortes 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.

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.

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.



Foto 7.9 – Verificação do nível do painel e fixação da ancoragem.

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.



Foto 7.10 – Montagem dos painéis externos.
Fonte: Consul Steel.

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 7.11 – Marcação da localização dos painéis internos.

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.

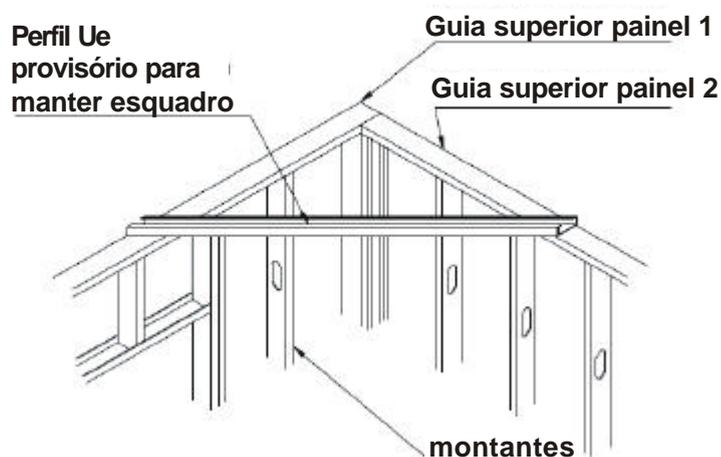


Figura 7.8– Fixação de perfil Ue para manter o esquadro dos painéis. (Adaptado de Consul Steel, 2002)

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.

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.

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). Destaca-se que no Brasil existem poucos estudos que avaliem a real contribuição das placas de OSB como diafragma rígido.



Foto 7.14 – Juntas de placas devem estar defasadas.

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 posicioná-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, fixa-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.

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 metálica 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.



Foto 7.18 – Içamento e posicionamento de painel de pavimento superior. Fonte: LDS.

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:

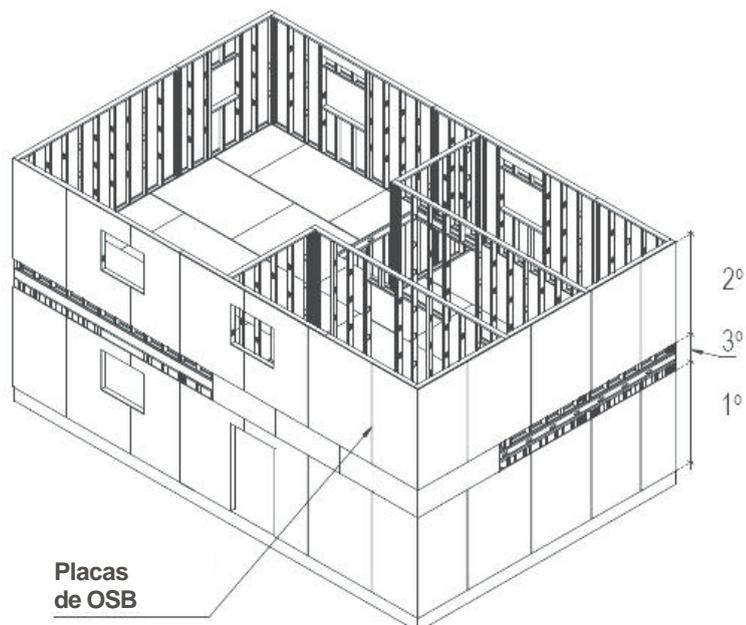


Figura 7.9 – Emplaceamento dos painéis externos. (Adaptado de Consul Steel, 2002)

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.

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: Consul Steel.

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.

As placas podem funcionar como diafragma rígido, dispensando o uso do contraventamento do banzo superior. As placas devem ser assentadas na horizontal com as juntas defasadas como ilustra a figura:

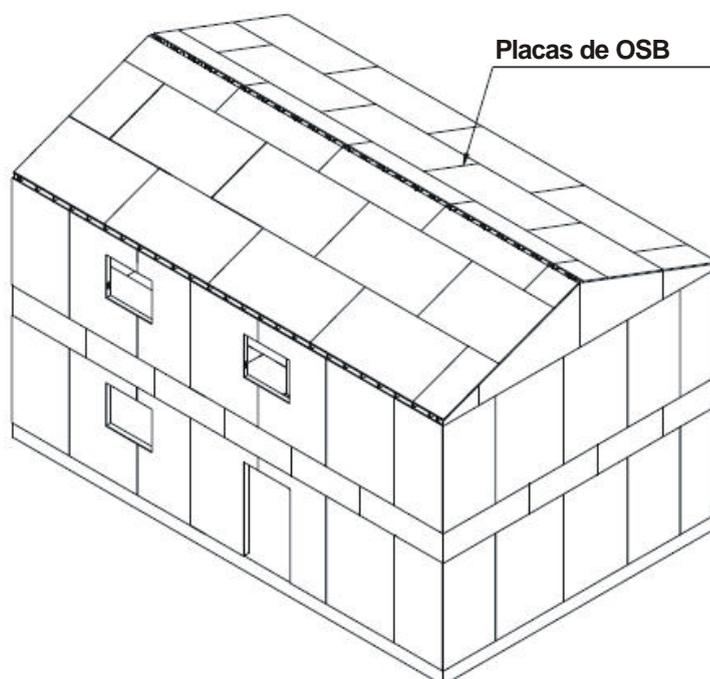


Figura 7.10 - Assentamento das placas de OSB na estrutura. (Adaptado de Consul Steel, 2002)

Capítulo 8

CONDICIONANTES DE PROJETO

8.1. 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.

Para Duarte e Salgado (2002), muitos são os fatores que contribuem para essa distorção, o principal deles é o fato do projeto ser desenvolvido sem levar em conta o processo construtivo. Como resultado desse desencontro, verificam-se projetos que, não raro, omitem informações, obrigando que alguns detalhes sejam resolvidos no canteiro.

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). Pode-se 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, 1958¹ 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 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

¹ CIRIBINI, G. Architettura e industria, lineamenti di tecnica della produzione edilizia. Milano: Ed. Tamburini, 1958.

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 a industrialização da construção civil.

Até os anos 70, o conceito de industrialização da construção estava fortemente ligado a pré-fabricação, principalmente àquela cuja produção se caracterizava pela industrialização de ciclo fechado onde uma mesma empresa, ou grupo de empresas coligadas executa inteiramente com seus próprios meios e em suas próprias usinas o produto final, isto é, o edifício (Bruna, 1976). Porém, a viabilidade desse sistema está vinculada à produção em grande série, distribuída uniformemente por um longo período de tempo. A rigidez do sistema e em vários casos, a monotonia das obras edificadas, devido a longa repetição de elementos estruturais ou de fechamento não agradavam ao público nem aos projetistas.

Assim a industrialização de ciclo aberto, onde os componentes são fabricados pela indústria e podem ser combinados entre si numa grande variedade de modos, gerando os mais diversos edifícios, atende melhor as exigências funcionais e estéticas tanto de projetistas quanto de usuários. Também conhecida como “industrialização de catálogo” pois obriga o fabricante a estabelecer um catálogo, e possivelmente um estoque, com as características dos componentes (Bruna, 1976). Porém, a principal dificuldade encontrada nesse sistema ocorre no fato de se estabelecer critérios de coordenação e normalização para todos os componentes de forma que eles possam ser combináveis, permutáveis e intercambiáveis. Para isso, é necessário a participação de toda a cadeia produtiva da construção civil, sejam projetistas, fabricantes ou construtores.

Inserido na industrialização de ciclo aberto, 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 na edificação, não torna a construção industrializada, e 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 sub-sistemas 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 a 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)

Na definição de Sabbatini (1989), *racionalização construtiva* é "um processo composto pelo conjunto de todas as ações que tenham por objetivo otimizar o uso de recursos materiais, humanos, organizacionais, energéticos, tecnológicos, temporais e financeiros disponíveis na construção, em todas as suas etapas".

O processo de racionalização começa ainda na fase de concepção, na análise e especificação dos componentes, na compatibilização dos sub-sistemas, 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 retroalimentação, otimizar sua qualidade.

Os recursos ou ações a serem aplicadas que promovem a racionalização no processo de projeto são:

- Construtibilidade², 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 metálica 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.

² 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”

8.2. Coordenação Modular

O objetivo da coordenação modular é eliminar a fabricação, modificação ou adaptação de peças em obra, reduzindo o trabalho nesta a 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.

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 (Foto 8.1). Criado para ser uma concepção fruto dos conceitos de produção em massa, o Palácio de Cristal alia a arquitetura ao conceito de Desenho Industrial. Segundo comentários de Bruna (1976):

O projeto foi executado dentro do orçamento previsto e no incrível prazo de nove meses. Isto foi possível graças ao rigoroso estudo e detalhamento feito pela firma dos engenheiros de todos os elementos da construção; do método de produção, do sistema de montagem, dos tempos de construção e do rigoroso controle de custos. Estes elementos projetados para serem produzidos em massa, com as técnicas de fundição então existentes, permitiam sua montagem e desmontagem. (...) Toda a construção estava baseada num retículo

modular de 8 pés (2,40 m) cujos múltiplos (24, 48, 72 pés – 7,20, 14,40 e 21,60 m) determinam as posições e as dimensões de todas as peças.

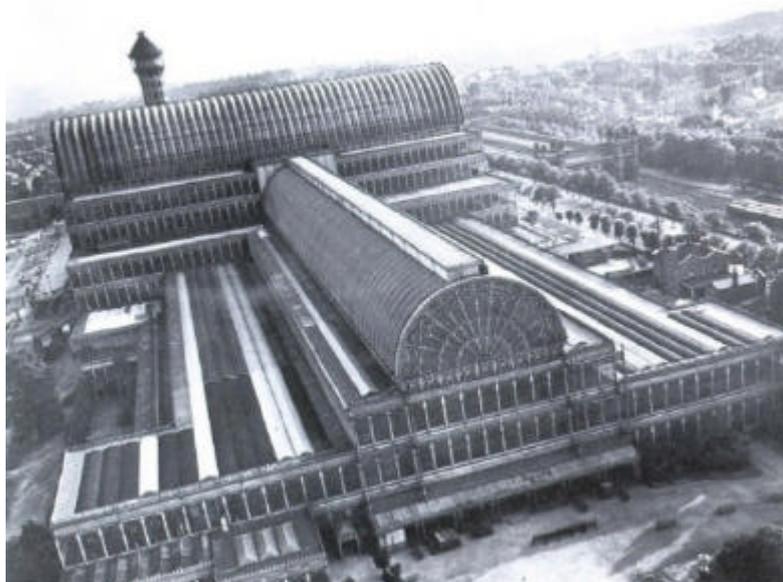


Foto 8.1 – Palácio de Cristal. Fonte: Laboratório de Mecânica Computacional – Universidade de São Paulo.

As medidas máximas das chapas de vidro condicionaram a escolha do módulo que serviu para correlacioná-la com os outros elementos construtivos: a estrutura metálica e as esquadrias de madeira. Construtivamente o Palácio de Cristal representa uma síntese de componentes estudados separadamente e coordenados entre si por uma rede modular.

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 cm**.

O Brasil também adotou a coordenação modular na construção civil através da norma NBR 5706:1977 “Coordenação Modular na Construção”, e estabeleceu o módulo básico (M) com um decímetro, ou seja, 10 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.

Foram elaboradas inúmeras outras normas abordando o tema coordenação modular, entre elas:

- NBR 5729/82 – Princípios fundamentais para a elaboração de projetos coordenados modularmente;
- NBR 5725/82 – Ajustes modulares e tolerâncias;
- NBR 5726/82 – Série modular de medidas;
- NBR 5709/82 – Multimódulos;
- NBR 5707/82 – Posição de compartimentos da construção em relação à quadrícula de referência, entre outras.

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.

8.3. 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 intercambio 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 8.1).

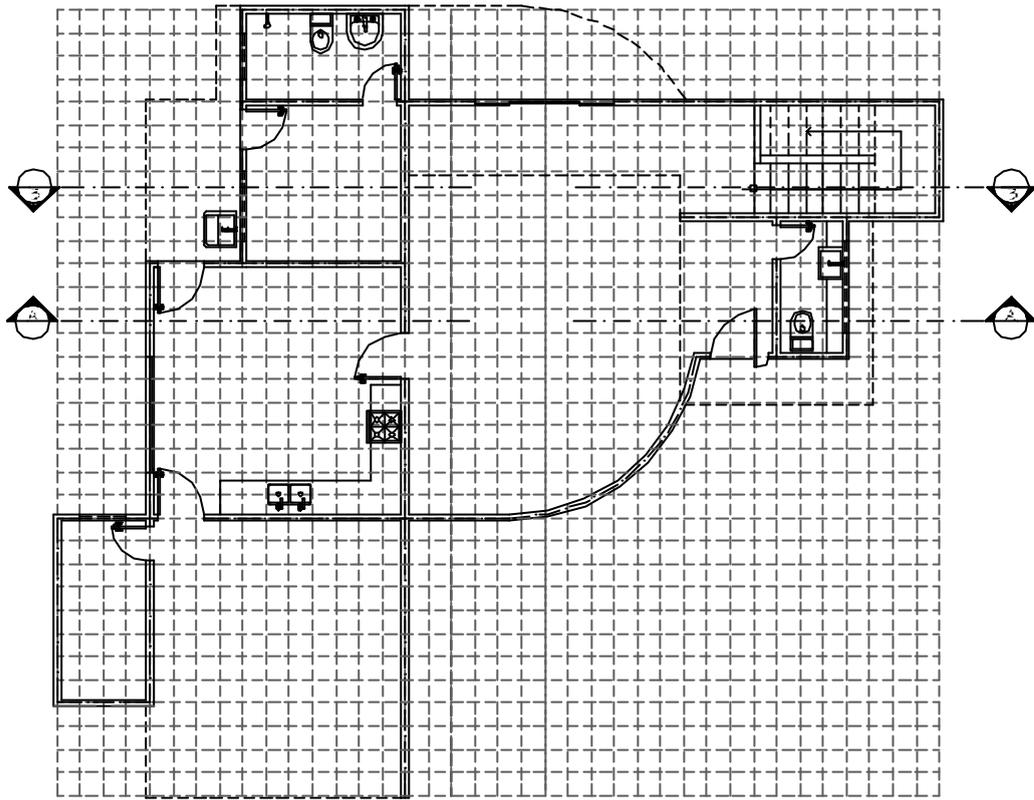


Figura 8.1 – Uso de malhas geométricas modulares para projetos de arquitetura em LSF, usando como base para o reticulado a modulação estrutural.

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.

8.4. Projeto para Produção

Para Barros e Sabbatini (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, freqüentemente, as decisões de como construir são tomadas no próprio canteiro e podem não corresponder às soluções mais adequadas visando a compatibilização dos subsistemas do edifício e implicando em queda de produtividade e qualidade do produto final. Percebe-se com essa afirmação uma dissociação entre a atividade de projeto e a de

construção, sendo o atual processo de projeto incapaz de subsidiar as atividades no canteiro para obras em Light Steel Framing.

Melhado (1994) 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 os aspectos 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 elaborados de forma simultânea ao detalhamento do projeto executivo, 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.

Barros e Sabbatini (2003) ainda acrescentam que o projeto para produção deve conter as definições dos principais itens necessários à realização de uma atividade ou serviço e, em particular, as especificações dos detalhes e técnicas construtivas a serem empregados.

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 deve considerar e ser compatível com o sistema produtivo da empresa construtora devendo refletir a sua cultura construtiva. Todos os recursos necessários à conformação do produto conforme projetado devem estar disponíveis no momento da execução. Se isto não ocorre, há falhas no processo de compatibilização entre as atividades de concepção e execução (Silva, 2003).

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. Bauermann (2002) define o papel do coordenador de projetos:

O coordenador é o responsável pela administração do desenvolvimento dos projetos para a execução e seus responsáveis: deve garantir a comunicação eficaz entre os participantes do projeto, definir claramente seus objetivos e parâmetros e propiciar a integração entre os participantes do empreendimento durante as diversas fases; controlar o cumprimento das tarefas de projeto e o cronograma; programar reuniões; analisar criticamente todas as soluções e detalhes; verificar a conformidade das soluções com as especificações e os critérios preestabelecidos; aprovar os projetos e liberá-los para detalhamento, fabricação ou produção; controlar o recebimento e distribuição de todos os projetos para todas as especialidades; manter a coerência entre o produto projetado e o processo de execução da empresa; promover a retroalimentação do processo de projeto.

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. Novaes³ (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”.

³ NOVAES, C. C. Diretrizes para garantia da qualidade do projeto na produção de edifícios habitacionais. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996.

Bastos e Souza (2005) comentam da necessidade de uma nova perspectiva de configuração da cadeia produtiva que evidencie as relações de inter-dependência de todos os agentes participantes e, em particular os consumidores finais, a localização de cada um deles e seus papéis de co-responsabilidade.

8.5. 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.

8.5.1. Estudo Preliminar

O estudo preliminar, segundo a definição da Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura (ASBEA), constitui a configuração inicial da solução arquitetônica proposta para a edificação através da análise e avaliação de todas as informações recebidas para a seleção e recomendação do partido arquitetônico. Apresenta como produto final, plantas baixas que permitem, sempre que possível, uma primeira apreciação da solução estrutural, das instalações e pré-orçamento da obra. 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.

8.5.2. Anteprojeto

Segundo a ASBEA o anteprojeto é o resultado final da solução arquitetônica proposta para a obra no estudo preliminar. E deve abordar os seguintes aspectos:

- Concepção, dimensionamento e caracterização dos pavimentos, contendo a definição de todos os ambientes;
- Concepção e tratamento da volumetria do edifício;
- Definição do esquema estrutural;
- Definição das instalações gerais.

O conjunto de definições será sempre orientado levando-se em consideração os seguintes aspectos:

- Conforto ambiental (insolação, aeração, luminosidade e tratamento acústico);
- Tecnológicos (sistemas construtivos, resistência e durabilidade dos materiais);
- Econômicos (relação mais adequada entre custos, benefícios, durabilidade e padrão desejado).

Portanto, 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 fechamentos. 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.

8.5.3. Projeto Executivo e Detalhamento

O projeto executivo constitui o conjunto de documentos elaborados, em escala conveniente, de todos os elementos da obra ou serviço, necessário à exata execução técnica e artística da edificação. Os detalhes de execução são os documentos necessários à melhor compreensão dos elementos do projeto para sua execução, fabricação ou montagem (ASBEA, 1992).

Essa fase é caracterizada pelo processo de compatibilização entre subsistemas e projetos complementares e elaboração dos projetos executivos dos subsistemas e de seu detalhamento, considerando as peculiaridades do sistema construtivo e o nível de racionalização do processo. Portanto, os projetos executivos de arquitetura em LSF 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.

O projeto executivo tem como característica desenhos com grande quantidade de informações, de tipos variados e referentes a projetos distintos (estrutura, fechamentos, instalações, esquadrias, mobiliários fixos, etc.). Já no projeto de detalhamento a importância é um determinado elemento específico, caracterizando-se por informações minuciosas e com riqueza de detalhes (Duarte; Salgado, 2002).

Apesar de não ser comum o dimensionamento dos projetos arquitetônicos em milímetros, a precisão milimétrica deve ser considerada, uma vez que a estrutura metálica 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, considera-se 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 fechamentos internos e externos 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 tem 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.

Capítulo 9

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Essa pesquisa possibilitou investigar o sistema construtivo LSF e identificar suas vantagens, desvantagens e aspectos que ainda precisam ser estudados para que o sistema se consolide no país como uma alternativa de tecnologia construtiva.

O Brasil apresenta um campo muito promissor para o desenvolvimento de tecnologias como o LSF: o grande déficit habitacional, a produção de aço no país que é uma das maiores do mundo e uma infra-estrutura pronta para o desenvolvimento do sistema. Porém, no país a tecnologia se encontra em um estágio inicial de desenvolvimento, dessa forma ainda carece de adequações para a melhoria de seu desempenho e para a aceitação dos usuários.

Quando se fala em inovações tecnológicas importadas, uma das questões que mais geram polêmica diz respeito a tropicalização da tecnologia. O termo tenta exprimir a necessidade de se adaptar técnicas construtivas importadas ao clima, costumes e cultura construtiva de nosso país. Nesse sentido, a tropicalização é importante para o estabelecimento da tecnologia no Brasil. Porém, muitas vezes forçar uma adaptação prejudica e interfere no desempenho do sistema. Bastos e Souza (2005) acrescentam que, além deste aspecto, “é necessária uma avaliação da pertinência desta tecnologia adaptada ou se, numa perspectiva em longo prazo, de investimentos em pesquisas de base, de caráter transdisciplinar, que possam respaldar tais adaptações ou mostrar novos rumos para o desenvolvimento da ciência e tecnologia neste setor”.

Pode-se citar como exemplo o uso de fechamento em alvenaria em construções com estrutura metálica, apesar de apresentar vários problemas de interface e compatibilidade, a alvenaria continua sendo a opção mais utilizada não só por causa dos custos, mas também por ter maior aceitação dos usuários finais. O que é mais intrigante é que quando as inovações tecnológicas são aplicadas em construções comerciais, elas têm grande aceitação por representar a modernização e elevar o “status” do

empreendimento. Mas quando se fala de construções residenciais, há uma grande resistência no uso de novas tecnologias construtivas. É o caso do sistema *drywall* que tem sido cada vez mais a solução para fechamentos internos em empreendimentos comerciais, porém, ainda encontra rejeição no uso residencial.

Existe uma série de alternativas para se racionalizar mesmo a construção tradicional. Os sistemas industrializados aparecem como mais uma alternativa na construção civil de maior desempenho. Assim sendo, é importante que a indústria ofereça componentes de qualidade, de desempenho comprovado e a custos viáveis, como também é essencial que arquitetos, engenheiros e construtores concebam e executem edificações condizentes com os requisitos e condicionantes da tecnologia proposta e com os padrões estéticos nacionais.

No caso do LSF, inicialmente a importação da tecnologia, acabou implicando na introdução do padrão estético do país de origem: os Estados Unidos. O que fez com que o sistema ficasse conhecido por “american homes” ou casas industrializadas americanas. Mas, acredita-se que à medida que o sistema se estabeleça no mercado como alternativa viável, e a indústria possa oferecer opções de acabamento e fechamento, essa tendência de “americanização” do partido arquitetônico acabe por diminuir e até mesmo se extinguir.

Analisando a fundo, uma das maiores restrições que o sistema encontra por parte do usuário, diz respeito à natureza de seus componentes. O consumidor brasileiro tem uma cultura já enraizada de preferir construções com materiais maciços que vem de nosso tipo de colonização. Já nos países onde a tecnologia se encontra plenamente desenvolvida, o LSF foi uma evolução dos sistemas construtivos já utilizados como o *woodframe*, portanto não encontrou dificuldades em se estabelecer.

A aceitação de outros materiais e métodos de construção que divergem de nossa cultura colonial, só se estabelecerão através de ações que visam difundir e desenvolver as novas tecnologias de forma responsável e coerente. Para tanto é necessário que toda a cadeia

produtiva investida em pesquisa e através do resultado avaliar o uso dessa tecnologia no mercado nacional e promover sua popularização.

Em contrapartida, urge que ocorra uma mudança na mentalidade da sociedade. É necessário se aceitar formas mais eficientes de construir, a fim de se diminuir os desperdícios e o consumo de insumos, e isso é uma mudança de paradigma na construção civil.

A nível nacional o sistema LSF ainda não se encontra plenamente resolvido, o que é inerente a uma inovação tecnológica, pois carece de algumas soluções principalmente quanto ao desempenho do sistema de fechamento vertical externo e ao comportamento termo-acústico das edificações.

Com relação aos componentes de fechamento externo, a falta de pesquisas que certifiquem o desempenho dos materiais e a ausência de normatização, comprometem a já restrita oferta de mercado nessa área. Basicamente, as placas de OSB com acabamento em *siding* vinílico se apresentam como a melhor opção, mas encontram uma certa rejeição por parte dos usuários, pois reforça o aspecto de “casa americana”. Dessa maneira, as construtoras se vêm obrigadas a utilizar a argamassa como acabamento externo das placas de OSB. Porém, a argamassa encontra uma série de incompatibilidades com os fechamentos utilizados, uma vez que a aderência e flexibilidade necessárias para um bom desempenho com o sistema de vedação não foram alcançados. E essa talvez seja uma das maiores fontes de patologias que as edificações apresentam.

Uma das alternativas apontadas por alguns construtores é o uso de placas cimentícias, devido ao tipo de acabamento que elas podem proporcionar. Porém, as placas cimentícias nacionais ainda não se apresentam como uma solução adequada, pois devido a falta de padronização e normatização na fabricação das chapas, apresentam alto índice de deformações higrotérmicas que variam entre os fabricantes. Desse modo, o tratamento das juntas e o uso de revestimentos rígidos como os cerâmicos, ficam difíceis de determinar.

O desempenho térmico das edificações em LSF é um aspecto que merece especial atenção. Como a tecnologia foi desenvolvida em países de clima predominantemente temperado, os componentes de fechamento externo são destinados a resolver os problemas relativos a perda de calor para o meio externo e a produção de pontes térmicas através dos perfis. Isso é conseguido através de sistemas de isolamento, tanto no interior das paredes, como no acabamento das fachadas, porém ainda não há estudos que comprovem se essa solução é conveniente para países de clima tropical.

No Brasil não se emprega o reboco térmico (EIFS), apenas as placas de fechamento e o isolamento em lã de vidro no interior dos painéis, e ainda não há pesquisas relativas ao desempenho térmico das construções em LSF no país.

Quanto ao desempenho acústico das edificações, o que pôde ser verificado nas visitas técnicas é que a transmissão de som de impacto através da laje de piso (laje tipo seca) entre um pavimento e outro é significativo. Para minimizar esse desconforto, usam-se carpetes como revestimento do piso do pavimento superior.

O trabalho apresentado pretendeu não só mostrar o atual estágio do LSF no Brasil, como também proporcionar uma informação de qualidade a respeito do sistema construtivo, dando ênfase a detalhes construtivos que possam servir de fonte de consulta aos projetistas, permitindo principalmente ao arquiteto o conhecimento da tecnologia e suas potencialidades e limitações.

Contudo, através dessa pesquisa foi possível concluir que é essencial que estudos experimentais e analíticos sejam feitos a fim de viabilizar o LSF como um sistema construtivo que se afirme no panorama da construção nacional.

Devido a ausência de bibliografia e de cultura construtiva, identifica-se dois aspectos importantes: No primeiro, as empresas importam totalmente os métodos construtivos do exterior, inclusive a tecnologia e produtos e até mesmo o partido arquitetônico. No segundo, as empresas utilizam produtos nacionais, porém com técnicas ainda importadas, e quando surge algum detalhe construtivo que não seja padrão, fazem

“adaptações” com os materiais que tem a disposição, porém sem conhecer seu desempenho. Um exemplo observado foi o uso de telhas cerâmicas nas construções brasileiras. Como existe dificuldade em se importar essa solução do exterior, visto que as soluções construtivas sempre vêm dos Estados Unidos, e não há um hábito em se utilizar cobertura com telhas cerâmicas nesse país. Devido às exigências de proprietários e usuários, as empresas construtoras, mesmo sem conhecer o desempenho do sistema nessas condições de uso, acabam forçados a desenvolver soluções que em diversos casos comprometem o funcionamento e desempenho do sistema. O uso de telhas cerâmicas em contato direto com os perfis de aço galvanizado pode ocasionar ou acelerar o processo de corrosão dos perfis, uma vez que as telhas cerâmicas retêm umidade e permitem o acúmulo e entrada de água entre suas frestas.

Um fato observado foi que muitas vezes as soluções de arquitetura desconsideravam o sistema construtivo proposto, ou seja, os projetos não haviam sido elaborados para sistemas industrializados e tão pouco para serem produzidos em LSF. Como se sabe a estrutura metálica possui uma metodologia própria e a falta de domínio dessa tecnologia pode resultar em uma solução de arquitetura que seja incompatível com o sistema estrutural. Como também a falta de conhecimento a respeito da tecnologia de produção reduz o potencial de racionalização do sistema, resultando em desperdícios de material, retrabalho e aumento dos custos da produção.

A qualidade das informações contidas nos projetos determina o desempenho final da obra e o nível de problemas a serem enfrentados durante o processo de execução. Percebeu-se ao longo do trabalho que as maiores dificuldades na execução vinham da falta de orientação dos projetos executivos, tanto estruturais como de instalações e arquitetura, e principalmente a falta ou eficiente compatibilização entre estes.

Acredita-se que os projetos executivos como são desenvolvidos são insuficientes para atender as necessidades do processo construtivo de qualquer construção industrializada. Para tanto, sugere-se que para a otimização do processo de execução de edificações em LSF, faz-se necessário o uso de projetos para a produção.

Nesse momento é importante ressaltar que o primeiro passo para o sucesso de um empreendimento em LSF ou em qualquer outro sistema construtivo industrializado, passa necessariamente pela concepção de um projeto de arquitetura dotado de uma visão sistêmica do processo de produção e que considere todo o potencial e condicionantes do sistema.

Como sistemas industrializados são incompatíveis com improvisações no canteiro, a racionalização construtiva deve ser proporcionada desde a concepção do projeto através da otimização do uso dos materiais, da compatibilização entre projetos e de subsistemas. Já que a produção de edifícios é uma atividade multidisciplinar, o projeto de arquitetura assume um papel importante a fim de agregar e integrar todos os condicionantes que estarão presentes no processo de produção de edificações.

É certo que sistemas construtivos como o Light Steel Framing são uma ponte para o desenvolvimento tecnológico da construção civil. Mas também, tem-se a convicção que uma de suas maiores contribuições seja construir com qualidade, sem desperdício e com preocupação ambiental.

9.1. Sugestões para Trabalhos Futuros

Este trabalho inaugura uma linha de pesquisa, onde ainda há muito o que investigar. Durante o seu desenvolvimento foi possível identificar lacunas que devem ser exploradas. Dentre as quais pode-se destacar:

- Análise termo-acústica experimental e analítica das edificações;
- Análise do desempenho dos componentes do sistema;
- Diretrizes para projetos para a produção;
- Pesquisa de outras alternativas para fechamento externo;
- Análise e identificação de patologias;
- Avaliação pós-ocupação;
- Diretrizes para o treinamento e capacitação de mão de obra;
- Projetos para habitações de interesse social.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AEGIS METAL FRAMING. **Typical applications**. Disponível em: <<http://www.aegismetalframing.com>> Acesso em: Maio de 2005.

AKUTSU, Maria. **Método para avaliação do desempenho térmico de edificações no Brasil**. 1998. Tese (Doutorado) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998. 156f.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Perfis de aço formados a frio, com revestimento metálico, para painéis reticulados em edificações: Requisitos Gerais: NBR 15253**. Rio de Janeiro, 2005.

_____. **Desempenho térmico de edificações: NBR 15220**. Rio de Janeiro, 2005.

_____. **Perfis Estruturais de Aço Formados a Frio – Padronização: NBR 6355**. Rio de Janeiro, 2003. 37p.

_____. **Níveis de ruído para conforto acústico: NBR 10152**. Rio de Janeiro, 1987.

_____. **Produtos planos de aço - Determinação das propriedades mecânicas à tração: NBR 6673**. Rio de Janeiro, 1981.

_____. **Coordenação modular da construção: NBR 5706**. Rio de Janeiro, 1977. 4p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS ESCRITÓRIOS DE ARQUITETURA. **Manual de contratação dos serviços de arquitetura e urbanismo**. São Paulo: Pini, 2000. 87p

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS FABRICANTES DE BLOCOS E CHAPAS DE GESSO - Abragesso. **Manual de montagem de sistemas drywall**. São Paulo: Pini, 2004. 51p.

BARING, J. G. de A. A qualidade dos edifícios e a contribuição das paredes de gesso acartonado. **Revista Techné**, São Paulo, nº 47, p.69-73. PINI, Julho/agosto, 2000.

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).

BASTOS, M. A. R., SOUZA, H. A. **O usuário versus a cadeia produtiva do espaço edificado**. Porto Alegre: IV Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção, 2005. 11p.

BATEMAN, B. W. **Light gauge steel verses conventional wood framing in residential construction**. Department of construction science of A&M University, College Station. Texas, 1998.

BAUERMANN, 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. 254p.

BRASILIT. **Sistema construtivo brasiplac** – paredes internas e externas: catálogo. São Paulo, 2004. 27p.

BROCKENBROUGH, R. L. & ASSOCIATES. **Shear wall design guide**. Washington: American Iron and Steel Institute (AISI), 1998. 23p.

BRUNA, P. J. V. **Arquitetura, industrialização e desenvolvimento**. São Paulo: Ed. Perspectiva, 1976. 312p.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. **Sistema construtivo utilizando perfis estruturais formados a frio de aços revestidos (steel framing)** -Requisitos e Condições Mínimos para Financiamento pela Caixa. Disponível em: <http://www.cbca-ibs.org.br/biblioteca_manuais_caixa.asp>. Acesso em Fev. 2004. 28p.

CAMBIAGHI, H. (1997). **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. 498p.

CIOCCHI, Luiz. Revestimento em régua paralelas. **Revista Techné**, São Paulo, n ° 76, p. 54-56, julho 2003.

CIRIBINI, G. **Architettura e industria, lineamenti di tecnica della produzione edilizia**. Milano: Ed. Tamburini, 1958.

CISER PARAFUSOS E PORCAS. **Catalogo Técnico**. Disponível em: <http://www.ciser.com.br/tabela_produtos.asp>. Acesso em Junho de 2005.

COELHO, R. A. Interpretando a psicologia e a personalidade de cada material. **Revista Mais Arquitetura**. São Paulo, n° 58, p. 72. Abril 2004.

COELHO, R. A. **Sistema construtivo integrado em estrutura metálica**. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Estruturas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2003. 140p.

CONSTRUTORA SEQUÊNCIA. **Portfólio de Obras**. Disponível em: <http://www.construtorasequencia.com.br/portfolio_obrassteel.htm>. Acesso entre Set. 2003 e Março 2005.

CONSUL STEEL. **Construcción con acero liviano** – Manual de Procedimiento. Buenos Aires: Consul Steel, 2002. 1 CD-ROM. 258p.

_____. **Galeria de fotos**. Disponível em: < <http://www.consulsteel.com/cas/default.asp>. Acesso em: Junho de 2005.

CORUS CONSTRUCTION. **Wilmslow park**. Disponível em: < http://www.corusconstruction.com/en/market_sectors/residential/case_studies/wilmslow_casestudy.> Acesso em: Maio de 2005.

CRAMER, S. M. **Structural design and materials**: research needed to reinvent housing in the United States. University of Wisconsin- Madison. Madison, 2004. p. 36-47.

DAVIES, J. Michael. **Light gauge steel framing systems for low-rise construction**. In: encontro nacional de construção metálica e mista, 2. Anais...1999, Coimbra. 10p.

DIAS, G. L. *et al.* **Determinação de propriedades mecânicas do OSB**. In: IX Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeiras, 2004, Cuiabá. Anais... Cuiabá, 2004. 13p.

DIAS, L. A. M. **Aço e arquitetura**: estudo de edificações no brasil. São Paulo: Zigate Editora, 2001. 171p.

_____. **Estruturas de aço**: conceitos, técnicas e linguagem. São Paulo: Zigate Editora, 1997. 159p.

DUARTE, T. M. P., SALGADO, M. S. **O projeto executivo de arquitetura como ferramenta para o controle da qualidade da obra**. In: IX Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2002, Foz do Iguaçu - Paraná. Anais do IX Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2002. V. 01. p. 65-73.

ELHAJJ, Nader. **Fastening of light frame steel housing**: an international perspective. Upper Marlboro, MD: National Association of Home Builders (NAHB), 2004. 54p.

_____. **Residential steel framing**: fire and acoustic details. Upper Marlboro, MD: National Association of Home Builders (NAHB), 2002. 130p.

ELHAJJ Nader; BIELAT, Kevin. **Prescriptive method for residential cold-formed steel framing**. USA: North American Steel Framing Alliance (NASFA), 2000. 199p.

ELHAJJ, Nader .; CRANDELL, Jay. **Horizontal diaphragm values for cold-formed steel framing**. Upper Marlboro, MD: National Association of Home Builders (NAHB), 1999. 56p.

FIRMO, C. **Arquivo de fotos**. 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. 194p.

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. 319p.

FRECHETTE, L. A. (1999). **Building smarter with alternative materials**. Disponível em: < <http://www.build-smarter.com>>. Acesso em Out. 2004.

CRASTO, R. C. M; FREITAS, A. M. S. **Steel Framing**: arquitetura. São Paulo: Centro Brasileiro de Construção em Aço – CBCA, 2005. No prelo.

FUTURENG. **Rebocos térmicos pelo exterior**. Disponível em: <<http://futureng.com/eifs.htm>>. Acesso em: Maio de 2005.

GARNER, C. J. (1996). **Guia do construtor em steel framing**. Tradução de Sidnei Palatnik. Disponível em:< <http://www.cbca-ibs.org.br/>>. Acesso em Março 2004. 29p.

GERGES, Samir N. Y. **Ruído**: fundamentos e controle. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 1992. 600p.

GÓMEZ, G. O. **Acústica aplicada a la Construcción**: El Ruido. Santiago de Cuba: Ed. ISPJAM, 1988. 53p.

GRUBB, P. J.; LAWSON, R. M. **Building design using cold formed steel sections**: construction detailing and practice. Berkshire: Steel Construction Institute (SCI) Publication, 1997. 119p.

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. 174p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE SIDERURGIA – IBS. **Estatísticas**. Disponível em: < <http://www.ibs.org.br/estatisticas2.asp>>. Acesso em: Setembro de 2005.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. **Critérios mínimos de desempenho para habitações térreas de interesse social**. São Paulo: Divisão de Engenharia Civil, 1998. 84p.

_____. **Sistema Lafarge Gypsum**: paredes de chapas de gesso acartonado. São Paulo: Divisão de Engenharia Civil, 2002. 8p. (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. 36p.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **Acoustics** – Rating of sound insulation in buildings and of building elements: ISO 717. Londres, 1996.

_____. **Performance standards in buildings**: principles for their preparation and factors to be considered: ISO 6241. Londres, 1984.

_____. **Building construction** - Modular coordination: Basic Module: ISO 1006. Londres, 1983.

ISOVER. **Catalogo de produtos**. Disponível em: <http://www.isover.com.br/isover/por_linha/produtos_optima_walfet01.asp?menu=pared_eapli&submenu=wallfeltapli>. Acesso em: Julho de 2005.

JUSTMAN, E. Maison Métal. **Suplemento da Revista Architecture à Vivre**. Paris, n° 15, Nov- Dez 2003.

KINSLER, L. E.; FREY, A. R.; COPPENS, A. B.; SANDERS, J.V. **Fundamentals of Acoustics**. 3. ed. New York: John Wiley & Sons, 1982. 480 p.

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. 162p.

LABORATÓRIO DE MECÂNICA COMPUTACIONAL. **Palácio de Cristal**. Disponível em: <<http://www.lmc.ep.usp.br/People/Valdir/imagens/cristal.jpg>>. Acesso em: Junho de 2005.

LABOUBE, Roger. **Design guide for cold-formed steel trusses**. Washington: American Iron and Steel Institute (AISI), 1995. 22p.

LDS. **Montagem de Casa em Light Steel Framing**. Disponível em: <http://www.lds.com.br/steelframe/montagem_023_gr.jpg>. Acesso em: Julho de 2005.

LOTURCO, Bruno. Chapas cimentícias são alternativa rápida para uso interno ou externo. **Revista Técnica**, São Paulo, n° 79, p. 62-66. PINI, Out. 2003.

MARSHALL UNIVERSITY WEB PAGES. **Stran Steel-House in 1933 Chicago's World Fair**. Disponível em: <<http://webpages.marshall.edu/~brooks/STRAN/stran1.htm>>. Acesso em: Nov. de 2004.

MASISA. **Painel estrutural OSB masisa**: recomendações práticas. Catálogo Ponta Grossa: Masisa, 2003. 20p

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. 294p.

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.

METALMAG: Metal construction magazine. **History of light steel framing in steel homes and metal homes**. Disponível em: <<http://www.metalmag.com>.> Acesso em: 21 abril 2004.

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. 419p.

NOVAES, C. C. **Diretrizes para garantia da qualidade do projeto na produção de edifícios habitacionais**. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996.

PEREIRA JUNIOR, C. J. **Edifícios de Pequeno Porte Contraventados com Perfis de Chapa Fina de Aço**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2004. 148p.

PETTERSON, Eduard. **Arquitetura Minimalista**. Barcelona: Atrium Group de Ediciones y Publicaciones, S. L., 2001. 175p.

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. 87p.

PORTAL METÁLICA. **Casas industrializadas**. Disponível em: <<http://www.metalica.com.br/>.> Acesso em: Outubro de 2004.

RODRIGUES, F. C. **Tabelas de dimensionamento estrutural para edificações com o sistema construtivo em steel framing**. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2003. 39p.

ROSSO, T. **Racionalização da construção**. São Paulo: Ed. FAU-USP, 1980. 300p.

ROSSO, T. **Teoria e prática da coordenação modular**. São Paulo: Ed. FAU-USP, 1976. 224p.

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.

_____. **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. 336p.

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. 249p.

SALES, U. C., SOUZA, H. A. e NEVES, F. A. **Interfaces entre Sistemas de Vedação e Estruturas Metálicas, Problemas Reais**. *Revista Técnica*, São Paulo, nº 53, p.98-102, Agosto de 2001.

SANTOS, A. C. **Pisos em sistema leve de madeira sob ação de carregamento monotônico em seu plano**. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2005. 102p

SCHARFF, Robert. **Residential steel framing handbook**. New York: McGraw Hill, 1996. 429p.

SILVA, M. M. A. **Diretrizes para o projeto de alvenarias de vedação**. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2003. 167p.

SOUZA, H. A; FREITAS, A. M. S., KRUGER, P. G. Von. **Desempenho de painéis de vedação**. *Técnica*, São Paulo, n. 56, p. 78-81, 2001.

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. 8p

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. 293p.

TOOLBASE SERVICES. **Flexible Framing Track**. Disponível em: < <http://www.toolbase.org/techinv/techDetails.aspx?technologyID=134>> Acesso em: Novembro de 2004.

TREBILCOCK, P. J. **Building design using cold formed steel sections: an architect's guide**. Berkshire: Steel Construction Institute (SCI) Publication, 1994. 97p.

US HOME. **Arquivo de Fotos**. 2005.

WAITE, T. J. **Steel-frame house construction**. California: Craftsman Book Company, 2000. 318p.

ANEXOS

ANEXO 1

1. Glossário

Balloon Framing – método de construção de edificações em Light Steel Framing onde a estrutura do piso é fixada nas laterais dos montantes e os painéis são geralmente muito grandes e vão além de um pavimento.

Banzo inferior - perfil Ue que dá forma e inclinação ao forro do espaço coberto.

Banzo superior - perfil Ue que dá forma e inclinação à cobertura do telhado.

Bloqueador – peça formada por perfis U e Ue posicionados entre os montantes de um painel estrutural a fim de enrijecer e aumentar a resistência do painel.

Contraventamento – elemento estrutural, geralmente fitas metálicas de aço galvanizado ou perfis Ue, capaz de transferir os esforços horizontais que solicitam a edificação para as fundações.

Diagonais - perfis Ue inclinados que vinculam o banzo superior e inferior;

EIFS - *Exterior Insulation and Finish System*, consiste em um sistema multicamada composto de isolamento térmico com EPS (poliestireno expandido), revestimento especial (argamassa polimérica) e tela de fibra de vidro que garante a resistência e durabilidade dos painéis.

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.

Enrijecedores de apoio - recorte de perfil Ue colocado nos pontos de apoio da tesoura, para a transmissão dos esforços e evitar a flambagem local dos perfis dos banzos.

Guia – elemento de seção transversal tipo “U”, disposto na horizontal, compondo painéis estruturais e não-estruturais, cuja função é fixar os montantes nos seus extremos superiores e inferiores a fim de constituir um quadro estrutural.

Guia da verga – perfil U que é fixado as mesas inferiores dos dois perfis Ue que formam a verga, sendo conectada as ombreiras a fim de evitar a rotação da verga, e permitir a fixação dos montantes de composição.

Guia de abertura - acabamento superior ou inferior dos vãos de aberturas, feito por um perfil U cortado no comprimento 20 cm maior que o vão.

In line framing – pode ser traduzido por “estrutura alinhada”, onde montantes transferem as cargas verticais axialmente a outros montantes, estando sua seções em coincidência de um nível a outro.

Laje Seca – laje onde são usadas placas rígidas para a formação da superfície do contrapiso, e onde não há utilização de água em sua execução.

Laje Úmida – composta por chapa metálica ondulada que serve de fôrma para o concreto que forma a superfície do contrapiso.

Light Steel Framing - sistema construtivo de concepção racional caracterizada pelo uso de perfis formados a frio de aço galvanizado compondo sua estrutura e por subsistemas que proporcionam uma construção industrializada e a seco.

Manta de polietileno – membrana impermeável formada por fibras muito finas e de alta densidade de polietileno, cuja função é fornecer uma camada impermeável, garantindo a estanqueidade da edificação, porém permitindo a passagem da umidade interna para o exterior.

Montante – elemento de seção transversal tipo “Ue” disposto na vertical em painéis estruturais e não-estruturais, cuja função nos painéis estruturais é transmitir as cargas verticais de um nível ao outro até a fundação.

Montante auxiliar – montantes onde são fixadas as ombreiras e a verga.

Montante de composição – perfil Ue que não tem função estrutural e está localizado entre a verga e o vão de abertura ou entre esta e a guia inferior, a fim de permitir a fixação das placas de fechamento.

Ombreira - elemento de seção transversal tipo “Ue” utilizado como apoio da verga e que delimita lateralmente os vãos de aberturas em painéis estruturais.

Pendurais - perfis Ue dispostos verticalmente e que vinculam o banzo superior com o inferior.

Platform Framing – método de construção de edificações em Light Steel Framing onde pisos e paredes são construídos sequencialmente um pavimento a cada vez, e os painéis não são estruturalmente contínuos. As cargas de piso são descarregadas axialmente aos montantes.

Punch - perfurações vindas de fábrica nos perfis Ue, para a passagem de instalações.

Sanefa – perfil U que fixa as extremidades das vigas para dar forma à estrutura da laje.

Siding vinílico - revestimento de fachadas composto de placas paralelas em PVC.

Telhas *shingles* - telhas planas e de espessura muito fina fabricadas com grãos de cerâmica pré-pintadas, em véu estrutural de fibra de vidro embebido em emulsão asfáltica.

Verga – elemento disposto na horizontal sobre o vão de abertura de um painel estrutural, para redistribuir as cargas verticais até as ombreiras.

Viga caixa de borda - formada pela união de perfis U e Ue encaixados, possibilita a borda da laje paralela as 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.