

Monografia

" CONSTRUÇÃO CIVIL E TECNOLOGIA: ESTUDO DO SISTEMA CONSTRUTIVO LIGHT STEEL FRAMING "

Autor: Eduardo Luciano de Souza

Orientador: Prof. Dr. Antônio Neves de Carvalho Júnior

Belo Horizonte

Setembro/2014

EDUARDO LUCIANO DE SOUZA

**"CONSTRUÇÃO CIVIL E TECNOLOGIA: ESTUDO DO SISTEMA
CONSTRUTIVO LIGHT STEEL FRAMING "**

Monografia apresentada ao Curso de Especialização
em Construção Civil da Escola de Engenharia da
Universidade Federal de Minas Gerais.
Enfase: Construção Civil

Orientador(a): Prof. Dr. Antônio Neves de Carvalho Júnior

Belo Horizonte
Escola de Engenharia da UFMG

2014

S729c

Souza, Eduardo Luciano de.

Construção civil e tecnologia [manuscrito]: estudo do sistema construtivo light steel framing / Eduardo Luciano de Souza. – 2014.
xv, 121 f., enc.: il.

Orientador: Antônio Neves de Carvalho Júnior.

Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Construção Civil da Escola de Engenharia da UFMG.

Bibliografia: f.120-121.

1. Construção civil. 2. Materiais de construção. I. Carvalho Júnior, Antônio Neves de. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Engenharia. III. Título.

CDU: 69

Dedico este trabalho a minha família e amigos pelo apoio e carinho. À Deus.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer aos professores do curso Especialização em Construção Civil em especial ao professor e meu orientador Dr. Antônio Neves de Carvalho Júnior, a Ivonete e a coordenação do curso de Especialização em Gestão e Sustentabilidade na Construção Civil da Escola de Engenharia Civil da Universidade Federal de Minas Gerais pela paciência, disponibilidade e dedicação que tive para conclusão do curso. Agradeço também a todas as empresas em que contribuíram para realização desta monografia em especial a Flasan – Soluções em Construções a Seco, e aos profissionais que contribuíram significativamente no desenvolvimento desta monografia, em especial Henrique Hoffman. Agradeço por fim aos colegas de turma que se tornaram novos amigos, bem como aos meus familiares, amigos e a todas as pessoas que estiveram ao meu lado e apoiaram e contribuíram para mais essa realização.

“ O homem que adquirir a habilidade de tomar posse completa da própria mente, pode tomar posse de qualquer coisa a que tenha direito.”

Dale Carnegie

RESUMO

O setor da construção civil brasileira tem grande papel na contribuição do desenvolvimento e economia do país caracterizando-se como agente fomentador da promoção de renda e emprego, de investimento e da qualidade de vida. Historicamente o setor sofreu com a falta de investimentos e políticas de incentivos no que concerne à modernização dos processos construtivos. Entre 2005 e 2007 com implementação de políticas incentivadoras, o setor da construção civil obteve significativas mudanças em relação à organização setorial, nível de atividades e na estrutura de produção e competição. Com o crescimento do mercado da construção as empresas construtoras enfrentaram alguns problemas ocasionados pelo desperdício de materiais, baixa produtividade, elevação do custo e escassez da mão-de-obra. Este cenário incentivou as construtoras a pensar na modernização dos meios de produção e industrialização dos canteiros de obras como instrumento de competitividade. Contribuindo assim para a melhoria dos aspectos organizacionais, maior competitividade e conduzindo o setor a uma maior qualidade construtiva e redução de desperdícios. Diante deste cenário e de perspectivas favoráveis ao crescimento do setor nas próximas décadas, e tendo como princípio de que os efeitos da modernização dos processos construtivos para o setor e para a sociedade como um todo são necessários no processo de desenvolvimento econômico e social do país, este trabalho pretende realizar um diagnóstico e caracterização de necessidades para impulsionar a Inovação na Construção Civil e Industrialização dos Processos Construtivos. Apresentando levantamentos e estudos sobre o tema e com foco específico na análise e metodologia construtiva do Sistema Construtivo *Light Steel Framing*, que é sistema de conhecimento dos profissionais da área, mais que ainda é pouco adotado no país.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	xi
LISTA DE TABELAS	xiv
LISTA DE NOTAÇÕES, ABREVIATURAS	xv
LISTA DE SÍMBOLOS.....	xvi
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS E METODOLOGIAS	3
2.1 Definição de Etapas.....	4
3. PANORAMA DA MODERNIZAÇÃO E INOVAÇÃO DA CONSTRUÇÃO CIVIL	5
3.1 Panorama Internacional.....	6
3.2 Panorama no Brasil	7
3.3 A Necessidade de Inovação	10
4. ANÁLISE DE CENÁRIOS E DO SISTEMA CONSTRUTIVO LSF	13
5. SISTEMA CONSTRUTIVO LIGHT STEEL FRAMING	16
5.1 Sistema Construtivo Light Steel Framing e Coordenação Modular.....	18
5.2 Caracterização do Sistema Construtivo Light Steel Framing	19
5.2.1 Vantagens no Uso do Sistema Light Steel Framing.....	24
5.2.2 Aplicações	25
5.2.3 Tipos de Perfis Utilizados em LSF	26
5.2.4 Métodos de Construção.....	29
5.3 Fundações	30
5.3.1 Laje Radier	31
5.3.2 Sapata Corrida ou Viga Baldrame	33
5.3.3 Fixação dos Painéis na Fundação	33
5.4 Subsistemas	36
5.5 Painéis	36
5.5.1 Painéis Estruturais ou Autoportantes.....	37

5.5.1.1	<i>Aberturas de Vãos em um Painel Estrutural</i>	39
5.5.1.2	<i>Estabilização da Estrutura</i>	44
5.5.1.3	<i>Travamento Horizontal</i>	51
5.5.1.4	<i>Encontro de Painéis</i>	53
5.5.1.5	<i>Emenda de Guia</i>	56
5.5.2	Painéis Não-Estruturais	57
5.5.3	Paredes Curvas, Arcos e Formas Atípicas	59
5.6	Lajes	61
5.6.1	Laje Úmida	66
5.6.2	Laje Seca	68
5.6.2.1	<i>Travamento Horizontal</i>	70
5.7	Escadas	71
5.8	Coberturas	75
5.8.1	Coberturas Planas.....	76
5.8.2	Coberturas Inclinadas.....	78
5.9	Fechamento Vertical	82
5.9.1	Painéis de OSB	83
5.9.2	Placas Cimentícias	86
5.9.3	Gesso Acartonado.....	90
5.10	Isolamento Termo-Acústico	93
5.10.1	Isolamento Acústico.....	95
5.10.2	Isolamento Térmico	96
5.11	Ligações	97
5.11.1	Parafusos	98
5.12	Montagem.....	100
5.13	Instalações	104
5.13.1	Instalação Hidráulica e Esgoto	109

5.13.2 Instalação Elétrica	111
5.14 Diretrizes de Projeto	113
6. CONCLUSÃO	118
7. BIBLIOGRAFIA.....	120
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	121

LISTA DE FIGURAS

Figura 4.1 - PIB Brasil X PIB Construção Civil (Variação %) - 2004/2013	13
Figura 4.2 - Participação dos Materiais e Mão de Obra no CUB Brasil.....	14
Figura 5.1 - Balloon framing	17
Figura 5.2 - Desenho esquemático residência em <i>Light Steel Framing</i>	20
Figura 5.3 - Pannel interno (obra UMEI Minaslândia – Belo Horizonte/MG)	21
Figura 5.4 - Vista da estrutura do piso com vigas em perfis galvanizados.....	22
Figura 5.5 - Estrutura do telhado em Light Steel Framing.....	23
Figura 5.6 - Corte esquemático de uma laje radier	32
Figura 5.7 - Detalhe esquemático de ancoragem de pannel	32
Figura 5.8 - Corte detalhado de fundação sapata corrida	33
Figura 5.9 - Efeitos da carga de vento na estrutura	34
Figura 5.10 - Detalhe de ancoragem química com barra roscada	35
Figura 5.11 - Detalhe de ancoragem da estrutura na fundação	35
Figura 5.12 - Ancoragem por expansão tipo parabolt	36
Figura 5.13 - Transmissão da carga vertical à fundação	38
Figura 5.14 - Pannel típico em Light Steel Framing	39
Figura 5.15 - Pannel com abertura de janela	40
Figura 5.16 - Distribuição dos esforços através da verga para ombreiras	40
Figura 5.17 - Tipos de vergas	41
Figura 5.18 - Detalhe de ombreira	42
Figura 5.19 - Guia de abertura	43
Figura 5.20 - Composição de vão de abertura	43
Figura 5.21 - Desenho esquemático de pannel estrutural com abertura.....	44
Figura 5.22 - Pannel com contraventamento em “X”	45
Figura 5.23 - Solicitação das diagonais de contraventamento.....	46
Figura 5.24 - Fixação das diagonais nos painéis por placa de Gusset	46
Figura 5.25 - Ancoragem pannel superior	47
Figura 5.26 - Contraventamento em “K”	48
Figura 5.27 - Assentamento das placas estruturais em painéis	49
Figura 5.28 - Encontro das placas estruturais em relação aos painéis	50
Figura 5.29 - Encontro entre duas placas estruturais de canto	51

Figura 5.30 - Fita metálica para travamento de painel	52
Figura 5.31 - Travamento horizontal do painel através de bloqueadores	53
Figura 5.32 - União de dois montantes pela alma.....	54
Figura 5.33 - União de três montantes	54
Figura 5.34 - Fixação de painéis de canto	55
Figura 5.35 - Ligação de dois painéis formando um “T”	55
Figura 5.36 - Encontro de três painéis	56
Figura 5.37 - Emenda de perfil guia	56
Figura 5.38 - Desenho esquemático de painel não estrutural com abertura	58
Figura 5.39 - Painel não-estrutural com montantes simples	58
Figura 5.40 - Execução de parede em formato ondulado	59
Figura 5.41 - Método para curvatura de perfis U.....	60
Figura 5.42 - Perfil U flexível	60
Figura 5.43 - Método para construção de aberturas em arco	61
Figura 5.44 - Painel de fachada com abertura redonda	61
Figura 5.45 - Estrutura de piso em Light Steel Framing.....	62
Figura 5.46 - Vigas de piso	63
Figura 5.47 - Aberturas nos perfis para passagem de tubulações	64
Figura 5.48 - Planta de estrutura de piso em <i>Light Steel Framing</i>	65
Figura 5.49 - Estrutura de piso em Light Steel Framing.....	66
Figura 5.50 - Desenho esquemático de laje úmida	67
Figura 5.51 - Fôrma de aço de laje úmida tipo <i>Steel Deck</i>	67
Figura 5.52 - Perfil galvanizado tipo cantoneira no perímetro da laje	68
Figura 5.53 - Placas de OSB utilizadas para laje seca	69
Figura 5.54 - Desenho esquemático de laje seca com painel OSB	69
Figura 5.55 - Bloqueadore e fita metálica no travamento horizontal da laje.....	70
Figura 5.56 - Bloqueador e fita metálica	71
Figura 5.57 - Desenho esquemático de escada viga caixa inclinada.....	72
Figura 5.58 - Esquema de escada painel com inclinação	73
Figura 5.59 - Esquema de uma escada de painéis escalonados	74
Figura 5.60 - Escada executada com o método de painéis escalonados	75
Figura 5.61 - Cobertura plana em <i>Light Steel Framing</i>	77
Figura 5.62 - Tipos de treliças planas para Light Steel Framing	77

Figura 5.63 - Alinhamento de caibros e vigas com montantes do painel	78
Figura 5.64 - Telhado típico estruturado com caibros	79
Figura 5.65 - Composição de uma tesoura	80
Figura 5.66 - Cobertura inclinada em treliça plana com telha de PVC	80
Figura 5.67 - Cobertura com elementos de contraventamento	81
Figura 5.68 - Aplicação do OSB no LSF	83
Figura 5.69 - Placas de OSB.....	84
Figura 5.70 - OSB com acabamento final em argamassa e pintura.....	85
Figura 5.71 - OSB com acabamento final em “Siding” Vinílico.....	86
Figura 5.72 - Placa Cimentícia instalada na fachada com junta defasada.....	87
Figura 5.73 - Placa cimentícia instalada em abertura redonda	88
Figura 5.74 - Acabamento em pastilha cerâmica sobre placa cimentícia	88
Figura 5.75 - Fechamento interno em DryWall e gesso acartonado	90
Figura 5.76 - Tipos de placas de gesso acartonado	92
Figura 5.77 - Sequência de montagem do sistema DryWall	93
Figura 5.78 - Instalação parcial de lã de vidro em painel	94
Figura 5.79 - Tipos de pontas de parafusos e suas aplicações no LSF.....	99
Figura 5.80 - Tipos de cabeças de parafusos e suas aplicações no LSF	100
Figura 5.81 - Sequência 01 e 02 de Montagem e Construção do LSF	101
Figura 5.82 - Sequência 03 de Montagem e Construção do LSF	102
Figura 5.83 - Sequência 04 e 05 de Montagem e Construção do LSF	102
Figura 5.84 - Sequência 06 e 07 de Montagem e Construção do LSF	103
Figura 5.85 - Sequência 08 e 09 de Montagem e Construção do LSF	103
Figura 5.86 - Sequência 10 e 11 de Montagem e Construção do LSF	104
Figura 5.87 - Dimensões da furação de perfis de Light Steel Framing	105
Figura 5.88 - Instalação predial executada antes do fechamento interno	106
Figura 5.89 - Passagem de tubulação elétrica pelas vigas de piso.....	107
Figura 5.90 - Locação de pontos de instalações na Radier	108
Figura 5.91 - Execução de passagem de tubulações pela laje seca.....	109
Figura 5.92 - Sistema PEX instalado em construção LSF	110
Figura 5.93 - Prumada água pluvial a ser embutida em shaft.....	111
Figura 5.94 - Instalação elétrica instalado em construção LSF.....	112
Figura 5.95 - Eletroduto com trava e caixas elétrica criada para LSF	112

LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1 - Estudo Comparativo de Sistemas Construtivos	15
Tabela 5.1 - Revestimento mínimo dos perfis estruturais e não estruturais.....	26
Tabela 5.2 - Revestimento mínimo dos perfis estruturais	27
Tabela 5.3 - Espessura nominal mínima dos perfis	27
Tabela 5.4 - Designações dos perfis de aço formados a frio para uso em Light Steel Framing e suas respectivas aplicações	28
Tabela 5.5 - Dimensões Nominais Usuais dos Perfis de Aço para <i>Light Steel Framing</i>	29
Tabela 5.6 - Relação entre espessura da placa cimentícia e aplicação.....	89
Tabela 5.7 - Classe de Transmissão de Som	95
Tabela 5.8 - Índice de Redução Acústica (Rw) da lã de vidro.....	96
Tabela 5.9 - Resistência Térmica e Condutividade.....	97

LISTA DE NOTAÇÕES, ABREVIATURAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

AISI - *American Iron and Steel Institute*

ASTM - *American Society for Testing and Materials*

BIM - *Building Information Modeling*

BNH - Banco Nacional de Habitação

BS - *British Standards*

CBCA - Centro Brasileiro de Construção em Aço

CBIC - Câmara Brasileira da Indústria da Construção

CUB – Custo Unitário Básico

EUA – Estados Unidos da America

EUROCODE - *European Committee for Standardisation*

FGV - Fundação Getúlio Vargas

LEED - *Leadership in Energy and Environmental Design*

LSF - *Light Steel Framing*

NASFA - *North American Steel Framing Alliance*

NBR – Norma Brasileira

OSB - *Oriented Strand Board*

PBQP-H - Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade

PFF – Perfil Formado à Frio

UMEI - Unidade Municipal de Ensino Infantil

LISTA DE SÍMBOLOS

dB – Decibeis

Mpa – Mega Pascal

Ru – Resistente à Umidade

Rf – Resistente ao Fogo

Rw – Redução Acústica

St – Standard

Ue – Perfil “U” enrijecido

U – Perfil “U” Simples

1. INTRODUÇÃO

O setor da construção civil, em especial a habitacional teve uma produção em termos de quantidade muito inferior às necessidades do País desde a extinção do Banco Nacional de Habitação (BNH) em 1986, devido à falta de mecanismos de financiamento que proporcionassem condições de acesso à maior parte da população brasileira. A evolução do setor da construção no Brasil ocorreu com a abertura do mercado no início dos anos 90 que contribuiu para que as empresas construtoras importassem equipamentos e tecnologias.

Aos poucos foram criados aparatos legais que estabeleceram um mercado atrativo para os investidores e agentes financeiros, começando em 2004 e 2005 a ser desenhada uma mudança no setor. Conforme aponta a Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC), essas mudanças foram amadurecidas em 2006, e a partir deste ano verificaram-se no setor da construção civil brasileira significativas mudanças na organização setorial, nível de atividades e na estrutura de produção e competição. Tal mudança foi possível pelo arcabouço de legislação sobre os imóveis residenciais e a melhoria de cenários econômicos que viabilizaram nos anos 2006 e 2007 a redução das taxas de juros dos financiamentos imobiliários, permitindo assim que o financiamento à produção e venda de imóveis dessa natureza fossem substancialmente incrementados.

Uma das grandes mudanças estruturais do setor foi o aumento da escala dos empreendimentos e migração de empresas que tradicionalmente atuavam nos segmentos de alta e média alta renda para os segmentos chamados econômicos. No entanto, esta decisão de atuar em larga escala leva à necessidade de fortes investimentos em administração e na logística. Empecilhos de ordem legal também se colocam, tendo em vista a existência de diferenças nos códigos de obras que impedem as empresas de padronizarem seus projetos por completo e adotarem sistemas construtivos padronizados.

Com o crescimento do mercado da construção civil a partir de 2007, um dos grandes problemas enfrentados pelas empresas do setor é o desperdício de materiais, baixa produtividade e elevação do custo da mão-de-obra. Este cenário

incentiva os construtores a pensar na tecnologia como ferramenta de competitividade e diversas empresas estão investindo na modernização dos meios de produção e na crescente industrialização dos canteiros de obras, com constante introdução de variedade de materiais, equipamentos, processos construtivos e administrativos voltados à construção civil. Contribuindo assim para a melhoria dos aspectos organizacionais, maior competitividade e conduzindo o setor a uma maior qualidade construtiva e redução de desperdícios.

Atualmente o setor da construção civil é um dos principais responsáveis pelo desenvolvimento e economia do país. A cadeia produtiva da indústria da construção é uma das protagonistas na dinâmica econômica, sendo ao mesmo tempo, promotora de renda, de emprego, de investimento e da qualidade de vida. Estudos da Fundação Getúlio Vargas (FGV) realizados a partir de 2007 mostram que o setor pode sustentar uma taxa de crescimento de 4% ao ano até 2030. Alinhado a esses estudos e às estimativas de crescimento populacional do país em cerca de 230 milhões de pessoas nas próximas duas décadas, bem como no crescimento da classe média que implicará em um perfil de demanda progressivamente qualificado (reflexo dos progressos significativos da renda e do desenvolvimento humano) o setor da construção civil brasileira vislumbra um horizonte favorável de crescimento quantitativo e qualitativo nas próximas décadas.

Partindo do princípio de que os efeitos da modernização dos processos construtivos para o setor e para a sociedade como um todo são necessários no processo de desenvolvimento econômico e social do país, o trabalho pretende realizar um diagnóstico e caracterização de necessidades para impulsionar a Inovação na Construção Civil e Industrialização dos Processos Construtivos. Apresentando levantamentos e estudos sobre o tema e tendo com foco específico a análise e metodologia construtiva do Sistema Construtivo *Light Steel Framing* (LSF), que é sistema de conhecimento dos profissionais da área e que tem aprovação dos órgãos regulamentadores, mais que ainda é pouco adotado no país. Busca-se ainda ser uma fonte de difusão do LSF no meio acadêmico e profissional.

2. OBJETIVOS E METODOLOGIAS

Este estudo foi desenvolvido a partir de um conjunto de dados e informações obtidos por meio de diferentes fontes bibliográficas e utilizando-se do conhecimento de profissionais e empresas da área obtido através de encontros e visitas técnicas. O desafio deste trabalho consistiu em abordar o cenário que compõe o desenvolvimento de novas tecnologias no setor da construção civil, e contribuir na difusão do conhecimento de grandes inovações, que muitas vezes, é pouco reconhecido.

Os levantamentos de dados e informações utilizaram-se das seguintes fontes:

- Dados do mercado da construção civil obtidos por meio do banco de dados da CBIC – Câmara Brasileira da Indústria da Construção;
- Dados obtidos diretamente em visitas técnicas realizadas entre Junho de 2013 e Dezembro de 2013, em empresas que dominam o Sistema Construtivo *Light Steel Framing*;
- Visita técnica à Obra da Unidade Municipal de Ensino Infantil (UMEI) Minaslândia na R. Maria Madalena Esteves, 95 - Minaslândia (Primeiro de Maio), Belo Horizonte - MG;
- Visita técnica a empresa Flasan | Soluções em Construção a Seco, localizada na Av. Barão Homem de Melo, 2400, Belo Horizonte - MG, que promoveu uma apresentação do Sistema Construtivo *Light Steel Framing* e disponibilizou materiais para estudos;
- Estudo e Análise de trabalhos publicados sobre Modernização dos processos construtivos e Sistema Construtivo *Light Steel Framing*;
- Levantamento de bibliografias sobre melhores práticas e identificação de inovações específicas da construção civil habitacional.

2.1 Definição de Etapas

O trabalho em questão terá uma abordagem teórica, cujas etapas compreendem:

1. Panorama Atual de Inovação na Construção Civil

Uma vez que setor de construção civil é constituído de diversos segmentos, e cada segmento da produção da construção civil engloba negócios com dinâmicas absolutamente diferentes em função da tipologia a ser produzida. Por outro lado, a inovação ocorrida em um determinado segmento frequentemente migra para outros, pois as inovações utilizadas numa tipologia de obras não se restringem a sistemas construtivos inteiros. A apresentação dos dados brutos obtidos nesta etapa seria extensa e alteraria o objetivo do trabalho, a análise que é feita representa o resultado do que foi possível identificar a partir do levantamento feito frente ao panorama atual de inovação na construção civil no país. Concentrando-se no segmento da construção civil habitacional.

2. Sistema Construtivo *Light Steel Framing*

Nesta etapa será feita uma revisão bibliográfica sobre o sistema, apresentando suas características, metodologias construtivas e etapas. Assim como serão apresentadas as vantagens, desvantagens, dificuldades e facilidades do uso do sistema construtivo *Light Steel Framing*.

3. Conclusões e Generalidades

Como produto final deste trabalho pretende-se estabelecer nesta etapa uma análise crítica da aplicação e modernização dos processos construtivos em especial do Sistema Construtivo *Light Steel Framing*, identificando os gargalos para a difusão do conceito dentro do setor. Pretende-se ainda incentivar e criar arcabouço para ações permanentes e em contínuo aperfeiçoamento para atingir o mais amplo espectro possível de empresas e profissionais de todos os elos da cadeia produtiva construção civil.

3. PANORAMA DA MODERNIZAÇÃO E INOVAÇÃO DA CONSTRUÇÃO CIVIL

O setor da Construção Civil enfrenta grandes desafios num mercado que demanda qualidade, competitividade e produtividade. Tais desafios poderão ser equacionados a partir de uma abordagem de pesquisa que contemple alguns eixos fundamentais, tais como a adoção de tecnologias e metodologias inovadoras de projeto, bem como a adoção de uma visão sistêmica da Construção Civil.

A Inovação tecnológica pode ser compreendida como aperfeiçoamento e melhorias na qualidade dos serviços prestados. Na construção civil a introdução de novas técnicas e ferramentas pode trazer uma grande melhoria em diversas áreas de atuação das empresas construtoras, como por exemplo, redução do desperdício, que traria significativas vantagens e diferenciação para a empresa que adote essas novas técnicas. Dentre os vários meios de inovações tecnológicas e modernizações no processo construtivo é possível mencionar as inovações tecnológicas simples em obras, por exemplo, o uso de máquinas, ferramentas e a manipulação dos materiais, que vem deixando de ser manuais e passando a serem adotados processos mecanizados, reduzindo consideravelmente os erros cometidos na construção.

Em um contexto global as inovações tecnológicas inseridas atualmente no processo construtivo brasileiro são consideradas relativamente atrasadas, mas é importante ressaltar que cada vez mais as construtoras brasileiras estão inserindo em seus canteiros de obras inovações que aumentam sua produtividade e reduzem o consumo de materiais, fazendo com que seus produtos sejam feitos mais rapidamente e a mão-de-obra do setor tenha melhores condições de trabalho. Em suma a inclusão de novas tecnologias faz com que o setor da construção civil cresça com meios apropriados, gerando um produto de maior qualidade e com custo reduzido.

Por fim destaca-se o fato que a utilização de inovações tecnológicas no processo construtivo aparece como uma importante ferramenta para que as construtoras

obtenham vantagens competitivas e diferenciação frente a seus concorrentes, agregando também maior eficiência às atividades de produção.

3.1 Panorama Internacional

Resumir a situação da inovação na construção civil é um trabalho complexo, que este trabalho busca apenas contextualizar com o panorama de economias desenvolvidas da América, Europa e Ásia. Considerando a vasta possibilidade de exploração deste panorama, a situação avaliada em países como Estados Unidos, Canadá, Alemanha, Inglaterra, França, entre outros, pode ser resumida a partir dos seguintes tópicos:

- A inovação em diversos países desenvolvidos é decorrente de dois grandes fatores – a busca constante pela melhor produtividade e substituição do trabalho humano em atividades de grande desgaste e esforço, tornando o processo construtivo um processo cada vez mais de montagem. A mão-de-obra é especializada e ha uma busca constante pelo atendimento de requisitos de desempenho, cada vez mais exigente e normas e regulamentos fortemente indutoras de melhoria da qualidade do produto final; estando inclusos neste contexto requisitos e aspectos da construção sustentável no âmbito econômico, tecnológico e ambiental;
- A inovação está presente no uso intensivo e cada vez mais aperfeiçoado da tecnologia da informação em nível avançado de sistemas e de aplicações em projeto, planejamento, orçamento; particularmente o uso do processo BIM – *Building Information Modeling*. Nos EUA (Estados Unidos da America) e países europeus a adoção do BIM há cerca de 10 anos aponta para uma tendência irreversível da prática de projeto, planejamento, execução e operação de edifícios;
- Contínuo e crescente desenvolvimento dos materiais, componentes e sistemas construtivos, oferecendo ao mercado local uma grande quantidade de alternativas de materiais inovadores. Sendo aspectos como desempenho e durabilidade, desempenho térmico, desempenho acústico, redução de necessidade de mão-de-obra entre outros, os motivadores para

desenvolvimento destes materiais e sistemas. Além da ênfase em sustentabilidade que envolve desde a reciclagem até o uso de materiais que assegure práticas sustentáveis em toda a cadeia produtiva.

- A forte cultura de atendimento a normas e exigências legais impulsiona a busca por inovações em aspectos específicos de desempenho e a cultura do desempenho chega até mesmo ao consumidor final que assim não apresenta tanta resistência à introdução de inovações que sejam percebidas pelo usuário;
- A proximidade entre as empresas e instituições de pesquisa para o desenvolvimento de inovações é maior do o que existe no Brasil, e os mecanismos que favorecem a informalidade são praticamente inexistente. Tornando a introdução de inovações nestes países um processo mais rápido.

3.2 Panorama no Brasil

Conforme aponta estudo desenvolvido pela CBIC – Câmara Brasileira da Indústria da Construção, a introdução de inovações no mercado da construção civil brasileira foi inicialmente ligada à lógica de produção habitacional nos anos 70 e início dos anos 80, a partir da produção em larga escala e proporcionada por financiamentos realizados pelo Banco Nacional de Habitação (BNH). No entanto, a falta de preparo das empresas para o desenvolvimento, avaliação de desempenho previamente à utilização e implantação levou a sérias consequências de qualidade do que foi produzido naquele período.

Na década de 90 pode ser observado o fechamento às inovações, especialmente pela Caixa Econômica Federal na concessão de financiamentos, até a abertura econômica e estabilização da economia se tornarem efetivas para fabricantes de outros países e empresas construtoras que passaram então a introduzir novas tecnologias. A indústria de materiais e sistemas foi a principal responsável pela introdução de inovações no final dos anos 90, atendendo muitas vezes à demanda das empresas construtoras e em outros casos importando tecnologias já existentes em outros países.

Algumas das iniciativas para inovação do setor que rompiam com as práticas tradicionais do mercado brasileiro e tiveram um extenso ciclo de amadurecimento, pois não havia no Brasil um delineamento inicial presente em outros países como normas e conhecimento específicos destas iniciativas. Tecnologias como o sistema de vedação *DryWall* ou o próprio sistema construtivo *Light Steel Framing* ainda têm escala de adoção bem abaixo do desejável e da capacidade produtiva do sistema, visto que estes sistemas contam com significativo grau de industrialização. Ao analisar outros métodos construtivos de menor difusão o mercado praticamente inviabiliza financeiramente o método, devido a baixa adoção que é ocasionada pela falta de conhecimento de projeto e construção.

O panorama atual das inovações no Brasil mostra a predominância das inovações absorvidas pelas empresas é de inovações em materiais, sistemas construtivos, inovações em projeto e por fim inovações de gestão. De acordo com as constatações levantadas pela CBIC – Câmara Brasileira da Indústria da Construção, a situação da inovação da construção no Brasil pode ser resumida a partir dos seguintes tópicos:

- As inovações introduzidas nos últimos cinco anos são iniciativas de empresas líderes que não são disseminadas entre a maior parte das empresas, como produtos imobiliários com concepção inovadora – flexibilização total de personalização, produtos de uso misto; introdução de tecnologia e características de projeto visando a sustentabilidade e até mesmo em edifícios comerciais de escritórios a certificação de sistemas de sustentabilidade;
- Inovações de sistemas de planejamento e controle de obras com uso avançado de tecnologia da informação, automação dos sistemas de gestão da qualidade, melhoria dos canteiros de obras;
- Iniciativas individuais de empresas na modelagem de informações para implantação de BIM – *Building Information Modeling*;
- Inovações no subsistema Fundações e Estruturas: Aço cortado e dobrado, concreto usinado, concreto auto adensável e de alto desempenho em

estruturas, fôrmas metálicas, laje nível zero, protensão de elementos estruturais, entre outros.

- Inovações no subsistema vedações verticais e horizontais: Alvenaria racionalizada, fachada em Sistema *Unitized*, fachadas aeradas com granito e porcelanato e pele de vidro, projeção de argamassas mecanicamente, projeto de alvenaria, projeto de fachadas e esquadrias de alumínio, racionalização das alvenarias através de modulações dos blocos, e tratamento. Portas prontas e janelas prontas, projeto de impermeabilização e de fôrmas, etc.
- Sistemas prediais hidráulicos e elétricos: Adoção de *shaft* vertical e horizontal no interior da unidade, e de *shaft* no hall da área comum, aquecimento solar, interligação de sistemas (voz /dados /imagem), sistema de ar-condicionado SPLIT, utilização de kits hidráulicos, sistema de instalações em PEX (sistema flexível), sistema de instalações de água quente e água fria em PPR.
- Gestão: Gestão de resíduos no canteiro de obras, compatibilização/ coordenação de projetos, implantação de controladoria interna, controle da Qualidade, certificações de sustentabilidade (selos verdes), implantação de sistema da qualidade e certificação (como PBQP-H – Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade) e planejamento e controle de obras.

Estas inovações podem ser resumidas pela sua natureza em cinco tipos: Materiais e componentes, subsistemas que possuem alta incidência de adoção, projeto que tem média incidência, mecanização de atividades com média incidência de adoção, seguido por planejamento e gestão que possui baixa incidência e por fim tecnologia da informação que tem baixa incidência de inclusão pelo mercado. As inovações apresentadas são em sua maioria inovações incrementais, isto é, que introduzem mudanças incrementais nos produtos e/ou nos processos, mas não rompem com uma forma anterior de produto ou processo.

É possível identificar que existem produtos inovadores e sistemas construtivos industrializados que ainda são empregados por uma parcela muito menor do que

o potencial de mercado se houvessem condições de conhecimento, capacitação da mão-de-obra e outros fatores facilitadores e indutores.

3.3 A Necessidade de Inovação

Com base em estudos feitos pela CBIC – Câmara Brasileira da Indústria da Construção, em linhas gerais verificou-se que as principais de necessidades de inovação no que se refere aos materiais, componentes e sistemas construtivos e gestão do processo construtivo, consistem em desenvolver:

- Modelos de planejamento, orçamento e avaliação de riscos com o uso de sistemas inovadores: comparações baseadas no verdadeiro impacto das inovações sobre o custo sistêmico e global, ao longo da vida útil.
- Métodos de projeto: adequados ao conceito de desempenho – o uso de simulações na prática projetual; adequados à análise do impacto do empreendimento para o entorno; flexibilização às alterações do usuário ao longo da vida útil.
- Tecnologia da informação– no projeto, no planejamento, no controle em obras, nos métodos de diagnóstico, na robotização de atividades que o homem não precisa fazer e que podem ter mais precisão; automação de componentes e sistemas nos edifícios – é preciso fazer um esforço de capacitação de profissionais nesta área para atuar nas empresas e como consultores.
- Materiais e sistemas que contribuam para a elevação da produtividade e prazos de execução menores – como redução das relações de interdependência na obra decorrentes das necessidades de cada sistema para atingir o desempenho adequado.
- Materiais e sistemas com custos adequados para os diferentes segmentos – exemplo: os acabamentos de alto desempenho são também acabamentos de elevado custo que não cabem na produção dos chamados segmentos econômicos. Materiais de desempenho adequado e custos adequados a cada segmento são ainda necessários.

- Produtos que eliminem ou facilitem o transporte, facilitem a montagem em canteiro.
- Produtos que solucionem problemas reais existentes no projeto de edifícios quanto à produção (obra) ou uso, operação e manutenção: produtos que facilitem a manutenção e limpeza, adequação e segurança no uso; acessibilidade, etc.
- Comportamento/ desempenho de sistemas– produtos que contribuam para o desempenho acústico, térmico, etc. Ex. Desempenho acústico ainda tem soluções consideradas “caras” e viáveis apenas em edifícios de mais alto padrão. Só se resolve problemas desta natureza com inovação.
- Produtos e sistemas para a sustentabilidade: ainda não se tem um inventário do quanto os produtos disponíveis no mercado brasileiro atendem aos requisitos de sustentabilidade que são exigidos por normas, sistemas de certificação e necessidades dos usuários.
- Soluções de interface– o detalhamento de projetos muitas vezes se depara com a necessidade de improvisar soluções para interfaces entre os subsistemas estruturas x alvenaria x revestimentos. É preciso caracterizar melhor as diferentes soluções requeridas.
- Aperfeiçoamento e adoção da tecnologia da informação em nível avançado de sistemas e de aplicações em projeto, planejamento, orçamento; particularmente o uso do processo BIM – *Building Information Modeling*. Embora venha sendo divulgada a implantação no Brasil de metodologias desta natureza existem sérios equívocos de interpretação do que é necessário para efetivamente implantar este sistema de informação. O conceito verdadeiro de BIM não se resume ao projeto em três dimensões como vem sendo comumente apresentado, mas num processo de integração de dados e informações sobre todo o ciclo de produção, uso e operação do edifício de modo a criar num único modelo a simulação completa de projeto, planejamento, orçamento, construção, operação, manutenção e custos globais do edifício. Assim ajustar ao panorama internacional na questão da implantação de sistemas BIM no Brasil será

necessário principalmente o desenvolvimento de condições de interoperabilidade no Brasil adaptando-se e absorvendo padrões internacionais já em atividade, padronização de terminologia, bibliotecas de materiais, componentes e sistemas construtivos, bem como a capacitação e treinamento de profissionais das áreas envolvidas.

4. ANÁLISE DE CENÁRIOS E DO SISTEMA CONSTRUTIVO LSF

Conforme estudo apresentado nesta etapa do trabalho verificou-se que apesar da crescente inclusão de máquinas, metodologias e equipamentos como consequência da modernização da construção civil, o Brasil ainda se encontra atrasado se comparado a outros países. No Brasil os equipamentos são caros e em muitas vezes indisponíveis no mercado nacional, como consequência do custo dos equipamentos os construtores optam por maior número de mão-de-obra no país, principalmente na construção de casa e edificações de menor porte. Tal cenário aliado ao crescimento significativo do setor da construção civil nos últimos anos, (como pode ser conferido na FIG. 4.1) ocasionou uma crescente evolução da participação da mão-de-obra no custo do CUB Brasil, dado este que pode ser observado na FIG. 4.2.

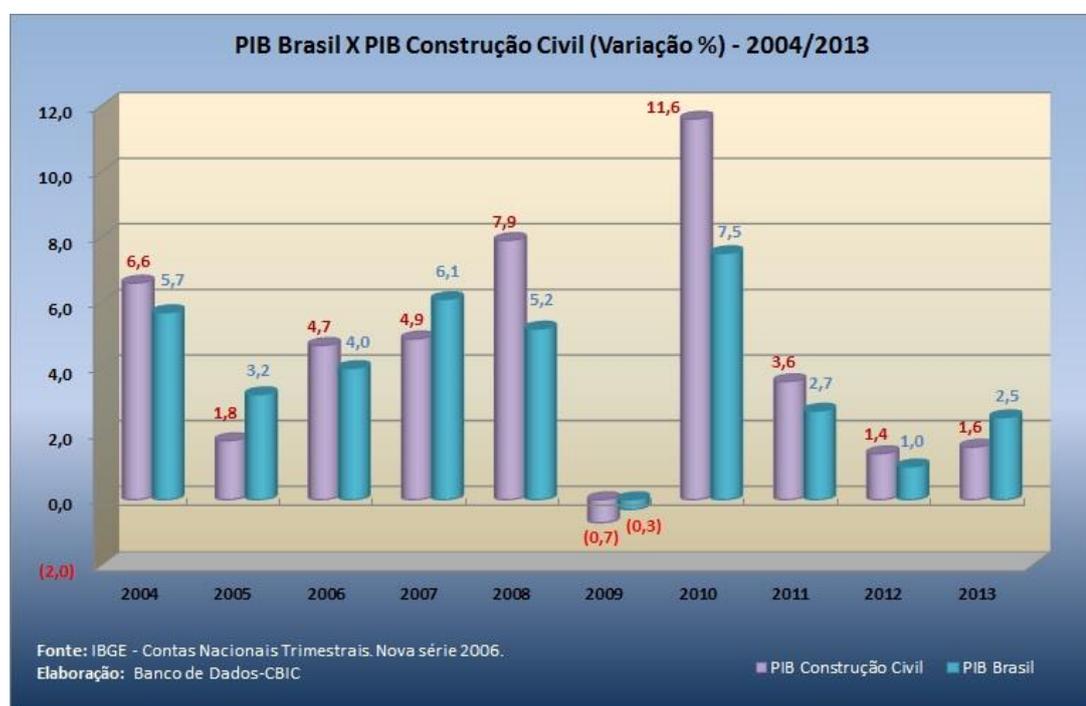


Figura 4.1 - PIB Brasil X PIB Construção Civil (Variação %) - 2004/2013
Fonte: Banco de Dados CBIC - www.cbicdados.com.br/home/.

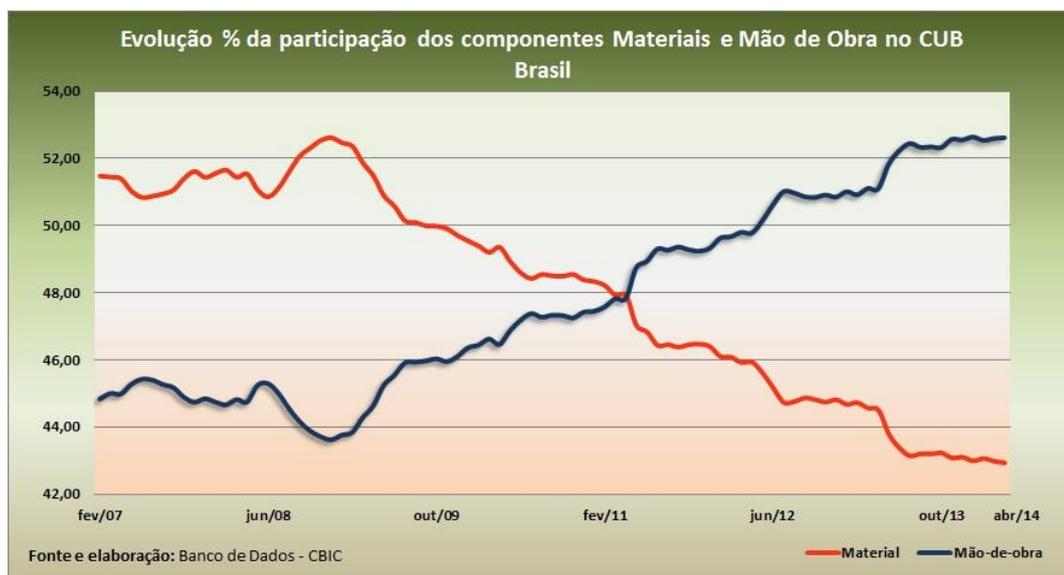


Figura 4.2 - Participação dos Materiais e Mão de Obra no CUB Brasil
 Fonte: Banco de Dados CBIC - www.cbicdados.com.br/home/.

Verificou-se ainda a importância do uso de novas tecnologias para promover o crescimento como um todo do setor, seja pela industrialização dos meios necessários à sua execução ou por meio de ferramentas e equipamentos apropriados às atividades, que como consequência gere um produto final de melhor qualidade e menor custo.

O modo de difusão das inovações provém principalmente da difusão por meio da indústria de materiais e por meio dos projetistas e consultores especializados, além de profissionais de gerência e diretoria de construtoras que migram entre empresas espalhando seu conhecimento. Assim como forma de contribuir para disseminação de sistemas construtivos racionalizados e fortemente ligados ao processo de industrialização da construção civil, este trabalho irá desenvolver um estudo específico sobre o sistema construtivo *Light Steel Framing*. A opção em trabalhar especificamente com este sistema está no fato do LSF ser um sistema de considerável difusão no meio profissional nacional e ser uma tecnologia consolidado e amplamente utilizada em diversos países. Há ainda o motivo de que as características deste sistema têm significativas contribuições (TAB. 4.1) no que diz respeito à redução dos resíduos de obra, maior possibilidade de padronização nos processos e controle operacional da obra e também é considerado um sistema de menor impacto ambiental se comparado ao sistema

convencional. Todas essas características e peculiaridades do sistema serão abordadas na etapa seguinte.

Tabela 4.1 - Estudo Comparativo de Sistemas Construtivos

Desenvolvimento Econômico	Light Steel Framing	Alvenaria Estrutural	Concreto Pré-Moldado	Concreto Moldado In-Loce	Concreto PVC
1. Aceitação pelo Público Comprador	Alta	Alta	Alta	Alta	Baixa
2. Solidez e Durabilidade	Alta	Alta	Alta	Alta	Média Alta
3. Homologação Técnica	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
4. Industrialização	Sim	Baixa	Média Alta	Baixa	Média Alta
5. Potencial de Sustentabilidade	Alta	Baixa	Baixa	Baixa	Alta
6. Custo	Alta	Média Alta	Média Alta	Média	Alta
7. Velocidade de Execução	Alta	Baixa	Alta	Baixa	Média Alta
8. Intensidade de Utilização de Mão de Obra	Baixa	Alta	Média	Alta	Média
9. Disponibilidade de Insumos nos Mercados Alvo	Alta	Alta	Alta	Alta	Baixa
10. Flexibilidade para Eventuais Modificações	Baixa	Média	Baixa	Alta	Baixa
11. Parede Externa	Placa cimentícia	Bloco de concreto	Bloco cerâmico	Bloco cerâmico	Painéis PVC c/ concreto
12. Parede Interna	Drywall	Bloco de concreto	Bloco cerâmico	Bloco cerâmico	Painéis PVC c/ concreto



Fonte: Material disponibilizado pelo profissional e mestando de Engenharia Civil do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais HOFFMAN, Henrique Barbosa.

5. SISTEMA CONSTRUTIVO LIGHT STEEL FRAMING

O Light Steel framing (LSF) é um sistema construtivo de concepção racional, que tem como principal característica uma estrutura composta de painéis estruturais e não-estruturais constituída por perfis formados a frio (PFF) de aço galvanizado (SANTIAGO; FREITAS; CRASTO, 2012). É um sistema autoportante de construção a seco que proporciona rapidez de execução, devido o fato de ser um sistema construtivo industrializado e ter maior controle do processo construtivo se comparado aos sistemas tradicionalmente adotados no Brasil.

Segundo Santiago, Freitas e Crasto (2012, ed.2º, p.12) o *Light Steel Framing* pode ser definido como “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”.

Como sistema construtivo o *Light Steel Framing* é composto por vários subsistemas que formam o conjunto. Sendo a fundação, estrutura, instalações elétricas e hidráulicas, isolamento termo-acústico, e fechamento interno e externo, vertical e horizontal, os subsistemas que o compõe. Para que o desempenho e as funções do sistema sejam cumpridos é necessário que estes subsistemas estejam inter-relacionados entre si e que todo o processo construtivo desde a escolha de materiais, seleção da mão-de-obra, e execução da construção seja pautada pela excelência e qualificação.

Conforme aponta Santiago, Freitas e Crasto (2012) o *Light Steel Framing* tem origem no início do século XIX nos EUA, como alternativa construtiva para atender ao crescimento da população e a necessidade de adoção de métodos mais rápidos e produtivos na construção de habitações. Inicialmente fazendo uso dos materiais disponíveis na região, no caso a madeira, o método consistia em uma estrutura composta de peças em madeira serrada de pequena seção transversal conhecido por *Balloon Framing* como pode ser observado na FIG. 5.1 (ConsulSteel, 2002 apud Santiago, Freitas e Crasto, 2012). Com base neste método as construções em madeira que adotaram este processo construtivo

ficaram conhecidas como *Wood Frame*, tendo sido largamente aplicado na construção de tipologias residenciais nos Estados Unidos.



Figura 5.1 - Balloon framing

Fonte: SANTIAGO, A.K.; FREITAS, A. M. S.; CRASTO, R. C. M. de, 2012. p.13.

Posteriormente como o desenvolvimento da indústria do aço e o crescimento da economia nos Estados Unidos a utilização das peças de madeira foram substituídas por perfis de aço, dando origem ao sistema *Light Steel framing* (LSF). A primeira substituição foi feita na Feira Mundial de Chicago de 1933 com a apresentação do protótipo de uma residência em *Light Steel Framing*, que consistia na utilização de perfis de aço como substituição à estrutura de madeira. Com a evolução nos processos de fabricação dos perfis em aço e as vantagens físicas do aço em comparação a madeira (como maior resistência a desastres naturais e eficiência estrutural), além de fatores ligados ao preço e a qualidade da madeira no período pós Segunda Guerra Mundial a substituição da madeira por perfis de aço se tornou vantajoso para construções residenciais. A partir daí o *Light Steel framing* (LSF) tornou-se um sistema construtivo amplamente adotado nos EUA. De acordo com Santiago, Freitas e Crasto (2012), uma pesquisa realizada pela *North American Steel Framing Alliance* (NASFA) em 2002, mostrou que nos Estados Unidos o LSF é responsável por 1,5% do total do mercado residencial e 2% no Canadá. Já em regiões específicas como no Havaí, a participação do LSF corresponde a cerca de 40% das residências construídas no mesmo ano.

Em países onde a construção civil é predominantemente industrializada como Estados Unidos, Canadá, Japão, Inglaterra, França e Austrália, o LSF tem sido utilizado amplamente há várias décadas e países como Japão e Estados Unidos se tornaram referências no mercado com uma indústria altamente desenvolvida na área de construções de perfis leves de aço. Já no Brasil onde prevalece o método artesanal de construção, o LSF ainda é pouco conhecido e empregado. O setor da construção civil ainda encara o sistema construtivo com uma inovação tecnológica recente no país e fatores como falta de domínio do método construtivo pelos profissionais de projeto, mão-de-obra com baixo nível instrução e sem formação específica questões culturais, e entre outros, ainda são barreiras para que o LSF seja amplamente adotado no mercado da construção do civil no Brasil.

5.1 Sistema Construtivo Light Steel Framing e Coordenação Modular

O uso da coordenação modular e malhas construtivas são fundamentais para sistemas industrializados, como o LSF. O objetivo do emprego da malha modular no sistema é aperfeiçoar os consumo de materiais, aprimorar a execução e prazos, assim como diminuir os desperdícios provenientes da construção.

A malha modular estrutural do sistema LSF é de 400 mm ou 600 mm, sendo este definido no projeto estrutural, de acordo com o carregamento a que está submetido. Crasto (2005) sugere a adoção de uma malha de 1200 x 1200 mm na fase inicial de projeto (estudo preliminar), uma vez que nessa fase o arquiteto ou profissional responsável não tem uma definição precisa da modulação estrutural da edificação. O emprego desta malha permite posteriormente que o projeto seja adequado a qualquer uma das opções determinadas pelo projeto estrutural, uma vez que esta é múltipla tanto de 400 mm quanto de 600 mm.

As malhas usuais do LSF também são adequadas à modulação encontrada nos componentes do sistema, que possui execução parametrizada em múltiplos e submúltiplos de 3. As placas cimentícias e de gesso cartonado, utilizadas como fechamento interno e externo, possuem largura e altura padrões de 1200 mm e 2400 mm, respectivamente, podendo ser encontradas com 2700 mm ou 3000 mm. O perfil metálico mais usual é conformado com 90 mm de alma por 3000 mm

ou 6000 mm de comprimento. Os isolamentos térmicos e acústicos como a lã de vidro são produzidos em rolos com largura que permitem a instalação entre os perfis com modulação de 400 mm ou 600 mm sem gerar sobras.

O único componente do sistema LSF produzido no Brasil e que não se enquadra dentro desse padrão de medidas é a placa OSB que possui dimensões de 1220 x 2440 mm. Devido o foco principal de seu fabricante ser o mercado norte-americano, onde a medida da placa é de 4' x 8'.

5.2 Caracterização do Sistema Construtivo Light Steel Framing

Como definido anteriormente o LSF é um sistema construtivo amplo, capaz de integrar todos componentes e subsistemas necessários à construção de uma edificação (SANTIAGO; FREITAS; CRASTO, 2012). Tal definição pode ser complementada pela citação de Lima (2013) que caracteriza o LSF como uma estrutura formada por perfis de aço galvanizado formados a frio, que formam painéis estruturais (paredes, pisos, cobertura) ou não (fechamentos e vedações) que são ligados entre si por meio de parafusos, compondo assim um conjunto autoportante que é dimensionado com a finalidade de receber e transmitir os esforços atuantes na edificação. A estrutura e composição do sistema em LSF podem ser visualizadas na FIG. 5.2.

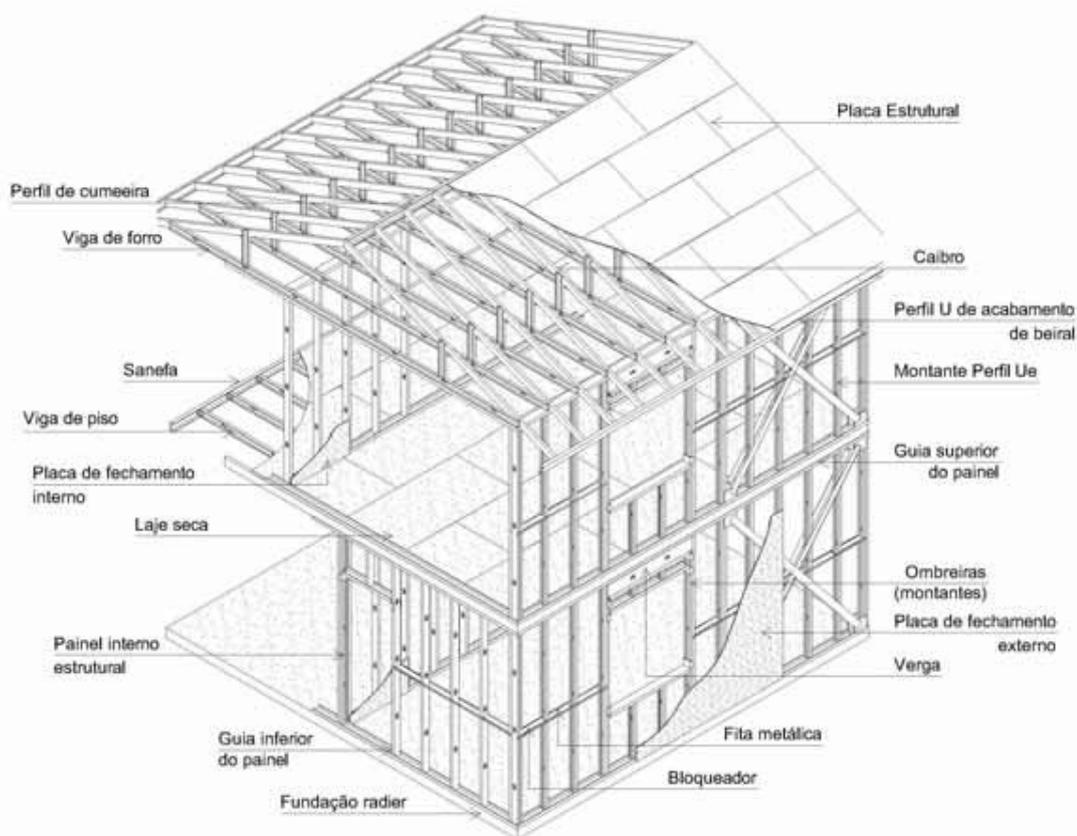


Figura 5.2 - Desenho esquemático residência em *Light Steel Framing*
 Fonte: SANTIAGO, A.K.; FREITAS, A. M. S.; CRASTO, R. C. M. de, 2012. p.14.

Essencialmente a estrutura do LSF é formada por dois tipos de perfil formado a frio (PFF), onde os PFF do tipo U enrijecido (Ue) são utilizados como montantes para composição dos painéis verticais (paredes estruturais ou não), vigas de entrepiso e estruturas dos telhados. Já os PFF do tipo U simples (Us) são definidos com Guias e compõe os painéis juntos com os montantes. As paredes (painéis estruturais ou autoportantes) são compostas por perfis leves galvanizados denominados montantes, que são espaçados entre si de 400 ou 600 mm e unidos por guias (FIG. 5.3). O espaçamento entre as peças é definido de acordo com o cálculo estrutural, que considera o carregamento imposto à estrutura para definição do modulo do projeto.

Os painéis são responsáveis por distribuir uniformemente as cargas impostas à edificação e transferir todos os esforços até o solo. O fechamento dos painéis é feito normalmente por chapas de gesso acartonado internamente e por placas cimentícias ou placas de OSB (*Oriented Strand Board*) externamente.

As vedações e acabamentos utilizam um método e matérias industrializados que combinam alto desempenho termo-acústico e emprego soluções construtivas a seco, como os sistemas em gesso acartonado *DryWall* e chapas de OSB (*Oriented Strand Board*) para paredes internas com barreira hidrófuga, e tela de poliéster aplicadas sobre a mesma ou placa cimentícia, para paredes externas. Assim o esqueleto estrutural do sistema fica encapsulado e protegido por camadas dentro das paredes e entrepisos. (SANTIAGO; FREITAS; CRASTO, 2012).



Figura 5.3 - Painel interno (obra UMEI Minaslândia – Belo Horizonte/MG)
Fonte: Arquivo do autor, Junho de 2013.

Os pisos têm o mesmo princípio dos painéis estruturais (paredes), perfis de aço galvanizado ou vigas de piso são dispostos na horizontal e servem de estrutura para o apoio do material do contrapiso e seguem à mesma modulação dos montantes (FIG. 5.4). Conforme Santiago, Freitas e Crasto (2012) um dos princípios de funcionamento da estrutura do LSF é o conceito de estrutura alinhada ou *In-line Framing*, assim as vigas de piso devem ser apoiadas nos montantes de forma a permitir que suas almas estejam em coincidência com as almas dos montantes. De forma a garantir que predomine nos elementos da estrutura os esforços axiais.



Figura 5.4 - Vista da estrutura do piso com vigas em perfis galvanizados
Fonte: Arquivo do autor, Junho de 2013(obra UMEI Minaslândia – Belo Horizonte/MG).

Para execução da cobertura o LSF dispõe de grande versatilidade e a escolha pelo tipo de cobertura ficará condicionada à critérios estéticos e projetuais, podendo ser adotados desde coberturas planas até variadas concepções de coberturas inclinadas. A execução das coberturas planas é normalmente feita com laje do tipo *Steel Deck* impermeabilizada. Quando opção for por coberturas inclinadas, a execução é semelhante à execução das construções convencional com o uso de tesouras de madeira, apenas é feita a substituição do madeiramento por perfis de aço galvanizados (FIG. 5.5). As telhas utilizadas podem ser cerâmicas, de aço, PVC, fibrocimento, tipo *shingles*, entre outros, lembrando que para evitar a necessidade de reforço na estrutura à adoção de telhas feitas de materiais industrializados e leves são os mais indicados.

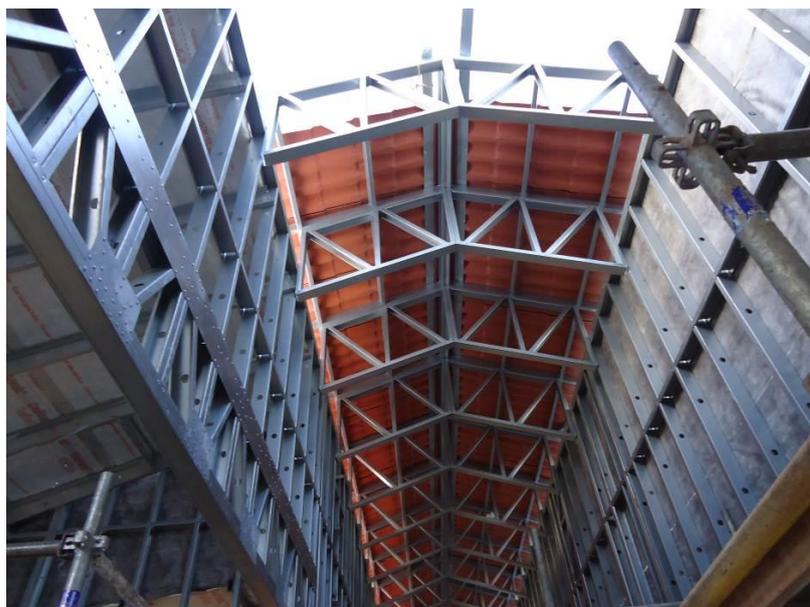


Figura 5.5 - Estrutura do telhado em Light Steel Framing
Fonte: Arquivo do autor, Junho de 2013 (obra UMEI Minaslândia – Belo Horizonte/MG).

No LSF a estrutura nunca se apresenta aparente, uma vez que os elementos estruturais das paredes, pisos e tetos estão sempre encapsulados e protegidos pelos materiais de fechamento. A partir desta característica o resultado final de uma construção em LSF é semelhante ao de uma construção convencional, e visivelmente é muito difícil conseguir diferenciar do sistema de construção tradicional. Com base em todas as características apresentadas Santiago, Freitas e Crasto (2012) definem os três fundamentos do sistema LSF:

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

Como pode ser verificada a construção em aço, especificamente em LSF é muito versátil e viabiliza uma grande gama de projetos arquitetônicos, desde que o mesmo seja concebido e planejado considerando o comportamento do sistema.

Conforme ressalta Santiago, Freitas e Crasto (2012) características como racionalização, industrialização e rapidez de execução só são possíveis no LSF quando há um planejamento integral da obra, que implica em um projeto amplamente detalhado. No Light Steel Framing é fundamental o detalhamento

dos projetos tanto de arquitetura, como estrutural ou complementares, para assim atingir tais características e o melhor desempenho do sistema.

5.2.1 Vantagens no Uso do Sistema Light Steel Framing

Santiago, Freitas e Crasto (2012) listam os principais benefícios e vantagens no uso do sistema *Light Steel Framing* (LSF) em edificações:

- **Materiais industrializados e controle de qualidade:** os produtos que constituem o sistema são padronizados e fruto de avanços tecnológicos no setor da construção, os elementos construtivos são produzidos industrialmente, onde a matéria prima utilizada, os processos de fabricação, suas características técnicas e acabamento passam por rigorosos controles de qualidade;
- **Durabilidade e Desempenho da estrutura:** 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. Associado ao processo de galvanização das chapas de fabricação dos perfis a estrutura tem grande durabilidade e longevidade;
- **Racionalidade e economia:** facilidade de montagem e execução das ligações, manuseio e transporte devido à leveza dos elementos, bem como facilidade de obtenção dos perfis formados a frio já que são largamente utilizados pela indústria. Considerável redução nos dimensionamento e custos da estrutura, uma vez que o sistema tem peso bastante inferior ao método construtivo tradicional e uniforme distribuição dos esforços através de paredes leves e portantes, rapidez de construção, uma vez que o canteiro se transforma em local de montagem;
- **Otimização dos recursos naturais e desempenho da construção:** Construção a seco, o que minora o uso de recursos naturais e o desperdício, melhores níveis de desempenho termo-acústico, que podem ser obtidos através da combinação de materiais de fechamento e isolamento. O aço é reciclável, podendo ser reciclado diversas vezes sem perder suas propriedades;

- **Manutenção e Instalações:** A execução das instalações elétricas e hidráulicas, de telefonia, de sistemas de informação etc., é simplificada pela existência de espaços internos, sequencia construtiva e pelo fato dos perfis serem perfurados previamente facilitam a passagem das instalações e posterior manutenção;
- **Flexibilidade construtiva:** O sistema atende as mais variadas concepções estéticas de projeto arquitetônico, não limitando a criatividade do arquiteto.
- **Segurança:** É possível alcançar altos índices de desempenhos em Resistência ao fogo, se adotados materiais que não propagam chamas e que garantam proteção contra incêndios.

5.2.2 Aplicações

O sistema *Light Steel Framing* tem aplicações variadas e estão listadas a seguir.

- Construções residenciais unifamiliares;
- Edifícios residenciais e comerciais;
- Edifícios não residenciais (escritórios, centros de saúde, banco, entre outros);
- Projetos de fachadas e Retrofit (Reformas e ampliação de construções);
- Unidades Modulares;
- Edificações efêmeras (stands, canteiro de obra, edificações provisórias em geral).

O LSF tem uma limitação de altura e sua aplicação é normalmente limitada a 04 pavimentos, uma vez que acima deste limite os custos do sistema com soluções para reforço e adequação da estrutura aos esforços impostos tornam inviável financeira e limitam a adoção do sistema.

Com relação às unidades modulares, estes podem ser executados como módulos individuais prontos de banheiros, cozinhas e outras dependências para construção de edifícios residenciais, comerciais, hotéis, etc. No *retrofit* de edificações a utilização do *Light Steel Framing* pode ser feita no revestimento de fachadas, construção de mezaninos e coberturas, substituição de telhados, entre

outros. Por ser uma estrutura leve, tem grande aplicação em projetos de ampliação e reforma onde é imperativo o uso de estruturas leves.

5.2.3 Tipos de Perfis Utilizados em LSF

A estrutura no LSF é composta de perfis leves de aço galvanizado formados a frio, denominados de montantes e guias que formam os painéis autoportantes das paredes e estrutura do telhado. Estes perfis são obtidos a partir da perfilagem de bobinas de aço revestidas com zinco ou liga alumínio-zinco através do processo contínuo de imersão a quente ou por eletrodeposição, conhecido como aço galvanizado. O revestimento mínimo das chapas de aço de perfis estruturais e não estruturais é apresentado na TAB. 5.1 e 5.2. (SANTIAGO; FREITAS; CRASTO, 2012). As especificações do material estão estabelecidas nas normas NBR 10735:1989, NBR 7013:2003 e NBR 7008:2012.

Tabela 5.1 - Revestimento mínimo dos perfis estruturais e não estruturais

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

Tabela 5.2 - Revestimento mínimo dos perfis estruturais

Classe de chapa	Massa mínima de revestimento	Ref. Normativa
Zincada por imersão a quente	275g/m ² e 350g/cm ² (Z275* e Z350**)	NBR 7008
Revestida com Al-Zn por imersão a quente	180g/m ² (AZ150)	NM86
<p>Obs:</p> <p>As bobinas que constituem a matéria-prima para a fabricação dos perfis devem ter a espessura nominal (t_n) mínima de 0,80 mm, exceto as ripas, devendo ser respeitados os requisitos mínimos de qualidade e segurança.</p> <p>Podem ser utilizados revestimentos metálicos diferentes dos indicados, desde que a massa de revestimento correspondente comprove a durabilidade compatível ao processo zincado por imersão a quente ou eletrodeposição.</p> <p>A massa mínima refere se a soma das duas faces.</p> <p>*Espessura mínima de revestimento em atmosferas urbanas e rurais.</p> <p>**Espessura mínima de revestimento para atmosferas marinhas (aquelas distantes até 2.000m da orla marítima).</p> <p>O limite de escoamento dos perfis de aço zincado, determinado de acordo com a norma NBR 6673, não deve ser inferior a 230 MPa.</p>		

Fonte: NBR 15253: 2005, adaptado por LIMA, 2013, p. 11.

Nas construções em *Light Steel Framing* os perfis usuais são as seções em formato em “C” ou “Ue” enrijecido (Ue) para montantes e vigas e o “U” que é usado como guia na base e no topo dos painéis, a conformação geométrica dos perfis estruturais é definido pela NBR 6355:2012 (SANTIAGO; FREITAS; CRASTO, 2012). A resistência do perfil de aço depende da espessura da chapa (t_n) que varia de 0,80 até 3,0 mm conforme NBR 15253:2005 (TAB. 5.3), além da espessura (t_n) a resistência do perfil depende da dimensão, forma e limite de elasticidade do aço. A norma NBR 6673:1981 estabelece que limite de escoamento dos perfis de aço zincado, não deve ser inferior a 230 Mpa (NBR 15253: 2005).

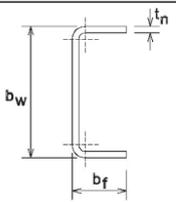
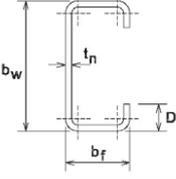
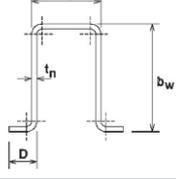
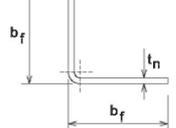
Tabela 5.3 - Espessura nominal mínima dos perfis

Espessura nominal mínima dos perfis (t_n).	
Componente	Espessuras nominais (t_n)
Perfil cartola	0,65 - 0,95
Cantoneira de abas desiguais	0,65 – 1,55
Montante e guias - perfis U simples ou enrijecidos	0,80 - 0,95 - 1,25 - 1,55 - 2,65 - 3,00

Fonte: Diretriz SINAT 003/2010 e ABNT NBR 15253:2005, adaptado por LIMA, 2013, p. 11.

A seção do perfil U (guia) constituído pela alma (b_w) e mesa (b_f) comumente chamado de flange ou aba, não possuindo a borda (D). O perfil Ue (montante) é constituído pela alma (b_w) e mesa (b_f) e pela borda (D). A conformação geométrica destas peças permite o encaixe do montante na da guia e formação dos painéis. Santiago, Freitas e Crasto (2012, ed.2º, p.22) esclarece que “as guias não devem transmitir nem absorver os esforços, sendo isto feito pelos montantes, vigas e eventualmente pilares presentes na estrutura”. As seções transversais dos perfis utilizados e suas aplicações estão apresentadas no TAB. 5.4.

Tabela 5.4 - Designações dos perfis de aço formados a frio para uso em Light Steel Framing e suas respectivas aplicações

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

Fonte: NBR 15253: 2005

Conforme descrição de Santiago, Freitas e Crasto (2012) as dimensões da alma dos perfis Ue variam de 90 a 300 mm (medidas externas), mas também é possível utilizar outras dimensões (TAB. 5.4). Os perfis U (guias) tem a largura da alma maior que a do perfil Ue, a fim de permitir o encaixe deste no perfil U ou guia (TAB. 5.4). As dimensões comercializadas no Brasil são as de 90,140 e 200 mm,

podendo as mesas variar de 35 a 40 mm, de acordo com o fabricante e do tipo de perfil. Outros perfis que podem ser empregados nas estruturas de LSF são tiras planas, cantoneiras e cartolas. Tiras ou fitas metálicas são utilizadas em uma variedade de larguras, sendo utilizadas como elemento de estabilização dos painéis e formação de ligações. As cantoneiras são usualmente empregadas em conexões de elementos onde o perfil Ue não é adequado, e o cartola é usado como ripas de telhado (TAB. 5.4 e 5.5).

Tabela 5.5 - Dimensões Nominais Usuais dos Perfis de Aço para *Light Steel Framing*

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

Fonte: NBR 15253:2005

5.2.4 Métodos de Construção

Essencialmente existem três métodos construção com o *Light Steel Framing*, que seriam eles: o método *Stick*, por Painéis e Construção Modular. De acordo com Santiago, Freitas e Crasto (2012) no método *Stick* os PFF são cortados *in loco*, e painéis, lajes, contraventamentos e estrutura da cobertura (tesouras de telhados) são montados no local. Neste método as atividades no canteiro de obras são maiores e o controle de qualidade e precisão da estrutura é menor, se tornando e

opção quando a pré-fabricação dos painéis não é viável ou quando se faz necessário o transporte de peças com menor dimensão.

No Método por Painéis, os painéis estruturais ou não estruturais, contraventamentos, lajes e tesouras de telhado são geralmente executados fora do canteiro e montados no local. Há a possibilidade de instalar alguns materiais de fechamento na fábrica com o objetivo diminuir o tempo da construção e atividades no canteiro de obras. Os painéis e subsistemas são conectados no local usando as técnicas convencionais (parafusos autobrocantes e autoatarrachantes). Uma vez que uma parte considerável do processo construtivo é feito na fábrica este método tem como vantagem a velocidade de montagem e diminuição dos trabalhos na obra, alto controle de qualidade na produção e aumento da precisão dimensional.

Por sua vez o método de Construção Modular consiste na construção unidades modulares totalmente pré-fabricadas, ou seja, ambientes como banheiros e cozinhas podem ser entregues no canteiro de obras com todos os acabamentos internos (revestimentos, louças e metais, bancadas, instalações elétricas e hidráulicas, entre outros) instalados. Neste método à grande controle de qualidade e precisão construtiva, e a rapidez de montagem é uma grande vantagem em relação aos outros métodos.

5.3 Fundações

De acordo com Santiago, Freitas e Crasto (2012) uma das vantagens do LSF é baixo peso da estrutura e de seus componentes de fechamento se comparado aos sistemas construtivos tradicionais. Devido essa característica as fundações no LSF são menos exigidas e possibilitam considerável redução no dimensionamento das fundações, conseqüentemente menor custo da estrutura. No entanto, um dos fundamentos do LSF é o conceito de estrutura alinhada ou *In-line Framing*, que consiste na distribuição uniforme das cargas ao longo dos painéis estruturais. Assim a fundação de uma construção em LSF deve ser contínua e suportar os painéis em toda a sua extensão.

As fundações no LSF segue o mesmo processo de uma construção tradicional e a escolha sobre qual tipologia a ser adotada será definida a partir da análise da topografia local e sondagem do terreno, verificando condições como tipo de solo, nível de lençol freático, estabilidade do solo, entre outros.

As fundações são à base de qualquer construção e no LSF é imprescindível que a mesma seja executada com alto controle de qualidade, uma vez que a montagem da estrutura e componentes do sistema com precisão depende também de uma superfície corretamente nivelada e em esquadro. Importante ressaltar que assim como no sistema tradicional deve-se executar as devidas técnicas de proteção e isolamento da fundação contra umidade, de forma a garantir a estanqueidade e durabilidade do sistema.

Assim como ressaltado por ConsulSteel, 2002 *apud* Santiago, Freitas e Crasto (2012, ed.2º, p.26) “É importante destacar que um bom projeto e execução da fundação implica em maior eficiência estrutural. A qualidade final da fundação está intimamente ligada ao correto funcionamento dos subsistemas que formam o edifício (ConsulSteel, 2002)”.

Diante deste cenário e necessidade técnica do LSF os tipos de fundações mais usuais associados ao sistema para ancoragem dos painéis estruturais são as fundações tipo laje Radier e sapata corrida. Estes dois tipos de fundações serão mostrados a seguir, destacando a ancoragem dos painéis à fundação.

5.3.1 Laje Radier

O radier é um tipo de fundação rasa que transmite as cargas da estrutura para o terreno de forma distribuída por toda sua área, sempre que há viabilidade técnica, o radier é o tipo de fundação normalmente usado para construção em LSF. A fundação tipo Radier consiste de uma laje contínua de concreto armado e de vigas no perímetro da laje e sob paredes estruturais, e/ou locais onde forem necessários para garantir a rigidez da fundação (FIG. 5.6).

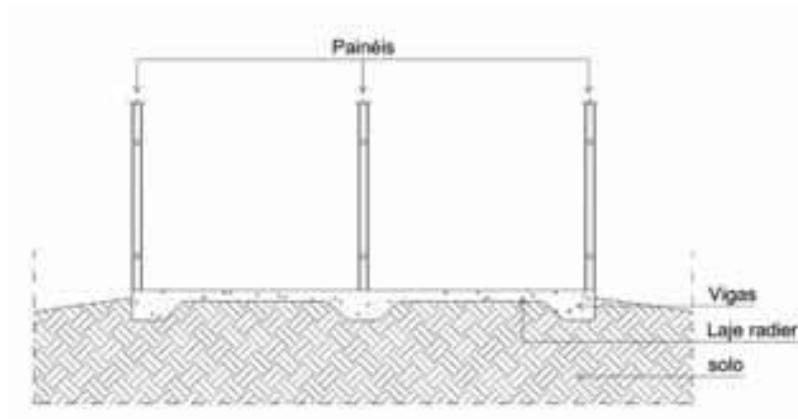


Figura 5.6 - Corte esquemático de uma laje radier
 Fonte: SANTIAGO, A.K.; FREITAS, A. M. S.; CRASTO, R. C. M. de, 2012. p.27.

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

- Prever o nível do contrapiso a no mínimo 15 cm de altura do solo, de forma a evitar a umidade do solo ou infiltração de água na construção;
- Possibilitar o escoamento da água por meio de uma inclinação de pelo menos 5% nas calçadas ao redor da construção, garagens e terraços;

A FIG. 5.7 mostra o esquema de ancoragem de um painel estrutural a uma laje radier:

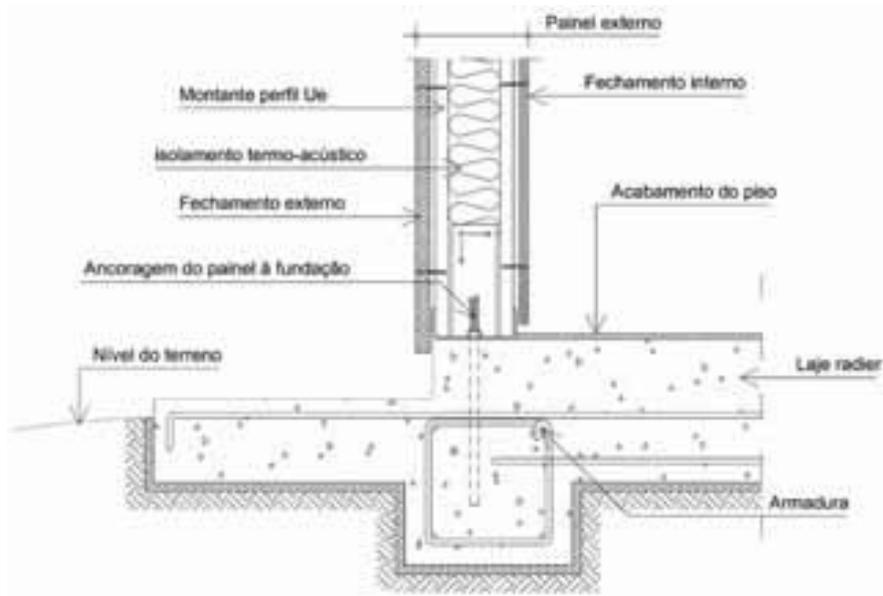


Figura 5.7 - Detalhe esquemático de ancoragem de painel
 Fonte: SANTIAGO, A.K.; FREITAS, A. M. S.; CRASTO, R. C. M. de, 2012. p.27.

5.3.2 Sapata Corrida ou Viga Baldrame

A sapata corrida é um tipo de fundação rasa que é constituída de vigas contínuas que são executadas sob os painéis estruturais, podendo ser de concreto armado, de blocos de concreto ou alvenaria. Neste tipo de fundação a distribuição da carga é contínua ao longo das paredes sendo indicada para construções com paredes portantes. Para esse tipo de fundação o contrapiso do pavimento térreo pode ser executado em concreto, ou construído com perfis galvanizados apoiados sobre a fundação (FIG. 5.8).

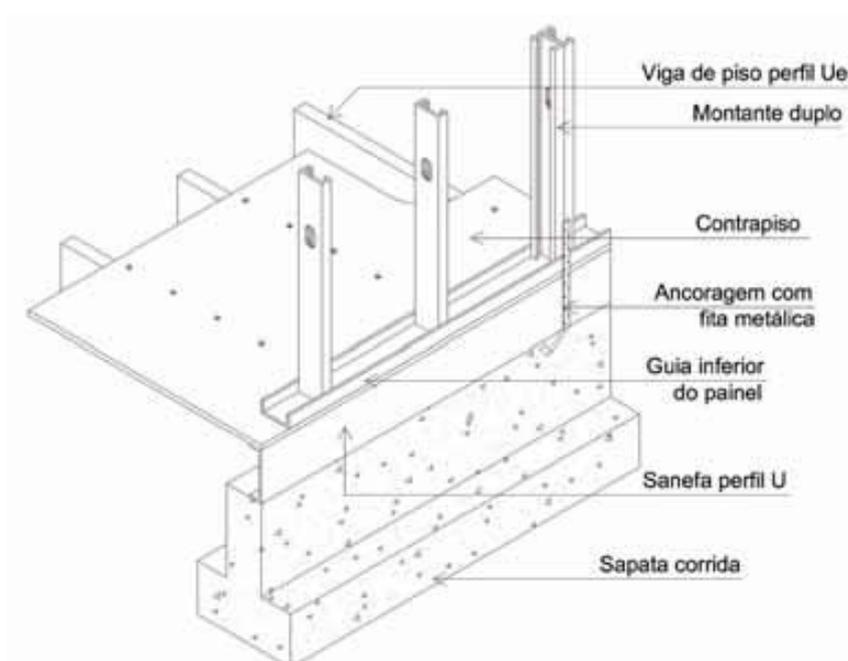


Figura 5.8 - Corte detalhado de fundação sapata corrida
Fonte: SANTIAGO, A.K.; FREITAS, A. M. S.; CRASTO, R. C. M. de, 2012. p.27.

5.3.3 Fixação dos Painéis na Fundação

A fim de evitar o deslocamento e/ou movimento da edificação devido à ação do vento, a superestrutura deve está firmemente ancorada na fundação. Esses movimentos podem ser de translação ou tombamento com rotação do edifício (FIG. 5.9). De acordo com Santiago, Freitas e Crasto (2012) a translação é o movimento de deslocamento lateral do edifício devido à ação do vento, já o tombamento é uma elevação (ou arrancamento) da estrutura em que a rotação pode ser causada por assimetria na direção dos ventos que atingem a edificação.

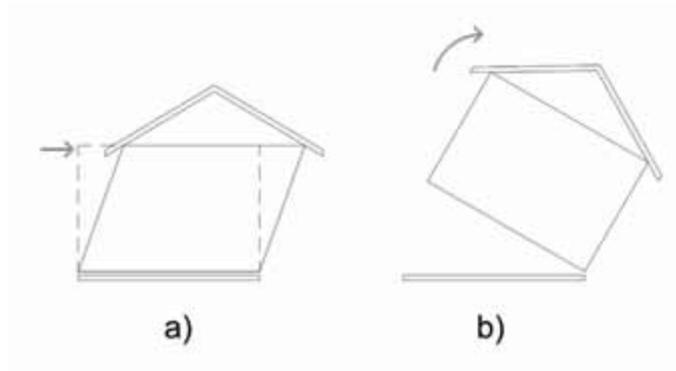


Figura 5.9 - Efeitos da carga de vento na estrutura

a) translação e b) tombamento

Fonte: SANTIAGO, A.K.; FREITAS, A. M. S.; CRASTO, R. C. M. de, 2012. p.28.

Santiago, Freitas e Crasto (2012) *apud* ConsulSteel (2002) afirmam ainda que a escolha da ancoragem mais adequada vai depender do tipo de fundação e das solicitações que ocorrem na estrutura devido às cargas, condições climáticas e ocorrência de abalos sísmicos. Os tipos de ancoragem de ancoragem mais adotados no sistema são: a química com barra roscada; e a expansível com parabolts, sendo que o tipo de ancoragem, suas dimensões e espaçamento são definidos segundo o projeto e cálculo estrutural.

O processo de ancoragem química é executado após a concretagem da fundação e consiste em uma barra roscada com arruela e porca, que é fixada no concreto por meio de perfuração e preenchida com uma resina química que cria uma interface resistente com o concreto. A estrutura é fixada por meio de peça de aço que é conectada à barra roscada e à guia e aparafusada ao montante (FIG. 5.10 e 5.11).

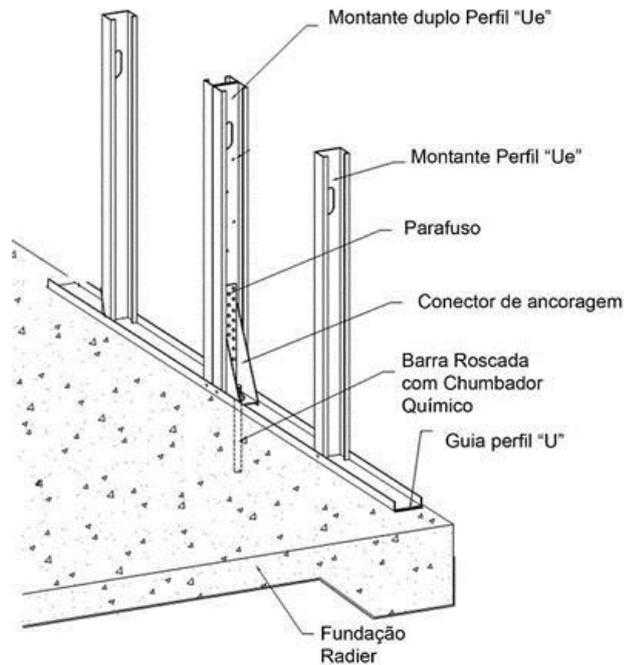


Figura 5.10 - Detalhe de ancoragem química com barra roscada
 Fonte: SANTIAGO *et al*, 2012. p.28. adaptado de CONSULSTEEL, 2011.



Figura 5.11 - Detalhe de ancoragem da estrutura na fundação
 Fonte: Arquivo do autor, Junho de 2013 (Obra UMEI Minaslândia – Belo Horizonte/MG).

A ancoragem expansível por parabolts é uma técnica de ancoragem mecânica que se dá por meio da expansão dos chumbadores, que pode ser gerado por torque ou percussão. A ancoragem por torque utiliza-se de barras roscadas ou parafusos (com roscas internas e externas) que fixam ao furo por meio de atrito. Na ancoragem com chumbadores de percussão (FIG. 5.12), a fixação ocorre por

meio da expansão da ponta do parabolte no substrato, que é provocada pela energia de impacto.



Figura 5.12 - Ancoragem por expansão tipo parabolte
Fonte: SANTIAGO, A.K.; FREITAS, A. M. S.; CRASTO, R. C. M. de, 2012. p.28.

Durante o processo de montagem da estrutura no pavimento térreo, os painéis são fixados provisoriamente na fundação por meio de finca pinos acionados por pólvora, de forma a manter o prumo dos painéis enquanto são montados e conectados uns aos outros e até seja feita a ancoragem definitiva. Esse método de ancoragem também é utilizado para fixação de painéis não estruturais a fim de evitar o deslocamento lateral.

5.4 Subsistemas

Assim como já foi mencionado e de acordo com Lima (2013) o LSF é composto por um conjunto de subsistemas e de processos resultante de métodos e técnicas construtivas originadas de sistemas construtivos a seco e da construção em aço. Desta forma os conjuntos de processos construtivos que formam o sistema são:

- Subsistema estrutural;
- Subsistema de Vedação e Isolamento multicamada;
- Subsistema de piso, laje e entrepiso;
- Subsistema de cobertura.

5.5 Painéis

Os painéis no sistema *Light Steel Framing* não só cumprem as funções das paredes de uma edificação, como também funcionam como o sistema estrutural da mesma. Associados a elementos de vedação os painéis exercem a mesma função das paredes das construções convencionais (SANTIAGO; FREITAS; CRASTO, 2012).

Quando constituem partes da estrutura são definidos como painéis estruturais ou autoportantes, sendo responsáveis por suportar as cargas da edificação. Podendo estes ser internos quanto externos. Quando os painéis são apenas elementos de fechamento ou vedação, são definidos como não-estruturais. Os painéis não-estruturais são utilizados como fechamento externo ou divisória interna e não tem função estrutural.

5.5.1 Painéis Estruturais ou Autoportantes

Os painéis estruturais tem a função de absorver os esforços sobre qual a estrutura está sujeita e transmiti-los à fundação. Esses esforços podem ser de origem externa (cargas permanentes e variáveis, ações ambientais) ou interna (ações intrínsecas). As cargas horizontais a que os painéis estão sujeitos são provenientes fatores ambientais (vento ou de abalos sísmicos), cargas verticais originadas de pisos, telhados e outros painéis. Já as cargas verticais são fruto do peso próprio da estrutura e de componentes construtivos, assim como da sobrecarga da construção devido à utilização (pessoas, mobiliário, máquinas, águas pluviais, etc).

Os painéis são formados pela composição de elementos verticais de seção transversal tipo Ue (perfil tipo “U” enrijecido) que são denominados montantes, e elementos horizontais de seção transversal tipo U (perfil tipo “U” simples) denominados guias (SANTIAGO; FREITAS; CRASTO, 2012).

Conforme Santiago, Freitas e Crasto (2012) os montantes que compõem os painéis, são responsáveis por transferir as cargas verticais à fundação, estes por sua vez devem manter suas seções em coincidência de um nível a outro, de acordo com o conceito de estrutura alinhada (FIG. 5.13). Vigas de piso, tesouras de telhado ou treliças também devem estar alinhadas aos montantes, garantindo assim a distribuição uniforme das cargas. Em casos específicos de impossibilidade dos alinhamentos destes componentes, deverá ser colocada sob o painel, uma viga capaz de distribuir uniformemente as cargas excêntricas.

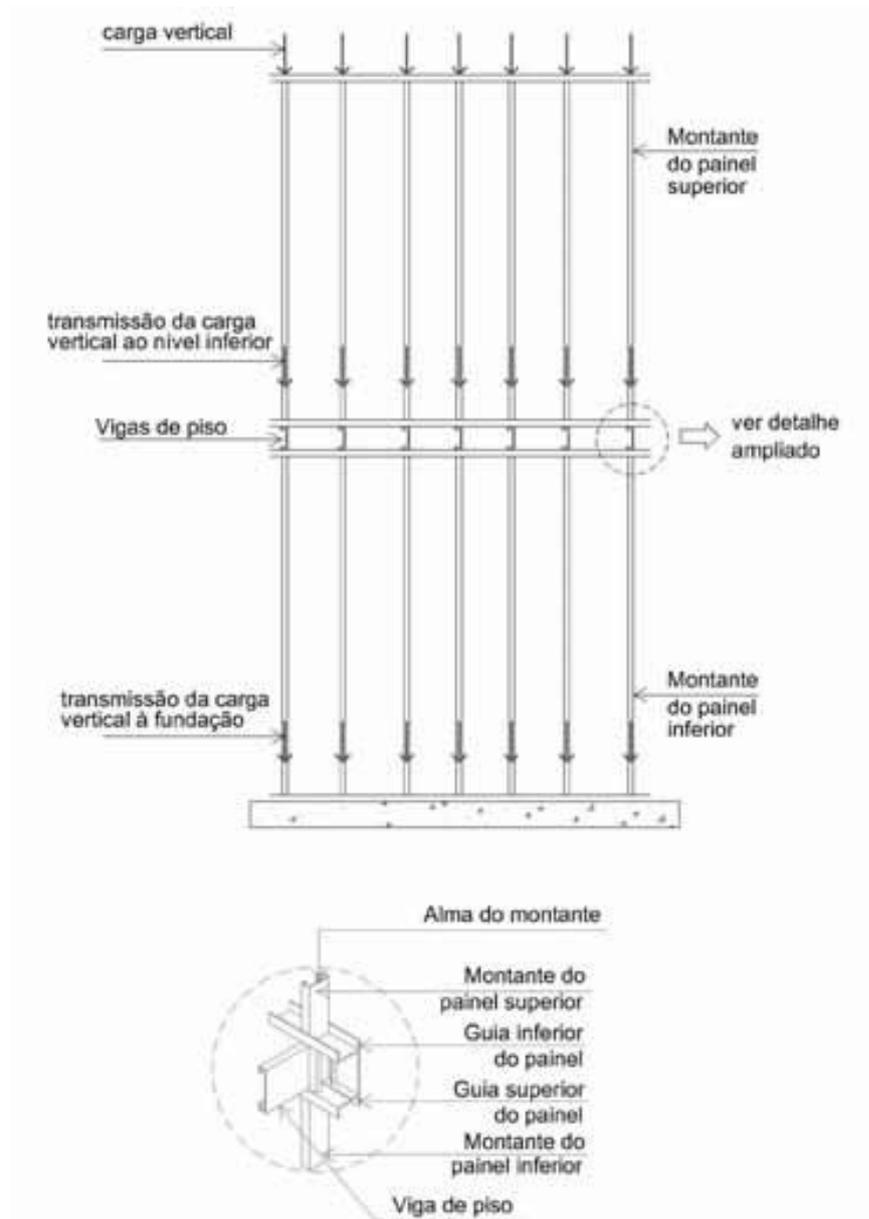


Figura 5.13 - Transmissão da carga vertical à fundação
 Fonte: SANTIAGO, A.K.; FREITAS, A. M. S.; CRASTO, R. C. M. de, 2012. p.32.

O espaçamento entre os montantes segue uma modulação padronizada, que normalmente é de 400 ou 600 mm. Essa modulação é determinada pelos esforços atuantes em cada perfil, quanto maior o espaçamento entre os montantes, maior será a carga a que cada um deles será submetido. Em alguma situação a concentração de carga pode exigir que esse espaçamento seja menor que o padrão, vejamos como exemplo uma caixa d'água, em alguns casos devido a grande concentração de carga, é necessário a adoção de modulação que pode chegar a 200 mm para que a estrutura dos painéis suporte a carga.

Os montantes são conectados em seus extremos inferiores e superiores pelas guias, perfil de seção transversal U simples que tem como função fixar os montantes a fim de constituir um quadro estrutural. A largura do painel é definida pelo comprimento das guias e sua altura pelo comprimento dos montantes (FIG. 5.14). Seguindo o fundamento do LSF e o conceito de estrutura alinhada os painéis estruturais devem descarregar diretamente sobre as fundações, outros painéis estruturais ou sobre uma viga principal (SANTIAGO; FREITAS; CRASTO, 2012).

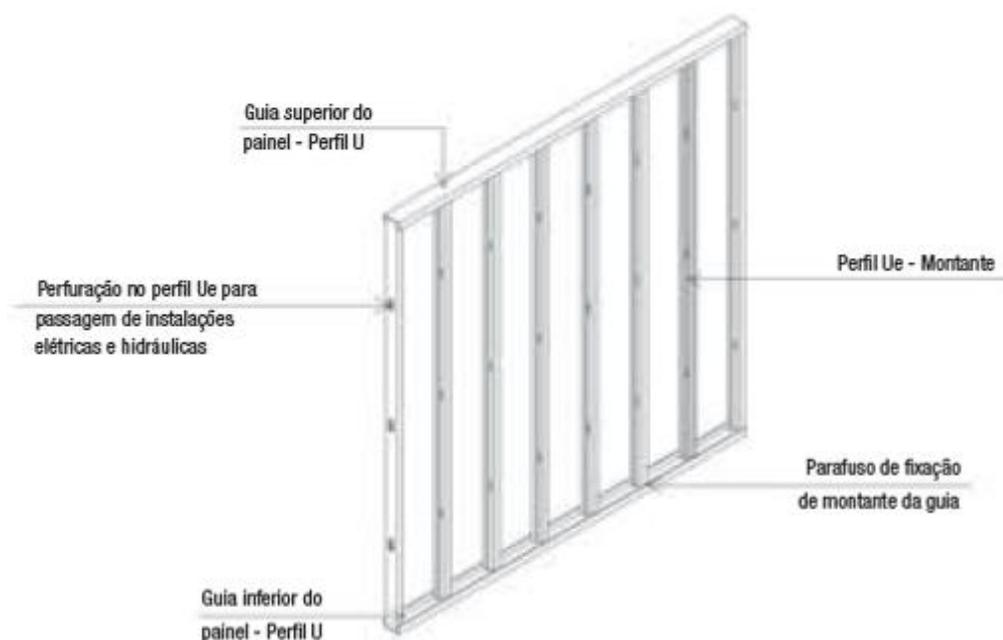


Figura 5.14 - Painel típico em Light Steel Framing
Fonte: SANTIAGO, A.K.; FREITAS, A. M. S.; CRASTO, R. C. M. de, 2012. p.33.

A união dos perfis que compõem a estrutura, é feita normalmente por método meio de parafusos galvanizados do tipo auto-perfurantes ou autoatarrachantes. O tipo específico de parafuso (cabeça, comprimento, diâmetro, ponta) varia segundo as peças a unir e sua função na estrutura.

5.5.1.1 Aberturas de Vãos em um Painel Estrutural

Toda aberturas para portas e janelas em um painel estrutural necessita da adição de elementos estruturais de distribuição como vergas (FIG. 5.15) que tem a função de redistribuir o carregamento dos montantes interrompidos aos

montantes que delimitam lateralmente o vão, denominados de ombreiras (FIG. 5.16).



Figura 5.15 - Painel com abertura de janela
Fonte: Arquivo do autor, Junho de 2013 - Obra UMEI Minaslândia – Belo Horizonte/MG.

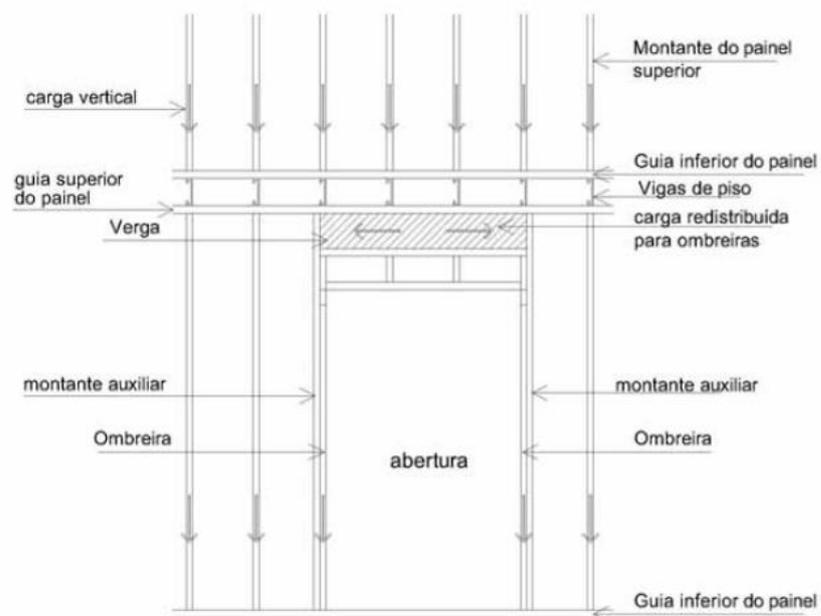


Figura 5.16 - Distribuição dos esforços através da verga para ombreiras
Fonte: SANTIAGO, A.K.; FREITAS, A. M. S.; CRASTO, R. C. M. de, 2012. p.34.

Santiago, Freitas e Crasto (2012) apontam que a verga pode ter combinações diversas (FIG. 5.17) e são normalmente composta de dois perfis Ue conectados por meio de uma peça aparafusada em cada extremidade por perfil U, de altura

igual a verga menos a aba da guia superior do painel, e por uma peça chamada guia da verga que é fixada às mesas inferiores dos dois perfis Ue. De forma a evitar a rotação da verga e permitir a fixação dos montantes de composição (cripples) às vergas são conectadas às ombreiras (FIG. 5.18). Os montantes de composição não têm função estrutural e ficam localizados entre a verga e a abertura, de modo que permita a fixação das placas de fechamento.

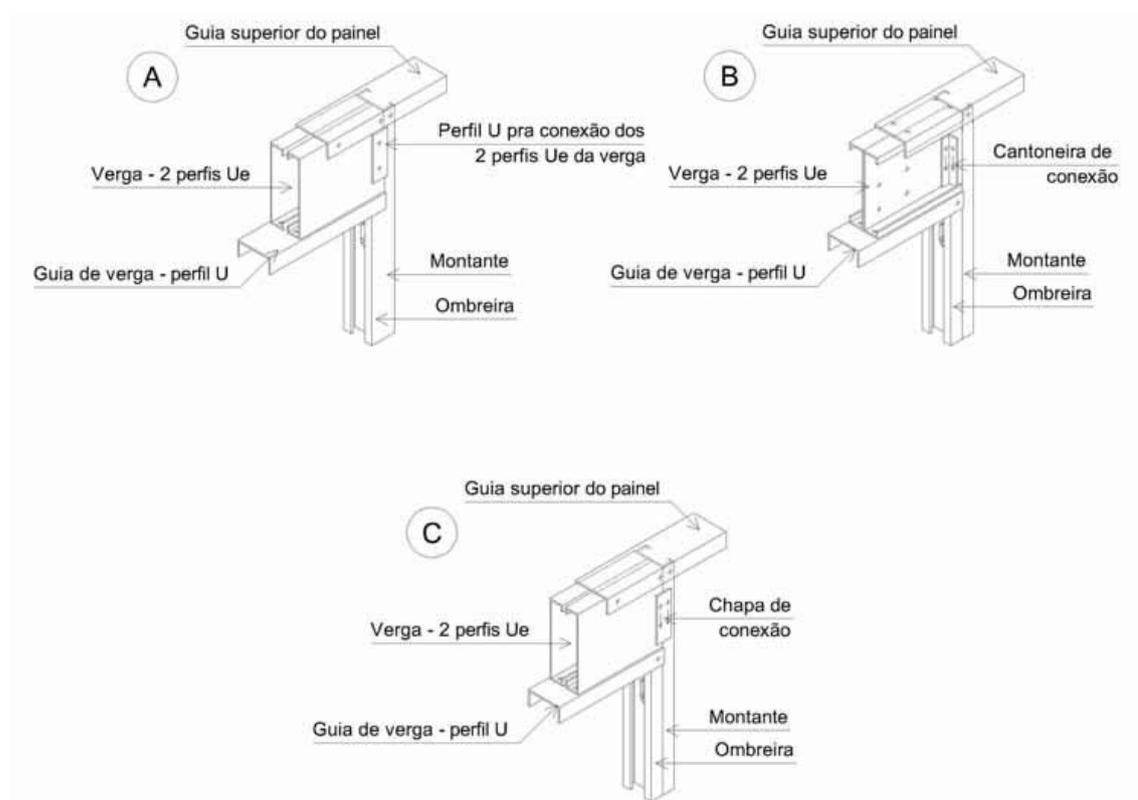


Figura 5.17 - Tipos de vergas

Fonte: SANTIAGO, A.K.; FREITAS, A. M. S.; CRASTO, R. C. M. de, 2012. p.34.

As ombreiras que apoiam as vergas vão desde a guia inferior do painel até a guia da verga. O tamanho da abertura influencia a quantidade de ombreiras necessárias para o apoio, sendo que este quantitativo é definido pelo cálculo estrutural. Mas, segundo Santiago, Freitas e Crasto (2012, ed.2º, p.35) apud ConsulSteel (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 (FIG. 5.18). Quando o resultado for um número ímpar deverá somar-se 1."

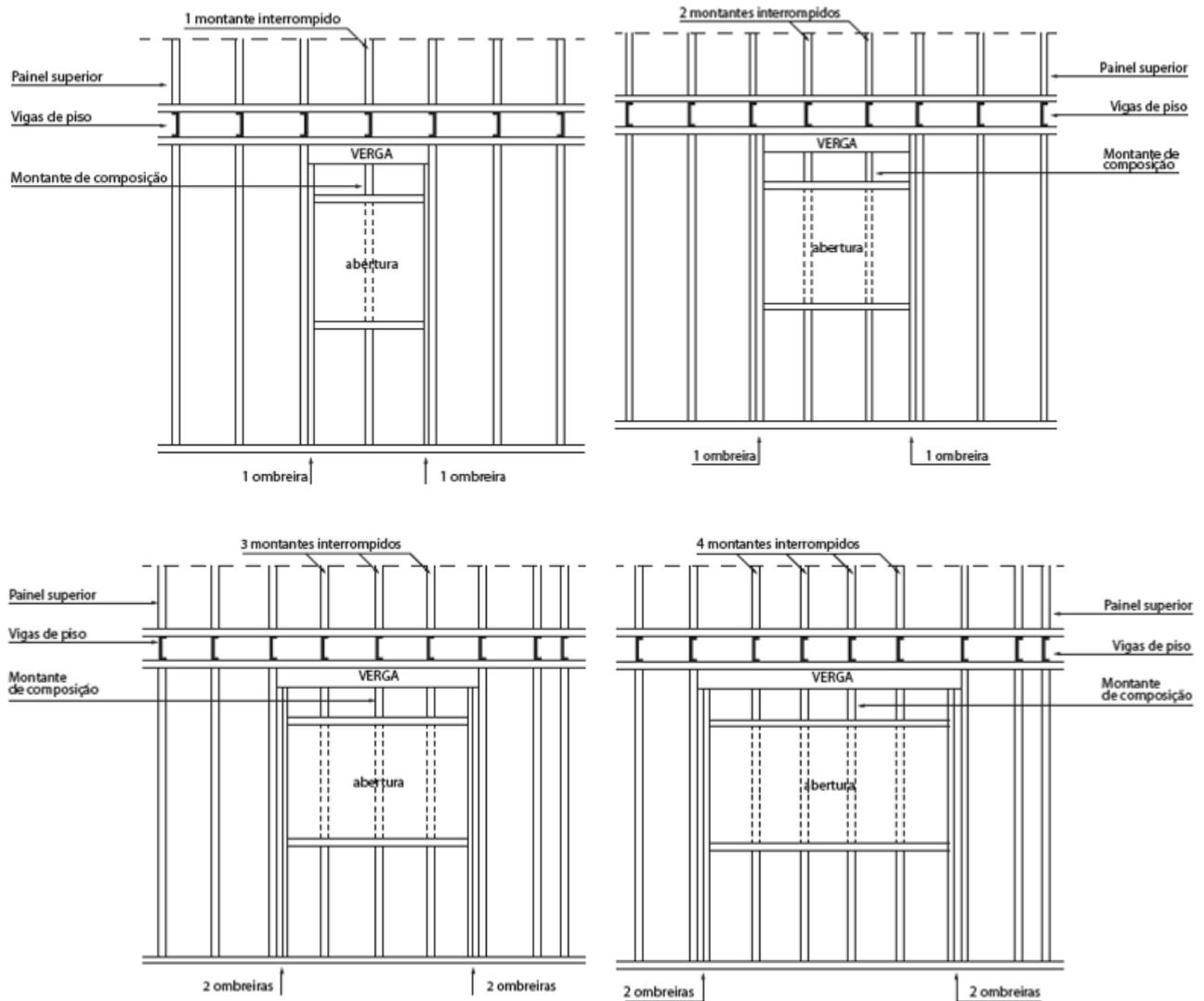


Figura 5.18 - Detalhe de ombreira
 Fonte: BRASILIT, 2011. p. 105.

Os montantes onde são fixadas as ombreiras são chamados de montantes auxiliares. Nestes também são fixadas as vergas por meio de parafusos estruturais sextavados.

De acordo com Santiago, Freitas e Crasto (2012) o acabamento superior ou inferior da abertura é feito por um perfil U cortado no comprimento 20 cm maior que o vão, e a 10 cm de cada extremidade é dado um corte nas mesas. Esse segmento é dobrado em 90° para servir de conexão com a ombreira e a peça é chamada de guia de abertura (FIG. 5.19). Para vãos de portas, esse acabamento é necessário somente na parte superior da abertura.

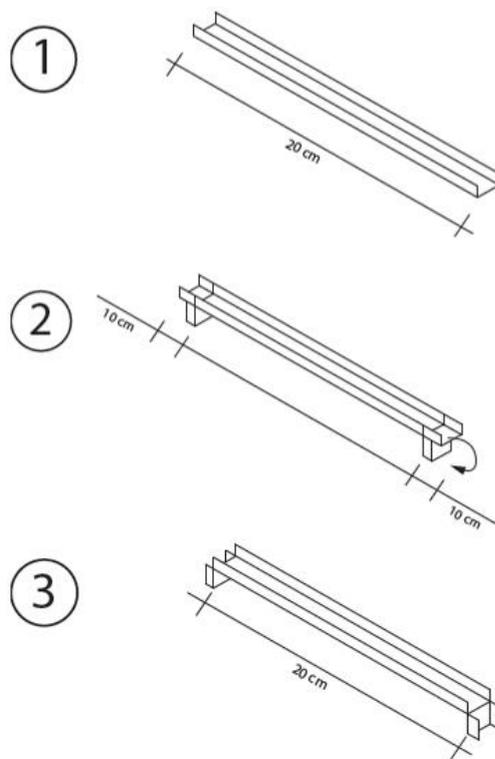


Figura 5.19 - Guia de abertura
 Fonte: BRASILIT, 2011. p. 106.

Outras composições também são possíveis, contanto que tenham os seus desempenhos comprovados (FIG. 5.20).

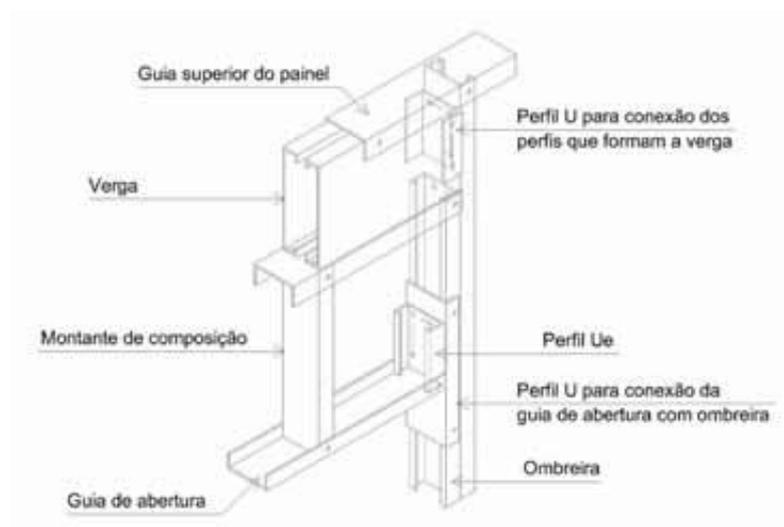


Figura 5.20 - Composição de vão de abertura
 Fonte: BRASILIT, 2011. p. 106.

Em situações que a abertura da ombreira estiver voltada para dentro do vão, devido à colocação de um número ímpar de perfis de cada lado, deve ser acrescentado um perfil U, formando uma seção caixa junto com a ombreira, a fim de dar acabamento na abertura e para a fixação de portas e janelas (BRASILIT, 2011). A FIG. 5.21 mostra um desenho esquemático de um painel estrutural com abertura.

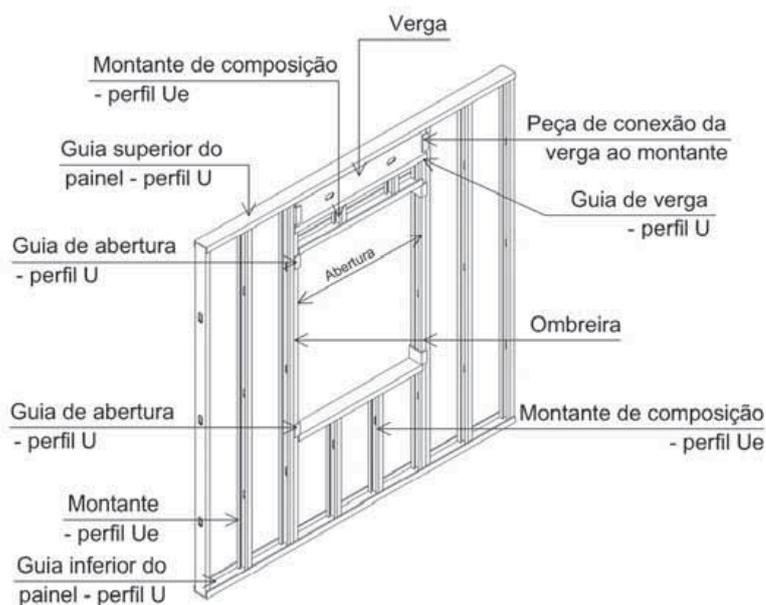


Figura 5.21 - Desenho esquemático de painel estrutural com abertura
Fonte: BRASILIT, 2011. p. 106.

5.5.1.2 Estabilização da Estrutura

Como anteriormente mencionado os montantes são possuem isoladamente a capacidade de resistir aos esforços horizontais que a estrutura está exposta, como as solicitações provocadas por ventos. Essas solicitações podem gerar perda de estabilidade e deformações da estrutura podendo levar a mesma ao colapso.

Conforme BRASILIT (2011) deve-se prover a estrutura de ligações rígidas, como a adoção de contraventamentos nos painéis ou combinar diafragma rígido com elementos capazes de transmitir esses esforços para as fundações. Assim, nas estruturas em Light Steel Framing as combinações usualmente adotadas para resistir aos esforços horizontais são:

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

Associado a esses mecanismos, deve-se observar uma adequada ancoragem da estrutura à sua fundação. O contraventamento em “X” é o método mais comum para estabilização da estrutura em LSF, e consiste na utilização de fitas em aço galvanizado fixadas na face do painel (FIG. 5.22), cujas dimensões nominais (largura e espessura), bem como sua localização são determinadas pelo projeto estrutural.



Figura 5.22 - Painel com contraventamento em “X”

Fonte: Arquivo do autor, Junho de 2013 (obra UMEI Minaslândia – Belo Horizonte/MG).

Conforme Santiago, Freitas e Crasto (2012, ed.2°, p.38) apud ConsulSteel (2002) a seção da fita deve ser dimensionada de forma a transmitir o esforço de tração resultante da decomposição da carga horizontal atuante (V) na direção da diagonal. As diagonais serão solicitadas ora à tração, ora à compressão de acordo com o sentido da aplicação da força do vento (FIG. 5.23).

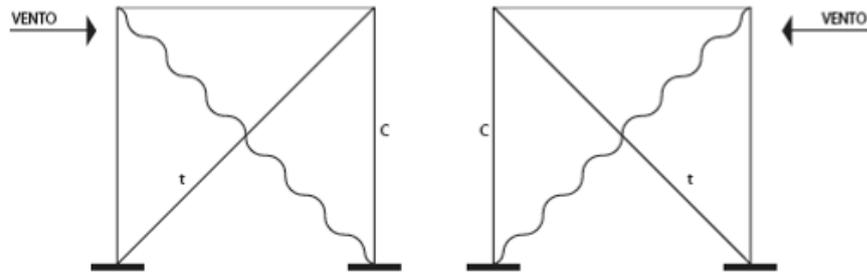


Figura 5.23 - Solicitação das diagonais de contraventamento
 Fonte: SANTIAGO, A.K.; FREITAS, A. M. S.; CRASTO, R. C. M. de, 2012. p.38.

A capacidade do contraventamento em resistir aos carregamentos horizontais é diretamente influenciada pelo ângulo de instalação da fita, sendo que quanto menor for o ângulo formado entre a base do painel e a diagonal, menor será a tensão na fita metálica. Assim para o melhor desempenho do contraventamento a inclinação das diagonais deverá estar compreendida entre 30° e 60°, uma vez que em ângulos menores que 30° a diagonal perde sua eficiência em evitar as deformações.

A fixação da fita diagonal ao painel é feita por intermédio de uma placa de aço galvanizada aparafusada em montantes duplos (FIG. 5.24), devendo a mesma está em coincidência com a ancoragem do painel, permitindo assim, a absorção dos esforços transmitidos pelo contraventamento (SANTIAGO; FREITAS; CRASTO, 2012).

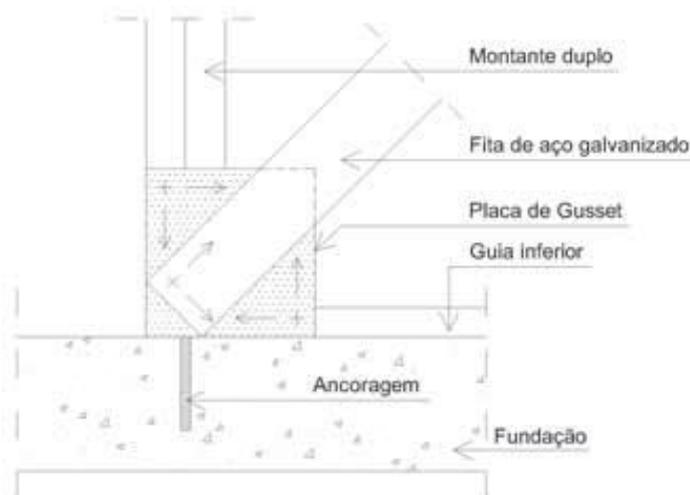


Figura 5.24 - Fixação das diagonais nos painéis por placa de Gusset
 Fonte: SANTIAGO, A.K.; FREITAS, A. M. S.; CRASTO, R. C. M. de, 2012. p.38.

Segundo BRASILIT (2011), a ancoragem nos painéis superiores também é feita nos montantes que recebem a diagonal e os esforços são transmitidos para o painel imediatamente abaixo que deve estar devidamente ancorado e contraventado (FIG. 5.25).

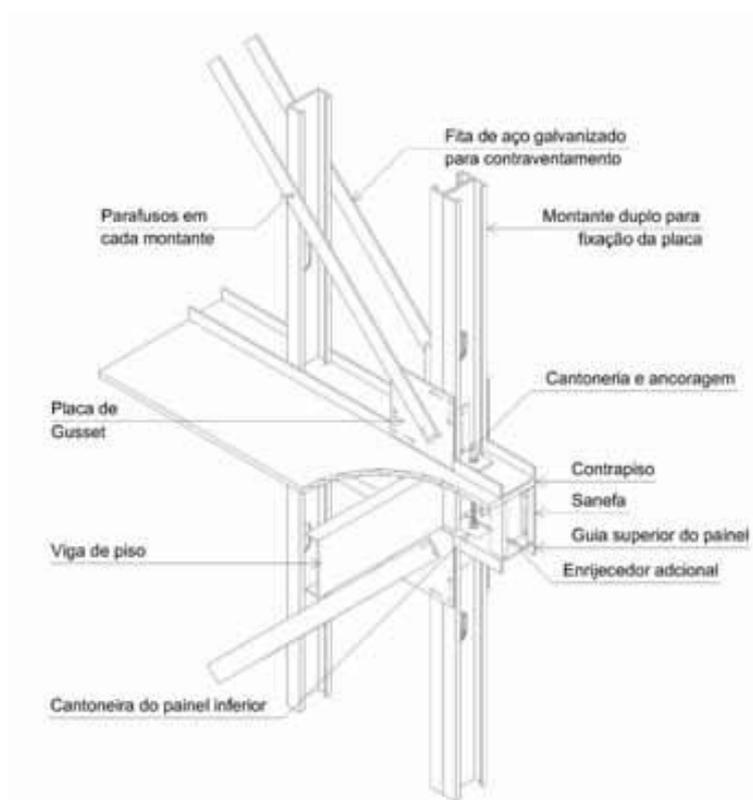


Figura 5.25 - Ancoragem painel superior
Fonte: BRASILIT, 2011. p. 109.

A instalação das fitas de aço galvanizado deve ser realizada de forma a garantir que as mesmas estejam firmemente tensionadas, evitando folgas que comprometam sua eficiência na transmissão dos esforços, e que permitam a deformação dos painéis aos quais estão fixadas, antes das fitas começarem a atuar. Deve-se ainda prever a colocação do contraventamento nas duas faces do painel, de forma a evitar o efeito de rotação que pode ocorrer nos montantes duplos onde estão fixadas as diagonais.

Uma vez que o uso do contraventamento pode interferir na colocação de abertura de portas ou janelas nas fachadas é importante manter interação entre os projetos de arquitetura e engenharia, para que seja feita a melhor distribuição dos painéis

contraventados no projeto Assim por vezes é necessário prever no projeto painéis cegos para a colocação dos contraventamentos.

Santiago, Freitas e Crasto (2012) apontam que quando o uso do contraventamento em “X” não é o mais apropriado, devido ao projeto arquitetônico prever muitas aberturas em uma fachada, uma alternativa é o contraventamento em “K”. Esse sistema de contraventamento consiste na utilização de perfis Ue fixados entre os montantes (FIG. 5.26).



Figura 5.26 - Contraventamento em “K”

Fonte: Arquivo do autor, Junho de 2013 (obra UMEI Minaslândia – Belo Horizonte/MG).

Já o sistema de Diafragma Rígido é possível através da adoção de materiais de fechamento externo dos painéis estruturais como parede diafragma ou como parede de cisalhamento. Esses materiais são placas estruturais capazes de fornecer um aumento da resistência ao painel, uma vez que absorvem as cargas laterais que solicitam a estrutura, que podem ser de vento ou até mesmo de abalos sísmicos, e as transmitem à fundação. Sendo seu desempenho estrutural diretamente influenciado por vários fatores como:

- Configuração dos painéis (quantidade e tamanho das aberturas, altura e largura do painel);
- Capacidade de resistência dos montantes que formam o painel;
- Tipo, quantidade e separação dos parafusos de fixação da placa à estrutura, bem como a resistência e espessura da placa utilizada.

Em edificações de pequena altura as placas de OSB (*Oriented Strand Board*) podem desempenhar a função de diafragma rígido vertical e horizontal (FIG. 5.27). O OSB é um painel estrutural constituído de tiras de madeira orientadas em três camadas perpendiculares, de forma a aumentar sua resistência mecânica e rigidez. Essas tiras de madeira geralmente são provenientes de reflorestamento e são unidas com resinas e prensadas sob alta temperatura (SANTIAGO; FREITAS; CRASTO, 2012).

Para que as placas estruturais de OSB funcionem como diafragma rígido, devem-se atentar a alguns cuidados na instalação, tais como a largura mínima da placa estrutural nas bordas dos painéis que deve ser de 1,20 m, o assentamento das placas estruturais em painéis com abertura deve ser feito de forma que não haja união de placas consecutivas em coincidência com os vértices da abertura (FIG. 29).

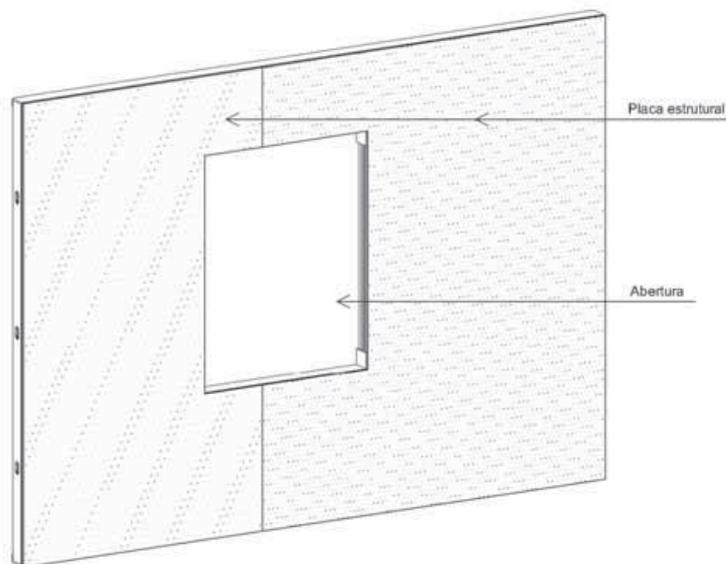


Figura 5.27 - Assentamento das placas estruturais em painéis
Fonte: SANTIAGO, A.K.; FREITAS, A. M. S.; CRASTO, R. C. M. de, 2012. p.41.

A instalação deve garantir ainda que não haja coincidência no encontro dos vértices de quatro placas, de modo que as juntas verticais devem estar desencontradas. A união entre duas placas adjacentes deve ser feita 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.

Conforme Santiago, Freitas e Crasto (2012) a obtenção do melhor desempenho da placa estrutural só é possível quando ela está apropriadamente fixada aos perfis, que são usualmente fixados por parafusos auto-perfurantes e auto-atarraxantes, devendo-se colocar a quantidade e o tipo de parafusos adequados. Os encontros dos painéis devem preferencialmente não coincidir com o encontro das placas, sobrepondo as juntas para aumentar a rigidez do sistema (FIG. 5.28).

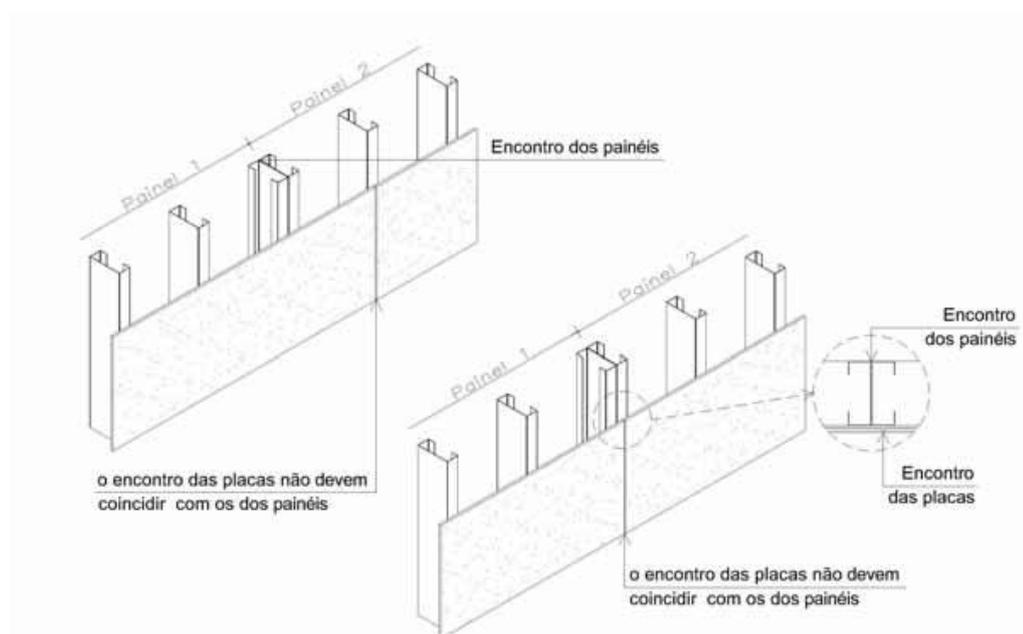


Figura 5.28 - Encontro das placas estruturais em relação aos painéis
Fonte: SANTIAGO, A.K.; FREITAS, A. M. S.; CRASTO, R. C. M. de, 2012. p.42.

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, desta forma aumentando a rigidez do conjunto (FIG. 5.29).

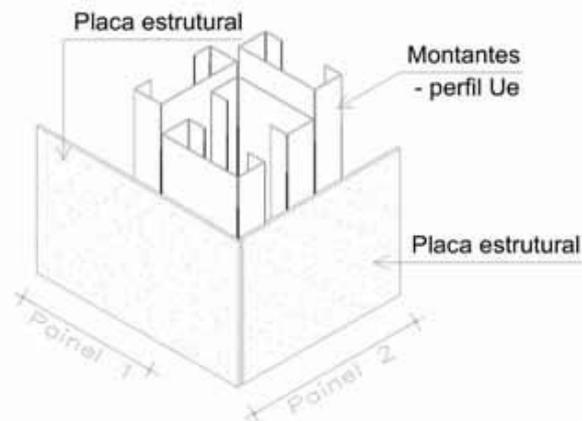


Figura 5.29 - Encontro entre duas placas estruturais de canto
 Fonte: SANTIAGO, A.K.; FREITAS, A. M. S.; CRASTO, R. C. M. de, 2012. p.42.

É importante esclarecer que placas para fechamento externo e placas estruturais que funcionam como diafragma rígido não cumprem necessariamente as mesmas funções. De forma generalizada, as placas estruturais atuam como vedação dos painéis e são utilizados em sua face externa, mas nem todas as placas de fechamento externo podem atuar como diafragma rígido devido suas características estruturais não apresentarem condições necessárias para resistir à ação de cargas horizontais. Assim, em situações que são utilizados painéis de fechamento que não são estruturais é necessário o uso de contraventamentos (SANTIAGO; FREITAS; CRASTO, 2012).

5.5.1.3 Travamento Horizontal

De forma a aumentar a resistência do painel estrutural são conectados aos montantes, fitas de aço galvanizado e os chamados bloqueadores compostos de perfis Ue e U com o objetivo de formar um sistema de travamento horizontal (FIG. 5.30). Segundo Santiago, Freitas e Crasto (2012, ed.2º, p.43) apud ConsulSteel (2002), a fita metálica evita a rotação dos montantes quando sujeitos a carregamentos normais de compressão, além de diminuir o comprimento de flambagem dos mesmos, devendo estas ser instaladas na horizontal ao longo do painel e aparafusadas em todos os montantes por meio de um parafuso, e devem ser fixadas em ambos os lados do painel, com exceção dos painéis que na face externa levam placas de diafragma rígido.

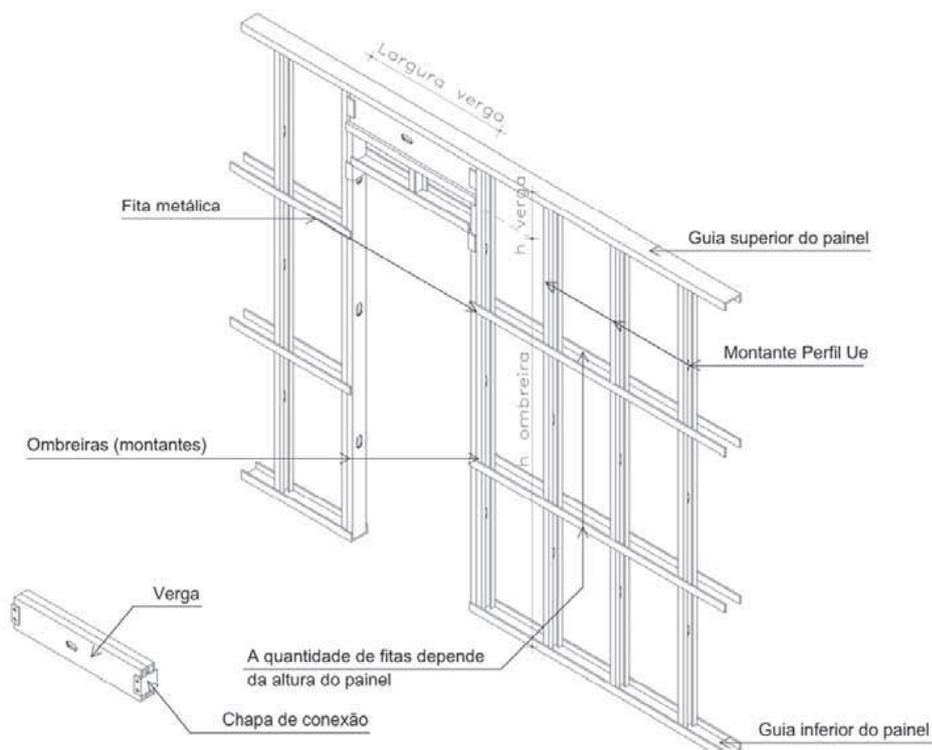


Figura 5.30 - Fita metálica para travamento de painel
 Fonte: SANTIAGO, A.K.; FREITAS, A. M. S.; CRASTO, R. C. M. de, 2012. p.43.

A função dos bloqueadores é enrijecer o painel estrutural, sendo estas peças formadas por perfis Ue e U e 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 FIG. 5.31. Um perfil Ue (montante) é encaixado na peça cortada e ambos são aparafusados à fita metálica. É possível também fixar o bloqueador aos montantes a partir de um perfil Ue cortado na largura do vão e conectado aos montantes por meio de cantoneiras aparafusadas em ambas as peças.

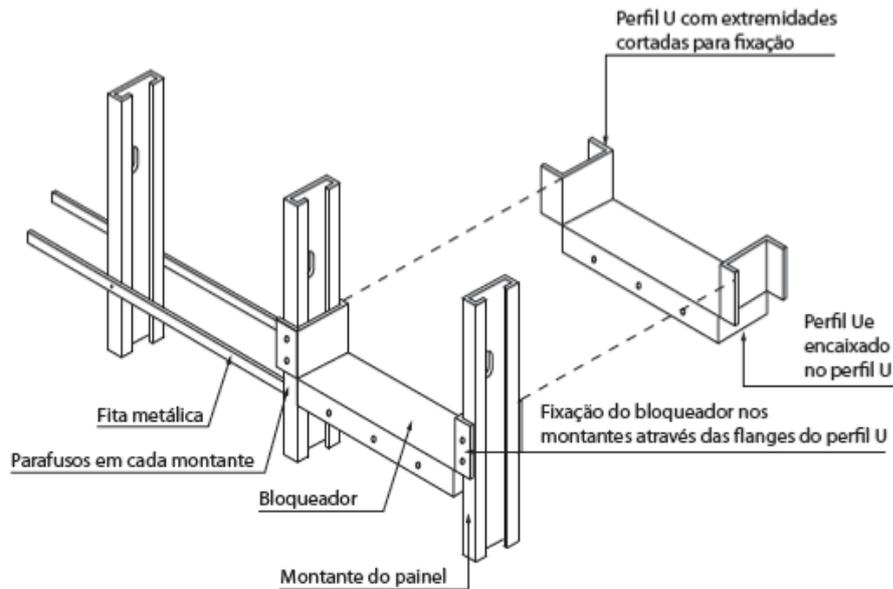


Figura 5.31 - Travamento horizontal do painel através de bloqueadores
 Fonte: BRASILIT, 2011. p. 111.

5.5.1.4 Encontro de Painéis

Há varias soluções construtivas possíveis para solução dos encontros de painéis estruturais, sendo que estas variam de acordo com o número de painéis que se unem e do ângulo entre estes. É imprescindível sempre garantir a rigidez do sistema, a resistência aos esforços, à economia de material e prover uma superfície para a fixação das placas de fechamento interno ou externo. Basicamente a união dos painéis é feita por montantes conectados entre si por meio de parafusos estruturais, podendo ser utilizadas peças pré-montadas para facilitar a montagem desses encontros. As principais configurações no encontro de painéis são:

- a) Ligação de dois painéis de canto (FIG. 5.32 e 5.33):
 - União de dois montantes:

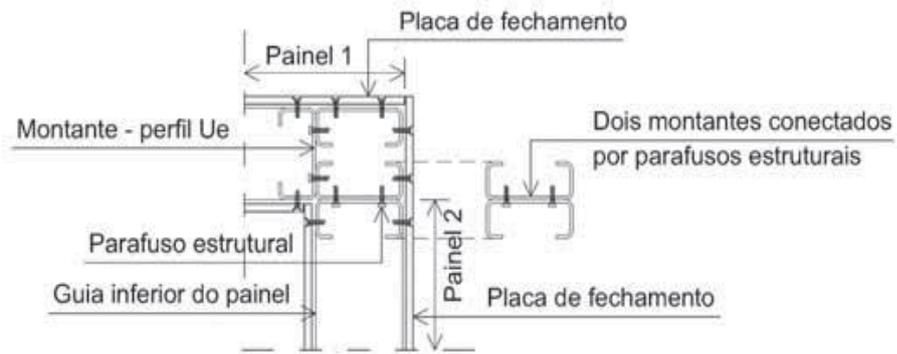


Figura 5.32 - União de dois montantes pela alma
 Fonte: SANTIAGO, A.K.; FREITAS, A. M. S.; CRASTO, R. C. M. de, 2012. p.45.

- União de três montantes

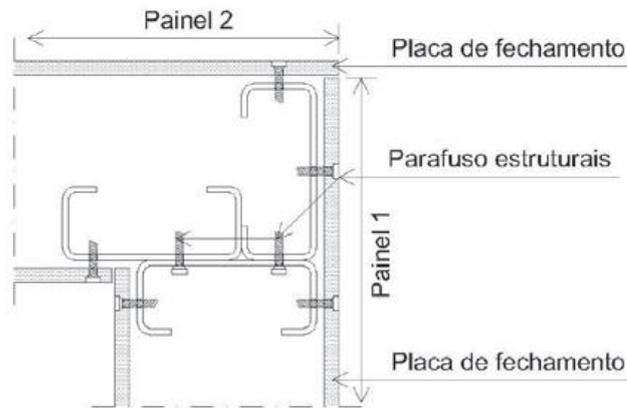


Figura 5.33 - União de três montantes
 Fonte: SANTIAGO, A.K.; FREITAS, A. M. S.; CRASTO, R. C. M. de, 2012. p.45.

Em ambas as situações de união dos painéis, 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 (FIG. 5.34).

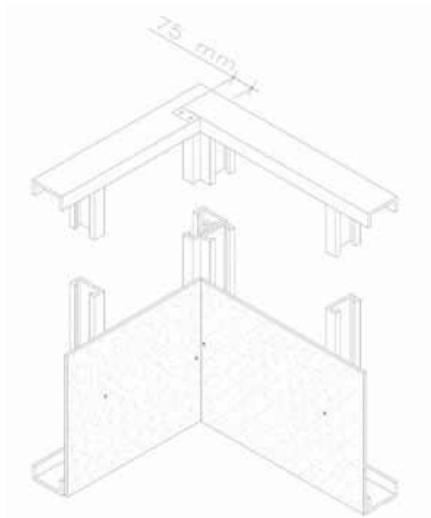


Figura 5.34 - Fixação de painéis de canto
 Fonte: SANTIAGO, A.K.; FREITAS, A. M. S.; CRASTO, R. C. M. de, 2012. p.45.

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, conforme FIG. 5.35.

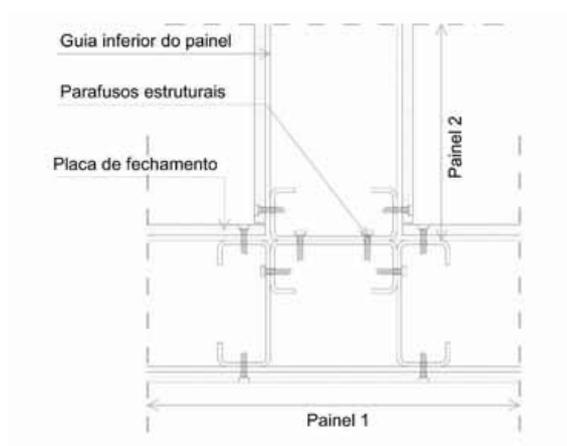


Figura 5.35 - Ligação de dois painéis formando um “T”
 Fonte: SANTIAGO, A.K.; FREITAS, A. M. S.; CRASTO, R. C. M. de, 2012. p.46.

c) Ligação de três painéis:

Quando as extremidades de dois painéis são conectadas a outro painel perpendicular, gerando uma união cruzada. O painel perpendicular deve ser contínuo sem emendas na guia superior ou inferior na união com as outras paredes. A ligação pode ser feita como mostra a FIG. 5.36.

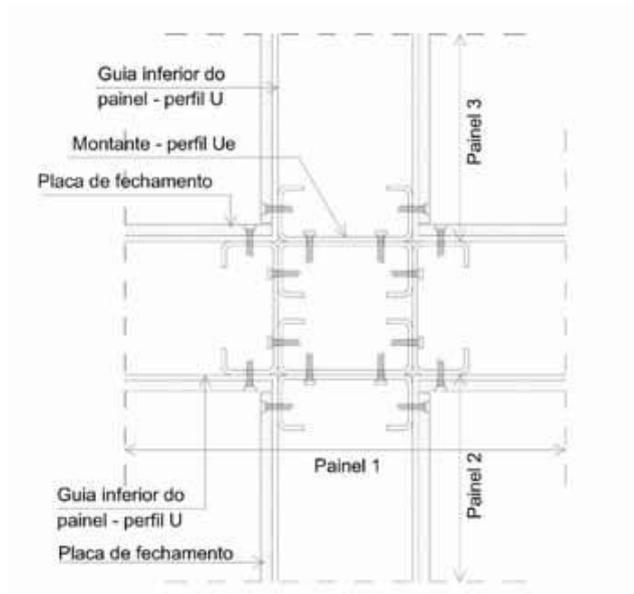


Figura 5.36 - Encontro de três painéis
 Fonte: SANTIAGO, A.K.; FREITAS, A. M. S.; CRASTO, R. C. M. de, 2012. p.46.

5.5.1.5 Emenda de Guia

Quando a guia não possuir o comprimento necessário para o painel, é possível fazer a união de duas guias por meio de um perfil Ue, o mesmo usado nos montantes, encaixado dentro das guias e aparafusados em ambas pelas mesas, conforme FIG. 5.37. O comprimento do perfil Ue deve ser de no mínimo 15 cm, devendo a emenda sempre ocorrer entre dois montantes (SANTIAGO; FREITAS; CRASTO, 2012).

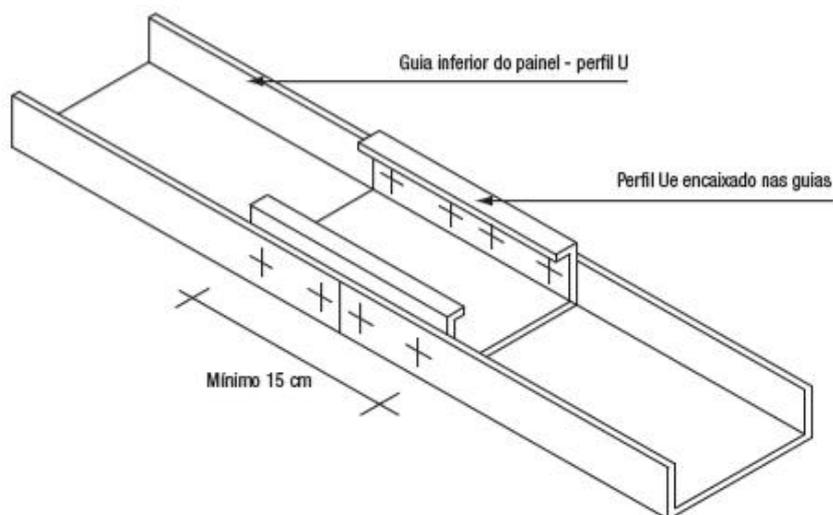


Figura 5.37 - Emenda de perfil guia
 Fonte: BRASILIT, 2011. p. 115.

5.5.2 Painéis Não-Estruturais

Os painéis não-estruturais tem a função de fechamento externo e divisória interna nas edificações. Esses painéis suportam apenas o peso próprio dos componentes que os constituem e não exercem nenhuma função no que confere ao carregamento da estrutura. Para execução das divisórias internas é usual nas edificações adotar pode ser o sistema de gesso acartonado, também conhecido como *DryWall*, onde as seções dos perfis de montantes e guias possuem menores espessuras e dimensões. Quanto à execução das divisórias externas, é recomendável utilizar os mesmos perfis que constituem os painéis estruturais, uma vez que estes painéis têm de suportar o peso dos componentes de fechamento e revestimento da edificação (SANTIAGO; FREITAS; CRASTO, 2012).

Uma vez que o painel não-estrutural não tem a função de suportar cargas verticais da estrutura, e conseqüentemente não há necessidade de utilizar vergas e ombreiras para reforço do painel, a solução para aberturas de portas e janelas é bem mais simples. A delimitação lateral do vão é dada por um único montante ao qual será fixado o marco da abertura. Em situações específicas onde se verifica a necessidade de dá maior rigidez ao painel, opta-se por colocar montantes duplos na delimitação lateral da abertura, ou a adoção de um perfil caixa formado a partir do encaixe de um montante e um guia. O acabamento superior e inferior das aberturas é definido similarmente aos dos painéis estruturais, utilizando a guia de abertura, e sua conformação pode ser verificada na FIG. 5.38 e 5.39.

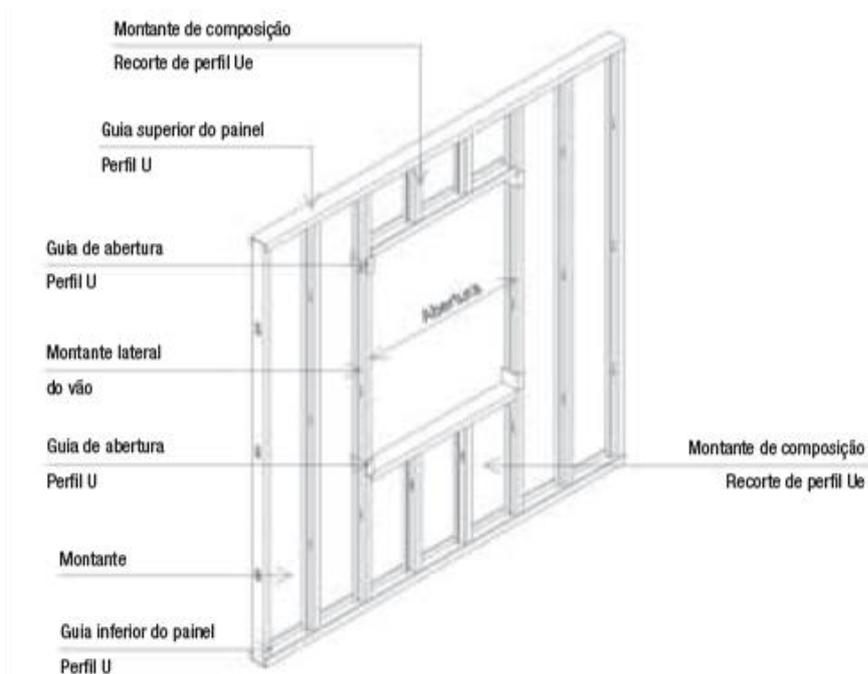


Figura 5.38 - Desenho esquemático de painel não estrutural com abertura
Fonte: BRASILIT, 2011. p. 115.



Figura 5.39 - Painel não-estrutural com montantes simples
Fonte: Arquivo do autor, Junho de 2013 (obra UMEI Minaslândia – Belo Horizonte/MG).

5.5.3 Paredes Curvas, Arcos e Formas Atípicas

O sistema construtivo LSF possibilita a conformação de superfícies curvas e aberturas em arco, tanto em painéis estruturais e não-estruturais. Conforme Santiago, Freitas e Crasto (2012), a construção da parede curva e obtenção do raio estabelecido é possível a partir do corte da mesa da face externa e alma das guias superior e inferior a um intervalo de aproximadamente 5 cm em todo comprimento do arco FIG. 5.40. Deve-se atentar para não propor a execução de curvas muito fechadas.

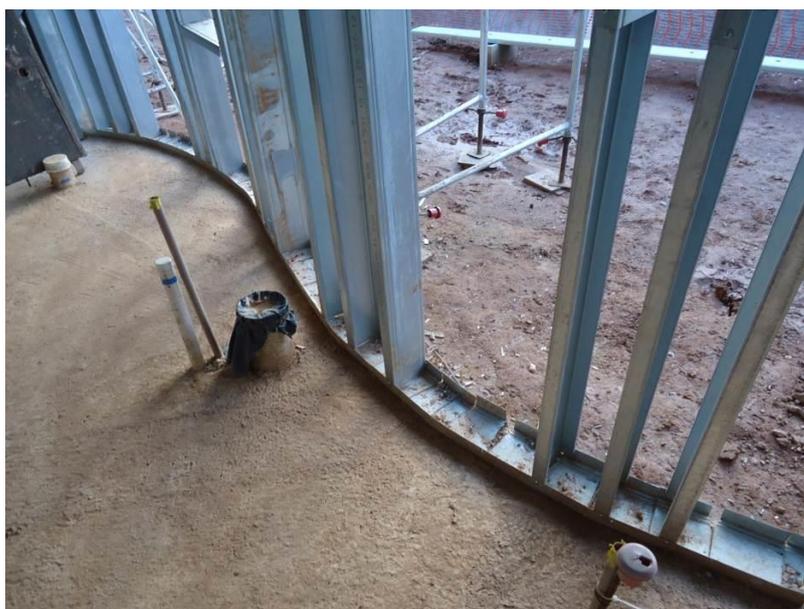


Figura 5.40 - Execução de parede em formato ondulado

Fonte: Arquivo do autor, Junho de 2013 (obra UMEI Minaslândia – Belo Horizonte/MG).

Segundo Santiago, Freitas e Crasto (2012), “para manter o raio da curvatura e reforçar a guia, uma fita de aço galvanizado deve ser fixada na face externa da mesa da guia, através de parafusos ou *clinchings*, só depois deverão ser fixados os montantes (FIG. 5.41).” O mais adequado é que o painel seja montado no local pelo método *stick*, no qual, deve-se primeiro fixar a guia inferior e superior no piso e na laje respectivamente, e na conformação da curva os montantes são colocados de acordo com o espaçamento definido no cálculo estrutural.

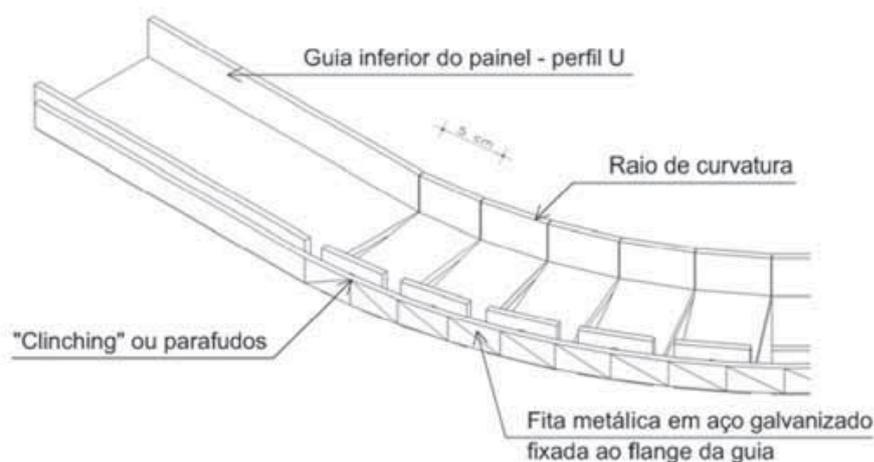


Figura 5.41 - Método para curvatura de perfis U
 Fonte: SANTIAGO, A.K.; FREITAS, A. M. S.; CRASTO, R. C. M. de, 2012. p.48.

Em mercados onde o LSF tem maior participação no setor da construção como o americano, existe perfis U de aço galvanizado flexíveis parecidos com vértebras que eliminam a execução dos procedimentos trabalhosos e facilitam a execução de curvatura ou formato ondulado, de forma muito mais rápida e segura FIG. 5.42.

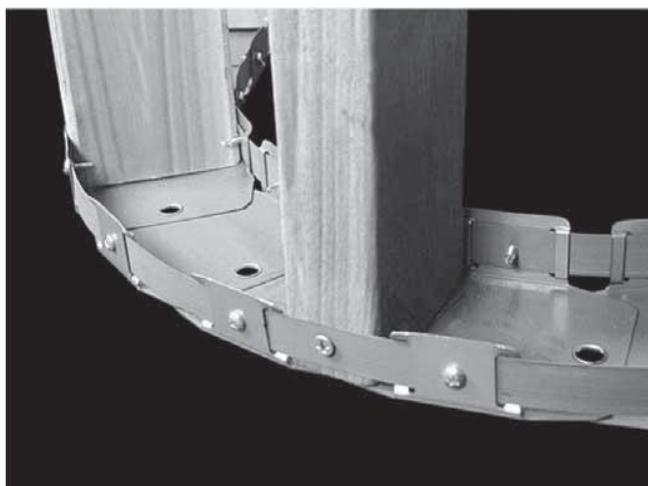


Figura 5.42 - Perfil U flexível
 Fonte: SANTIAGO, A.K.; FREITAS, A. M. S.; CRASTO, R. C. M. de, 2012. p.48.

A execução de aberturas em forma de arco ou derivações dessa geometria pode ser construídas tanto em um painel estrutural ou não-estrutural. Para execução da mesma o perfil U tem ambas as mesas cortadas de modo a possibilitar a flexão do perfil no raio ou curvatura definida no projeto. Mãos-francesas são fixadas na verga ou guia de abertura e nas ombreiras para possibilitar a fixação do perfil. De forma a agilizar a montagem é possível à utilização dos perfis flexíveis (FIG. 5.43 e 5.44).

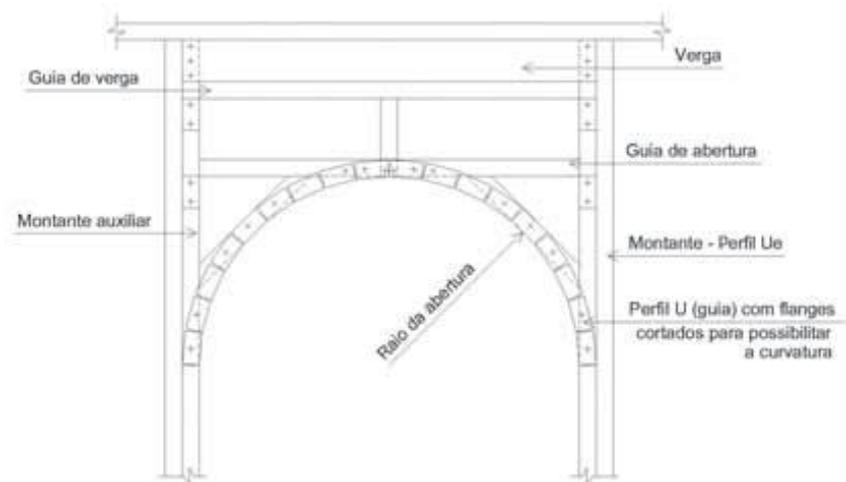


Figura 5.43 - Método para construção de aberturas em arco
 Fonte: BRASILIT, 2011. p. 117.



Figura 5.44 - Painel de fachada com abertura redonda
 Fonte: Arquivo do autor, Junho de 2013 (obra UMEI Minaslândia – Belo Horizonte/MG).

Os projetos em Light Steel Framing possibilitam diversas formas arquitetônicas, e a concretização de propostas do projeto está diretamente ligada à interação entre o arquiteto com o profissional responsável pelo cálculo estrutural do projeto.

5.6 Lajes

A estrutura de piso em *Light Steel Framing* emprega o mesmo princípio dos painéis, que consiste na utilização de perfis galvanizados espaçados de forma

equidistantes (FIG. 5.45), onde os elementos estruturais e modulação são determinados pelas cargas a que cada perfil é submetido. Essa modulação, na maioria dos casos, é a mesma para toda a estrutura: painéis, lajes e cobertura.

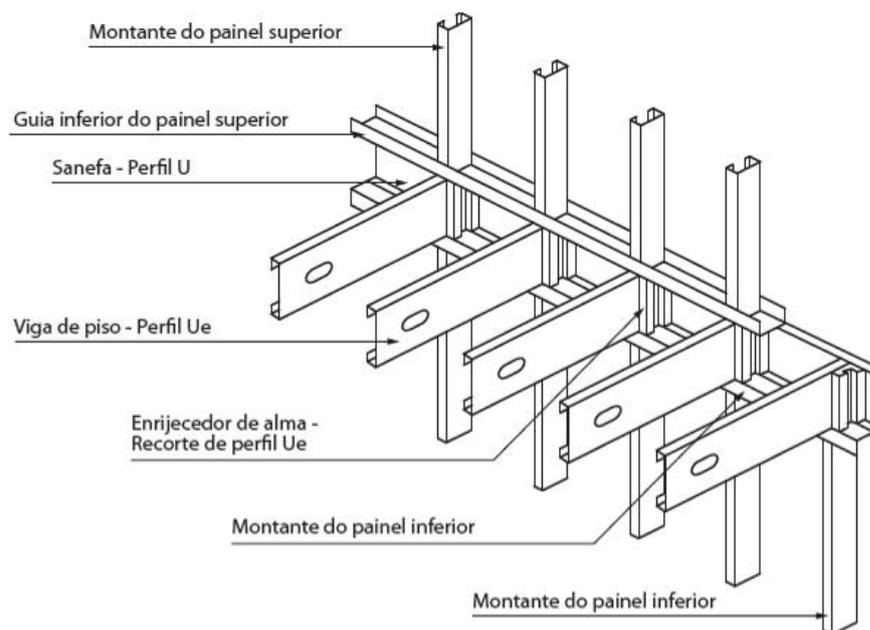


Figura 5.45 - Estrutura de piso em Light Steel Framing
Fonte: BRASILIT, 2011. p. 118.

De acordo com Santiago, Freitas e Crasto (2012) esses perfis são denominados vigas de piso e são obtidos a partir de perfis de seção Ue (FIG. 5.46), 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. A disposição das vigas de piso deve privilegiar a menor distância entre os apoios, de forma a possibilitar a adoção de perfis de menor altura.



Figura 5.46 - Vigas de piso

Fonte: Arquivo do autor, Junho de 2013 (obra UMEI Minaslândia – Belo Horizonte/MG).

Os perfis das vigas de piso já apresentam perfurações na alma das vigas para passagem de tubulações, conhecido por *punch*, não sendo recomendado o corte e perfuração da mesa de um perfil que atua como viga além dos *punchs*.

Conforme Santiago, Freitas e Crasto (2012), perfurações executadas nas almas das vigas para passagem de tubulações, quando excederem as dimensões dos furos já existentes nos perfis (*punch*), devem ser previstos pelo projeto estrutural. Conforme a norma NBR 15253:2005, “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 FIG. 5.47. 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”. Em casos de aberturas com formas diferentes e dimensões maiores que as recomendadas, devem ser executados reforços nestas aberturas, a serem projetados conforme práticas aceitas na engenharia estrutural (NBR 15253: 2005).

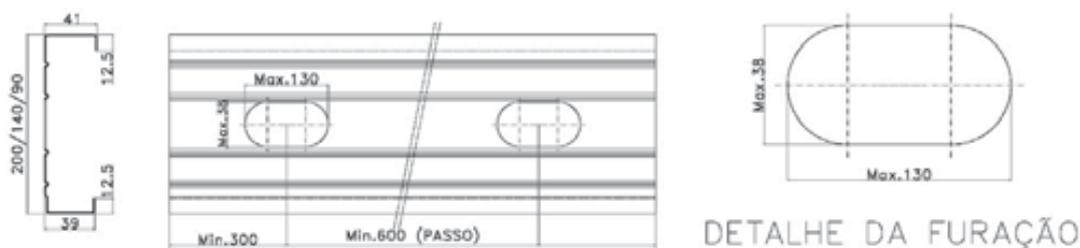


Figura 5.47 - Aberturas nos perfis para passagem de tubulações
Fonte: NBR 15253:2005.

As vigas de piso são responsáveis pela transmissão das cargas a que estão expostas (peso próprio da laje, pessoas, mobiliário, equipamentos, etc.) para os painéis; exercendo também a função de estrutura de apoio do contrapiso, quando estruturais estes podem exercer a função de diafragma horizontal desde que devidamente conectados às vigas de piso, uma vez que a resistência e o espaçamento das ligações (parafusos) definem a capacidade do mesmo de ser considerado como diafragma (SANTIAGO; FREITAS; CRASTO, 2012).

Os carregamentos provenientes das divisórias internas não-estruturais 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.

De acordo com o aponta Santiago, Freitas e Crasto (2012), além das vigas de piso, outros elementos são essenciais na constituição de uma laje em um sistema *Light Steel Framing*, como representado FIG. 5.48 e 5.49:

- Sanefa ou guia: perfil U que fixa as extremidades das vigas para dar forma à estrutura;
- Enrijecedor de alma: recorte de perfil Ue, geralmente montante, que fixado através de sua alma à alma da viga no apoio da mesma, aumenta a resistência no local evitando o esmagamento da alma da viga. Também pode ser chamado de enrijecedor de apoio;
- Viga caixa de borda: formada pela união de perfis U e Ue encaixados possibilita a borda da laje paralela às vigas, principalmente quando ocorre de servir de apoio a um painel.

- Viga composta: combinação de perfis U e Ue a fim de aumentar a resistência da viga. Pode ser utilizada no perímetro de uma abertura na laje, como por exemplo, para permitir o acesso através de uma escada, servindo de apoio para as vigas interrompidas. (SANTIAGO, FREITAS, CRASTO, 2012:53)

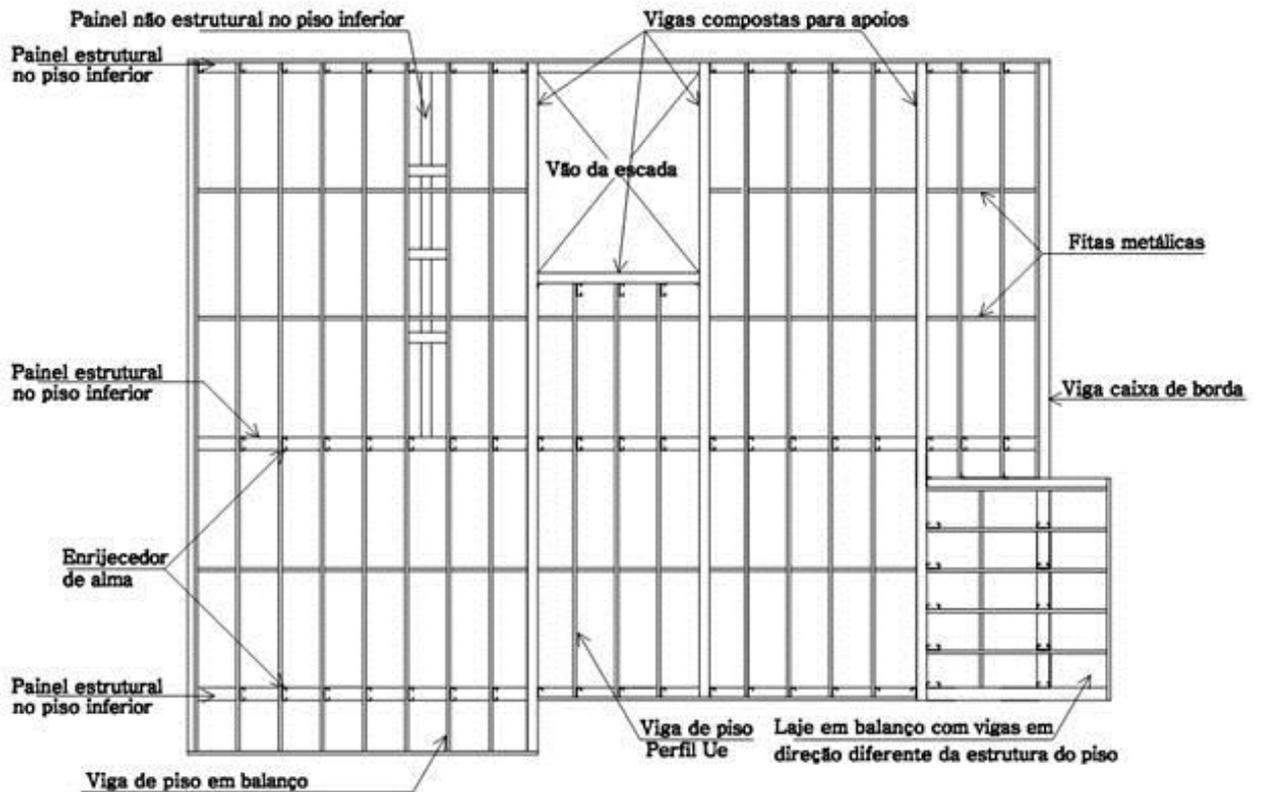


Figura 5.48 - Planta de estrutura de piso em *Light Steel Framing*
 Fonte: SANTIAGO, A.K.; FREITAS, A. M. S.; CRASTO, R. C. M. de, 2012. p.54.



Figura 5.49 - Estrutura de piso em Light Steel Framing
Fonte: Arquivo do autor, Junho de 2013 (obra UMEI Minaslândia – Belo Horizonte/MG).

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

5.6.1 Laje Úmida

A laje úmida é composta basicamente por uma chapa ondulada de aço (FIG. 5.50 e 5.51) 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.

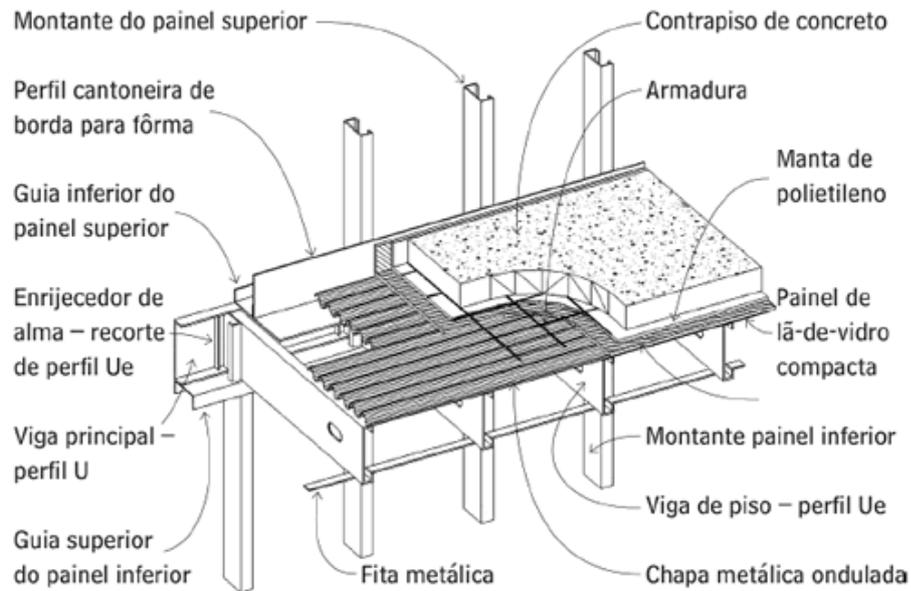


Figura 5.50 - Desenho esquemático de laje úmida
 Fonte: SANTIAGO, A.K.; FREITAS, A. M. S.; CRASTO, R. C. M. de, 2012. p.55.



Figura 5.51 - Fôrma de aço de laje úmida tipo *Steel Deck*
 Fonte: Arquivo do autor, Novembro de 2013 (obra em Ribeirão das Neves/MG).

Devido à praticidade e vantagens de execução da laje úmida pelo método *Steel Deck*, esse sistema é o mais adotado quando a solução de execução da laje é escolhida do tipo úmida. Nesse método a laje úmida ou contrapiso de concreto serve como base para a instalação de acabamentos de piso (cerâmico, de madeira, pedras, laminados, etc), de forma a evitar fissuras de retração durante a

cura do concreto emprega-se a uso de uma armadura em tela soldada colocada antes da concretagem sobre forma de aço no sistema *Steel Deck*.

Conforme apontado por Santiago, Freitas e Crasto (2012), junto à colocação da chapa de aço, deve-se fixar em toda a borda do piso, um perfil galvanizado tipo cantoneira a fim de servir de forma lateral para o concreto, conforme mostra FIG. 5.52.



Figura 5.52 - Perfil galvanizado tipo cantoneira no perímetro da laje
Fonte: Arquivo do autor, Novembro de 2013 (obra em Ribeirão das Neves/MG).

5.6.2 Laje Seca

De acordo com Santiago, Freitas e Crasto (2012), 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. O tipo e espessura da placa estão relacionados com a deformação imposta sobre a mesma, e fundamentalmente com o tipo de revestimento a ser adotado.

A placa mais utilizada é o OSB com 18 mm de espessura (FIG. 5.53), uma vez que é leve e de fácil instalação e ainda apresenta propriedades estruturais que favorecem o seu uso como diafragma horizontal.



Figura 5.53 - Placas de OSB utilizadas para laje seca
 Fonte: Arquivo do autor, Junho de 2013 (obra UMEI Minaslândia – Belo Horizonte/MG).

As principais vantagens do uso da laje seca estão na menor carga por peso próprio, e a rapidez de execução. Em ambientes caracterizados como áreas molhadas (banheiros, cozinhas, áreas de serviço e outras), é mais recomendado o uso da placa cimentícia (pois apresenta maior resistência à umidade) sobre uma base contínua de apoio para as chapas cimentícias. De forma a reduzir o nível de ruído entre um pavimento e outro é recomendado à colocação de lã de vidro entre as vigas e o uso de uma manta de polietileno expandido entre o contrapiso e a estrutura. O esquema de conformação da laje seca está mostrado na FIG. 5.54.

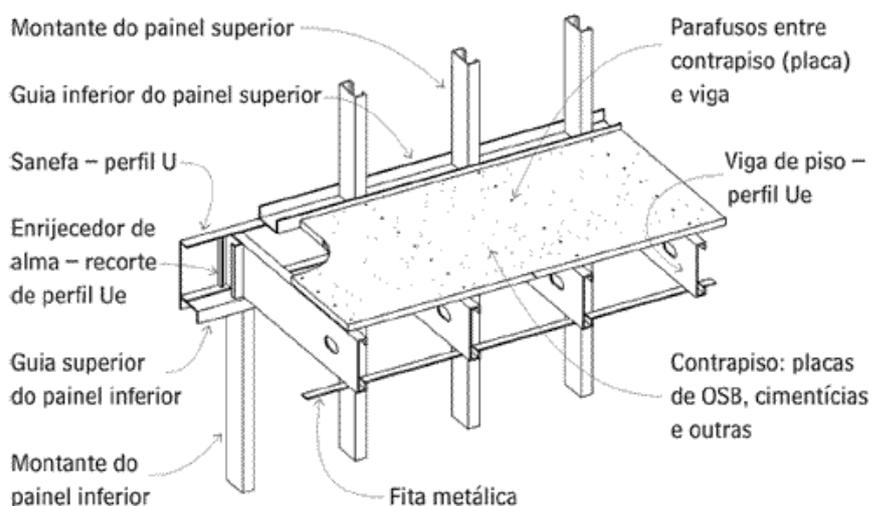


Figura 5.54 - Desenho esquemático de laje seca com painel OSB
 Fonte: BRASILIT, 2011. p. 121.

Conforme recomendações de bibliografias anteriores sobre o tema os painéis portantes devem ser montados diretamente sobre a estrutura do piso, onde os montantes do painel superior façam contato direto com as vigas de piso, de forma a garantir a correta transmissão axial dos esforços entre os componentes da estrutura e evitar deformações relativas à falta de nivelamento ou precisão dimensional dos elementos que formam o contrapiso.

5.6.2.1 Travamento Horizontal

O travamento horizontal da estrutura de piso (FIG. 5.55) é um recurso utilizado para se evitar fenômenos como flambagem lateral por torção, deslocamento e vibração nas vigas de piso, favorecendo o enrijecimento do sistema e reduzindo os esforços nas vigas ao mesmo tempo em que a utilização deste elemento distribui melhor o carregamento.



Figura 5.55 - Bloqueadore e fita metálica no travamento horizontal da laje
Fonte: Arquivo do autor, Junho de 2013 (obra UMEI Minaslândia – Belo Horizonte/MG).

Segundo BRASILIT (2011), os travamentos horizontais da estrutura de piso mais usuais são os bloqueadores e as fitas de aço galvanizado (FIG. 5.56). O bloqueador consiste no uso de um perfil Ue de mesmas características das vigas de piso, entre estas, conectado através de cantoneiras, ou de um corte no próprio perfil de forma que possibilite o aparafusamento deste nas vigas, similar ao procedimento utilizado nos painéis. Os bloqueadores devem estar localizados

sempre nas extremidades da laje e também espaçados a pelo menos 3,60 m, coincidindo sua mesa com as fitas de aço galvanizado onde são ligados por meio de parafusos.

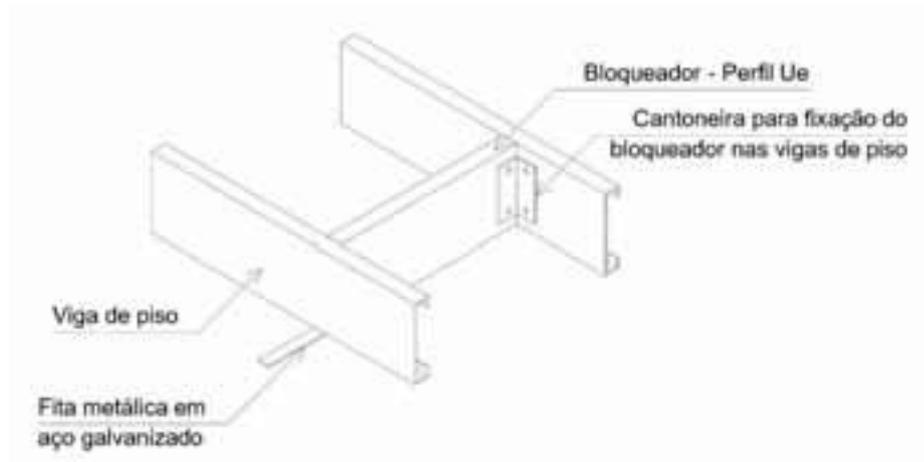


Figura 5.56 - Bloqueador e fita metálica

Fonte: SANTIAGO, A.K.; FREITAS, A. M. S.; CRASTO, R. C. M. de, 2012. p.60.

A Fita de aço galvanizado 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, sendo este elemento empregado em conjunto com o bloqueador.

5.7 Escadas

A execução de escadas usam os mesmos perfis utilizados para construções dos painéis. A estrutura das escadas é construída pela combinação de perfis U e Ue, os degraus e espelhos são constituídos a partir fixação de painéis rígidos como placas de OSB ou pranchas de madeira maciça aparafusadas na estrutura. Existe a possibilidade de utilização de pisos úmidos desde que adotado sistema adequado para sua execução (SANTIAGO; FREITAS; CRASTO, 2012).

Existem três métodos de execução de escadas que são mais difundidos no *Light Steel Framing*, e a escolha de um deles depende da tipologia da escada (aberta ou fechada e o contrapiso ou substrato). Os métodos mais utilizados são:

- Viga Caixa Inclinada:

Neste método uma guia dobrada em degraus (guia-degrau) unida a uma viga caixa com a inclinação necessária é utilizada como apoio para o contrapiso (FIG. 5.57). O par dessa composição forma o lance da escada e o apoio do contrapiso podem ser compostos de placas de OSB ou pranchas de madeira maciça que já dão o acabamento final. Sendo método indicado para execução de escadas abertas.

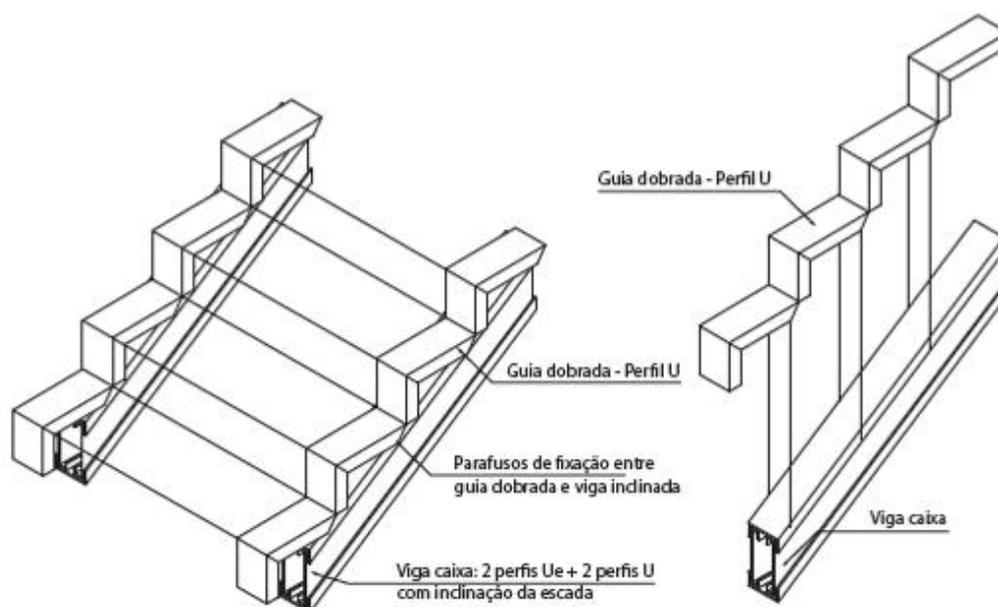


Figura 5.57 - Desenho esquemático de escada viga caixa inclinada
Fonte: BRASILIT, 2011. p. 127.

- Painel com Inclinação:

Indicado para execução de escadas fechadas, este método é constituído por uma guia-degrau unida a um painel com a inclinação necessária a escada (FIG. 5.58). O par dessa composição forma o lance da escada e o contrapiso é formado por placas de OSB ou pranchas de madeira maciça.

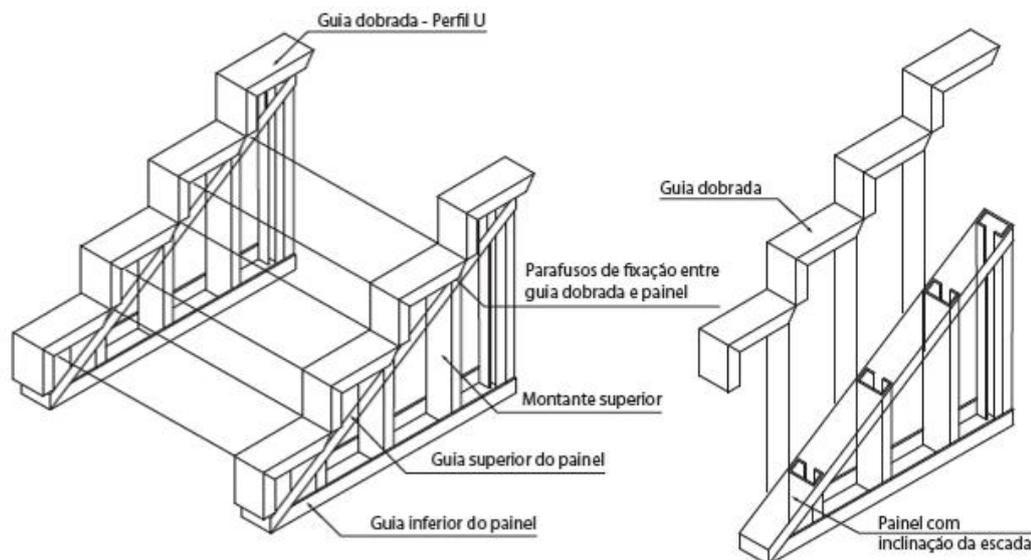


Figura 5.58 - Esquema de escada painel com inclinação
 Fonte: BRASILIT, 2011. p. 128.

Guia-degrau:

Para permitir o escalonamento tanto da escada tanto no método de Viga Caixa como na de Painel Inclinado, se faz necessário o emprego de uma peça denominada Guia-degrau. Esta peça é obtida através da dobragem de uma guia (perfil U), alternando entre a medida do piso e do espelho do degrau. Este elemento pode ser encontrado na FIG. 5.57 e 5.58, através da descrição “guia dobrada”.

- Painéis Escalonados + Painéis de Degrau:

Neste método os painéis horizontais funcionam como base ao substrato e são formados por dois perfis guias (U) e dois perfis montantes (Ue), que se apoiam nos painéis verticais, onde os montantes possuem a altura correspondente a cada degrau de modo a obter o escalonamento necessário à inclinação da escada (FIG. 5.59).

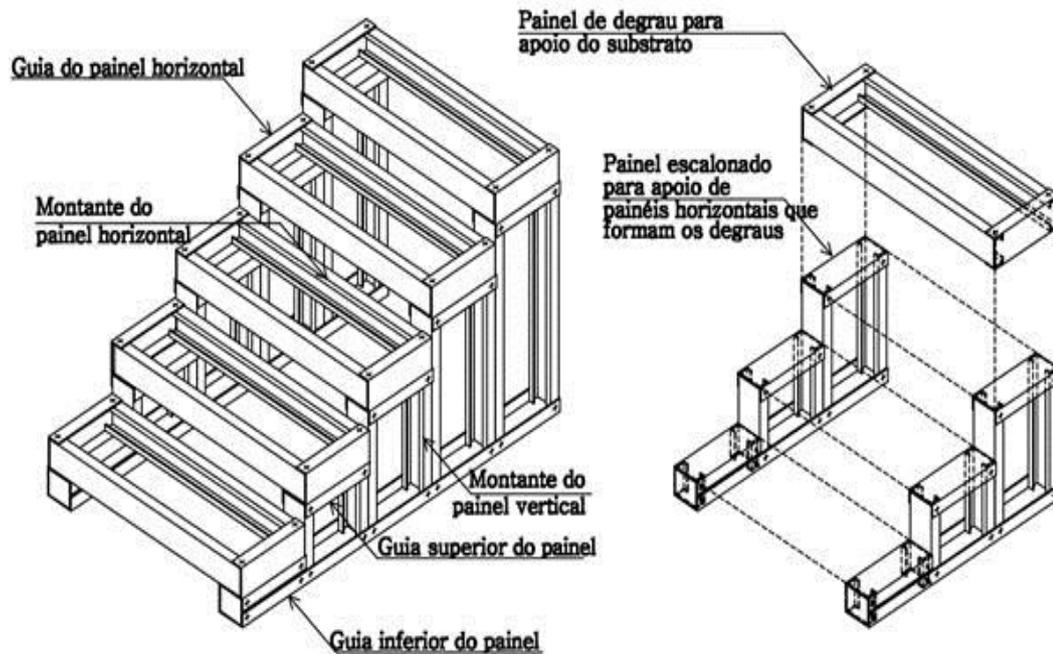


Figura 5.59 - Esquema de uma escada de painéis escalonados
 Fonte: BRASILIT, 2011. p. 130.

O painel escalonado é montado como um único elemento através de uma guia inferior contínua para todos os montantes. Este é o único dos três métodos citados em que é possível utilizar o piso úmido. A execução do piso úmido é realizada a partir da colocação de uma fôrma de madeira por baixo de cada painel de degrau, e posteriormente preenchendo-o com concreto o espaço entre os perfis do painel horizontal. Este sistema também é adequado para o uso de placas rígidas como OSB ou cimentícias, conforme mostra FIG. 5.60.



Figura 5.60 - Escada executada com o método de painéis escalonados
Fonte: Arquivo do autor, Junho de 2013 (obra UMEI Minaslândia – Belo Horizonte/MG).

5.8 Coberturas

Conforme o que foi levantado por Santiago, Freitas e Crasto (2012), a cobertura ou telhado é a parte da construção que tem a função de proteger o edifício da ação das intempéries, podendo simultaneamente, desempenhar uma função estética. O LSF apresenta grande similaridade na construção de coberturas e possibilita a execução coberturas que podem variar desde simples cobertas planas até projetos mais complexos com grande intersecção de águas ou planos inclinados. Para os telhados inclinados, a estrutura em LSF segue o mesmo princípio estrutural dos telhados convencionais em madeira.

Devido a características climáticas do Brasil, as coberturas inclinadas são normalmente mais eficientes no que diz respeito ao conforto ambiental. Pois este tipo de cobertura funciona como um regulador térmico dos ambientes internos, uma vez que a camada de ar entre a cobertura e o forro, constitui um excelente isolante térmico. De acordo com Santiago, Freitas e Crasto (2012) a cobertura é composta de duas partes principais que são:

- Cobertura: Pode ser constituída de materiais diversos desde que impermeáveis às águas pluviais e resistentes a ação do vento e intempéries.
- Armação: Que corresponde ao conjunto de elementos estruturais (ripas, caibros, terças, tesouras e contraventamentos), responsáveis pela sustentação da cobertura.

Assim como numa construção convencional, a estrutura de em cobertura em LSF deve suportar além do peso seu próprio (componentes estruturais, revestimentos de cobertura, materiais de isolamento, equipamentos ou elementos fixados à estrutura, entre outros) as cargas derivadas efeitos climatológicos como cargas de vento, Carregamentos referentes à chuva, de neve, etc. Devem-se considerar também no projeto de cobertura os carregamentos durante a construção e manutenção, bem como, prever drenagem apropriada das águas pluviais.

A variedade de soluções estruturais para execução da cobertura de uma edificação é grande, e a escolha do tipo de cobertura é diretamente influenciada por fatores técnicos (carregamentos, dimensões da área a ser protegida), aspectos estéticos (coberturas aparentes, embutidas), econômicos, entre outros. Para construções em *Light Steel Framing* as tipologias mais usuais são a coberturas inclinadas (estruturadas por caibros e vigas ou treliças e tesouras) e as coberturas planas (laje úmida) que tem menor ocorrência em construções nesse sistema construtivo.

5.8.1 Coberturas Planas

As coberturas planas em *Light Steel Framing* são, na maioria dos casos, solucionadas com o uso da laje úmida onde a inclinação para o caimento da água é obtida variando a espessura do contrapiso de concreto, conforme FIG. 5.61.

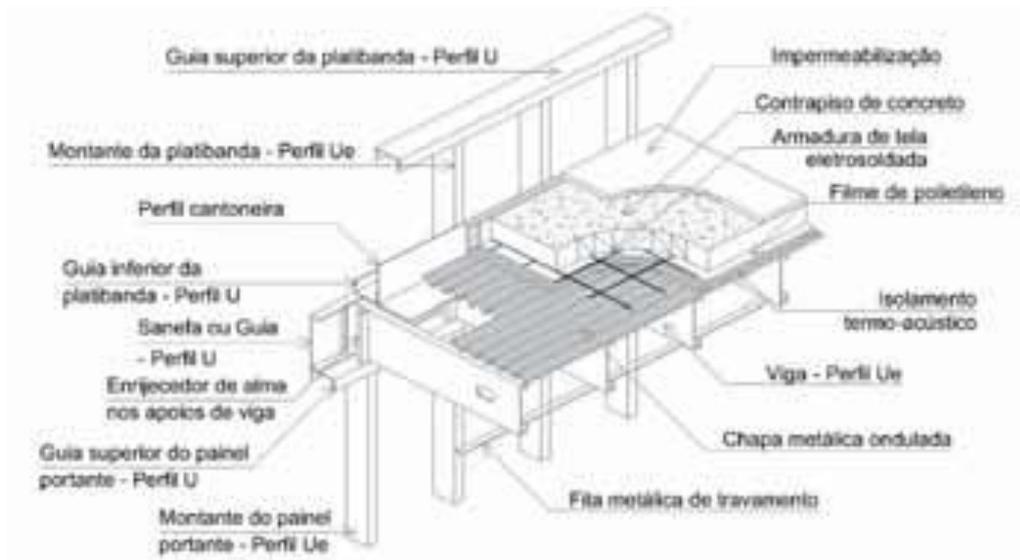


Figura 5.61 - Cobertura plana em *Light Steel Framing*
 Fonte: SANTIAGO, A.K.; FREITAS, A. M. S.; CRASTO, R. C. M. de, 2012. p.64.

Quando os vãos a serem vencidos são grandes e/ou não possuem apoios intermediários, é empregado o uso de treliças planas confeccionadas com perfis Ue galvanizados (FIG. 5.62). As mesmas treliças planas também podem ser utilizadas para estrutura de pisos que demandam grandes cargas e vãos.

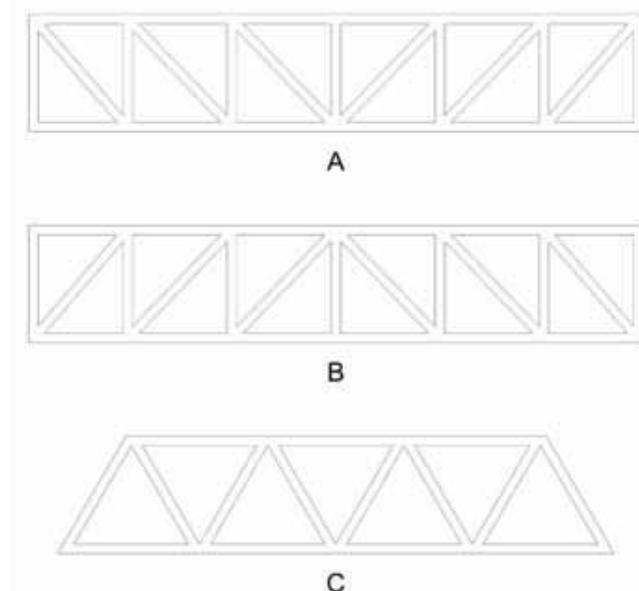


Figura 5.62 - Tipos de treliças planas para *Light Steel Framing*
 Fonte: SANTIAGO, A.K.; FREITAS, A. M. S.; CRASTO, R. C. M. de, 2012. p.65.

5.8.2 Coberturas Inclinadas

Segundo Santiago, Freitas e Crasto (2012), a estrutura de uma cobertura inclinada em *Light Steel Framing* é similar à de uma cobertura convencional, onde a armação de madeira é substituída por perfis galvanizados, de forma a 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, conforme mostra a FIG. 5.63.

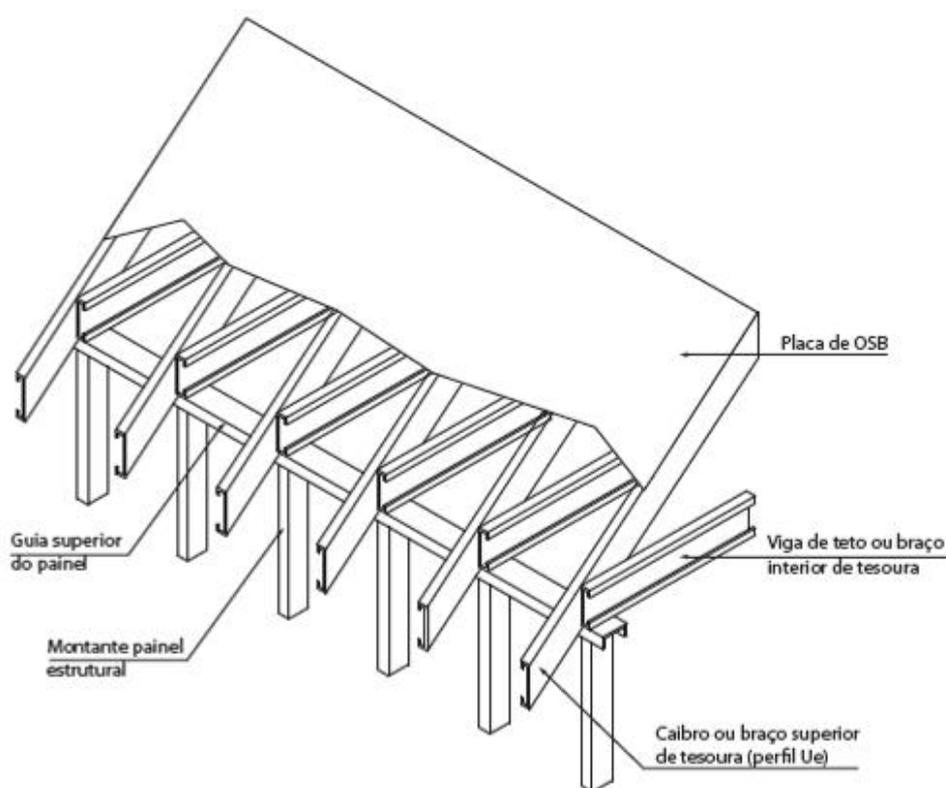


Figura 5.63 - Alinhamento de caibros e vigas com montantes do painel
Fonte: BRASILIT, 2011. p. 133.

Quando esse princípio não for possível, deve utilizar-se de uma viga composta a fim de permitir a distribuição das cargas aos montantes. As coberturas inclinadas podem ser construídas a partir de uma estrutura de caibros ou por meio de tesouras ou treliças.

A cobertura estruturada com caibros é um método empregado para construções do tipo *stick*, e os elementos estruturais (perfis U e Ue) são cortados e montados no local da obra. É utilizado quando o vão entre os apoios permite o uso de

caibros e deseja-se utilizar menor quantidade de aço do que o usado em tesouras. Em projetos de coberturas de maior complexidade e/ou de maiores vãos o sistema de caibros pode ser utilizado empregando perfis duplos e caibros devidamente dimensionados.

A estrutura típica de caibros consiste no emprego de dois caibros, onde as extremidades se apoiam nos painéis portantes e formam a inclinação requerida no encontro desses elementos no topo da cobertura ou cumeeira (FIG. 5.64). Sendo seu peso próprio e outros carregamentos transmitidos através dos caibros aos painéis e, por conseguinte à fundação (SANTIAGO; FREITAS; CRASTO, 2012).

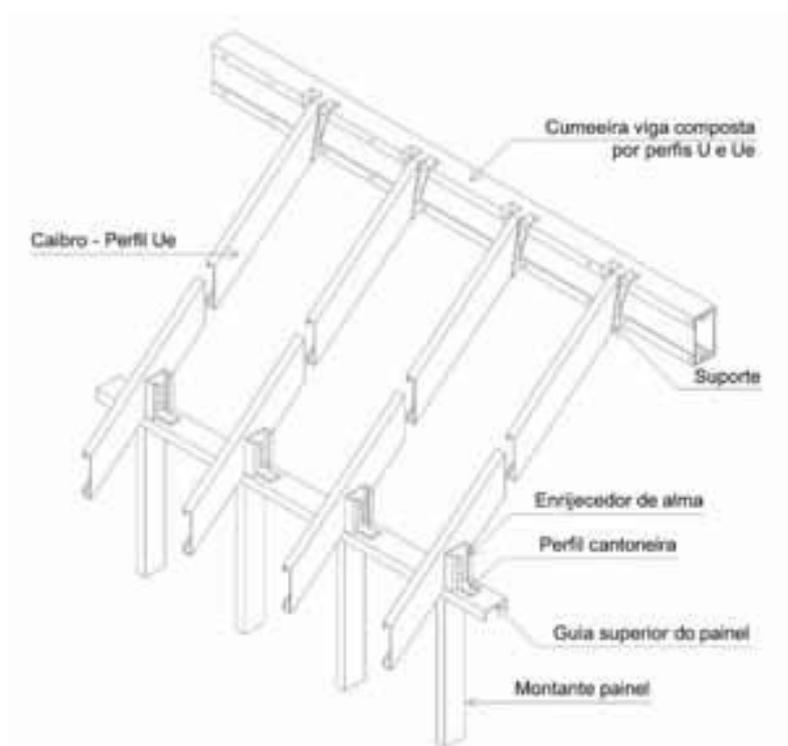


Figura 5.64 - Telhado típico estruturado com caibros
Fonte: SANTIAGO, A.K.; FREITAS, A. M. S.; CRASTO, R. C. M. de, 2012. p.66.

De acordo com Santiago, Freitas e Crasto (2012), as tesouras ou treliças são solução mais comum nas coberturas residenciais e vencem grandes vãos sem precisar de apoios intermediários (FIG. 5.65 e 5.66). Há uma grande variedade de desenho de tesouras que se deve a fatores estéticos, funcionais, culturais, etc. As tesouras ou treliças podem vir pré-fabricadas ou ser montadas no canteiro da obra, devendo em ambos os casos devidamente projetados e dimensionados. As

pré-fabricadas apresentam vantagens como: precisão dimensional e menor tempo de trabalho no canteiro. A confecção de tesouras no próprio canteiro, por vezes, demanda de um grande espaço plano para montagem da mesa de trabalho e mão-de-obra preparada.

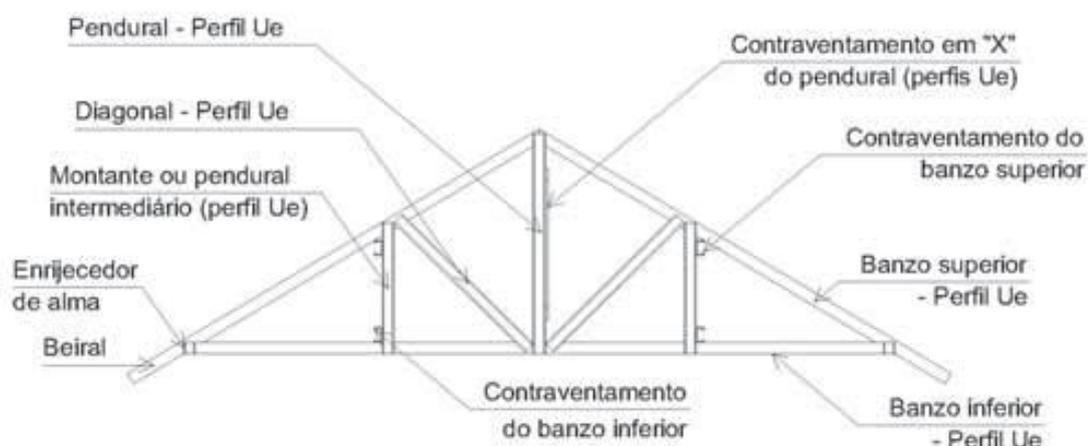


Figura 5.65 - Composição de uma tesoura
Fonte: SANTIAGO, A.K.; FREITAS, A. M. S.; CRASTO, R. C. M. de, 2012. p.70.

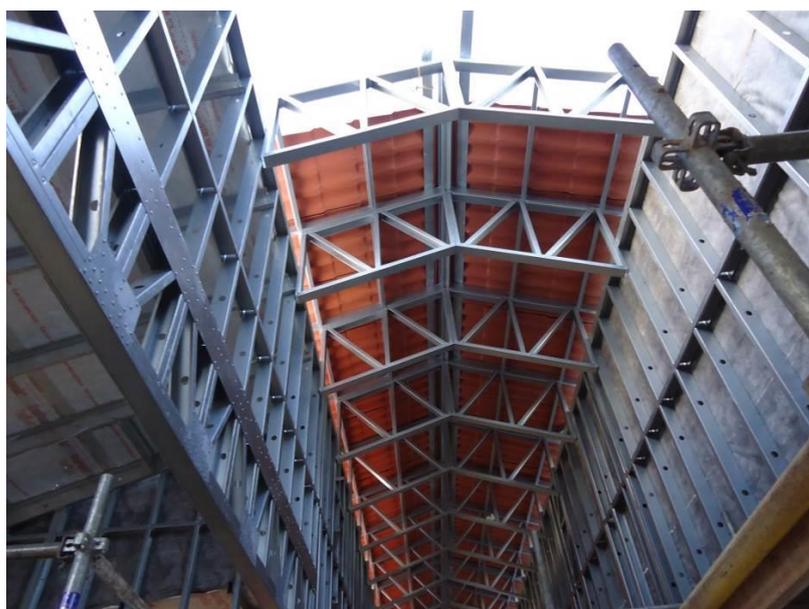


Figura 5.66 - Cobertura inclinada em treliça plana com telha de PVC
Fonte: Arquivo do autor, Junho de 2013 (obra UMEI Minaslândia – Belo Horizonte/MG).

Coberturas inclinadas em LSF admitem diversos tipos de coberturas ou telhas. Em alguns tipos de telhas como as cerâmicas ou *shingles* é necessário o emprego de um substrato de apoio, que é utilizado placas de OSB protegido por uma manta de impermeabilização. Para instalação de telhas cerâmicas é

necessária à colocação de perfis tipo cartola paralelos aos caibros sobre o OSB a fim de possibilitar o escoamento da água, e sobre estes são fixadas as ripas (estrutura de assentamento) que permitirão o encaixe das telhas. Já as telhas *shingles* podem ser fixadas diretamente sobre o OSB. Telhas de aço podem funcionar como diafragmas rígidos, e os elementos de contraventamento dos caibros, funcionam como terças quando dispostos nas suas mesas superiores unindo o sistema e servindo de base para a fixação das telhas de aço.

A estabilização da estrutura de cobertura é dada por intermédio de elementos de contraventamento lateral e vertical ou em “X” (FIG. 5.67), sendo estes constituídos por perfis U e/ou Ue que fixados às tesouras de forma que trabalhe em conjunto todas as peças. Além dos contraventamentos são utilizadas para estabilização da estrutura fitas metálicas, bloqueadores e placas estruturais, capazes de atuar como diafragma rígido.



Figura 5.67 - Cobertura com elementos de contraventamento
Fonte: Arquivo do autor, Junho de 2013 (obra UMEI Minaslândia – Belo Horizonte/MG).

A utilização desses elementos garante o enrijecimento da estrutura e que a mesma trabalhe como uma unidade para resistir às solicitações aplicadas à estrutura, ao mesmo tempo em que funcionam como elemento de transferência da ação do vento para as estrutura e posteriormente, à fundação.

5.9 Fechamento Vertical

Conforme Santiago, Freitas e Crasto (2012), “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”. O sistema de fechamento vertical é constituído pelas paredes externas e internas da edificação. Os componentes de fechamento são posicionados externamente à estrutura e tem com princípio o conceito de “pele”, que juntamente com os perfis galvanizados da estrutura vão formar as vedações internas e externas da edificação.

O sistema construtivo LSF emprega outro conceito fundamental na execução dos fechamentos verticais que é a racionalização dos componentes de vedação de forma a promover maior grau de industrialização da construção. A própria modulação estrutural do sistema garante melhor otimização na utilização de placas e elementos de vedação, conferindo ao sistema grande potencial de industrialização. A definição dos materiais de fechamento e acabamento deve partir de uma escolha que favoreça a execução de obra “seca”, sendo mais adequados aqueles que propiciam uma com redução ou eliminação das etapas de execução que utilizam argamassas e similares. Devendo ainda atender a requisitos fundamentais como segurança estrutural, segurança ao fogo, estanqueidade, conforto termo-acústico, durabilidade, entre outros critérios, que proporcionem satisfação às exigências dos usuários e a habitabilidade da edificação.

No mercado Brasil os componentes disponíveis para o fechamento de construções em LSF são fornecidos em placas ou chapas, com várias espessuras. No que concerne às construções residenciais os componentes mais utilizados são a placa de OSB (*Oriented Strand Board*), a placa cimentícia e o gesso acartonado (usado apenas em aplicações internas). Quando se trata de fechamentos de galpões, indústrias, centros comerciais e culturais, de ensino e tantos outros, o uso de painéis de aço com isolamento termo-acústico incorporado, são amplamente empregados nesse mercado da construção civil.

Serão apresentados a seguir os materiais mais utilizados no brasileiro: OSB, placa cimentícia e gesso acartonado, por estarem adequados à realidade construtiva nacional, no que se refere à mão-de-obra disponível e custo. Conforme aponta Santiago, Freitas e Crasto (2012), “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”.

5.9.1 Painéis de OSB

As placas de OSB (*Oriented Strand Board*) possuem vasta aplicação no sistema LSF, podendo ser utilizadas como fechamento da face interna e externa dos painéis, para forros, pisos e como substrato para cobertura do telhado (FIG. 5.68). Suas propriedades físicas (características mecânica, resistência a impactos e a boa estabilidade dimensional) possibilitam sua aplicação como elemento estrutural, trabalhando como diafragma rígido quando aplicado aos painéis estruturais e lajes de piso.

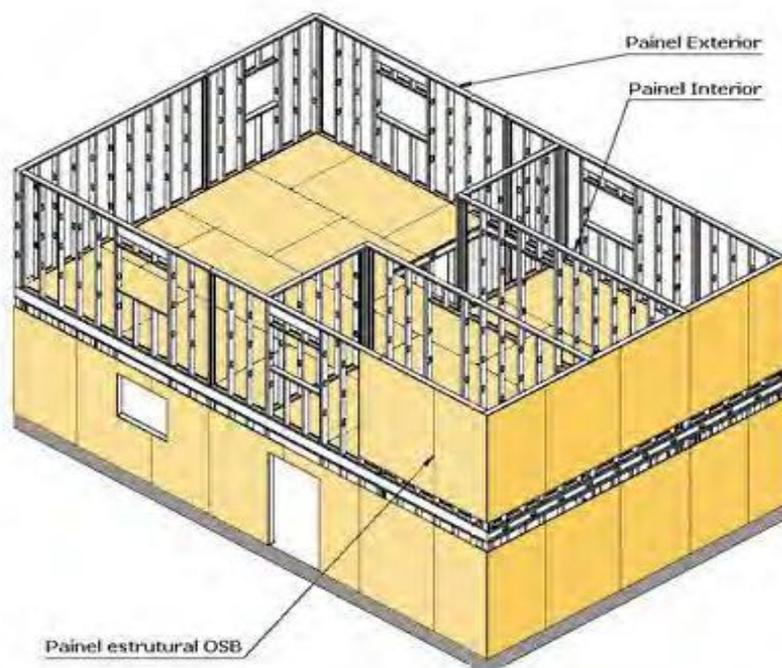


Figura 5.68 - Aplicação do OSB no LSF

Fonte: Material disponibilizado em seminário ministrado pela profissional Karina Venâncio Bonitese sobre Sistema Construtivo Light Steel Framing – Belo Horizonte/MG.

As placas são comercializadas nas dimensões de 1,22 m x 2,44 m e nas espessuras de 9, 12, 15 e 18 mm (FIG. 5.69). São tratadas contra ataque insetos e possuem uma relativa resistência à umidade, devido às substâncias utilizadas na confecção das chapas e as bordas seladas (borda verde). Devendo-se atentar ao cuidado que o OSB não deve estar exposto diretamente a intempéries, necessitando de um acabamento impermeável em áreas externas devido as suas características (SANTIAGO; FREITAS; CRASTO, 2012).

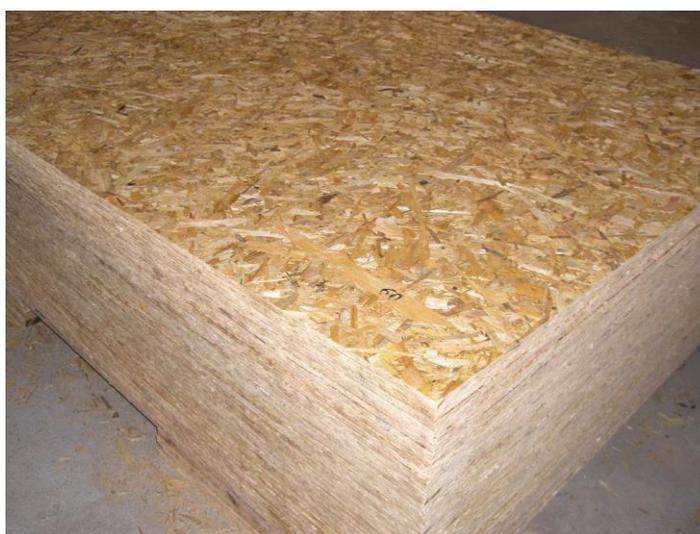


Figura 5.69 - Placas de OSB

Fonte: Material disponibilizado em seminário ministrado pela profissional Karina Venâncio Bonitese sobre Sistema Construtivo Light Steel Framing – Belo Horizonte/MG.

Como fechamento vertical, o OSB é mais utilizado para fechamento externo, uma vez que o gesso acartonado tem melhor desempenho estético e funcional no fechamento interno. As placas possuem método de fixação e montagem é muito semelhante ao do gesso acartonado no sistema *DryWall*, onde as placas são fixadas por meio de parafusos autobrocantes e autoatarrachantes. Conforme mencionado às placas de fechamento externo estão sujeitas às intempéries. Santiago, Freitas e Crasto (2012) apontam algumas precauções devem ser tomar tanto no projeto como na execução da edificação e dos fechamentos verticais:

- “Deve-se prever no projeto, juntas de dilatação entre as placas de aproximadamente 3 mm entre as placas, incluindo todo o seu perímetro e também entre estas e as esquadrias, devido às variações dimensionais ocasionadas pela temperatura e umidade do ar;

- As juntas verticais devem estar sempre sobre montantes e adequadamente aparafusadas. Devem-se prever juntas de movimentação quando as paredes tiverem dimensões maiores que 24 m;
- As placas de OSB devem ser protegidas externamente da umidade e da água independente do acabamento final, por meio de uma manta ou membrana de polietileno de alta densidade, que reveste toda a área externa das placas, conferindo estanqueidade às paredes e ao mesmo tempo permitindo a passagem da umidade da parte interna dos painéis para o exterior e evitando a condensação dentro dos mesmos;
- 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 acústicas.” (SANTIAGO, FREITAS, CRASTO, 2012:80)

Como acabamento final podem ser aplicados sobre o fechamento em placas de OSB diversos produtos como o *siding* vinílico (revestimento de fachadas, composto de placas paralelas, muito comuns nas residências norte-americanas), cerâmico ou cimentício e a argamassa, estando alguns destes acabamentos representados nas FIG. 5.70 e 5.71.

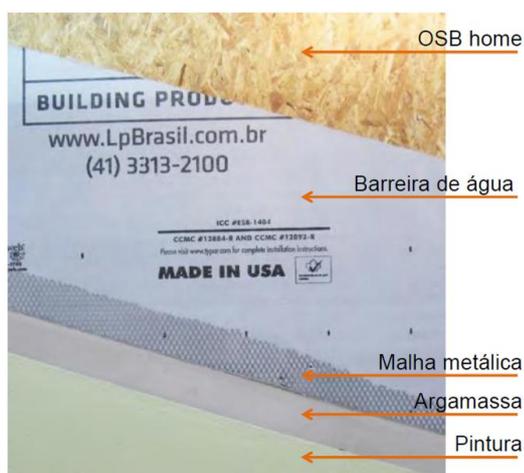


Figura 5.70 - OSB com acabamento final em argamassa e pintura

Fonte: Material disponibilizado em seminário ministrado pela profissional Karina Venâncio Bonitese sobre Sistema Construtivo Light Steel Framing – Belo Horizonte/MG.



Figura 5.71 - OSB com acabamento final em “Siding” Vinílico
Fonte: Material disponibilizado em seminário ministrado pela profissional Karina Venâncio Bonitese sobre Sistema Construtivo Light Steel Framing – Belo Horizonte/MG.

5.9.2 Placas Cimentícias

As placas cimentícias são utilizadas como fechamento externo ou interno dos painéis, principalmente em áreas molháveis, substituindo o gesso acartonado e em áreas expostas a intempéries (FIG. 5.72). Seu uso em piso só possível com associação de um substrato de apoio, como chapas de madeira transformada, de forma a proporcionar às placas cimentícias resistência à flexão (SANTIAGO; FREITAS; CRASTO, 2012).



Figura 5.72 - Placa Cimentícia instalada na fachada com junta defasada
Fonte: Arquivo do autor, Junho de 2013 (obra UMEI Minaslândia – Belo Horizonte/MG).

As placas cimentícias são compostas basicamente por uma mistura de cimento Portland, fibras de celulose ou sintéticas e agregados, havendo algumas diferenças fundamentais nas placas disponíveis no mercado de acordo com o fabricante, como fibras (plástico, vidro ou celulósicas) dispersas na matriz ou em ambas as superfícies.

As placas cimentícias têm como principais características o baixo peso próprio e elevada resistência a impactos, grande resistência à umidade, são incombustíveis, podem ser curvadas (FIG. 5.73) depois de saturadas (possibilita curvaturas no sentido do comprimento com até 3 metros de raio). Sendo compatível com a maioria dos acabamentos e revestimentos (FIG. 5.74) (pintura acrílica, cerâmicas, pedras naturais, pastilhas, etc.), podem ser cortadas com facilidade com ferramentas com superfície de ataque de metal duro e possuem rapidez de execução tendo seu sistema de montagem semelhante ao do gesso acartonado.



Figura 5.73 - Placa cimentícia instalada em abertura redonda
Fonte: Arquivo do autor, Junho de 2013 (obra UMEI Minaslândia – Belo Horizonte/MG).



Figura 5.74 - Acabamento em pastilha cerâmica sobre placa cimentícia
Fonte: Arquivo do autor, Junho de 2013 (obra UMEI Minaslândia – Belo Horizonte/MG).

As dimensões das placas variam de acordo com o fabricante, sendo que as chapas utilizadas no LSF são comercializadas com largura fixa de 1,20 m e comprimentos que variam 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 (TAB. 5.6).

Tabela 5.6 - Relação entre espessura da placa cimentícia e aplicação

Espessura da placa	Aplicação Usual
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: SANTIAGO, A.K.; FREITAS, A. M. S.; CRASTO, R. C. M. de, 2012. p.70 apud Brasilit.

De acordo com Santiago, Freitas e Crasto (2012), para a melhor utilização das placas cimentícias é fundamental a consulta junto ao fabricante das características e recomendações de uso do produto para evitar riscos de patologias. Estando entre as patologias mais frequentes as fissuras no corpo da chapa, trincas em juntas e revestimentos, em alguns casos com destacamento dos mesmos. Deve-se atentar a cuidados como:

- 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. Podendo essa junta se apresentar de duas formas: a junta aparente e a junta invisível;
- As juntas devem apresentar no mínimo 3 mm entre as placas ou recomendações do fabricante, incluindo todo o seu perímetro e também entre estas e as esquadrias;
- É recomendável junta de dessolidarização sempre que houver a junção da placa cimentícia com outro material diferente;
- É recomendada a aplicação de selador de base acrílica em paredes externas, e em ambientes úmidos (banheiros, cozinhas, áreas de serviço, etc), deve-se 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.

Assim como na placa OSB, a montagem das placas é semelhante ao do gesso acartonado, diferenciando-se apenas no material utilizado para corte, acabamento de juntas e nos parafusos galvanizados tipo autoatarrachantes que devem ser próprios para placas cimentícias.

5.9.3 Gesso Acartonado

As placas de gesso acartonado no sistema LSF são utilizadas para o fechamento vertical da face interna dos painéis estruturais e não-estruturais que constituem o invólucro da edificação, bem como para o fechamento das divisórias internas. Assim como já mencionado anteriormente, os painéis internos quando não-estruturais podem ser construídos empregando o sistema *DryWall* (FIG. 5.75), que também é constituído de perfis U e Ue de aço galvanizado, porém de menores dimensões e espessuras. Reforçando que o sistema *DryWall* não desempenha qualquer função estrutural e suporta apenas o peso dos fechamentos e revestimentos, e de peças suspensas fixadas em sua estrutura como armários, bancadas, quadros, etc. (SANTIAGO; FREITAS; CRASTO, 2012).



Figura 5.75 - Fechamento interno em DryWall e gesso acartonado
Fonte: Material disponibilizado em seminário ministrado pela profissional Karina Venâncio Bonitese sobre Sistema Construtivo Light Steel Framing – Belo Horizonte/MG.

A montagem e fixação das chapas de gesso acartonado nos perfis galvanizados e placas cimentícias do sistema *DryWall*, utiliza-se da mesma técnica empregada no fechamento dos painéis estruturais e não-estruturais do sistema LSF, exceto pelo tratamento das juntas e tipos de parafusos que tem características próprias a cada um dos sistemas.

Conforme Santiago, Freitas e Crasto (2012), a vedação de gesso acartonado é um tipo de vedação vertical (com densidade superficial varia de 6,5 kg/m² a 14 kg/m² dependendo de sua espessura) utilizada na compartimentação e separação de espaços internos em edificações, leve, estruturada, fixa, de montagem por acoplamento mecânico e constituída geralmente por uma estrutura de perfis metálicos e fechamento de chapas de gesso acartonado.

As placas de gesso acartonado são constituídas 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. Havendo derivações e composições de acordo com as necessidades de resistência à umidade e fogo, isolamento acústico ou fixação em grandes vãos. Suas dimensões nominais e tolerâncias são especificadas por normas, sendo comercializadas com largura de 1,20 m e comprimentos que variam de 1,80 m a 3,60 m conforme fabricante. Tendo disponível no mercado placas com espessuras de 9,5 mm, 12,5 mm e 15 mm. (SANTIAGO; FREITAS; CRASTO, 2012).

Há três tipos de placa oferecidos no mercado (FIG. 5.76):

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



Figura 5.76 - Tipos de placas de gesso acartonado

Fonte: Material disponibilizado em seminário ministrado pela profissional Karina Venâncio Bonitese sobre Sistema Construtivo Light Steel Framing – Belo Horizonte/MG.

Santiago, Freitas e Crasto (2012), lembra que assim como nos painéis em *Light Steel Framing*, as divisórias no sistema *DryWall* são compostas por guias superior e inferior (perfis U) e montantes verticais (perfis Ue) espaçados e modulados sobre o mesmo princípio do LSF e de acordo as solicitações exercidas pelas placas de fechamento, revestimentos e peças suspensas fixadas ao painel.

Santiago, Freitas e Crasto (2012), ressaltam ainda que, para uma execução eficiente de sistemas de fechamento racionalizados como *DryWall* é necessário que o projeto arquitetônico esteja compatibilizado como projetos complementares (como projeto estrutural e de instalações prediais) desde as etapas iniciais projeto. E que os mesmos sejam desenvolvidos e coordenados de forma simultânea a fim de se evitar interferências e não-conformidades que comprometam a qualidade do processo construtivo e o produto final que é a edificação. Assim, antes de iniciar a montagem do sistema de fechamento interno é importante verificar a compatibilização dos projetos entre si e atentar as seguintes considerações técnicas:

- Todo o fechamento vertical externo já deve estar instalado e impermeabilizado, e lajes de piso e telhado devem ter sido terminadas;
- Atividades que utilizaram água devem está concluída;
- Elementos e componentes que são construídos a partir de construções úmidas, como lajes úmidas e fundações tipo radier, devem estar com os períodos de cura vencidos;
- 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.

A montagem do sistema *DryWall* segue uma sequência típica, como a apresentada na FIG. 5.77 :

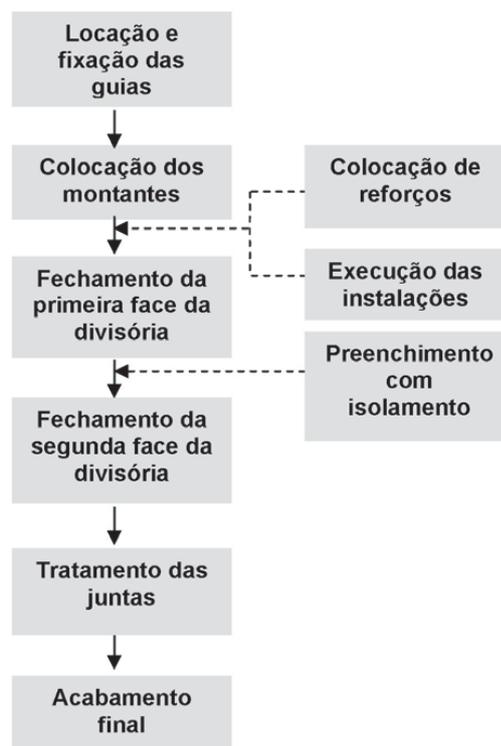


Figura 5.77 - Sequência de montagem do sistema DryWall
 Fonte: SANTIAGO, A.K.; FREITAS, A. M. S.; CRASTO, R. C. M. de, 2012. p.88.

5.10 Isolamento Termo-Acústico

Conforme Santiago, Freitas e Crasto (2012), “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”.

Sendo o mesmo influenciado por uma série de fatores como localização e posicionamento do edifício e suas dependências, os tipos de vedações e

coberturas, seus revestimentos e cores, tipos de esquadrias, tamanho e posicionamento das aberturas, entre outros. Uma forma de controlar a qualidade do conforto dentro de um ambiente é através do isolamento termo-acústico, barrando a transmissão de sons e evitando as perdas ou ganhos de calor para meio externo ou contíguo. Nesse contexto as vedações verticais têm papel fundamental no isolamento termo-acústico, pois configuram barreiras físicas entre os ambientes e o exterior.

Ao contrario dos princípios isolação de construções convencionais em alvenaria, que adotam principalmente materiais de grande massa ou densidade, os princípios de isolamento termo-acústico em *Light Steel Framing* baseiam-se em conceitos de isolação multicamada, que se caracteriza pela combinação de placas leves de fechamento afastadas, formando um espaço entre os mesmos, que é preenchido por material isolante como a lã mineral. Nessa concepção 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 isolante (FIG. 5.78).



Figura 5.78 - Instalação parcial de lã de vidro em painel
Fonte: Arquivo do autor, Junho de 2013 (obra UMEI Minaslândia – Belo Horizonte/MG).

5.10.1 Isolamento Acústico

De acordo com Santiago, Freitas e Crasto (2012), o isolamento acústico ocorre quando se amortiza a transmissão de som de um ambiente para outro ou do exterior para dentro do ambiente e vice-versa. Ainda segundo conforme estudos apresentados pelos autores, 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 decibéis (dB). Podendo o isolamento acústico de paredes ser classificado, de acordo com os valores das respectivas perdas de transmissão, conforme a TAB. 5.7.

Tabela 5.7 - Classe de Transmissão de Som

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

Fonte: SANTIAGO, A.K.; FREITAS, A. M. S.; CRASTO, R. C. M. de, 2012. p.91.

”Os níveis de ruídos nos ambientes de uma edificação no Brasil são estabelecidos pela a norma NBR 10152:1987 que fixa condições aceitáveis de ruído ambiente em determinados recintos de uma edificação de acordo com a finalidade de utilização do mesmo. Dentre os diversos ambientes estabelecidos pela norma, podemos citar: Quartos em hospitais: 35-45 dB(A), salas de estar em residências (sem ocupação): 35-45 dB(A), salas de aula: (sem ocupação): 35-45 dB(A) e escritórios: 45-55 dB(A).” (SANTIAGO, FREITAS, CRASTO, 2012:91)

Construções em LSF seguem o principio de isolamento de painéis em massa-mola-massa, onde em lugar de uma parede de massa, emprega-se o conceito de camadas separadas de massa, cujo espaço entre elas é preenchido com um elemento absorvente, com objetivo de reduzir a transmissão de som entre as camadas de massa.

Os materiais de alta absorção acústica geralmente são porosos e/ou fibrosos, a lã de vidro por ser um material fibroso, apresenta grande capacidade de isolação sonora e é largamente aplicado nas construções em LSF. O índice de Rw (Redução Acústica) da lã de vidro em feltros e painéis combinados com placas de gesso acartonado pode ser verificado na TAB. 5.8.

Tabela 5.8 - Índice de Redução Acústica (Rw) 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
Rw (dB)	43	50	47	55	52	58

Fonte: SANTIAGO, A.K.; FREITAS, A. M. S.; CRASTO, R. C. M. de, 2012. p.92.

5.10.2 Isolamento Térmico

Conforme Santiago, Freitas e Crasto (2012), 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, mas conforme apontam os autores é necessário avaliar simultaneamente todas as trocas térmicas dinâmicas que ocorrem nos ambientes, devido à condição climática do país.

A lã de vidro é um material isolante largamente utilizado para isolamento térmico e acústico em edificações em LSF no Brasil e no mundo. Assim de forma a apresentar um parâmetro de análise do comportamento e desempenho térmico de edificações construídas em LSF, é apresentada na TAB. 5.9 a capacidade de isolamento térmico de painéis de vedação, constituído de placas de gesso e preenchida internamente com lã de vidro.

Tabela 5.9 - Resistência Térmica e Condutividade

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

Fonte: SANTIAGO, A.K.; FREITAS, A. M. S.; CRASTO, R. C. M. de, 2012. p.93.

5.11 Ligações

A montagem das estruturas de aço e outros componentes no LSF são realizados por uma vasta variedade de conexões e ligações. Essas ligações tem grande importância das ligações no desempenho da estrutura e a falta de comprometimento neste aspecto do sistema pode encarecer os custos da obra e comprometer a edificação.

Conforme Santiago, Freitas e Crasto (2012) apud 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.

5.11.1 Parafusos

Os tipos de conexão mais utilizados em construções com *Light Steel Framing* no Brasil são os parafusos autoatarrachantes e auto-perfurantes, sendo encontrado no mercado uma série de tipos de parafusos para cada ligação específica (metal/metal, chapa/metal), possibilitando uma fixação de fácil execução tanto no canteiro como na pré-fabricação de componentes. Seu comprimento nominal e o diâmetro estão diretamente relacionados à espessura total do aço que o parafuso pode perfurar. Conforme Santiago, Freitas e Crasto (2012) “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 autoatarrachantes apresentam três tipos de ponta: ponta agulha, ponta broca e ponta broca com asas (FIG. 5.79). Os parafusos com ponta agulha perfuram chapas de aço com espessura máxima de 0,84 mm, sendo recomendados para uso em perfis de aço não estruturais como os usados em *DryWall*. Os parafusos com ponta tipo broca são utilizados em chapas de aço com espessura mínima de 0,84 mm, e são indicados quando há a conexão de várias camadas de materiais e são os mais recomendados nas ligações de perfis estruturais (SANTIAGO; FREITAS; CRASTO, 2012).

Tipo de ponta	Aplicação
 <p>Ponta agulha – autoatarraxante – <i>Sharp point</i></p>	<p>Perfuram chapas de aço com espessura máxima de 0,80 mm. são recomendados para uso em perfis de aço não estruturais e acabamento do tipo <i>siding</i> vinílico.</p>
 <p>Ponta broca – autoperfurante - S12 <i>Traxx – Drill point</i></p>	<p>Perfuram chapas com espessura mínima de 0,80 mm. são recomendados nas ligações de perfis estruturais e quando se necessita conectar várias camadas de materiais (gesso acartonado, placa cimentícia, osb, fitas, placa de gusset).</p>
 <p>Ponta broca com asas – <i>Drill point</i></p>	<p>Perfuram chapas cimentícias e osb. As asas proporcionam uma perfuração de maior diâmetro na placa, não permitindo que filamentos do material obstruam a perfuração. Ao entrar em contato com o perfil metálico as asas se desprendem quando passam pelo aço.</p>

Figura 5.79 - Tipos de pontas de parafusos e suas aplicações no LSF
Fonte: LIMA, R. F. de, 2013. 1 v. p15.

A cabeça do parafuso define o tipo de material a ser fixado. Os parafusos com cabeça tipo lentilha, sextavada e panela são utilizados dos para a fixação de perfis de aço entre si (ligação metal/metal). Enquanto os parafusos com cabeça tipo trombeta servem para a fixação de placas de fechamento nos perfis de aço (ligação chapa/metal) (FIG. 5.80).

Tipo de cabeça	Aplicação
 <p>Panela</p>	Usado para prender o montante a guia, ligações entre chapas onde não há interferência com o acabamento e para fixação de portais e acessórios. Ligação metal-metal.
 <p>Sextavada HWH</p>	Usado para ligações entre painéis, ligações de perfis em tesouras, enrijecedores de alma em vigas de piso e em peças de apoio das tesouras. O perfil de sua cabeça causa interferência com o acabamento, portanto deve ser evitado nestes locais. Ligação metal-metal.
 <p>Trombeta</p>	Utilizado para fixação de placas de gesso acartonado, placas cimentícias e placas de OSB. Sua cabeça permite a total penetração no substrato, ficando rente à superfície. Não interfere no acabamento. Ligação chapa-metal.
 <p>Lentilha</p>	Utilizado em ligações tipo metal/metal, ou seja entre vigas, montantes, guias, tesouras e fitas de aço galvanizado. Sua cabeça larga e baixa permite fixar firmemente as chapas de aço sem que estas se rasguem. Também denominado cabeça flangeada.
 <p>Oval "Lath"</p>	Utilizado em ligações tipo chapa-metal onde se precisa maior área de contato. Causa interferência com o acabamento.
 <p>Chata Dentada</p>	Utilizado quando se deseja um menor dano no substrato em ligações entre as placas e o acabamento. Ligação chapa-metal.

Figura 5.80 - Tipos de cabeças de parafusos e suas aplicações no LSF
Fonte: LIMA, R. F. de, 2013. 1 v. p15.

5.12 Montagem

Segundo Santiago, Freitas e Crasto (2012), as metodologias de montagem e execução de uma edificação em LSF variam em conforme o nível de industrialização proposto pelo projeto, maior é a racionalização empregada no processo de construção, podendo alcançar um alto grau de industrialização da construção civil, onde as atividades no canteiro resumem-se a montagem da edificação através do posicionamento das unidades e sua interligação.

Como foram apresentados anteriormente no capítulo 5, os métodos utilizados no processo construtivo de edificações em LSF são: Métodos *Stick*, por Painéis e Modular. Nessa parte deste estudo será abordada apenas as técnicas e sequência na montagem do Sistema de Painéis (FIG. 5.81 a 5.86), método de construção que é mais utilizado, pois melhor se adaptou à cultura das empresas construtoras e à mão-de-obra disponível.

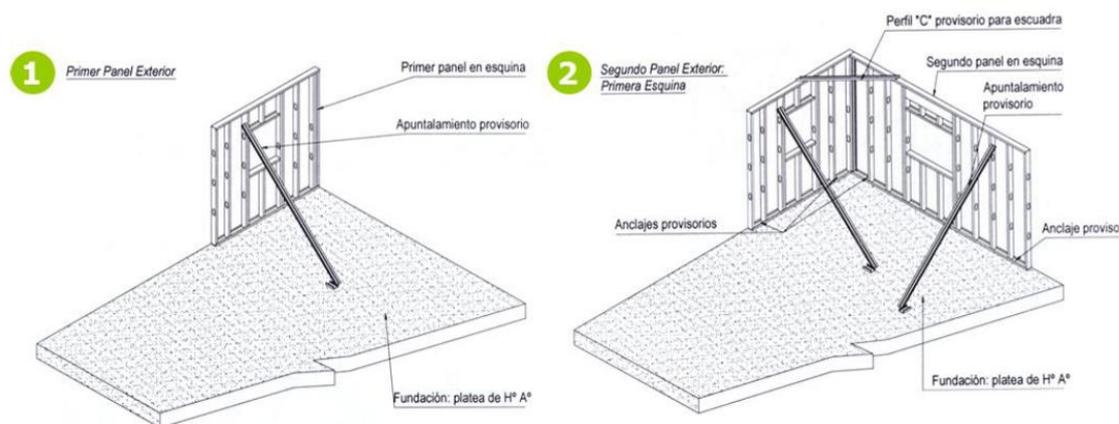


Figura 5.81 - Sequência 01 e 02 de Montagem e Construção do LSF
Fonte: Material disponibilizado em seminário ministrado pela profissional Karina Venâncio Bonitese sobre Sistema Construtivo LSF – Belo Horizonte/MG *apud* ConsulSteel (2002).

Na FIG. 5.81 é apresentado o esquema de montagem 01 onde os painéis executados em uma fabricam, ou até mesmo no canteiro de obras, são montados com auxílio de escoramentos, e posteriormente retirados. Na montagem 02 da mesma figura é realizada a fixação provisória do painel por intermédio de pino fixado por pistola de pólvora na laje.

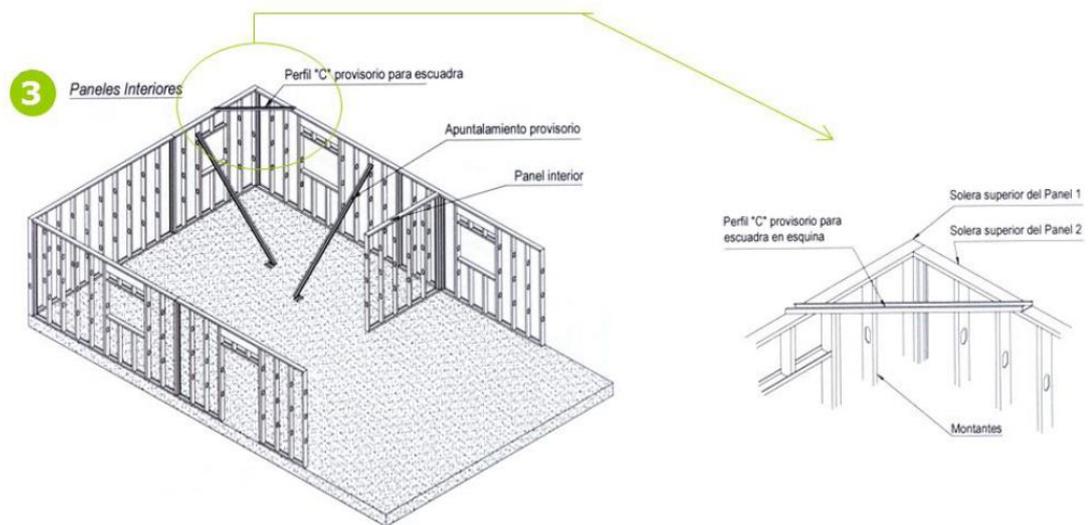


Figura 5.82 - Sequência 03 de Montagem e Construção do LSF
 Fonte: Material disponibilizado em seminário ministrado pela profissional Karina Venâncio Bonitese sobre Sistema Construtivo LSF – Belo Horizonte/MG *apud* ConsulSteel (2002).

Na FIG. 5.82 é apresentado o esquema de montagem 03 onde a fixação entre painéis é proporcionada pelo mesmo meio fixador das suas peças estruturais, na maioria dos casos os parafusos autobrocantes. Para garantir o prumo de toda a estrutura, os painéis montados em ângulo são travados por um perfil, posteriormente retirados.

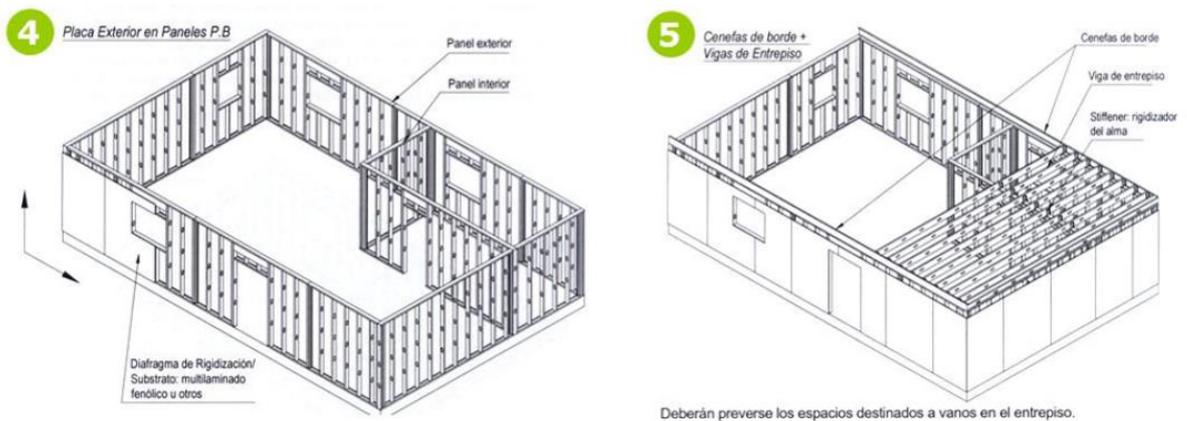


Figura 5.83 - Sequência 04 e 05 de Montagem e Construção do LSF
 Fonte: Material disponibilizado em seminário ministrado pela profissional Karina Venâncio Bonitese sobre Sistema Construtivo LSF – Belo Horizonte/MG *apud* ConsulSteel (2002).

Na FIG. 5.83 é apresentado o esquema de montagem 04, após a montagem dos painéis internos e externos, são instalados os diversos subsistemas, placas externas, tubulações e isolamentos. Posteriormente são instaladas as placas

internas. Na montagem 05, depois de aprumados e travado os painéis inferiores, são montadas as vigas de piso.

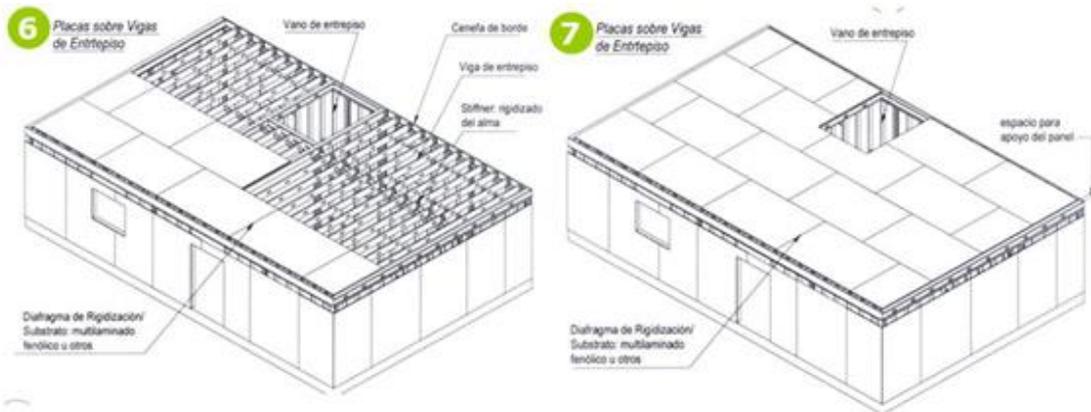


Figura 5.84 - Sequência 06 e 07 de Montagem e Construção do LSF

Fonte: Material disponibilizado em seminário ministrado pela profissional Karina Venâncio Bonitese sobre Sistema Construtivo LSF – Belo Horizonte/MG apud ConsulSteel (2002).

Na FIG. 5.84 é apresentado o esquema de montagem 06, dependendo do tipo de laje (úmida ou seca), são instaladas as placas de travamento do piso ou executado a concretagem do piso. Posteriormente na montagem 07 mostra as placas instaladas defasadas umas das outras de forma a se evitar trincas e as mesmas são fixadas de forma que funcionem com um diafragma horizontal (no caso de laje seca).

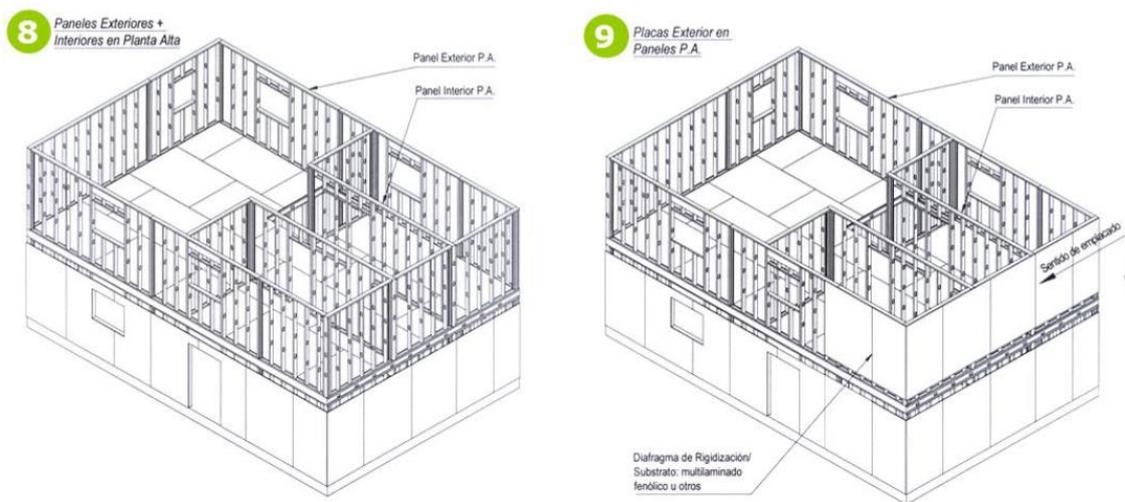


Figura 5.85 - Sequência 08 e 09 de Montagem e Construção do LSF

Fonte: Material disponibilizado em seminário ministrado pela profissional Karina Venâncio Bonitese sobre Sistema Construtivo LSF – Belo Horizonte/MG apud ConsulSteel (2002).

Na FIG. 5.85 é apresentado o esquema de montagem 08 são instalados os painéis superiores sobre a laje adotando os mesmos parâmetros do pavimento inferior. Seguindo para a montagem 09, os mesmos passos do pavimento inferior são montadas as placas de fechamento externo.

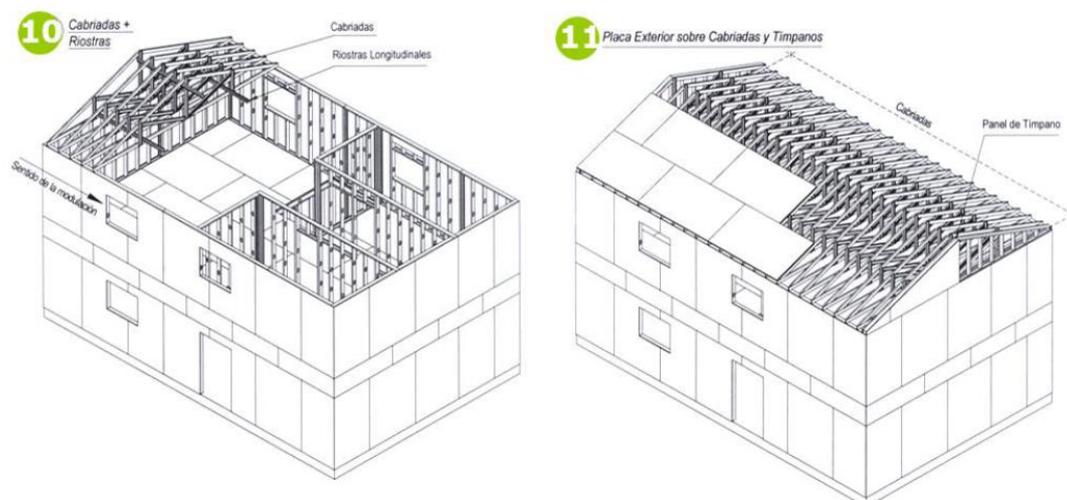


Figura 5.86 - Sequência 10 e 11 de Montagem e Construção do LSF
Fonte: Material disponibilizado em seminário ministrado pela profissional Karina Venâncio Bonitese sobre Sistema Construtivo LSF – Belo Horizonte/MG apud ConsulSteel (2002).

Na FIG. 5.86 é apresentado o esquema de montagem 10 o sistema de cobertura é montado sobre os painéis, variando conforme projeto: treliças, tesouras, laje plana. Posteriormente na montagem 11 a cobertura recebe seus painéis de acabamento sendo devidamente revestidos com placas de travamento e/ou revestimentos adotados (telha cerâmica, telhas *shingles*, entre outros).

5.13 Instalações

As instalações prediais em uma edificação do sistema *Light Steel Framing* utiliza-se de instalações semelhantes às empregadas em edificações convencionais de alvenaria, sejam elas elétricas, hidráulicas, sanitárias, telefônicas, internet, gás, TV ou de aquecimento solar. Princípios básicos de instalações como dimensionamento, perdas de carga consideradas e caminhamento das instalações, continuam a ser seguidos para seu emprego no *Light Steel Framing*, mantendo inalterado o desempenho de todas essas instalações em função do sistema construtivo.

Conforme aponta Santiago, Freitas e Crasto (2012), as formas de instalação e materiais aplicados nas construções convencionais são aplicadas no *Light Steel Framing* sem restrições, demandando apenas cuidados específicos na sua execução, devido o fato de a parede das edificações em LSF não possuir massa em seu interior, e, por isso necessitar de suportes e montagens para fixação das instalações. Os autores abordam que, para a passagem das instalações através dos perfis galvanizados do *Light Steel Framing* (montantes das paredes e vigas de piso), existem furos nas almas dos perfis Ue, que são executados conforme os parâmetros da NBR 15.253. Esses furos podem ser redondos ou oblongos, sempre com seu maior eixo coincidindo com o eixo longitudinal do perfil, de diâmetro máximo 38 mm, e, no caso de furos oblongos, comprimento máximo de 115 mm. A distância entre os centros de furos sucessivos deve ser de, no mínimo igual a 600 mm e a distância mínima entre a extremidade do perfil e o centro do primeiro furo é de 300 mm, conforme FIG. 5.87. A distância entre a extremidade de uma abertura e a face lateral do apoio da viga deve ser de no mínimo 250 mm.

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

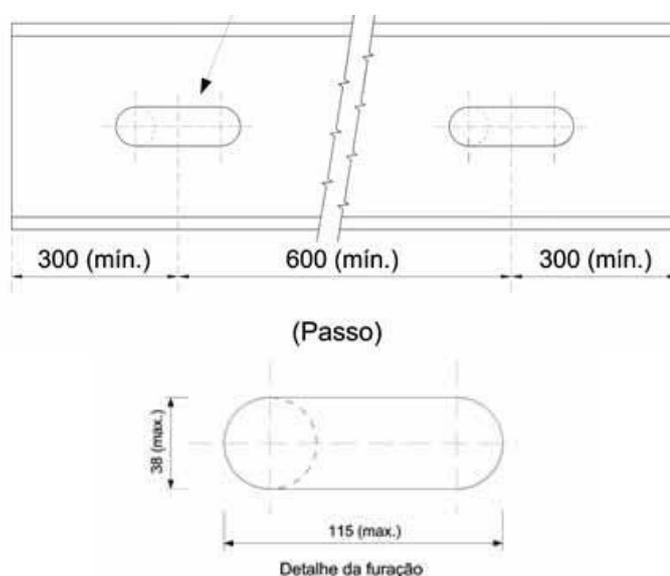


Figura 5.87 - Dimensões da furação de perfis de Light Steel Framing
Fonte: NBR 15.253

No sistema LSF pode-se considerar todo o conjunto (paredes, lajes secas) como um shaft visível, que permitem a passagem das tubulações das instalações pelos vazios das paredes e forros, facilitando a execução e a manutenção dos sistemas. Na execução, diminui-se o volume de resíduo gerado a quase zero e aumenta-se a rapidez da instalação. Na manutenção das instalações existentes ou acréscimo de novas, os passos para manutenção no sistema *Light Steel Framing*, resumidamente, são os seguintes: corte da placa de gesso no local danificado criando uma abertura para acesso ao interior da parede; reparo da instalação danificada; posicionamento da placa de gesso removida ou outra nova com as mesmas dimensões; fixação dessa placa com auxílio de perfil metálico auxiliar e parafusos; e tratamento das juntas ao redor da janela com massas e fitas adequadas. O método de concepção das paredes e forros executados com *Light Steel Framing* permite uma perfeita visualização das interferências entre instalações diversas durante a sua execução contribuindo para agilidade na execução do trabalho e diminuindo a chance de danos acidentais às instalações já finalizadas (FIG. 5.88 e 5.89).



Figura 5.88 - Instalação predial executada antes do fechamento interno
Fonte: Arquivo do autor, Junho de 2013 (obra UMEI Minaslândia – Belo Horizonte/MG).



Figura 5.89 - Passagem de tubulação elétrica pelas vigas de piso
Fonte: Arquivo do autor, Junho de 2013 (obra UMEI Minaslândia – Belo Horizonte/MG).

De forma a evitar que tubulações das instalações prediais sejam danificadas por parafusos utilizados na fixação das placas de revestimento, deve-se tomar o cuidado de não localizar dutos junto à alma dos montantes, pelo lado externo, ou livre no vão entre os perfis, e nunca existindo dutos posicionados no interior dos montantes.

A execução das instalações deve ser iniciada após a finalização completa da montagem das estruturas de paredes, lajes e coberturas em *Light Steel Framing*, de forma a minimizar a exposição da mão-de-obra aos riscos desnecessários e o risco de danos às instalações em virtude da chuva e do vento. Sendo recomendado que os revestimentos externos, esquadrias e coberturas já estejam instalados. Assim que concluída as instalações o sistema *Light Steel Framing* permite que todas essas instalações sejam testadas enquanto ainda são visíveis, facilitando bastante eventuais reparos ou ajustes.

Devido características específicas, na execução de lajes em concreto armado, é necessária a passagem dos dutos de instalações antes da concretagem. Nas lajes secas em *Light Steel Framing* a passagem das tubulações é feita após a montagem completa da estrutura. Em toda obra de construção civil, inclusive em sistemas construtivos tradicionais, aspectos como o correto planejamento das instalações, detalhamento dos caminhamentos, estudo das interferências entre

diferentes instalações e locação precisa das instalações nas fundações são fatores que contribuem para o bom andamento e sucesso da obra.

É fundamental no *Light Steel Framing* a locação precisa das instalações nas fundações, bem como o planejamento da obra e o acompanhamento da correta execução dos projetos. Assim como afirma Santiago, Freitas e Crasto (2012), a precisa locação dos pontos na fundação é extremamente importante, e permite que as paredes sejam instaladas no local planejado, evitando improvisações e transtornos no canteiro de obras (FIG. 5.90 e 5.91).



Figura 5.90 - Locação de pontos de instalações na Radier
Fonte: Arquivo do autor, Junho de 2013 (obra UMEI Minaslândia – Belo Horizonte/MG).



Figura 5.91 - Execução de passagem de tubulações pela laje seca
Fonte: Arquivo do autor, Junho de 2013 (obra UMEI Minaslândia – Belo Horizonte/MG).

Alinhado aos conceitos de industrialização da construção civil que está vinculado aos conceitos do sistema *Light Steel Framing* a utilização de kits industrializados para as instalações elétricas e hidráulicas são excelentes alternativas para otimização do processo construtivo. A vinculação destes kits industrializados favorece o aumento de produtividade no canteiro de obras, redução de desperdício de materiais, reduz de mão-de-obra e homogeneidade das instalações. Sendo ainda mais vantajosa sua utilização para a execução de conjuntos de construções padronizadas, uma vez que, o número de repetições das soluções e sua fabricação em grande escala potencializam os pontos positivos apresentados, reduzindo o custo final da obra.

5.13.1 Instalação Hidráulica e Esgoto

Os sistemas de instalações hidráulicas de água quente e água fria disponíveis no mercado, o sistema PEX é o que melhor se adapta ao conceito construtivo do *Light Steel Framing*, promovendo grande flexibilidade, velocidade e facilidade de instalação. Os kits de hidráulicas são compostos de cavalete com tubulações

rígidas de esgoto que ficam embutidas nas paredes, chicotes que são constituídos de tubulações PEX (polietileno reticulado) flexíveis para alimentação de água fria e água quente, encaixes para conexão e registros (FIG. 5.92). A fixação dos registros necessita de instalação de peça auxiliar (metálica ou de policabornato), no interior da parede.



Figura 5.92 - Sistema PEX instalado em construção LSF

Fonte: Material disponibilizado em seminário ministrado pela profissional Karina Venâncio Bonitese sobre Sistema Construtivo Light Steel Framing – Belo Horizonte/MG.

Conforme destaca Santiago, Freitas e Crasto (2012), grande parte do ganho de produtividade do sistema PEX está ligado ao uso de tubos flexíveis, que eliminam a necessidade de peças para mudança de direção da tubulação, e eliminam as constantes emendas ao longo do caminhamento da tubulação e eventuais perdas de material, uma vez que são fornecidos em rolos. O sistema ainda apresenta alta resistência química e à corrosão e baixa perda de calor e é atóxico.

No projeto de instalações hidráulicas em construções *Light Steel Framing* não é indicado à instalação de vasos sanitários com válvula de descarga convencional. Esse tipo de solução pode gerar significativa vibração e não é dotado de peças adaptadas para fixação nas placas de revestimento. Sendo recomendada a utilização de bacias sanitárias com caixa acoplada que são alimentadas por pontos comuns de água fria.

Da mesma forma que as instalações de água quente e água fria, as instalações de esgoto e águas pluviais (FIG. 5.93) para *Light Steel Framing* é bastante semelhante ao da alvenaria convencional. Sendo possível utilizar materiais utilizados convencionalmente em construções de alvenaria, mas com necessidade de adaptações para sua fixação de alguns componentes. Um aspecto importante a ressaltar é que o diâmetro das tubulações é limitado pela largura nominal dos montantes (que é de 90 mm), desta forma, tubulações com diâmetro de 100 mm ou maiores, comumente utilizados nas instalações de esgoto e prumadas de drenagem pluvial de edificações convencionais com múltiplos andares, não podem ser embutidas nas paredes de Light Steel Framing.

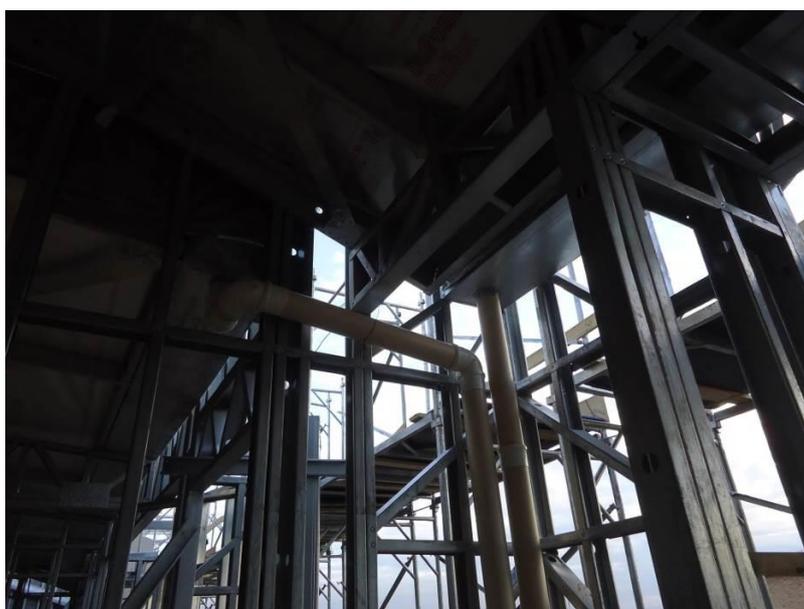


Figura 5.93 - Prumada água pluvial a ser embutida em shaft
Fonte: Arquivo do autor, Junho de 2013 (obra UMEI Minaslândia – Belo Horizonte/MG).

5.13.2 Instalação Elétrica

No que confere as instalações elétricas, o kit é composto pelo quadro elétrico e conjunto de fiação, no qual alguns componentes são desenvolvidos especificamente para serem instaladas em construções de *Light Steel Framing*, como o caso da caixa de eletricidade que possuem concepção que permite que sejam instaladas nas placas de revestimento.

Os conduítes são instalados tendo como caminho de passagem os furos de serviços existentes nos montantes e nas vigas de piso, devendo ser fixados aos

perfis para perfeito funcionamento das instalações, sem existência de deslocamentos indesejados quando da passagem dos fios (FIG. 5.94 e 5.95).



Figura 5.94 - Instalação elétrica instalada em construção LSF
Fonte: Material disponibilizado em seminário ministrado pela profissional Karina Venâncio Bonitese sobre Sistema Construtivo *Light Steel Framing* – Belo Horizonte/MG.



Figura 5.95 - Eletroduto com trava e caixas elétrica criada para LSF
Fonte: Material disponibilizado em seminário ministrado pela profissional Karina Venâncio Bonitese sobre Sistema Construtivo *Light Steel Framing* – Belo Horizonte/MG.

5.14 Diretrizes de Projeto

A racionalização do processo construtivo é essencial para conceber edificações eficientes. Esse processo começa ainda na fase de concepção e deve ser considerado em todas as fases do projeto até o processo de execução da edificação. Estando o desempenho e qualidade da construção está intimamente ligado às condicionantes de racionalização e construtibilidade, bem como às concepções planejadas que contemple redução dos custos e desperdícios. Conforme aponta Santiago, Freitas e Crasto (2012), para promover a racionalização no processo de projeto é necessário que sejam aplicadas recursos ou ações como:

- “Construtibilidade 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 estudos preliminares, projetos, execução, até a entrega da obra;
- Uso da coordenação modular e dimensional;
- Associação da estrutura de aço a sistemas complementares compatíveis;
- Formação de equipes multidisciplinares, incluindo a participação de agentes da produção (construtoras ou montadoras), para o desenvolvimento simultâneo dos projetos;
- Coordenação e compatibilização de projetos antes da execução;
- Detalhamento técnico;
- Antecipação de 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.” (SANTIAGO, FREITAS, CRASTO, 2012:140)

Quando se trabalha com sistemas construtivos racionalizados e/ou industrializados como *Light Steel Framing* é primordial que o projeto, além de

enfocar o produto, contemple também o modo de produção, para que dessa forma possa ser explorado o potencial produtivo e alcançado os resultados esperados.

Santiago, Freitas e Crasto (2012), apresentam alguns requisitos para a elaboração de projetos de arquitetura em LSF que promovem uma concepção mais eficiente e adequada das edificações do sistema LSF, favorecendo também a racionalização do processo construtivo. Esses parâmetros e metodologias são:

Estudo Preliminar

- Pensar desde a concepção do projeto na forma de produzir ou construir, considerando os conceitos e condicionantes estruturais;
- Adotar malhas ou reticulados modulares planos e espaciais que permitam relacionar desde o primeiro momento, a modulação da estrutura e os painéis de fechamento. Nos projetos com LSF é recomendado empregar 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. O uso dessa malha permite que posteriormente o projeto seja adequado a qualquer das opções determinadas pelo projeto estrutural e possibilita que desde os primeiros esboços a otimização no uso das placas de fechamento, uma vez que esses componentes utilizam 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.

Anteprojeto

- 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 ao uso do edifício a ser construído e o clima local a fim de considerar o padrão de acabamento e os critérios de desempenho termo-acústico, adotando a configuração de vedação mais compatível com essas

condicionantes dentre as varias possíveis. 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;
- O 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;
- 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.

Projeto Executivo e Detalhamento

- Nesta fase o projeto deve ser o mais preciso e detalhado possível, evitando abordagem e informações genéricas. Maior o desempenho e qualidade na montagem da edificação;
- Detalhamento do projeto considerando todas as peculiaridades do sistema construtivo, e o nível de racionalização do processo;
- Todo o projeto deve ser pensado na escala de grandeza milimétrica, uma vez que a estrutura de aço proporciona um sistema construtivo muito preciso e todos os demais componentes devem acompanhar esse pré-

requisito, e o detalhamento, principalmente da interface entre subsistemas deve preferencialmente ser apresentado nessa escala;

- A elaboração do projeto executivo está inicialmente atrelada a compatibilização do projeto estrutural com o arquitetônico. Posteriormente, devem-se compatibilizar esses projetos com o de instalações, identificando, analisando e solucionando as interferências;
- Elaborar projetos de vedações internas e externas atendendo ao projeto estrutural, 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;
- 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;
- 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;
- Dar preferência aos detalhes padronizados, que têm desempenho comprovado. Devendo ser aplicado tanto ao detalhamento do projeto arquitetônico quanto no projeto estrutural;
- Definir projeto luminotécnico para evitar interferência com a estrutura, como vigas de piso e montantes.

Por fim Santiago, Freitas e Crasto (2012), destaca que é fundamental fazer uma análise crítica em cada etapa para verificar se as alternativas propostas podem ser melhoradas visando à racionalização na produção e compatibilidade entre os subsistemas, assim como para detectar se as operações presentes são

suficientes à elaboração dos projetos para a produção. Os autores ainda complementam que sistemas construtivos como o *Light Steel Framing* são uma ponte para o desenvolvimento tecnológico da construção civil, e que uma das maiores contribuições desse sistema seja a possibilidade de construir com qualidade, sem desperdício e com preocupação ambiental.

6. CONCLUSÃO

Apesar de um panorama ainda defasado se comparado com países desenvolvidos, os estudos demonstram que o setor da construção civil vem implementando inovações de várias naturezas, que, em alguns casos, representam mudanças apenas incrementais e em outras situações representam mudanças significativas na execução do produto final, dos processos construtivos e organizacionais. É possível ainda identificar que existem fatores restritivos para a modernização do processo construtivo que precisam ser enfrentados. É preciso fazer com que grande parte das empresas de toda a cadeia produtiva tenha acesso à inovação e seja inovadora, isso requer um trabalho focado nos agentes de produção, levando em conta a realidade da produção, das empresas e de sua operação. É uma questão que envolve a geração de condições para o desempenho satisfatório destas empresas, a integração entre agentes de toda a cadeia em torno da inovação, a integração com os agentes públicos que intervêm na atividade de construção e com a pesquisa e desenvolvimento que ocorre nas universidades e institutos de pesquisa.

O presente trabalho teve o papel de levantar e analisar o panorama da inovação e modernização dos processos construtivos no Brasil e contextualiza-lo com a realidade em países onde construção civil caracteriza pela forte adoção de tecnologia e avanços nas metodologias construtivas.

Os estudos mostraram que é preciso que a inovação faça parte da estratégia de desenvolvimento do setor, e esse desenvolvimento da inovação na construção civil pode ser alcançado com base em fundamentos: o desenvolvimento e avanço diante do panorama internacional e das necessidades brasileiras e seu contexto socioeconômico, e o segundo seria a absorção e criação de escala para produtos e sistemas inovadores.

Para que as inovações sejam viáveis no setor é necessário que a mesma tenha incentivos de introdução e difusão no mercado, sendo este um fato fundamental para criar escala de adoção, e conseqüentemente, queda progressiva dos custos

unitários. O cenário atual mostra que sistemas construtivos como Light Steel Framing que possui grandes potenciais produtivos e tecnológicos, tem baixa adoção devido à falta de uma política de inovação. Uma política de inovação precisa ser traçada como estratégia do setor para seu crescimento, desenvolvimento das empresas em direção a uma maior competitividade e condições de investimento em inovação.

No que se refere ao sistema construtivo Light Steel Framing (LSF) verifica-se que este é um sistema construtivo que apresenta muitas vantagens sobre os sistemas de construção convencionais, e que devido características próprias do sistema exige um nível de detalhamento de projetos muito mais amplo, contante atenção na compatibilização dos projetos arquitetônicos, de instalações prediais (elétricos, hidráulicos, etc), decoração e entre outros.

Como verificado em visitas técnicas e estudos desenvolvidos ao longo deste trabalho a realidade do canteiro de obras de uma construção em Light Steel Framing (LSF) é bem distinta do canteiro de obras tradicionais, e o gerenciamento de todo o processo faz com os desperdícios sejam praticamente nulos, e o prazo de execução da seja significamente inferior aos métodos convencionais.

Por fim é possível constatar que as empresas do ramo da construção civil têm potencial de inovação e de desenvolvimento do conhecimento de forma a se capacitar e fazer frente aos desafios mercadológicos e técnicos a serem desenvolvidos em consonância com o crescimento do País. O avanço no cenário atual é uma questão de tempo para o acultramento. Conforme os estudos feitos no decorrer deste trabalho, a perspectiva futura é de que, nos próximos anos, haverá maior consciência e motivação para a valorização da ciência e gerações de conhecimento capazes de conduzir o Brasil e o setor da construção civil em especial para um novo tempo.

O desenvolvimento de ações e aperfeiçoamento dos estudos e análises, são uma das indicações de novos estudos e trabalhos sobre o tema. As aplicações e especificidades do sistema é fundamental para garantir a eficiência construtiva.

7. BIBLIOGRAFIA

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR-6.023: Informação e documentação - Referências - Elaboração. Rio de Janeiro, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 6.355/2003 - Perfis estruturais de aço formados a frio – Padronização. Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 14.715/2001 - Chapas de gesso acartonado – Requisitos. Rio de Janeiro, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 14.717/2001 - Chapas de gesso acartonado - Determinação das características físicas. Rio de Janeiro, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 14.762/2001 - Dimensionamento de estruturas de aço constituídas por perfis formados a frio – Procedimento. Rio de Janeiro, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 15.217/2009 - Perfis de aço para sistemas de gesso acartonado – Requisitos. Rio de Janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 15.253/2005 - Perfis de aço formados a frio, com revestimento metálico, para painéis reticulados em edificações - Requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2005.

ABNT NBR 15.498/2007 - Placa plana cimentícia sem amianto - Requisitos e métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2007.

DIRETRIZ SINAT Nº 003: Sistemas construtivos em perfis leves de aço conformados a frio, com fechamento em chapas delgadas (sistema leves tipo “Light Steel Framing”).

AISI STANDARD - Code of Standard Practice for Cold-Formed Steel - Structural Framing – 2011 Edition. – Estados Unidos.

Eurocode 3: Design of steel structures – Part 1-3: General – Cold formed thin gauge members and sheeting – Europa.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR-6.355: Perfis estruturais de aço formados a frio - Padronização. Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15.253: Perfis de aço formados a frio, com revestimento metálico, para painéis reticulados em edificações: Requisitos Gerais. Rio de Janeiro, 2005.

BRASILIT. Placas Cimentícias – Guia de Sistemas para Produtos Planos: Catálogo Técnico.: São Paulo: BRASILIT/SAINT-GOBAIN, 2011. 1. V. 166 p. e mídia DVD.

CONSULSTEEL. Construcción con aceroliviano – Manual de Procedimiento. Buenos Aires: Consul Steel, 2002. 1 CD-ROM. Apud SANTIAGO, A.K.; FREITAS, A. M. S.; CRASTO, R. C. M. de.: Manual de Construção em Aço - Steel Framing: Arquitetura.: 2. ed. Rio de Janeiro: Instituto Aço Brasil/CBCA - Centro Brasileiro de Construção em Aço, 2012. 1.v. 152 p.

CONSULSTEEL. Manual de Procedimiento - Construcción con Steel Framing. Argentina, 2006. Disponível em <http://consulsteel.com/>, acessado em 09/04/2012, as 8:45:00. apud LIMA, R. F. de. Técnicas, métodos e processos de projeto e construção do sistema construtivo Light Steel Frame. 2013. Belo Horizonte: Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia. Universidade Federal de Minas Gerais, 2013. 1 v. 156 p.

LIMA, R. F. de. Técnicas, métodos e processos de projeto e construção do sistema construtivo Light Steel Frame. 2013. Belo Horizonte: Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia. Universidade Federal de Minas Gerais, 2013. 1 v. 156 p.

RIBEIRO, Carmen Couto; Pinto, Joana Dark; STARLING, Tadeu. Materiais de Construção Civil. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2011.

SANTIAGO, A.K.; FREITAS, A. M. S.; CRASTO, R. C. M. de.: Manual de Construção em Aço - Steel Framing: Arquitetura.: 2. ed. Rio de Janeiro: Instituto Aço Brasil/CBCA - Centro Brasileiro de Construção em Aço, 2012. 1.v. 152 p.

CBIC – Câmara Brasileira da Indústria da Construção. Portal Eletrônico. Disponível em: <<http://www.cbic.org.br>>. Acesso entre Nov. 2013 e Maio 2014.

FLASAN | Soluções em Construção a Seco. Portal Eletrônico. Disponível em: <<http://www.flasan.com.br>>. Acesso entre Nov. 2013 e Maio 2014.

PIT – Programa de Inovação Tecnológica. Portal Eletrônico. Disponível em: <<http://www.pit.org.br/>>. Acesso entre Nov. 2013 e Maio 2014.