



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO
TOCANTINS
CAMPUS PALMAS
CURSO SUPERIOR DE ENGENHARIA CIVIL**

RAQUEL ALMEIDA DA SILVA

**SISTEMA *LIGHT STEEL FRAME*: Etapas Construtivas, Aplicações e Desafios
na Construção Civil Brasileira**

**PALMAS
2025**

RAQUEL ALMEIDA DA SILVA

**SISTEMA *LIGHT STEEL FRAME*: Etapas Construtivas, Aplicações e Desafios
na Construção Civil Brasileira**

Trabalho de conclusão de curso
apresentado como requisito parcial para
obtenção do título de Bacharel no Curso
Superior de Engenheiro Civil do Instituto
Federal de Educação, Ciência e Tecnologia
do Tocantins, Campus Palmas.

Orientador: Prof. Dr. Gilson Marafija
Pedroso

**PALMAS
2025**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Bibliotecas do Instituto Federal do Tocantins

S586s Silva, Raquel Almeida da
SISTEMA LIGHT STEEL FRAME : Etapas Construtivas,
Aplicações e Desafios na Construção Civil Brasileira / Raquel
Almeida da Silva. – Palmas, TO, 2025.
133 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia
Civil) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do
Tocantins, Campus Palmas, Palmas, TO, 2025.

Orientador: Dr. Gilson Marafiga Pedroso

1. Light Steel Frame. 2. Construção civil. 3. Sistema
industrializado. I. Pedroso, Gilson Marafiga. II. Título.

CDD 624

A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio, deste documento é autorizada para fins
de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

**Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica do IFTO com os dados fornecidos
pelo(a) autor(a).**

FOLHA DE APROVAÇÃO

RAQUEL ALMEIDA DA SILVA

SISTEMA *LIGHT STEEL FRAME*: Etapas Construtivas, Aplicações e Desafios na Construção Civil Brasileira

Trabalho de conclusão de curso
apresentado à Coordenação do curso de
Engenharia Civil Instituto Federal de
Educação, Ciência e Tecnologia do
Tocantins - Campus Palmas, como exigência
à obtenção do grau em Engenheiro Civil.

Aprovado em: 02 de julho de 2025

BANCA AVALIADORA



Documento assinado digitalmente
GILSON MARAFIGA PEDROSO
Data: 12/08/2025 12:41:44-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Gilson Marafiga Pedroso
Orientador



Documento assinado digitalmente
MOACYR SALLES NETO
Data: 12/08/2025 08:42:27-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Moacyr Salles Neto
Avaliador 1



Documento assinado digitalmente
RODRIGO ARAUJO FORTES
Data: 11/08/2025 18:30:14-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof, Me. Rodrigo Araujo Fortes
Avaliador 2

AGRADECIMENTOS

A Deus, minha fonte inesgotável de força, sabedoria e paz. A Ele rendo toda honra, toda glória e todo louvor, pois foi em Sua presença que encontrei consolo nos dias difíceis, direção nos momentos de incerteza e ânimo quando pensei em desistir. Este trabalho é fruto da graça e da fidelidade de um Deus que nunca me deixou só, mesmo nas minhas fraquezas.

Aos meus pais, José e Juscelene, meu mais profundo agradecimento. Vocês são meu maior exemplo de amor, dedicação e coragem. Desde o primeiro dia, me incentivaram a estudar, sonhar alto e nunca desistir. Minha mãe, com sua força silenciosa e seu amor incondicional, foi meu alicerce emocional em cada etapa dessa jornada. Meu pai, com seu esforço incansável e apoio constante, foi meu sustento e segurança. Se hoje cheguei até aqui, foi porque vocês acreditaram por mim. Este sonho é nosso.

Ao meu irmão Tiago, que, mesmo de forma discreta, sempre esteve ao meu lado com palavras de incentivo, gestos de carinho e apoio nos momentos em que mais precisei. Sua presença me trouxe leveza e força.

Ao meu esposo, Jair, meu parceiro de vida, obrigada por caminhar comigo com tanto amor, paciência e companheirismo. Seu apoio foi essencial nos momentos de cansaço e incerteza. Obrigada por acreditar em mim, por me levantar nos dias difíceis e por comemorar cada vitória ao meu lado. Ter você comigo tornou tudo mais leve e especial.

Aos meus amigos, que fizeram parte dessa jornada com palavras de apoio, companheirismo e amizade verdadeira, minha sincera gratidão. Em especial, Jhenifer, Camile e Gabrielly, obrigada por estarem sempre por perto, pelos momentos de escuta, pelos conselhos, pelas risadas e por me lembrarem que eu não estava sozinha. Cada uma de vocês marcou meu caminho de forma especial.

Ao meu orientador, Professor Dr. Gilson Marafina Pedroso, agradeço por toda orientação, paciência e dedicação. Sua contribuição foi fundamental para o desenvolvimento deste trabalho. Estendo meus agradecimentos a todo o corpo docente do IFTO, que contribuiu não apenas para a minha formação técnica, mas também para o meu crescimento pessoal e profissional.

Agradeço também à minha igreja, por cada oração, palavra de ânimo e apoio espiritual. A comunhão e a fé partilhadas com meus irmãos em Cristo foram essenciais para que eu não perdesse o foco nem a esperança durante os desafios da caminhada.

A todos que, de alguma forma, fizeram parte dessa trajetória, o meu mais sincero e emocionado: muito obrigada!

RESUMO

O *Light Steel Frame* (LSF) é um sistema construtivo industrializado que utiliza perfis de aço galvanizado formados a frio, sendo amplamente reconhecido por sua leveza, precisão e rapidez de execução. Esse método representa uma alternativa sustentável e eficiente aos sistemas tradicionais, oferecendo diversas vantagens, como menor geração de resíduos, melhor desempenho térmico e acústico, e racionalização dos processos construtivos. Com sua aplicação crescente em países desenvolvidos, o LSF tem sido progressivamente incorporado ao setor da construção civil brasileira, principalmente em edificações residenciais e comerciais de pequeno a médio porte. A industrialização dos componentes e a montagem a seco conferem ao sistema alta produtividade e redução no prazo de execução, aspectos relevantes em um cenário onde há crescente demanda por soluções mais rápidas e sustentáveis. Apesar das vantagens, o sistema ainda enfrenta desafios no Brasil, como a necessidade de mão de obra especializada, custo inicial elevado em comparação com a alvenaria convencional e barreiras culturais que dificultam sua aceitação. No entanto, estudos e dados recentes apontam para um crescimento gradual do LSF no país, impulsionado pela modernização da construção civil, incentivos à sustentabilidade e busca por tecnologias inovadoras.

Palavras-chave: *Light Steel Frame*; Construção civil; Sistema industrializado.

ABSTRACT

Light Steel Frame (LSF) is an industrialized construction system that uses cold-formed galvanized steel profiles, widely recognized for its lightness, precision, and speed of assembly. This method represents a sustainable and efficient alternative to traditional construction systems, offering several advantages such as reduced waste generation, improved thermal and acoustic performance, and greater rationalization of construction processes. With its growing application in developed countries, LSF has been gradually adopted by the Brazilian construction industry, especially in small- to medium-scale residential and commercial buildings. The industrialization of components and dry assembly process provide high productivity and shorter execution time—an important factor in a context of increasing demand for faster and more sustainable construction solutions. Despite its benefits, the system still faces challenges in Brazil, including the need for specialized labor, higher initial costs compared to conventional masonry, and cultural barriers that hinder its widespread acceptance. However, recent studies and market trends indicate a gradual growth of LSF in the country, driven by the modernization of the construction sector, incentives for sustainability, and the search for innovative building technologies.

Keywords: *Light Steel Frame*; Civil Construction; Industrialized System.

LISTA DE ABREVIATURAS, ACRÔNIMOS E SIGLAS

LSF – *Light Steel Frame*

NBR – Norma Brasileira

OBS - Oriented Strand Board

PEX – Polietileno Reticulado Monocamada

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnica

CBCA - Centro Brasileiro da Construção em Aço

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Comparativo do LSF com o Sistema Construtivo Convencional	33
Quadro 2 - Revestimento mínimo dos perfis estruturais e não-estruturais.....	41
Quadro 3 - Designações dos perfis de aço formados a frio para uso em <i>Light Steel Frame</i> e suas respectivas aplicações	42
Quadro 4 - Dimensões Nominiais Usuais dos Perfis de Aço para <i>Light Steel Frame</i>	43
Quadro 5 - Espessura mínima das placas de OSB de acordo com espaçamento entre montantes e tipo de revestimento	90

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Sistema <i>Light Steel Frame</i>	21
Figura 2 - Sistema <i>Wood Frame</i>	22
Figura 3 - Primeira casa em LSF	22
Figura 4 - Transmissão de cargas em pórticos estruturais	24
Figura 5 - Transmissão de cargas em pórticos estruturais	24
Figura 6 - Transmissão de cargas em solução híbrida de pórticos estruturais e paredes autoportantes	25
Figura 7 - Transmissão alinhada de cargas	26
Figura 8 - Painéis de Piso	27
Figura 9 - Sistemas de contraventamento com perfis e com fitas metálicas	27
Figura 10 - Sistemas de contraventamento com placa OSB de fechamento	28
Figura 11 - Viga de LSF para transição de cargas	28
Figura 12 - Viga em aço convencional para estruturação de vão sem apoio em laje de LSF.....	29
Figura 13 - Montagem de painel pelo método Stick	30
Figura 14 - Montagem do painel pelo método Stick	30
Figura 15 - Montagem de entrepiso pelo método Stick	30
Figura 16 - Painéis prontos para montagem.....	31
Figura 17 - Painéis pré fabricados.....	31
Figura 18 - Módulo para banheiros.....	32
Figura 19 - Residência, Nova Lima, MG.....	36
Figura 20 - Residência com estrutura híbrida LSF e aço convencional, Nova Lima, MG	37
Figura 21 - Instituto Dona Ana Rosa, São Paulo, SP	37
Figura 22 - Hotel, Lagoa da Prata (MG)	38
Figura 23 - Unidade Municipal de Educação Infantil, Belo Horizonte (MG)	38
Figura 24 - Vila Olímpica, Moçambique.....	38
Figura 25 - Componentes do LSF	44
Figura 26 - Fundação em laje radier com calçada em seu perímetro.....	45
Figura 27 - Detalhe desnível entre calçada e piso interno da fundação	46
Figura 28 - Fundação com sapatas corridas em execução	47
Figura 29 - Perspectiva sapata corrida.....	47
Figura 30 - Fundação em sapata corrida com laje seca em LSF	47

Figura 31 - Efeitos de vento na estrutura: a) translação; b) tombamento	48
Figura 32 - Esquema geral de ancoragem química com barra rosca	49
Figura 33 - Detalhe do conector de ancoragem e barra rosca utilizados	50
Figura 34 - Ancoragem com fita metálica	50
Figura 35 - Bolt com camisa de expansão.....	51
Figura 36 - Pistola para fixação a pólvora	52
Figura 37 - Transmissão da carga vertical à fundação	54
Figura 38 - Painel cuja modulação é de 200mm devido à carga de caixa d'água	54
Figura 39 - Painel típico em LSF	55
Figura 40 - Distribuição dos esforços através da verga para ombreiras.....	56
Figura 41 - Tipos de Vergas	57
Figura 42 - Exemplos de composição de ombreiras a partir do número de perfis interrompidos pela verga	58
Figura 43 - Desenho esquemático de painel estrutural com abertura	59
Figura 44 - Painel com contraventamento em "X"	60
Figura 45 - Ângulo do contraventamento em fita com a superfície horizontal	61
Figura 46 - Fixação das diagonais nos painéis por placa de Gusset.....	61
Figura 47 - Fixação das fitas metálicas aos painéis	62
Figura 48 - Fixação das diagonais nos painéis.....	63
Figura 49 - Contraventamento em "K"	64
Figura 50 - Bloqueador e fita fixados ao painel para travamento horizontal	64
Figura 51 - Travamento horizontal com bloqueadores e fitas.....	65
Figura 52 - Parafusos de união entre painéis	66
Figura 53 - União de dois montantes pela alma. a) planta; b) perspectiva	67
Figura 54 - União de três montantes: a) planta; b) perspectiva	68
Figura 55 - Fixação de painéis de canto.....	68
Figura 56 - Ligação de dois painéis formando um "T": a) planta; b) perspectiva	69
Figura 57 - Encontro de três painéis: a) planta; b) perspectiva	70
Figura 58 - Emenda de perfil guia	71
Figura 59 - Estrutura de piso em LSF.....	72
Figura 60 - Montagem de estrutura de laje em LSF	72
Figura 61 - Laje de LSF com substrato úmido.....	74
Figura 62 - Laje de LSF com substrato seco	75
Figura 63 - Laje de LSF com substrato seco em OSB	75

Figura 64 - Desenho esquemático de escada viga caixa inclinada	77
Figura 65 - Desenho esquemático de escada painel com inclinação	77
Figura 66 - Desenho esquemático de uma escada de painéis escalonados	78
Figura 67 - Laje de cobertura em residência	80
Figura 68 - Cobertura plana.....	80
Figura 69 - Alguns tipos de treliças planas	81
Figura 70 - Caibros e vigas alinhados com montantes de painel estrutural	82
Figura 71 - Caibros e vigas alinhados com montantes de painel estrutural	82
Figura 72 - Tipologias de tesouras: A - Tesoura Howe; B - Tesoura Pratt; C - Tesoura Fink; D - Tesoura Alemã; E - Tesoura Belga.....	83
Figura 73 - Parede interna revestida com gesso acartonado	85
Figura 74 - Placa de gesso acartonado.....	86
Figura 75 - Parafusos para chapas de gesso acartonado	87
Figura 76 - Esquema de instalação de parafusos em placas de gesso acartonado	87
Figura 77 - Placas de gesso cartonado com tratamento de juntas	88
Figura 78 - Edificação com revestimento em placas OSB.....	89
Figura 79 - Parafuso para placas OSB.....	90
Figura 80 - Esquema de instalação de parafusos em placas OSB.....	91
Figura 81 - Edificação com fachada em siding	92
Figura 82 - Perfil de siding vinílico	93
Figura 83 - Modelo mostrando camadas do sistema EIFS (argamassa elastomérica + tela de fibra de vidro + EPS + barreira de vapor + OSB).....	94
Figura 84 - Trecho de fachada em EIFS, durante a execução (OSB, barreira de vapor e EPS) e após aplicação da argamassa elastomérica	95
Figura 85 - Fachada de edifício comercial em LSF com placas cimentícias	95
Figura 86 - Placa fibrocimento com fibras dispersas na matriz cimentícia e placa com malha de fibra de vidro	96
Figura 87 - Placa cimentícia instalada sobre barreira de vapor.....	97
Figura 88 - Placas cimentícias com junta aparente	97
Figura 89 - Tratamento de juntas entre placas cimentícias	98
Figura 90 - Placas cimentícias com tratamento de superfície	99
Figura 91 - Placa Glasroc X.....	99
Figura 92 - Fechamento externo com placa GlassMat - Glasroc X	100
Figura 93 - Parede com isolamento em lã de poliéster	101

Figura 94 - Eletroduto fixado ao montante com abraçadeira de nylon	103
Figura 95 - Peça plástica de proteção para passagem de eletrodutos em perfis ...	103
Figura 96 - Quadro de distribuição convencional instalado em parede de LSF	104
Figura 97 - Caixas de elétrica para fixação em placas de revestimento.....	105
Figura 98 - Trava plástica para eletroduto corrugado	105
Figura 99 - Tubulação em PVC e CPVC instalada em parede de LSF	106
Figura 100 - Registro fixado sobre peça metálica auxiliar	107
Figura 101 - Passagem de tubulação PEX por furos de serviço em montantes com peça de proteção.....	108
Figura 102 - Tubulação de esgoto sob laje seca	109
Figura 103 - Tubulação de descida de esgoto diâmetro 100 mm caminhando por fora da parede, a ser envolvida por <i>shaft</i> em <i>drywall</i>	110
Figura 104 - Aplicação de fita selante na base do painel	112
Figura 105 - Fundação com marcação da obra.....	112
Figura 106 - Instalação do primeiro painel da obra	113
Figura 107 - Painel com mão-francesa de escoramento provisório.....	113
Figura 108 - Painéis de quina fixados entre si e com mão-francesa de escoramento provisório.....	114
Figura 109 - Sequência de montagem de painéis de paredes	115
Figura 110 - Fixação de perfil Ue para manter o esquadro dos painéis	115
Figura 111 - Montagem de estrutura de laje seca de entrepiso.....	116
Figura 112 - Passo a passo da execução da Laje úmida	117
Figura 113 - Passo a passo da execução da Laje seca	117
Figura 114 - Montagem dos painéis de parede no pavimento superior	118
Figura 115 - Instalação de tesouras de telhado e painel de beiral	119
Figura 116 - Instalação de ripas e contraventamentos de telhado	120
Figura 117 - Plaqueamento externo em painel cimentício em execução	121
Figura 118 - Passo a passo para fechamento externo	122
Figura 119 - Passo a passo para fechamento interno	123
Figura 120 - Execução de instalações hidráulicas em painéis prontos	123
Figura 121 - Evolução do volume produção de LSF (mil toneladas)	125
Figura 122 - Evolução do faturamento de perfis galvanizados (R\$ milhões).....	125
Figura 123 - Casa Modelo em LSF.....	126

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	16
1.1	PROBLEMA DE PESQUISA	17
1.2	JUSTIFICATIVA.....	17
1.3	OBJETIVOS.....	18
1.3.1	Objetivo Geral.....	18
1.3.2	Objetivos Específicos	18
2.	REVISÃO DE LITERATURA	20
2.1	Construção Industrializada	20
2.2	Conceito e Características do <i>Light Steel Frame</i>.....	20
2.3	Histórico e Desenvolvimento do <i>Light Steel Frame</i>	21
2.4	Conceito Estrutural e Construtivo do <i>Light Steel Frame</i>.....	23
2.5	Métodos Construtivos	29
2.5.1	Método Stick	29
2.5.2	Método Painelizado	31
2.5.3	Método modular.....	32
2.6	Comparação com o Sistema Construtivo Convencional	32
2.7	Normas Técnicas para o <i>Light Steel Frame</i>.....	34
2.8	Vantagens do <i>Light Steel Frame</i>.....	35
2.9	Desvantagens do <i>Light Steel Frame</i>.....	36
2.10	Aplicações do LSF.....	36
3.	METODOLOGIA	39
4.	DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO: SISTEMA CONSTRUTIVO EM <i>LIGHT STEEL FRAME</i>	41
4.1	COMPONENTES DO SISTEMA <i>LIGHT STEEL FRAME</i>.....	41

6.1.2	PERFIS DE AÇO.....	41
6.2	ETAPAS CONSTRUTIVAS DO <i>LIGHT STEEL FRAME</i>	43
6.2.1	Execução das Fundações	44
6.2.1.1	Radier	45
6.2.1.2	Sapata Corrida	46
6.2.2	FIXAÇÃO DOS PAINÉIS	48
6.2.3	PAINÉIS.....	52
6.2.3.1	Painéis estruturais	53
6.2.3.1.1	Aberturas de vãos em um painel estrutural	55
6.2.3.1.2	Estabilização da estrutura	59
6.2.3.1.3	Travamento horizontal.....	64
6.2.3.1.4	Encontro de painéis	66
6.2.3.1.5	Emenda de guia	70
6.2.4	LAJES	71
6.2.4.1	Tipos de laje	73
6.2.4.1.1	Laje Úmida	73
6.2.4.1.2	Laje Seca.....	74
6.2.4.2	Escada.....	76
6.2.5	COBERTURA	78
6.2.5.1	Tipos de Estrutura da Cobertura.....	79
6.2.5.2	Tipos de Cobertura.....	79
6.2.5.2.1	Coberturas planas.....	79
6.2.5.2.2	Coberturas inclinadas.....	81
6.2.6	FECHAMENTO VERTICAL.....	84
6.2.6.1	GESSO ACARTONADO (DRYWALL)	85
6.2.6.2	PAINÉIS DE OSB	88

6.2.6.3	SIDING	92
6.2.6.4	EIFS	93
6.2.6.5	PLACAS CIMENTÍCIAS	95
6.2.6.6	Placas de Gesso GlassMat	99
6.2.7	ISOLAMENTO TÉRMICO E ACÚSTICO	100
6.2.8	INSTALAÇÕES	102
6.2.8.1	Instalações elétricas	102
6.2.8.2	Instalações de água fria e quente	106
6.2.8.3	Instalações sanitárias	108
6.3	MONTAGEM DO SISTEMA PELO MÉTODO PAINELIZADO	111
6.3.1	Montagem da Estrutura de Painéis do Pavimento Térreo	111
6.3.2	Montagem da Estrutura da Laje	116
6.3.3	Montagem dos painéis do pavimento superior	118
6.3.4	Montagem da Cobertura	119
6.3.5	Fechamento e Instalações	120
7	DESAFIOS DO SISTEMA <i>LIGHT STEEL FRAME</i>: PERSPECTIVA E DESENVOLVIMENTO	124

1. INTRODUÇÃO

Diante do crescimento populacional e do avanço tecnológico, a indústria da construção em todo o mundo busca sistemas construtivos mais eficientes para aumentar a produtividade, reduzir o desperdício e atender à crescente demanda populacional (Santiago, *et al.* 2012). Ao avaliar o emprego de sistemas construtivos na construção civil brasileira, a produção se concentra em sistemas predominantemente artesanais, como as estruturas de concreto armado em conjunto com a alvenaria de vedação, que muitas vezes são caracterizados por processos com altos custos, baixo nível de planejamento, baixa qualificação do trabalhador, altos índices de desperdícios, baixa qualidade e incidências de manifestações patológicas e baixo desempenho ambiental (ABDI, 2015).

Como apontado em um estudo da Fundação Getúlio Vargas (FGV) (2012), o setor precisa elevar a sua produtividade, face à escassez de mão de obra e demanda crescente para construções habitacionais e de infraestrutura. Assim, o setor da construção civil no Brasil apresenta um elevado potencial para a industrialização, proporcionando soluções mais vantajosas em termos de custo e benefício, encurtando o tempo de obra e diminuindo despesas, além de aprimorar a qualidade e intensificar o controle sobre o desempenho ambiental (Santiago, *et al.* 2012).

Desta forma, surge o sistema construtivo *Light Steel Frame* (LSF) que é considerado uma solução industrializada, racionalizada e sustentável, e é considerado, também, uma construção a seco, ou seja, o uso de água é praticamente zero, com uma redução de 90% de consumo desta, em relação aos outros métodos construtivos convencionais. Tem como principal característica uma estrutura constituída por perfis de aço galvanizados de pequena espessura formados a frio, possibilitando um processo de construção de alta eficiência e grande rapidez de execução (Batista, 2011 *apud* Prudêncio, 2013).

O sistema construtivo LSF é o que mais cresce no país, desde os anos 90, sendo evidenciado o marco na evolução do sistema construtivo brasileiro. Entretanto, o *Light Steel Frame* ainda enfrenta desafios que dificultam a sua propagação no território nacional (Pinheiro, 2023).

Diante desses desafios, este trabalho busca descrever as etapas construtivas do *Light Steel Frame*, analisando suas características, aplicações e benefícios, bem como os entraves à sua adoção no Brasil. Espera-se que esta pesquisa contribua para

a disseminação de informações técnicas e práticas sobre o *Light Steel Frame*, incentivando sua aplicação e promovendo melhorias no setor da construção civil.

1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

As tendências contemporâneas no mercado da construção civil têm se voltado para superar os desafios relacionados à baixa produtividade e aos elevados índices de desperdício característicos dos métodos tradicionais. Os processos industrializados de construção, por outro lado, possuem como premissa a eficiência e o planejamento e são, por isso, capazes de aumentar a produtividade, reduzir os prazos de obra, minimizar o desperdício, melhorar a gestão dos recursos e atender a demanda cada vez maior por edificações existente no Brasil e no mundo. Características como mão-de-obra qualificada e com melhores condições de trabalho, produção seriada e em escala de elementos padronizados, racionalização dos processos, controle dos insumos, maior qualidade e precisão da obra e possibilidade de controle rígido dos processos e cronograma da obra são características marcantes dos sistemas industrializados (Santiago, 2008).

No entanto, apesar dessas vantagens, o *Light Steel Frame* enfrenta barreiras significativas que limitam sua ampla adoção no Brasil. Entre essas dificuldades destacam-se a resistência cultural da sociedade e do setor da construção civil, a carência de profissionais capacitados para projetar e executar esse tipo de sistema, os custos iniciais mais elevados quando comparados a outros sistemas construtivos e a falta de conhecimento sobre o sistema. Esses fatores reforçam a importância de compreender melhor esse sistema construtivo no cenário nacional, de forma a desenvolver estratégias para ampliar sua utilização e compreender seu método construtivo.

1.2 JUSTIFICATIVA

Com a escassez de matérias primas não renováveis, como a falta de recursos hídricos e o aquecimento global, tem-se a necessidade da utilização, cada vez mais frequente, de materiais alternativos e recicláveis. Empresas do setor da construção civil buscam alternativas para substituir o sistema construtivo tradicional, por outros de qualidade similar ou até mesmo superior.

O *Light Steel Frame* apresenta-se como uma solução viável e inovadora para os desafios atuais da construção civil, destacando-se pela possibilidade de redução de desperdícios e maior eficiência no uso de recursos naturais.

Um estudo realizado por Castro (2020) comparou a geração de resíduos em uma obra de construção em LSF com uma obra em alvenaria convencional. Os resultados mostraram que a obra em LSF gerou uma quantidade significativamente menor de resíduos, devido à utilização de materiais pré-fabricados e ao menor número de etapas construtivas. Com a crescente busca por modelos construtivos mais ágeis e sustentáveis, o LSF pode contribuir para atender às demandas do mercado, que exige métodos mais rápidos, limpos e ambientalmente conscientes.

Além disso, o *Light Steel Frame* promove uma significativa industrialização no setor, transformando processos construtivos tradicionais em soluções mais precisas e padronizadas, de acordo com Bortolotto (2015) é um sistema de concepção racional e altamente industrializado, o qual caracteriza-se por uma estrutura constituída por perfis de aço galvanizados de pequena espessura formados a frio, que acaba por gerar um processo construtivo de grande eficiência e rapidez de execução.

A falta de conhecimento sobre os novos métodos de construção impossibilita sua implantação e faz com que as tecnologias não sejam devidamente aproveitadas. Ao investigar os benefícios do *Light Steel Frame*, este trabalho busca fomentar debates e propor alternativas que possam impactar positivamente o setor da construção civil, contribuindo para uma transição sustentável e eficiente que beneficie tanto os profissionais da área quanto os usuários finais.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo Geral

Analisar as características, aplicações, vantagens e desafios do sistema construtivo *Light Steel Frame*, com foco nas etapas construtivas do sistema *Light Steel Frame*.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Descrever as etapas construtivas do sistema *Light Steel Frame*, desde a fase inicial até a finalização da obra;

- Compreender as características técnicas e funcionais do sistema *Light Steel Frame*, destacando seus componentes, métodos construtivos e diferenciais em relação aos métodos tradicionais;
- Investigar os principais desafios associados à implementação do *Light Steel Frame*, incluindo barreiras culturais, econômicas e a capacitação de mão de obra.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Construção Industrializada

A industrialização no setor da construção civil se deu a partir do deslocamento para a fábrica de processos convencionais de produção existentes no canteiro de obras, combinado com elementos da produção seriada por meio da pré-fabricação de componentes (Linner e Bock, 2012). A industrialização significa racionalização e planejamento dos processos construtivos e, independente do material, está associada à produção dos componentes em ambiente industrial posteriormente montados nos canteiros de obras, possibilitando melhores condições de controle e a adoção de novas tecnologias (ABDI, 2015).

2.2 Conceito e Características do *Light Steel Frame*

O *Light Steel Frame* (LSF), traduzido literalmente para o português como Estruturas de Aço Leve, consiste em um sistema construtivo com produção mais racionalizada, é um sistema construtivo baseado em painéis reticulados, se caracterizando pela estrutura constituída por perfis formados a frio de aço galvanizado, com espaçamento definido entre as peças, que ligados entre si formam, em conjunto, um esqueleto estrutural leve capaz de resistir às cargas que solicitam a edificação, sendo, também, responsável por garantir a manutenção da forma projetada para a construção. Os perfis de aço galvanizado são utilizados para compor painéis estruturais ou não estruturais, vigas de piso, vigas secundárias, tesouras de telhado e demais componentes que, trabalhando em conjunto, garantem a integridade estrutural da edificação (Figura 1).

De acordo com Santiago (2012), por ser um sistema industrializado, possibilita uma construção a seco com grande rapidez de execução. Assim, devido a essas características, o sistema *Light Steel Frame* também é conhecido por Sistema Autoportante de Construção a Seco.

Figura 1 - Sistema *Light Steel Frame*



Fonte: Espaço Smart (2024)

Não se resumindo apenas a estrutura, o sistema LSF é composto por vários componentes e subsistemas inter-relacionados, que possibilitam uma construção industrializada, com grande rapidez de execução e a seco. Esse sistema construtivo é composto, além do sistema estrutural, por aqueles sistemas de fundação, de isolamento termo acústico, de fechamento interno e externo, vertical e horizontal, e instalações elétricas e hidráulicas (Santiago, et al. 2012).

2.3 Histórico e Desenvolvimento do *Light Steel Frame*

O sistema construtivo *Light Steel Frame* possui uma trajetória histórica que remonta a metade do século XIX, com o grande crescimento populacional que ocorreu no território Norte Americano, fenômeno de expansão territorial chamado de a Marcha para o Oeste, foi um movimento em busca de conquista de território americano, que garantiu aos Estados Unidos o controle sobre uma extensa faixa de terras (Silva, 2018). O *Wood Frame* (Figura 2) foi amplamente utilizado devido à abundância de madeira e à necessidade de métodos construtivos rápidos e eficientes, que consistia em utilizar o material mais abundante encontrado no território, a madeira. Dando origem ao termo “*Balloon Frame*”, inventado pelo engenheiro civil de Chicago, George Washington Snow (1797 - 1870), que consiste em realizar uma estrutura de madeira serrada através de encaixes modulares unidos por pregos (Vasques, 2014).

Figura 2 - Sistema *Wood Frame*

Fonte: Associação Brasileira de Drywall (2023)

Com o avanço tecnológico e as demandas por reconstrução após a Segunda Guerra Mundial, o LSF começou a ganhar força em países da Europa, onde a industrialização dos sistemas construtivos se tornou essencial para a recuperação das cidades devastadas. O Japão e a Austrália também se destacaram na adoção do sistema, especialmente devido à sua eficiência em regiões suscetíveis a terremotos. Além disso, países como os Estados Unidos e o Canadá consolidaram o LSF como uma evolução natural do *Wood Frame*, sendo amplamente utilizado em construções residenciais e comerciais de pequeno porte.

Na primeira metade do século XX, as siderúrgicas americanas começaram a desenvolver tecnologia para produção de aços galvanizados e, em 1933, na Feira Mundial de Chicago, foi apresentado um protótipo de residência em LSF que utilizava perfis produzidos com este aço substituindo a madeira (Figura 3) (Jardim e Campos, 2005).

Figura 3 - Primeira casa em LSF

Fonte: Steel Frame (2017)

O crescimento da economia americana e a abundância na produção de aço no período pós Segunda Guerra (depois de 1945) possibilitou a evolução nos processos de fabricação de perfis formados a frio e a difusão de seu emprego na construção civil. Maior resistência, garantia e eficiência estrutural do aço em relação à madeira e sua capacidade de resistir às catástrofes naturais são características que tornaram o uso do *Light Steel Frame* vantajoso frente ao sistema *Wood Frame* e garantiram o crescimento de seu emprego, sendo amplamente utilizado em construções residenciais e comerciais de pequeno porte (Santiago, et al. 2012).

No Brasil, o *Light Steel Frame* foi introduzido na década de 1990, quando algumas construtoras começaram a importar kits pré-fabricados em LSF para montagem de casas. Apesar do uso de tais kits sem qualquer adaptação para a realidade brasileira, o processo construtivo industrializado se provou eficiente (Craeto, 2005). Entretanto, sua aceitação inicial enfrentou barreiras culturais e econômicas, uma vez que o mercado brasileiro apresentava forte preferência por sistemas tradicionais e percebia o LSF como uma solução de custo inicial elevado. Apesar dessas dificuldades, o sistema começou a ser adotado gradualmente em projetos residenciais e comerciais, especialmente em regiões metropolitanas, devido à sua rapidez de execução, sustentabilidade e eficiência na redução de resíduos.

Atualmente o país possui indústrias instaladas para a produção de todos os insumos necessários para a execução de edificações em *Light Steel Frame*, com qualidade e quantidade suficientes para atender o crescimento deste mercado (CBCA, 2018).

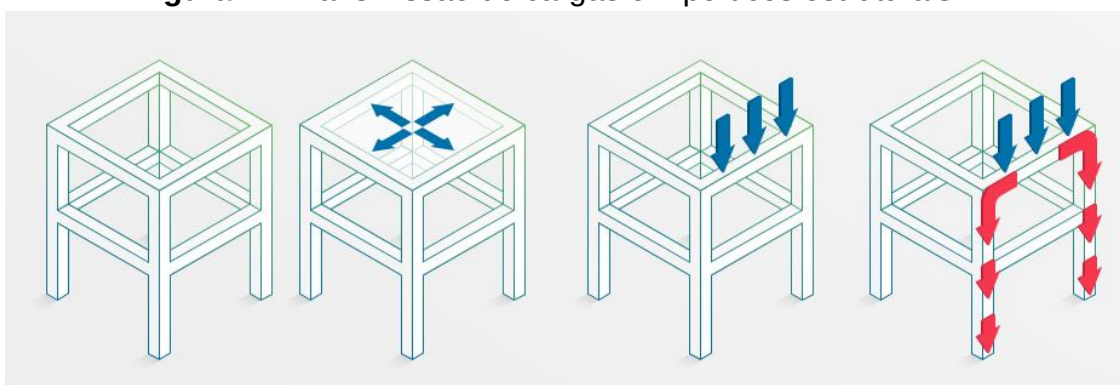
2.4 Conceito Estrutural e Construtivo do *Light Steel Frame*

O conceito estrutural do *Light Steel Frame* baseia-se em um sistema construtivo industrializado que utiliza perfis de folhas de aço galvanizado como principal elemento estrutural. Esses perfis, que possuem formas variadas (principalmente em "C" ou "U"), são produzidos em conformação a frio, o que proporciona leveza e resistência ao conjunto estrutural.

O método construtivo em LFS diminui o número de etapas da obra, por tratar-se de uma técnica industrializada, acaba diminuindo o tempo de construção. A precisão milimétrica também é um fator vantajoso em relação ao método convencional, que comumente é impreciso na execução.

Para transmitir os carregamentos impostos às lajes, elas podem se apoiar em vigas, que por sua vez são sustentadas por pilares, que encaminham os carregamentos até a fundação no solo. Nessa solução, os fechamentos verticais são, via de regra, elementos que não fazem parte do sistema estrutural da edificação. Este sistema de pórticos estruturais é a solução mais comum para edificações em concreto armado e estruturas metálicas e faz com que a carga chegue até o solo concentrada em alguns poucos pontos (Figura 4).

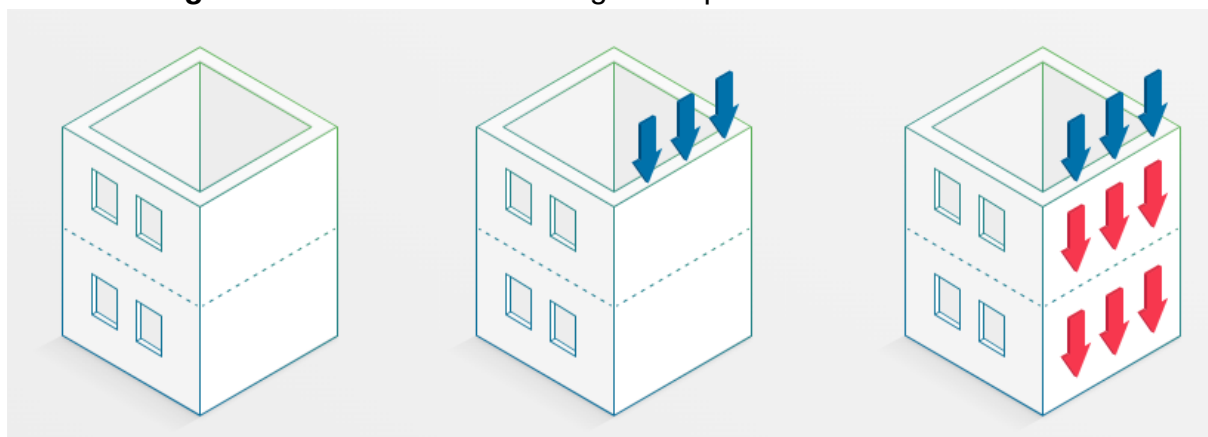
Figura 4 - Transmissão de cargas em pórticos estruturais



Fonte: CBCA (2024)

Outra solução bastante adotada na construção civil é o apoio das lajes sobre as paredes de fechamento vertical (ou núcleos de concreto, no caso das estruturas mistas), que, neste caso, possuem função estrutural, e transmitem os esforços para as paredes dos pavimentos inferiores até chegar à fundação como cargas distribuídas (Figura 5). Este conceito de paredes autoportantes é utilizado nas construções de alvenaria estrutural e também nas edificações em *Light Steel Frame*.

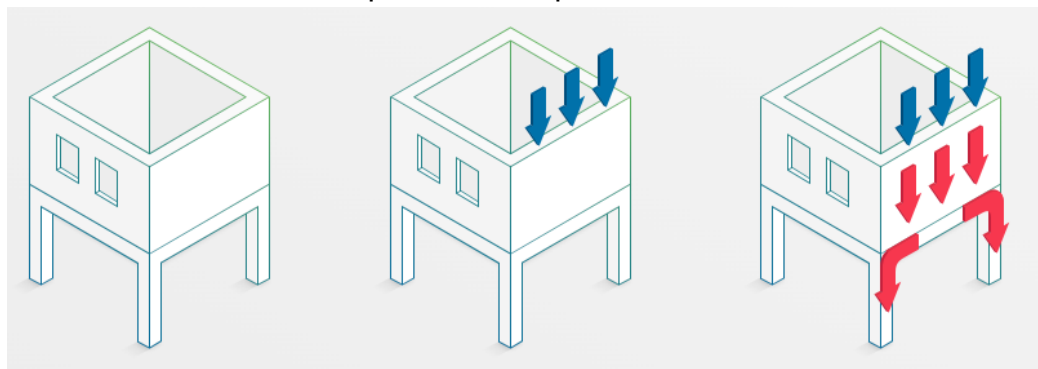
Figura 5 - Transmissão de cargas em pórticos estruturais



Fonte: CBCA (2024)

Há ainda a possibilidade de associação entre as duas soluções citadas anteriormente, criando a transmissão híbrida de pórticos estruturais e paredes autoportantes. Neste caso, parte das cargas é sustentada via apoio das lajes sobre os fechamentos, com uma solução de paredes autoportantes. Porém, em locais onde há necessidade de liberação de grandes vãos, utiliza-se solução em pórticos estruturais (Figura 6). Essa solução é bastante comum para se criar pilotis em prédios de alvenaria estrutural e usado também no sistema *Light Steel Frame* associado com estruturas metálicas.

Figura 6 - Transmissão de cargas em solução híbrida de pórticos estruturais e paredes autoportantes



Fonte: CBCA (2024)

O conceito principal do projeto segundo o Sistema LSF é dividir a estrutura em uma grande quantidade de elementos estruturais, de maneira que cada um resista a uma pequena parcela da carga total aplicada. Com este critério, é possível utilizar perfis mais esbeltos, mais leves e fáceis de manipular.

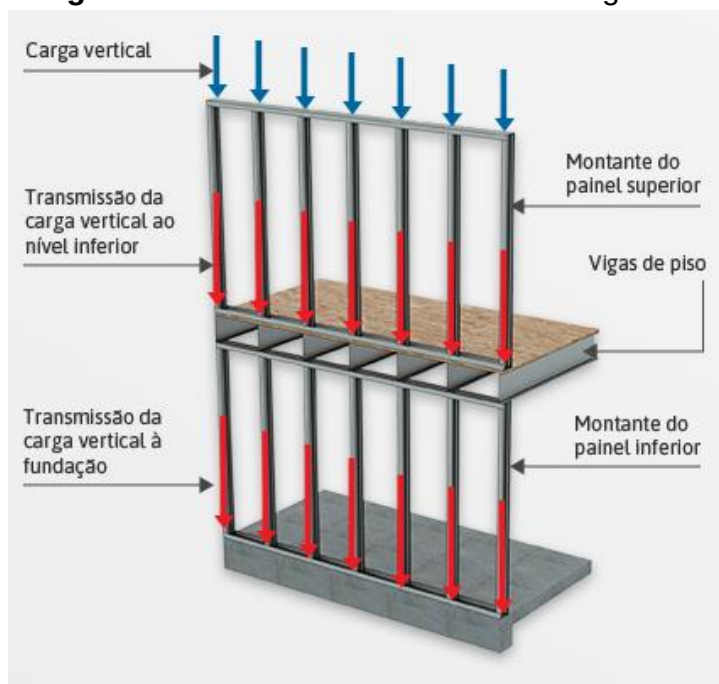
Esta solução, as paredes que constituem a estrutura de LSF são denominadas de painéis estruturais ou autoportantes e são compostos por grande quantidade de perfis verticais galvanizados muito leves denominados montantes, que são separados entre si por uma modulação definida em projeto, usualmente de 400 mm ou 600 mm.

Ao se dividir a estrutura em uma grande quantidade de elementos estruturais, é permitir que cada um deles resista a uma pequena parcela da força total aplicada. Com este critério, é possível utilizar perfis mais esbeltos e de chapas mais delgadas para estruturação de painéis de paredes e demais elementos das construções em LSF, que se tornam mais leves e fáceis de manipular durante a montagem (Rodrigues e Caldas, 2016).

Os montantes que compõem os painéis, recebem e transferem as cargas verticais por contato direto através de suas almas, estando suas seções em

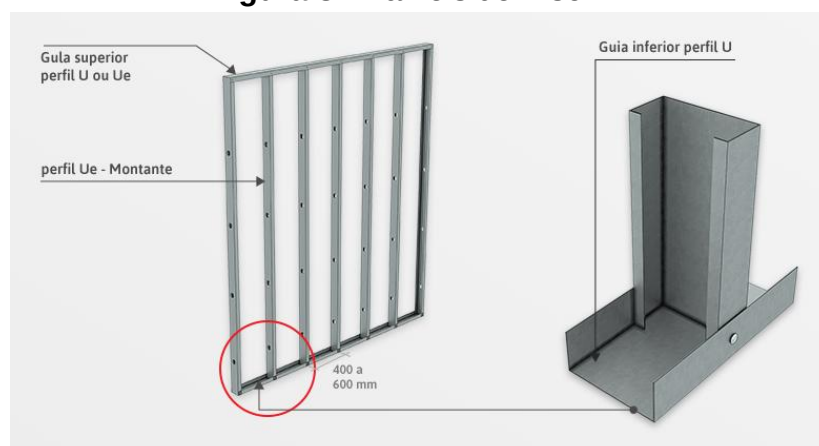
coincidência de um nível a outro, dando origem ao conceito de estrutura alinhada ou “*in-line framing*” (Santiago, et al. 2012). Vigas de piso, tesouras ou terças de telhado, treliças e outros elementos também devem estar alinhadas aos montantes dos painéis, de modo a permitir essa transmissão alinhada de cargas e garantir que predominem esforços axiais (na direção do eixo longitudinal do perfil) de compressão nos elementos verticais da estrutura (Figura 7).

Figura 7 - Transmissão alinhada de cargas



Fonte: CBCA (2024)

Os perfis dos montantes são unidos entre si pelas guias e fixados por parafusos estruturais. Assim, são formados os quadros estruturais que, alinhados entre si, dão forma ao sistema LSF (Figura 8). A concepção do sistema *steel frame* permite que os painéis trabalhem em conjunto travando-se entre si e gerando uma integridade na estrutura.

Figura 8 - Painéis de Piso

Fonte: CBCA (2024)

A separação entre montantes ou modulação adotada está diretamente relacionada com as solicitações a que cada perfil é submetido. Quanto maior a separação entre montantes, maior será a carga que cada um deles deverá resistir. Em muitos casos, tal modulação depende basicamente das dimensões das peças interiores e exteriores a utilizar, devido à necessidade construtiva de permitir a fixação das placas moduladas na estrutura.

Para absorver as forças horizontais, devidas principalmente à ação do vento, é necessário prover a estrutura de LSF, além dos perfis verticais, capaz de resistir a tais carregamentos, pode-se empregar um sistema de contraventamentos composto por diagonais de elementos metálicos como fitas ou perfis inclinados (Figura 9), ou pode-se trabalhar com as placas OSB de fechamento (Figura 10), funcionando como painel de cisalhamento nas paredes ou diafragma rígido nos pisos (Rodrigues e Caldas, 2016).

Figura 9 - Sistemas de contraventamento com perfis e com fitas metálicas

Fonte: CBCA (2024)

Figura 10 - Sistemas de contraventamento com placa OSB de fechamento



Fonte: CBCA (2024)

Em função dos projetos arquitetônicos das edificações, que por vezes demandam espaços com compartimentações diferentes nos diversos andares, é comum existirem construções onde não é possível o alinhamento vertical de todas as paredes, o que é necessário para o emprego do conceito *in-line framing*. Nestes casos, pode-se lançar mão de elementos horizontais estruturais de transição sob as paredes não alinhadas, como vigas ou treliças de LSF (Figura 11) ou, ainda, pórticos de aço convencional (Figura 12). Estes elementos são responsáveis por transmitir os carregamentos das paredes não correspondentes para outros elementos de apoio, que direcionam as cargas de maneira concentrada até a fundação.

Figura 11 - Viga de LSF para transição de cargas



Fonte: CBCA (2024)

Figura 12 - Viga em aço convencional para estruturação de vão sem apoio em laje de LSF



Fonte: CBCA (2024)

2.5 Métodos Construtivos

Dentro do conceito de *Platform Frame*, podemos ter algumas abordagens, ou métodos construtivos diferentes dentro da construção a seco. Existem três formas principais de se executar estruturas em *Light Steel Frame*, são os chamados métodos Stick, Pannelizado e Modular.

2.5.1 Método Stick

Neste método de construção os perfis são cortados no canteiro da obra, e painéis, lajes, colunas, contraventamentos e tesouras de telhados são montados no local (Figura 12 e 13). Os perfis podem vir perfurados para a passagem das instalações elétricas e hidráulicas e os demais subsistemas são instalados posteriormente à montagem da estrutura. Esse sistema é menos produtivo quando comparado aos demais, no entanto, em locais de difícil acesso, locais de reforma ou para elementos com grandes dimensões este método pode se tornar interessante, não exige equipamentos pesados e/ou um grande espaço para armazenamento de componentes e materiais.

Figura 13 - Montagem de painel pelo método Stick



Fonte: SOARES (2021)

Figura 14 - Montagem do painel pelo método Stick



Fonte: Castro e Freitas (2006)

Figura 15 - Montagem de entrepiso pelo método Stick



Fonte: SOARES (2021)

2.5.2 Método Painelizado

Neste método as peças são pré-fabricadas e trazidas ao local de montagem já prontos para aplicação (Figura 15 e 16). Alguns materiais de fechamento podem também ser aplicados na fábrica para diminuir o tempo da construção. Os painéis e subsistemas são conectados no local usando as técnicas convencionais (parafusos auto-brocantes e autoatarrachantes). Devido a grandes dimensões das peças pode ser necessário equipamento pesado para içamento e canteiro de obras com acessos e locais para o armazenamento, ainda que temporário dos componentes.

Figura 16 - Painéis prontos para montagem



Fonte: SOARES (2021)

Figura 17 - Painéis pré fabricados



Fonte: LAMBIASE (2016)

2.5.3 Método modular

Construções modulares são unidades completamente pré-fabricadas e podem ser entregues no local da obra com todos os acabamentos internos como revestimentos, louças sanitárias, bancadas, mobiliários fixos, metais, instalações elétricas e hidráulicas, etc (Figura 17). As unidades podem ser estocadas lado a lado, ou uma sobre as outras já na forma da construção final. Esse tipo de construção garante agilidade na construção além de um grande nível de industrialização, possibilitando o incremento de produtividade e qualidade. Entretanto, esse tipo de construção exige o emprego de maquinário pesado para transporte e grande espaço físico para produção e armazenamento de produtos prontos.

Figura 18 - Módulo para banheiros



Fonte: CASTRO (2005)

2.6 Comparação com o Sistema Construtivo Convencional

O Quadro 1 faz um comparativo entre o *Light Steel Frame* e o método convencional de concreto armado e alvenaria de vedação com blocos cerâmicos:

Quadro 1 - Comparativo do LSF com o Sistema Construtivo Convencional

SISTEMA CONSTRUTIVO CONVENCIONAL	SISTEMA <i>LIGHT STEEL FRAME</i>
Utiliza produtos que degradam o meio ambiente: areia, brita, bloco cerâmico, etc.	É um sistema ecologicamente correto. O aço, por exemplo, parte integrante do sistema em LSF, é um dos produtos mais reciclados em todo o mundo.
Estrutura em concreto armado, da qual sua qualidade é determinada por fatores inconstantes como mão de obra, temperatura, umidade do ar, matéria prima, etc.	Estrutura em aço galvanizado, produto com certificação internacional e que obedece aos mais rigorosos controles de qualidade.
Difícil execução das instalações elétricas e hidráulicas, com quebra de paredes, gerando desperdício de materiais e retrabalho.	Fácil execução das instalações elétricas e hidráulicas, sem desperdício de materiais e sem retrabalho.
Apresenta um canteiro de obras sujo ou grande dificuldade para a manutenção de limpeza.	Canteiro de obras limpo e organizado.
O isolamento térmico e acústico é mínimo, pois permite facilmente a passagem de calor pelas paredes além de um alto custo de manutenção de temperatura.	O isolamento térmico e acústico é máximo, isso em função dos isolamentos utilizados entre os painéis das paredes, além de apresentar um custo mínimo ou inexistente de manutenção de temperatura.
Cronograma de obra longo e impreciso.	Prazo de execução até 1/3 menor ao convencional e com maior precisão.
Grande utilização de água no processo construtivo.	Utilização mínima de água no processo construtivo, somente para a execução das fundações.
Manutenção para reparos de defeitos ocultos, exigindo quebras de paredes, não garantindo um acabamento final perfeito.	Manutenção simples de defeitos ocultos, através de shafts localizados em pontos estratégicos.
Ampliações e reformas demoradas, garantindo na maioria dos casos transtornos, com desperdícios de materiais.	Ampliações e reformas rápidas e limpas, inclusive com a possibilidade de reaproveitamento da maioria dos materiais.
Não é resistente a terremotos e ventos fortes podendo ser usado apenas em áreas isentas destes riscos naturais.	Apresenta elevada resistência contra terremotos e ventos fortes.
Fácil aparecimento de patologias.	Difícil aparecimento de patologias.

Fonte: Dogonski (2016)

2.7 Normas Técnicas para o *Light Steel Frame*

As normas técnicas desempenham um papel fundamental na implementação segura e eficiente do sistema *Light Steel Frame* (LSF) na construção civil. Elas regulamentam aspectos relacionados à qualidade dos materiais, segurança estrutural, durabilidade, montagem e desempenho do sistema. No Brasil, as normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) são as principais referências para o LSF, através das Normas Brasileiras Regulamentaras (NBR).

A ABNT NBR 16970, nomeada como *Light Steel Frame: Sistemas construtivos estruturados em perfis leves de aço conformados a frio, com fechamento em chapas delgadas* é composta por três partes:

- Parte 01 – ABNT NBR 16970- 1 (2022) – Desempenho
- Parte 02 – ABNT NBR 16970- 2 (2022) – Projeto estrutural
- Parte 03 – ABNT NBR 16970- 3 (2022) – Interface entre sistemas

A primeira parte da ABNT NBR 16970 estabelece os requisitos para os componentes e desempenho do sistema construtivo *Light Steel Frame*. A NBR 16970-1 se destina ao uso do sistema construtivo em LSF em edificações residenciais (unifamiliares ou multifamiliares) e não residenciais de até dois pavimentos.

A segunda parte estabelece requisitos gerais para projeto e dimensionamento das estruturas de aço que integram o sistema construtivo LSF com base no método dos ELU especificados na NBR 14762 (Dimensionamento de estruturas de aço constituídas por perfis formados a frio).

Na parte 3 da norma, encontramos os requisitos e detalhes construtivos para interfaces entre sistemas como entre paredes e pisos, externos e internos, entre paredes e esquadrias, entre paredes ou pisos e instalações.

Além disso, outras normas complementares são a NBR 15253 (ABNT, 2014), que trata dos perfis de aço formados a frio para painéis reticulados, e a NBR 14762 (ABNT, 2010), que aborda o dimensionamento de estruturas constituídas por perfis formados a frio. A NBR 8800 (ABNT, 2008) também é relevante, pois trata do projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto em edificações.

2.8 Vantagens do *Light Steel Frame*

Os principais benefícios e vantagens no uso do sistema *Light Steel Frame* em edificações são os seguintes (Santiago, et al. 2012):

- Os produtos que constituem o sistema são padronizados de tecnologia avançada, em que os elementos construtivos são produzidos industrialmente, onde a matéria prima utilizada, os processos de fabricação, suas características técnicas e acabamento passam por rigorosos controles de qualidade;
- O aço é um material de comprovada resistência e o alto controle de qualidade tanto na produção da matéria-prima quanto de seus produtos, permite maior precisão dimensional e melhor desempenho da estrutura;
- Facilidade de obtenção dos perfis formados a frio já que são largamente utilizados pela indústria;
- Durabilidade e longevidade da estrutura, proporcionada pelo processo de galvanização das chapas de fabricação dos perfis;
- Facilidade de montagem, manuseio e transporte devido a leveza dos elementos;
- Construção a seco, o que minora o uso de recursos naturais e o desperdício;
- Os perfis perfurados previamente e a utilização dos painéis de gesso acartonado facilitam as instalações elétricas e hidráulicas;
- Melhores níveis de desempenho termoacústico, que podem ser alcançados através da combinação de materiais de fechamento e isolamento;
- Facilidade na execução das ligações;
- Rapidez de construção, uma vez que o canteiro se transforma em local de montagem;
- O aço é um material incombustível;
- O aço é reciclável, podendo ser reciclado diversas vezes sem perder suas propriedades;
- Grande flexibilidade no projeto arquitetônico, não limitando a criatividade do arquiteto.

2.9 Desvantagens do *Light Steel Frame*

O sistema LSF como qualquer outra forma de construção tem seus pontos positivos e negativos que são:

- Construção de edifícios com número máximo de cinco pavimentos;
- Ao pendurar objetos pesados, a parede e a estrutura poderão ser danificadas;
- Carência de profissionais especializados no mercado.

2.10 Aplicações do LSF

O *Light Steel Frame* pode ser utilizado em uma diversidade muito grande de aplicações, desde residências apresentados alguns exemplos dessas aplicações:

- Edificações Residenciais: O LSF é amplamente utilizado na construção de casas térreas e sobrados, devido à sua capacidade de oferecer um processo construtivo rápido e eficiente.

Figura 19 - Residência, Nova Lima, MG



Fonte: Acervo SCA Engenharia (2017)

Figura 20 - Residência com estrutura híbrida LSF e aço convencional, Nova Lima, MG



Fonte: Acervo SCA Engenharia (2017)

- Edificações Comerciais e Industriais: O sistema LSF também é amplamente aplicado em edifícios comerciais e galpões industriais, onde a necessidade de espaços amplos e modulares é uma prioridade.

Figura 21 - Instituto Dona Ana Rosa, São Paulo, SP



Fonte: CBCA (2016)

Figura 22 - Hotel, Lagoa da Prata (MG)



Fonte: DINO (2016)

Figura 23 - Unidade Municipal de Educação Infantil, Belo Horizonte (MG)



Fonte: CBCA (2016)

Figura 24 - Vila Olímpica, Moçambique



Fonte: CBCA (2016)

3. METODOLOGIA

Este trabalho consiste em uma revisão bibliográfica sobre as aplicações, desafios e perspectivas do sistema construtivo *Light Steel Frame* no contexto da construção civil brasileira, destacando o passo a passo de sua aplicação prática, da fase inicial à finalização da obra. A metodologia visa consolidar informações teóricas e práticas por meio de análise de materiais acadêmicos, normas técnicas, manuais construtivos e estudos de caso.

Segundo Gerhard e Silveira (2009), uma pesquisa tem abordagem qualitativa quando tem objetivação do fenômeno; hierarquização das ações de descrever, compreender, explicar e tem precisão das relações entre o global e o local de determinado fenômeno; e tem o objetivo descritiva quando o estudo pretende descrever os fatos e fenômenos de determinada realidade.

Portanto, o método de pesquisa para a elaboração deste trabalho será qualitativo e descritivo, fundamentado na análise de fontes secundárias. A revisão bibliográfica foi realizada com o objetivo de identificar, selecionar e analisar as principais contribuições teóricas e práticas relacionadas ao uso do *Light Steel Frame* na construção civil.

O trabalho irá descrever cada etapa do processo construtivo do *Light Steel Frame*, abordando:

- Sistema Estrutural em Aço:
 - Estrutura de paredes;
 - Estrutura da Laje;
 - Estrutura das coberturas;
- Subsistemas:
 - Fundação;
 - Revestimentos;
 - Instalações;
 - Acabamento;
 - Telhados.

Também será discutido sobre os processos de montagem da estrutura, de acordo com seu método, evidenciando algumas de suas boas práticas.

Com a aplicação desta metodologia, espera-se alcançar uma visão ampla e detalhada sobre o sistema *Light Steel Frame*, destacando sua relevância para o

mercado brasileiro, seus benefícios, desafios e os processos envolvidos em sua aplicação. Além disso, a pesquisa deverá fornecer subsídios para fomentar o debate sobre o uso do LSF como alternativa viável, eficiente e sustentável no setor da construção civil.

4. DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO: SISTEMA CONSTRUTIVO EM *LIGHT STEEL FRAME*

4.1 COMPONENTES DO SISTEMA *LIGHT STEEL FRAME*

6.1.2 PERFIS DE AÇO

As estruturas metálicas utilizadas na construção civil podem ser classificadas em duas principais categorias: perfis laminados e soldados e perfis formados a frio. No sistema *Light Steel Frame*, predominam os perfis formados a frio, que se destacam por sua leveza, precisão dimensional e facilidade de montagem.

Esses perfis são produzidos por meio do processo de dobra em prensa dobradeira ou pela perfilagem a partir de bobinas de aço revestidas com zinco ou liga alumínio-zinco pelo processo contínuo de imersão a quente ou por eletrodeposição, características do *Light Steel Frame* conhecido como aço galvanizado. As massas mínimas de revestimento são apresentadas no quadro 2. A espessura da chapa varia entre 0,80 até 3,0 mm (NBR 15253: 2014). As seções mais comuns nas edificações em *Light Steel Frame* são as com formato em “C” ou “U” enrijecido (Ue) para montantes e vigas e o “U” que é usado como guia na base e no topo dos painéis. (SANTIAGO, et al. 2012)

Quadro 2 - Revestimento mínimo dos perfis estruturais e não-estruturais

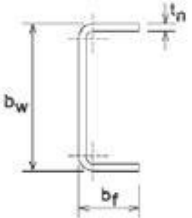
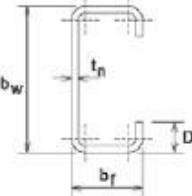
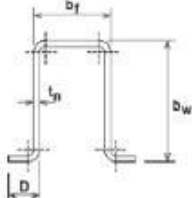
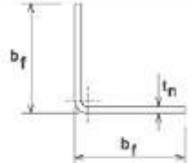
Tipo de revestimento	Perfis estruturais		Perfis não-estruturais	
	Massa mínima do revestimento g/m ² ⁽¹⁾	Designação do revestimento conforme normas	Massa mínima do revestimento g/m ² ⁽¹⁾	Designação do revestimento conforme normas
Zincado por imersão a quente	180	Z180 (NBR 7008)	100	Z 100 (NBR 7008)
Zincado 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: 2014

As seções de perfis mais comuns no LSF são as em formato “U”, empregadas em guias (perfis horizontais) de base e topo de painel e na composição de vigas e as

“C” ou “U” enrijecido (Ue), usadas como montantes (perfis verticais), vigas ou ainda como guias de painéis. Tanto os perfis de seção U, quanto os de seção Ue, possuem alma (b_w) e mesa ou aba (b_f), sendo a diferença entre eles a presença no perfil Ue dos enrijecedores de borda (D). Também são empregados na estrutura de LSF tiras metálicas para contraventamento e travamento, cantoneiras para conexões entre peças da estrutura e perfis cartola para execução de ripas de telhados. O quadro 3 apresenta as seções transversais dos perfis utilizados e suas aplicações.

Quadro 3 - Designações dos perfis de aço formados a frio para uso em *Light Steel Frame* 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: 2014

De acordo com a ABNT NBR 15253:2014, para a produção dos perfis formados a frio para estrutura de *Light Steel Frame*, o aço deve ter qualidade estrutural com resistência ao escoamento, f_y , não inferior a 230 MPa.

As seções comerciais no Brasil para perfis U e Ue usadas no LSF possuem almas de 90, 140 e 200 mm, mesas de 39 ou 40 mm e enrijecedor de borda de 12 mm. As espessuras de chapa mais comumente disponíveis no mercado para esses

perfis são de 0,80, 0,95 e 1,25 mm. As seções comerciais no Brasil para perfis U e Ue usadas no LSF possuem almas de 90, 140 e 200 mm, mesas de 39 ou 40 mm e enrijecedor de borda de 12 mm. As espessuras de chapa mais comumente disponíveis no mercado para esses perfis são de 0,80, 0,95 e 1,25 mm. De acordo com o quadro 4.

Quadro 4 - Dimensões Nominais Usuais dos Perfis de Aço para *Light Steel Frame*

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

Fonte: NBR 15253: 2014

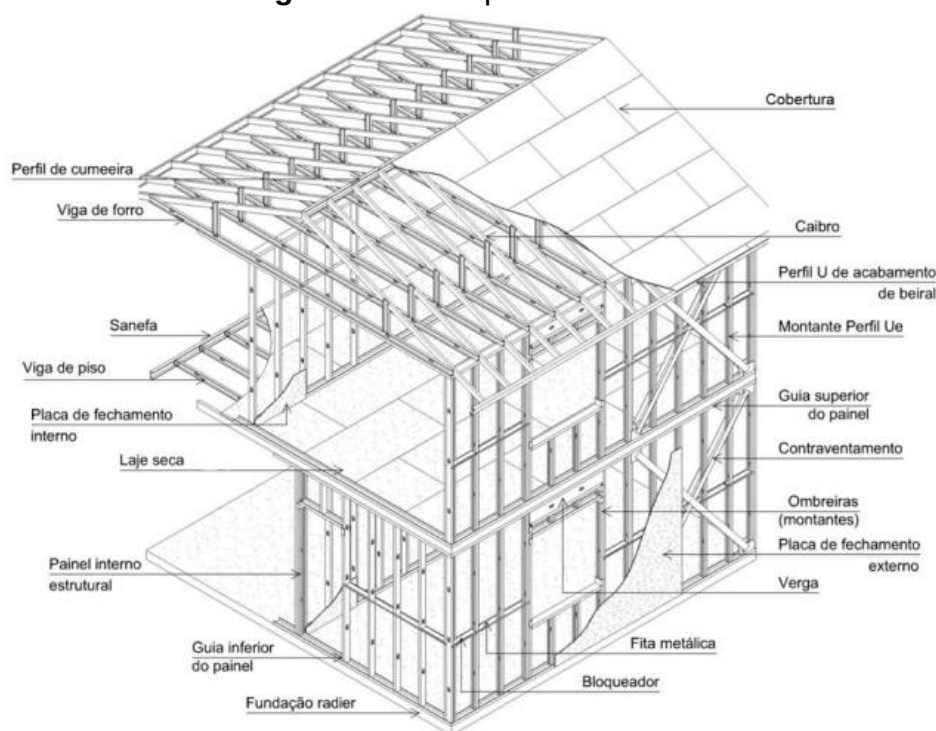
6.2 ETAPAS CONSTRUTIVAS DO *LIGHT STEEL FRAME*

O sistema construtivo *Light Steel Frame* não se restringe unicamente à sua estrutura metálica. Trata-se de um sistema integrado, composto por diversos subsistemas, tais como fundações, elementos de isolamento térmico e acústico, fechamentos internos e externos, bem como as instalações elétricas e hidrossanitárias. (*Consul Steel*, 2002)

Para assegurar o desempenho técnico e funcional da edificação, é imprescindível que todos esses subsistemas estejam corretamente interligados e compatibilizados. Em virtude dessa necessidade de integração, a norma brasileira ABNT NBR 16970:2022, voltada especificamente para construções em *Light Steel Frame*, contempla uma seção dedicada exclusivamente às interfaces entre os subsistemas.

A Figura 25 foi extraída da norma ABNT NBR 16970 - Parte 1 (2022), ela ilustra os principais componentes que compõem o sistema *Light Steel Frame*, evidenciando a importância da articulação entre os elementos que o integram para o sucesso do processo construtivo.

Figura 25 - Componentes do LSF



Fonte: ABNT NBR 16970 – Parte 1 (2022)

6.2.1 Execução das Fundações

Santiago *et. al* (2012) afirmam que devido à sua leveza, a estrutura do sistema *Light Steel Frame*, bem como seus componentes de fechamento, exerce uma carga significativamente menor sobre a fundação em comparação aos sistemas construtivos convencionais, por distribuir as cargas de forma uniforme ao longo dos painéis estruturais, o sistema exige que a fundação seja contínua, de modo a apoiar adequadamente os painéis em toda a sua extensão, os autores destacam que o *radier* e a sapata corrida são as melhores opções de fundação para o sistema *Light Steel Frame*.

6.2.1.1 Radier

Segundo Brasilit (2014), a fundação do tipo laje radier é o principal tipo de fundação para o sistema construtivo *Light Steel Frame*.

O radier é um tipo de fundação rasa que transmite as cargas da edificação ao solo de forma distribuída e uniforme, por meio de uma laje contínua em concreto armado ou protendido (Figura 26). Trata-se da solução mais amplamente empregada em construções com o sistema *Light Steel Frame*, especialmente em residências térreas, devido à sua compatibilidade com as cargas leves do sistema. Além de possuir boa capacidade estrutural, a laje radier é facilmente executável e, também, pode dispensar o uso de contrapiso posteriormente (Christofari, 2022).

Figura 26 - Fundação em laje radier com calçada em seu perímetro



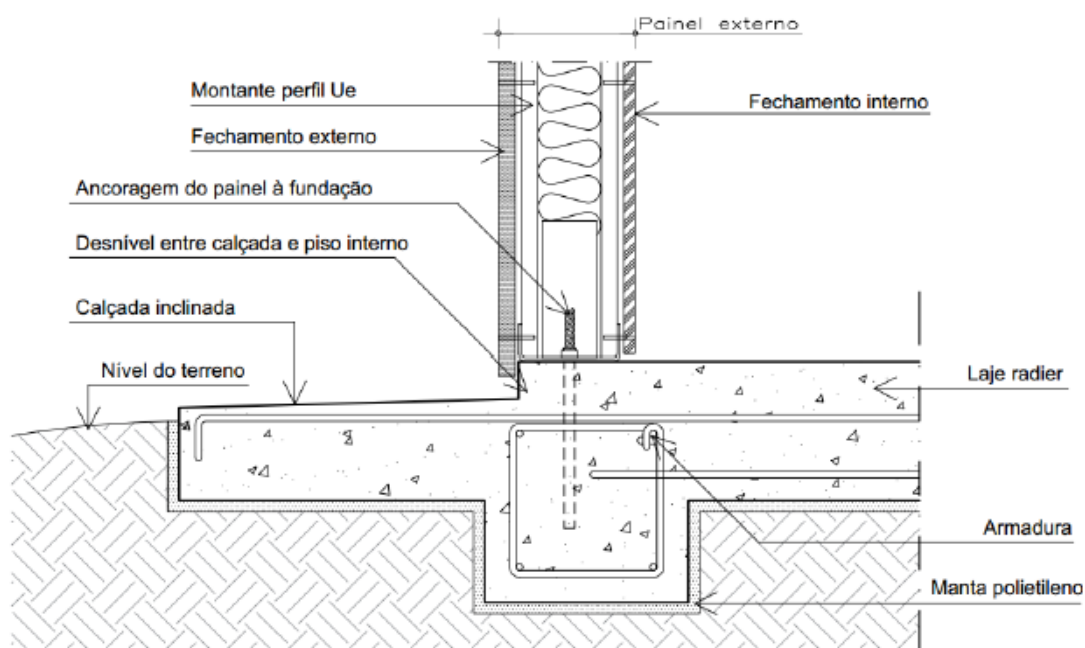
Fonte: Terni et al., 2008

Esse tipo de fundação requer atenção especial ao planejamento das instalações, uma vez que os sistemas hidráulico, elétrico, de esgoto, de gás e de telecomunicações devem estar totalmente posicionados e instalados antes da concretagem da laje. Tal cuidado é fundamental para evitar interferências futuras e garantir o bom desempenho do sistema construtivo como um todo.

Alguns cuidados devem ser mantidos durante sua execução, a fim de evitar a umidade do solo ou infiltração de água na construção, prever o nível do contrapiso a no mínimo 15 cm de altura do solo; que se utilize uma camada drenante de brita abaixo

da laje; e que, antes de concretada, seja colocada uma camada de lona preta. Nas calçadas ao redor da construção, garagens e terraços, possibilitar o escoamento da água através de uma inclinação de pelo menos 5%, afim de evitar a entrada de água na edificação de acordo com a Figura 27. (Center Steel, 2022)

Figura 27 - Detalhe desnível entre calçada e piso interno da fundação



Fonte:

Santiago et al., 2012

6.2.1.2 Sapata Corrida

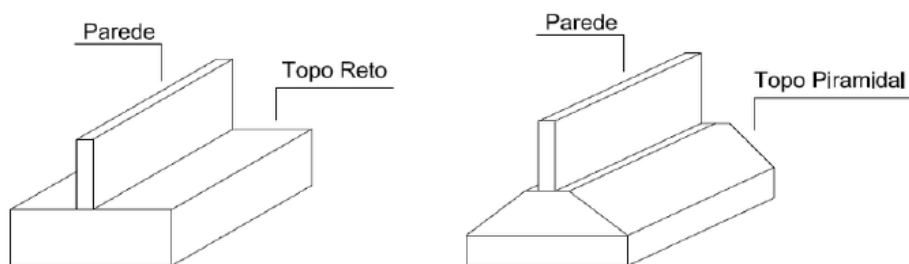
Segundo Prudêncio (2014), a sapata corrida é um tipo de fundação superficial utilizada em edificações cujas cargas são distribuídas de forma linear ao longo da base (Figura 28). Trata-se de uma viga contínua de concreto armado, com topo plano ou em forma piramidal, assentada diretamente sobre o solo (Figura 29). Esse tipo de fundação é projetado de modo que os esforços de tração sejam suportados pelas armaduras, uma vez que o concreto não possui resistência significativa à tração.

Figura 28 - Fundação com sapatas corridas em execução



Fonte: Terni et al. (2008)

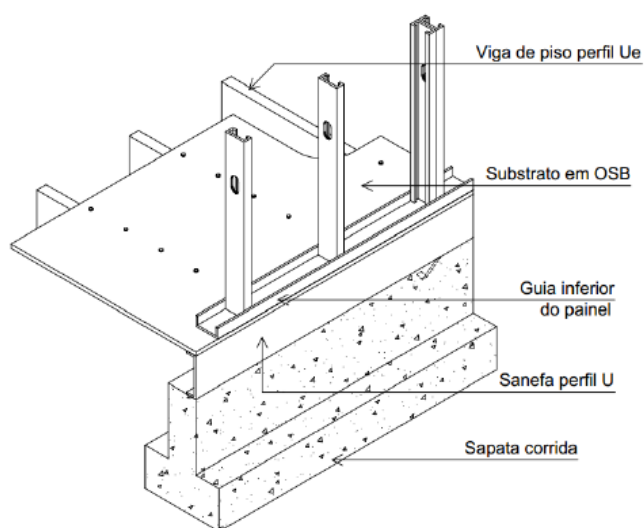
Figura 29 - Perspectiva sapata corrida



Fonte: Azevedo (2018)

Pode-se, ainda, utilizar uma laje seca em LSF apoiada sobre as sapatas ou vigas baldrame para execução do piso do pavimento térreo (Figura 30).

Figura 30 - Fundação em sapata corrida com laje seca em LSF

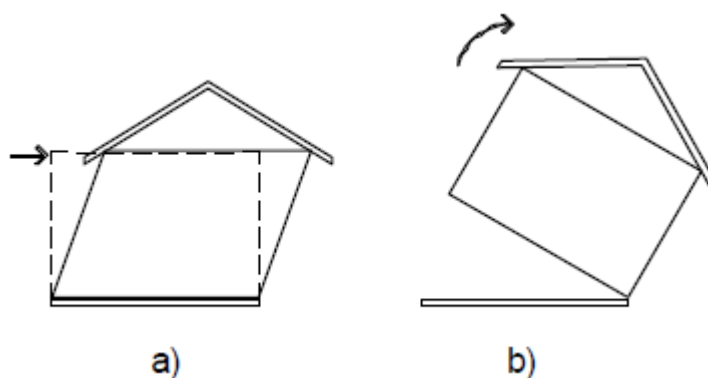


Fonte: Santiago et al. (2012)

6.2.2 FIXAÇÃO DOS PAINÉIS

De acordo com Scharff (1996), para garantir a estabilidade da edificação frente às ações do vento, é fundamental que a fundação esteja firmemente ancorada à superestrutura. Essa ancoragem tem como principal objetivo impedir deslocamentos estruturais, que podem ocorrer sob a forma de tombamento ou translação (Figura 31). O tombamento refere-se ao movimento de rotação da estrutura, geralmente causado por forças desiguais atuando em lados opostos da edificação, resultantes da variação na direção e intensidade dos ventos. Já a translação consiste no deslocamento lateral da edificação como um todo, provocado pela ação contínua do vento em uma única direção.

Figura 31 - Efeitos de vento na estrutura: a) translação; b) tombamento



Fonte: Freitas *et al.* (2012)

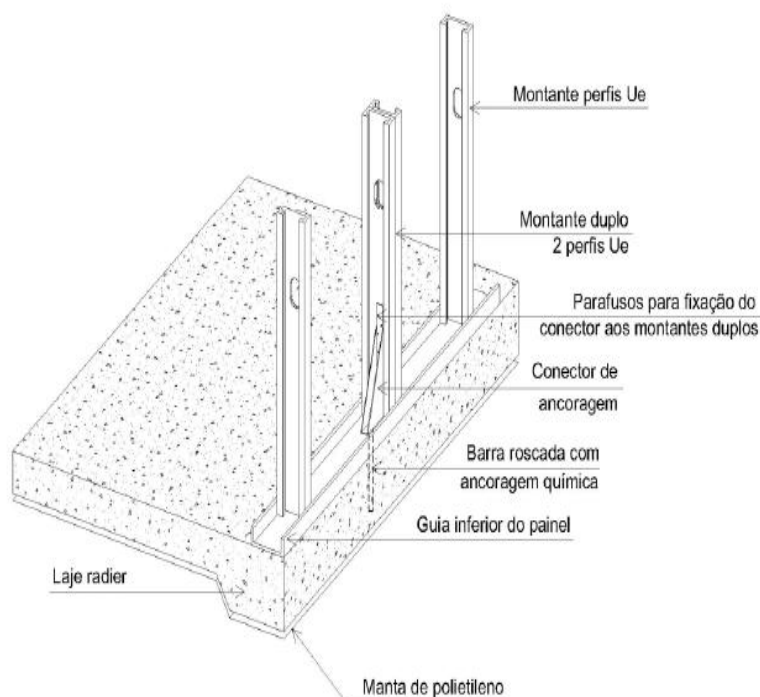
A escolha do sistema de ancoragem mais eficiente está diretamente relacionada ao tipo de fundação adotado e às solicitações estruturais resultantes das cargas permanentes e variáveis, das condições climáticas e, em algumas regiões, da possibilidade de abalos sísmicos (Consul Steel, 2002). O tipo de ancoragem, bem como suas dimensões e espaçamentos, deve ser definido com base no cálculo estrutural, considerando os esforços atuantes na interface entre a fundação e os painéis estruturais do sistema *Light Steel Frame*.

As ancoragens mais utilizadas para fixação de painéis em *Light Steel Frame* são: ancoragem química com barra rosca, ancoragem com fita metálica, ancoragem com chumbadores e ancoragem provisória. (Crasto 2005; Freitas; Crasto, 2006; Vivan, 2011.)

a) Ancoragem química com barra roscada

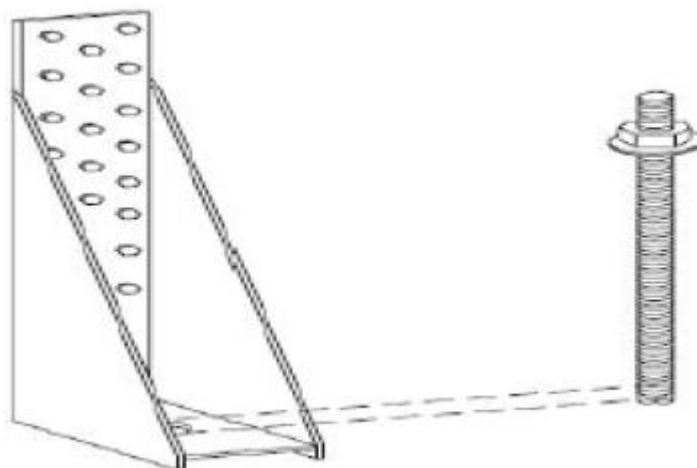
A ancoragem química com barra roscada é executada após a concretagem da fundação. Consiste na inserção de uma barra roscada, acompanhada de arruela e porca, em um furo previamente realizado no concreto já curado. Esse furo é então preenchido com uma resina química (geralmente à base de epóxi ou poliéster), que proporciona uma adesão eficaz entre o aço e o concreto, formando uma interface resistente e confiável. A fixação à estrutura ocorre por meio de uma peça metálica conectada à barra roscada e à guia inferior, que, por sua vez, é aparafusada ao montante, geralmente duplo (Figura 32 e 33). Esse sistema garante boa resistência e confiabilidade na ligação entre a fundação e os elementos estruturais do sistema. (Santiago, *et al.* 2012)

Figura 32 - Esquema geral de ancoragem química com barra roscada



Fonte: Santiago, et al. 2012

Figura 33 - Detalhe do conector de ancoragem e barra roscada utilizados

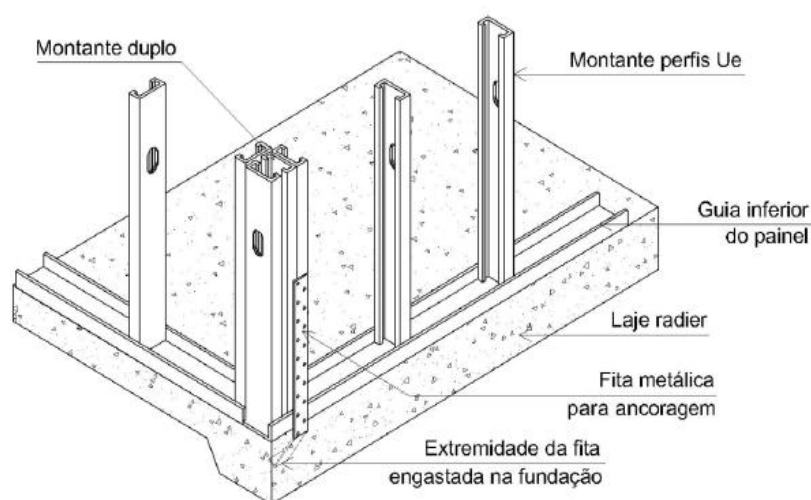


Fonte: Vivan (2011)

b) Ancoragem com fita metálica

São utilizadas tiras ou fitas metálicas com a finalidade de promover a estabilidade dos painéis estruturais, formando ligações que contribuem para a rigidez global da estrutura. Uma das extremidades da fita é engastada na fundação, sendo, portanto, necessário que sua posição seja definida e instalada antes da concretagem. A outra extremidade é parafusada ao montante metálico da estrutura, garantindo a fixação e a transferência dos esforços entre a fundação e os elementos verticais do sistema (Figura 34). (Crasto 2005; Freitas; Crasto, 2006; Vivan, 2011)

Figura 34 - Ancoragem com fita metálica



Fonte: Freitas e Crasto, 2006

c) Ancoragem com chumbadores

Trata-se de um tipo de ancoragem executado após a concretagem da fundação. Seu funcionamento é semelhante ao da ancoragem química, porém utiliza chumbadores mecânicos (Figura 35), como a barra roscada metálica que é inserida em um furo na base de concreto e conectada diretamente ao montante metálico da estrutura. Entre as opções mais comuns está o uso de chumbadores do tipo expansível, que possuem uma camisa metálica externa. Ao ser apertada, essa camisa se expande contra as paredes do furo no concreto, promovendo adesão por atrito mecânico e garantindo a fixação segura. Essa técnica dispensa o uso de resinas e é amplamente utilizada por sua rapidez de instalação e possibilidade de aplicação em fundações já finalizadas. (Crasto 2005; Freitas; Crasto, 2006; Vivan, 2011)

Figura 35 - Bolt com camisa de expansão



Fonte: Fischer (2010)

d) Ancoragem provisória

A ancoragem provisória é feita por meio de um sistema que fixa pinos acionado à pólvora, sendo aplicada após a concretagem da fundação. Essa fixação é utilizada para manter o prumo dos painéis enquanto são montados e conectados, até que as ancoragens definitivas estejam concluídas. Utiliza-se nesse sistema uma pistola de fixação (Figura 36), que dispara pinos metálicos nas bases destinadas ao engastamento temporário dos perfis. (Crasto 2005; Freitas; Crasto, 2006; Vivan, 2011)

Figura 36 - Pistola para fixação a pólvora



Fonte: Fischer (2010)

6.2.3 PAINÉIS

O *Light Steel Frame* é um sistema construtivo no qual, predominantemente, as paredes funcionam como elementos estruturais, estando sujeitas tanto às cargas horizontais, como as provocadas pela ação do vento, quanto às cargas verticais, oriundas da cobertura, de lajes e de outras paredes.

Dessa forma, a montagem correta dos painéis que compõem essas paredes é essencial para que os mesmos sejam capazes de resistir aos esforços atuantes e

garantir a adequada transmissão dessas cargas entre os perfis estruturais, assegurando a estabilidade e o desempenho do sistema.

6.2.3.1 Painéis estruturais

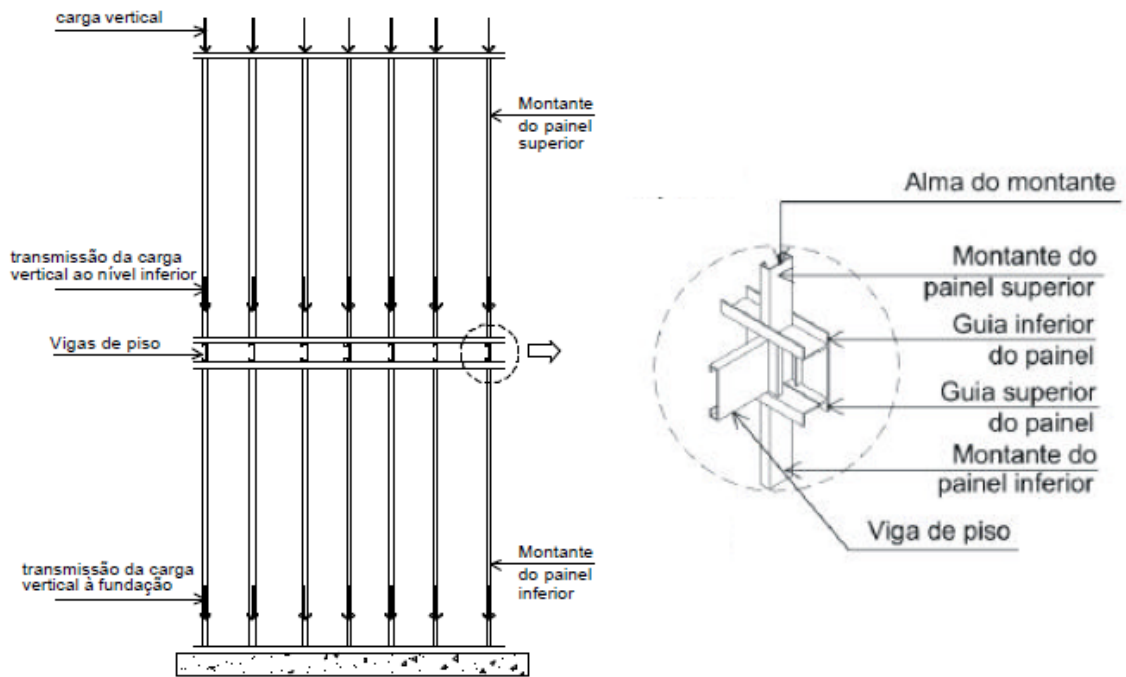
Os painéis estruturais ou autoportantes segundo Santiago et al. (2012), tem a função de absorver, esforços horizontais provenientes de vento ou de abalos sísmicos, quanto as cargas verticais, provenientes de pisos, lajes, telhados e transmiti-los através dos montantes à fundação. As cargas verticais incluem o peso próprio da estrutura, os elementos construtivos agregados e as sobrecargas de utilização, como a movimentação de pessoas, presença de mobiliário, equipamentos e acúmulo de água pluvial. Assim, os painéis devem ser projetados e executados de forma a absorver e transferir eficientemente essas solicitações para a fundação, assegurando o desempenho estrutural da edificação.

De acordo com Crasto (2005), os painéis são formados por um conjunto de elementos verticais, com seção transversal do tipo "Ue", denominados montantes, e por elementos horizontais, com seção do tipo "U", chamados de guias.

De modo geral, os montantes têm a função de transferir as cargas verticais por meio do contato direto entre as almas dos perfis, mantendo o alinhamento das seções entre os diferentes níveis da estrutura. Esse princípio dá origem ao conceito de estrutura alinhada, no qual os montantes de um pavimento coincidem verticalmente com os montantes dos pavimentos inferiores e superiores. (Santiago et. al, 2012)

A Figura 37 ilustra a distribuição das cargas verticais nos painéis e destaca o alinhamento entre os seus elementos estruturais.

Figura 37 - Transmissão da carga vertical à fundação



Fonte: Crasto (2005)

O espaçamento entre os montantes, ou sua modulação, é definida em projeto em função de demandas estruturais (capacidade dos perfis de resistir às cargas existentes) ou construtivas (espaçamento máximo suportado por placas de revestimento). As modulações usuais nos painéis de LSF são de 400 mm ou 600 mm. A modulação pode chegar a 200 mm quando ocorre dos painéis suportarem grandes cargas como as de caixas d'água (Figura 38). (CBCA, 2024)

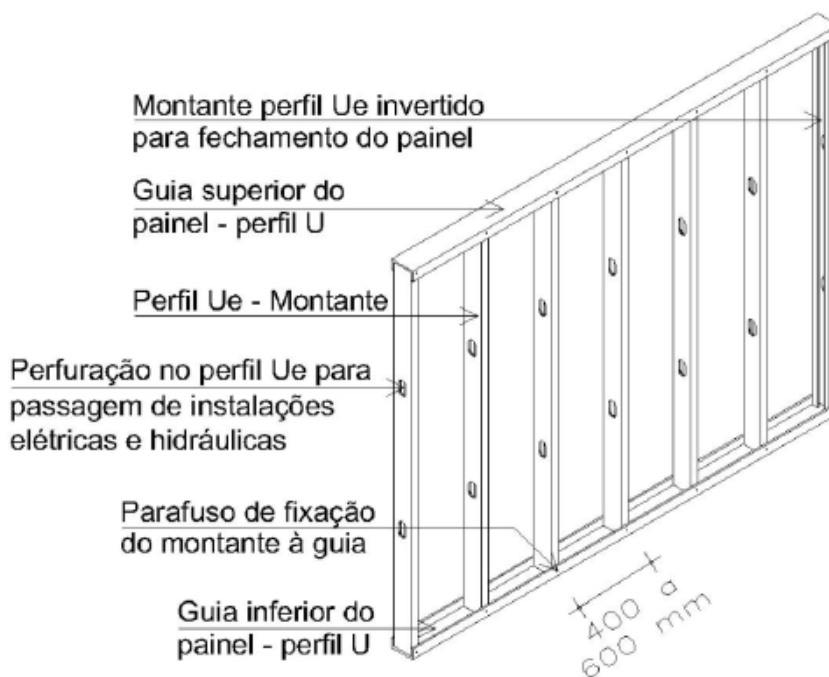
Figura 38 - Paineis cuja modulação é de 200mm devido à carga de caixa d'água



Fonte: Crasto (2005)

Para montagem dos painéis, os montantes são unidos em suas extremidades superior e inferior pelas guias, com objetivo de construir um quadro estrutural. O comprimento das guias define a largura do painel e o comprimento dos montantes, sua altura (Figura 39). (CBCA, 2024)

Figura 39 - Painel típico em LSF



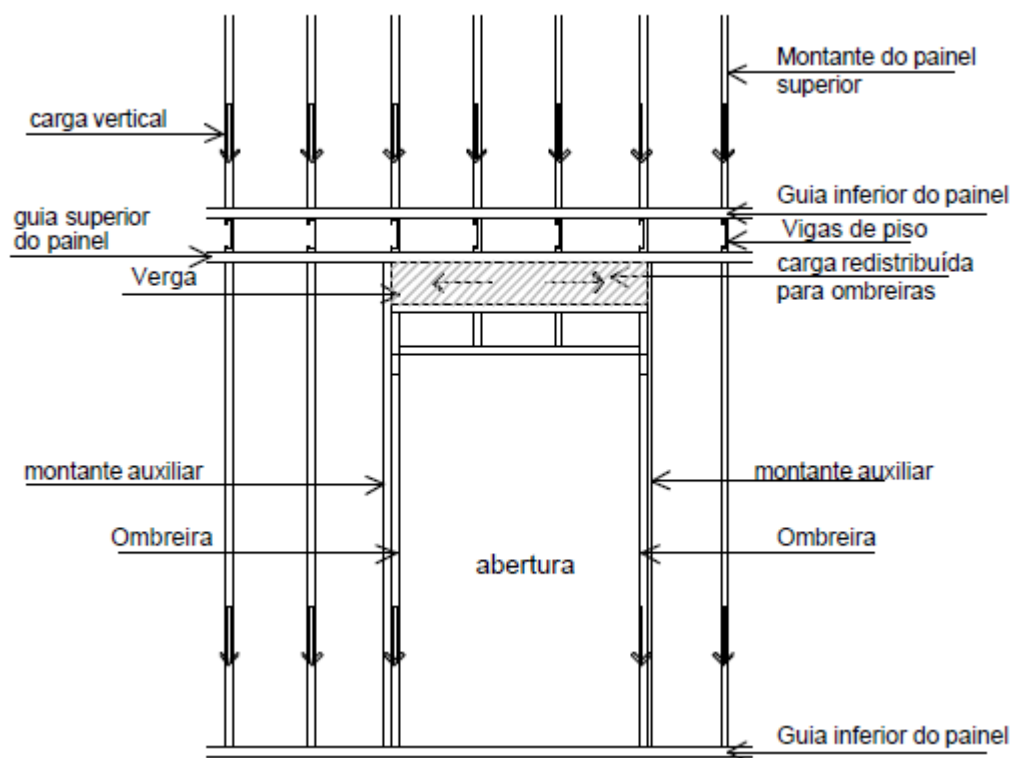
Fonte: Crasto (2005)

6.2.3.1.1 Aberturas de vãos em um painel estrutural

As aberturas para portas e janelas em painéis estruturais exigem a utilização de elementos estruturais adicionais, como as vergas, cuja função é redistribuir as cargas verticais que seriam suportadas pelos montantes interrompidos. Essas cargas são transferidas para os montantes laterais à abertura, denominados ombreiras, que passam a receber e conduzir os esforços até a fundação. (Santiago et. al, 2012)

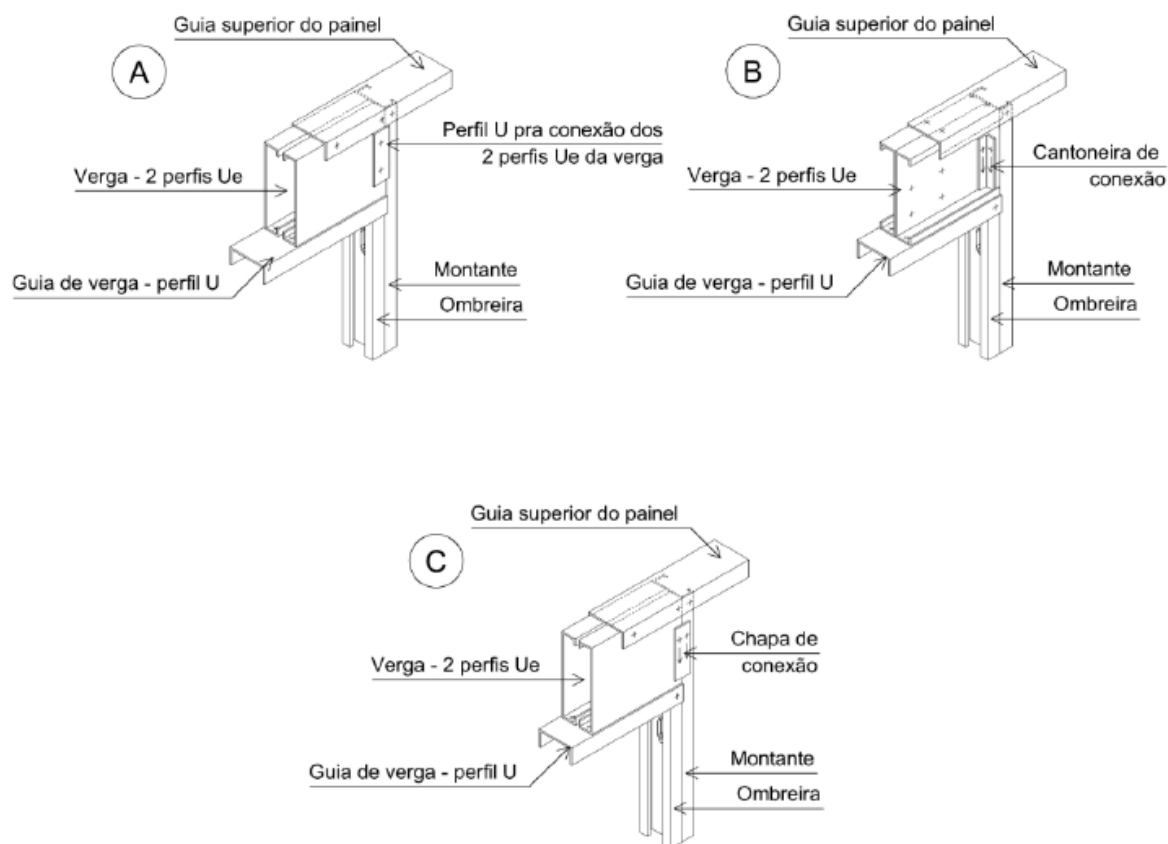
A Figura 40 apresenta a configuração desses elementos no painel, bem como a forma de distribuição das cargas ao redor da abertura.

Figura 40 - Distribuição dos esforços através da verga para ombreiras



Fonte: Crasto (2005)

As vergas podem ter várias composições dependendo do método de montagem e fabricação dos perfis (Figura 41), porém, de modo geral, é composta por dois perfis Ue conectados entre si por meio de uma peça metálica aparafusada em cada extremidade — normalmente um perfil do tipo U, cuja altura corresponde à altura total da verga subtraída da aba da guia superior do painel. Além disso, uma peça denominada guia da verga é fixada às mesas inferiores dos dois perfis Ue, contribuindo para a estabilidade do conjunto. Essa guia também é conectada às ombreiras, com o objetivo de impedir a rotação da verga e garantir o correto funcionamento estrutural da abertura. Por fim, sobre a guia da verga são fixados os chamados montantes de composição (cripples), que não têm função estrutural, mas são essenciais para permitir a fixação das placas de fechamento entre a verga e a parte superior da abertura. (Crasto, 2005; *Santiago et. al*, 2012)

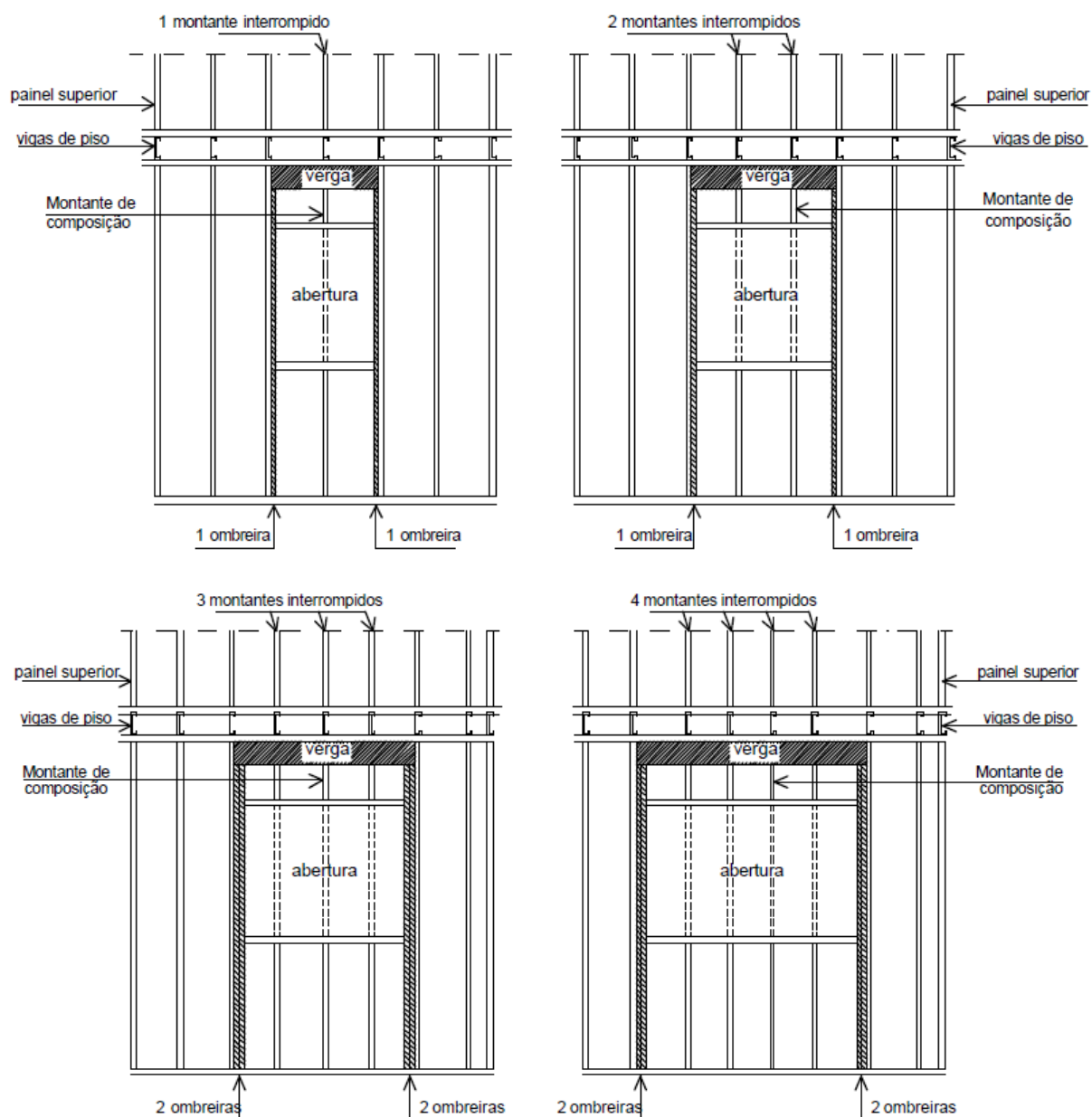
Figura 41 - Tipos de Vergas

Fonte: Crasto (2005)

As ombreiras são os elementos que suportam toda a carga absorvida pela verga e por isso devem ir desde a guia inferior do painel até a guia da verga (quando esta é de perfis horizontais) ou até o topo da treliça. A quantidade de perfis que compõem cada ombreira, podendo ser simples ou duplos (em forma de caixa), é definida com base no dimensionamento estrutural, levando em consideração os esforços atuantes. (CBCA, 2024)

Segundo *ConsulSteel* (2002), uma forma prática de estimar o número de perfis necessários em cada ombreira é dividir o número de montantes interrompidos pela verga por dois, arredondando para cima no caso de resultados fracionários, conforme ilustra a Figura 42.

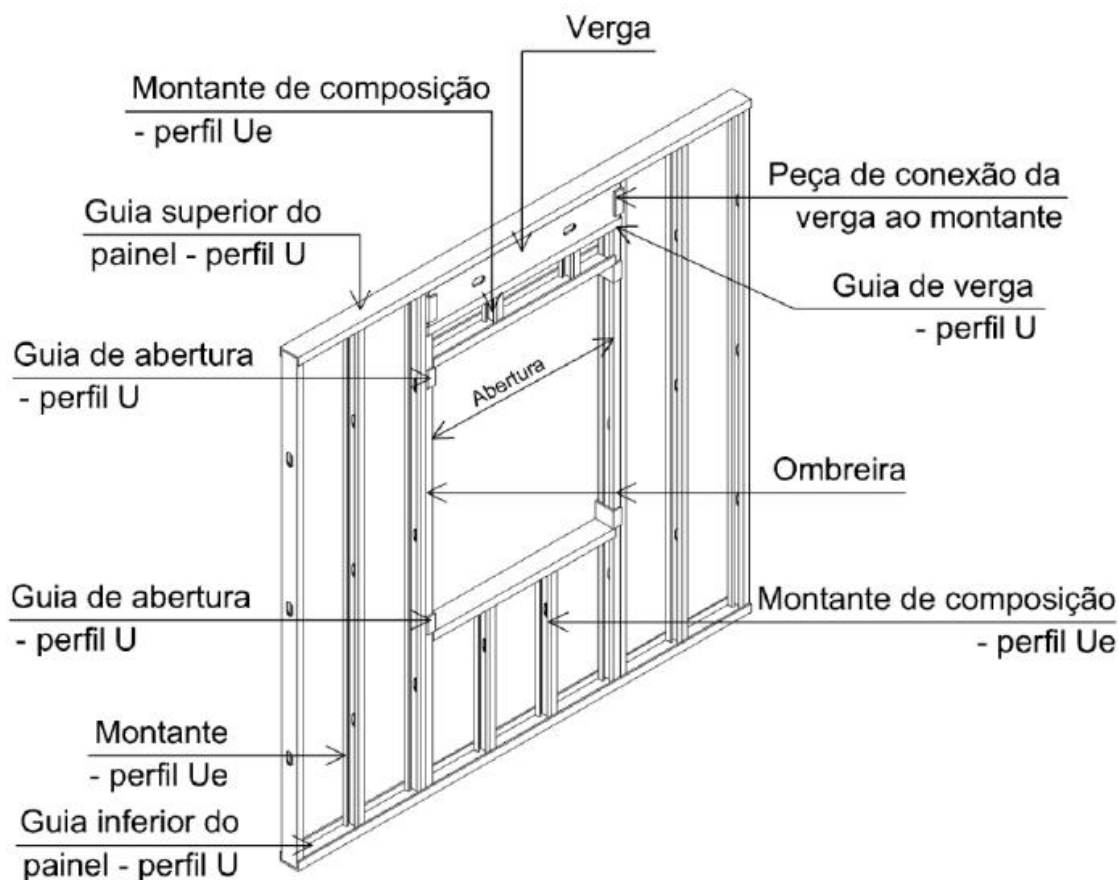
Figura 42 - Exemplos de composição de ombreiras a partir do número de perfis interrompidos pela verga



Fonte: Crasto (2005)

A Figura 43 apresenta um esquema ilustrativo de um painel estrutural com abertura para janela, no qual é possível observar a disposição e a função dos principais componentes que compõem esse tipo de elemento, como montantes, guias, ombreiras, vergas, montantes de composição.

Figura 43 - Desenho esquemático de painel estrutural com abertura



Fonte: Crasto (2005)

6.2.3.1.2 Estabilização da estrutura

Os montantes e guias que compõem os painéis do sistema em LSF, não possuem capacidade suficiente para resistir aos esforços horizontais que atuam sobre a estrutura sozinhos, como aqueles provenientes da ação do vento. Esses esforços podem comprometer a estabilidade global da edificação, ocasionando deformações excessivas e até mesmo o colapso estrutural.

Segundo Castro (2005), para garantir o desempenho adequado frente a essas solicitações, é necessário incorporar ao sistema elementos adicionais de rigidez, capazes de absorver e transferir os esforços horizontais até a fundação. Essa função é desempenhada pelos contraventamentos, que podem ser executados por meio de fitas metálicas diagonais, perfis Ue dispostos em diagonal, ou também pelo uso de placas de fechamento com propriedades estruturais, como o OSB (Oriented Strand Board), com propriedades específicas para esse fim.

O método mais simples e comum de estabilização para montagens de painéis com perfis U e Ue é o emprego de fitas de aço galvanizadas, instaladas em forma de “X” nas faces dos painéis, cuja largura, espessura e localização é determinada pelo projeto estrutural (Figura 44). (CBCA, 2024).

Figura 44 - Painel com contraventamento em “X”

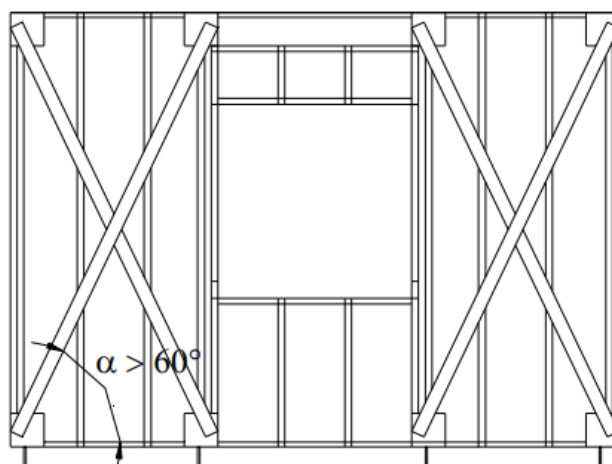


Fonte: Crasto (2005)

As fitas metálicas são dimensionadas para trabalhar a tração e suas seções devem ser avaliadas no cálculo estrutural. Usualmente estas fitas possuem largura mínima de 90 mm e 0,95 mm de espessura. Deve-se dar atenção especial à quantidade de parafusos necessários para a fixação da fita nos painéis, de forma a transferir corretamente os carregamentos. (CBCA, 2024)

A figura 45 apresenta o ângulo em que a fita é instalada influencia a capacidade do contraventamento de resistir aos carregamentos horizontais. Para ângulos menores que 30°, a diagonal perde sua eficiência em evitar as deformações. Para melhor desempenho do sistema, recomenda-se que a inclinação das diagonais tenha ângulo α com a superfície horizontal entre 30° e 60°. (Castro, 2005)

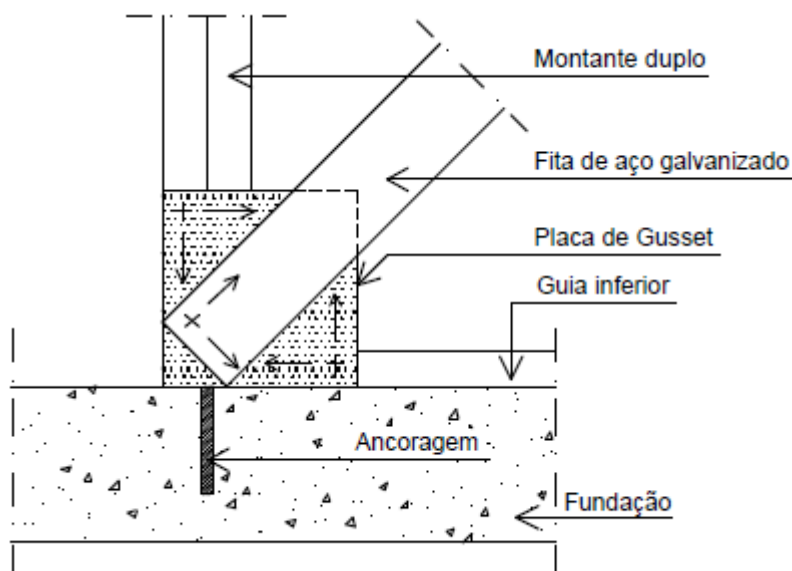
Figura 45 - Ângulo do contraventamento em fita com a superfície horizontal



Fonte: Consul Steel (2002)

A fixação da fita metálica utilizada como elemento de contraventamento nos painéis de LSF é realizada por meio de uma chapa de aço galvanizado, denominada placa de Gusset, que é aparafusada em montantes duplos, conforme ilustrado na Figura 46 e 47.

Figura 46 - Fixação das diagonais nos painéis por placa de Gusset



Fonte: Crasto (2005)

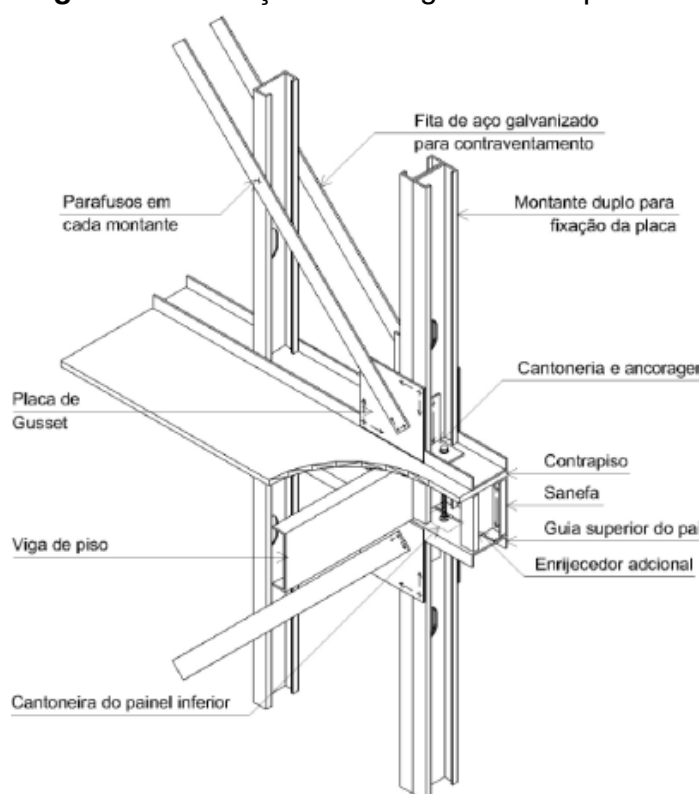
Figura 47 - Fixação das fitas metálicas aos painéis



Fonte: Acervo Rosane Bevilaqua

No pavimento térreo, a região onde há montantes duplos coincidentes com a fita metálica deve contar com ancoragem adequada à fundação, garantindo a absorção eficiente dos esforços horizontais transmitidos pelo contraventamento. Nos painéis localizados em pavimentos superiores, também é indispensável que haja ancoragem nos montantes que recebem a fita metálica diagonal, pois os esforços são transmitidos verticalmente para o painel inferior (Figuras 48), o qual, por sua vez, deve estar igualmente ancorado e contraventado, assegurando a continuidade da transferência de cargas até a fundação (Santiago *et. al*, 2012).

Figura 48 - Fixação das diagonais nos painéis



Fonte: Santiago *et. al* (2012)

Durante a instalação das fitas metálicas de contraventamento, é fundamental que estas sejam adequadamente tensionadas, de forma a evitar folgas que possam comprometer sua eficiência na transmissão dos esforços horizontais. A ausência de tensão adequada pode permitir o deslocamento dos painéis aos quais estão fixadas, prejudicando a estabilidade estrutural do sistema (Garner, 1996).

Quando o uso do contraventamento em “X” não é viável, especialmente em projetos arquitetônicos que apresentam maior número de aberturas nas fachadas em relação às áreas de parede sólida, uma solução alternativa é a adoção do contraventamento em “K”. De acordo com Crasto (2005), esse sistema consiste na instalação de perfis do tipo Ue, dispostos de forma diagonal, fixados entre os montantes do painel (Figura 49). Essa configuração permite maior flexibilidade de distribuição das aberturas sem comprometer a rigidez lateral da estrutura, contribuindo para a estabilidade global frente aos esforços horizontais.

Figura 49 - Contraventamento em "K"



Fonte: Steel Construction Institute (2004)

6.2.3.1.3 Travamento horizontal

Com objetivo de aumentar a capacidade resistente do painel estrutural de LSF, utilizam-se travamentos horizontais, que podem ser compostos por fitas metálicas galvanizadas, perfis U ou Ue, instalados perpendicularmente aos montantes (Figura 50).

Figura 50 - Bloqueador e fita fixados ao painel para travamento horizontal



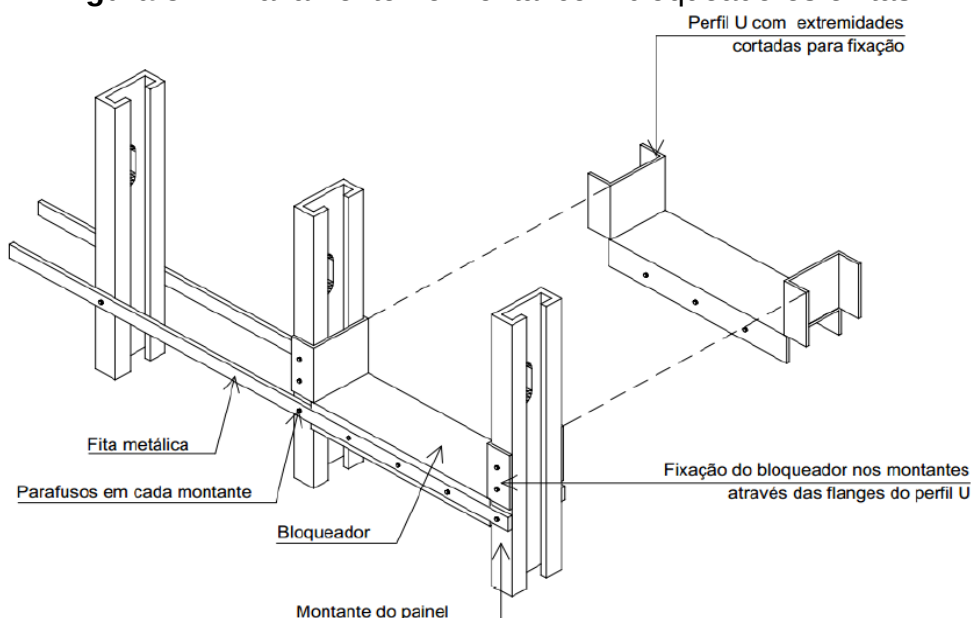
Fonte: Consul Steel (2002)

Este sistema tem como objetivo evitar a rotação dos montantes quando sujeitos a carregamentos normais de compressão, além de diminuir o comprimento

efetivo de flambagem global dos mesmos (Pereira, 2004). A quantidade de linhas de travamento deve ser determinada em cálculo estrutural, em função da carga a qual o perfil está sujeito e da altura do painel, sendo usual que a distância entre linhas de travamento para as extremidades do painel não seja maior que 1500 mm.

Para painéis montados a partir de perfis U e Ue, os travamentos são compostos por fitas metálicas galvanizadas e perfis U, denominados bloqueadores (Figura 51). As fitas, que possuem largura mínima de 38 mm e espessura não inferior a 0,80 mm, são instaladas nas duas faces do painel e fixadas a todos os montantes com parafusos. Quando em um dos lados do painel são utilizadas placas de revestimento de comprovado desempenho estrutural, pode-se instalar a fita de aço apenas do lado oposto às placas estruturais (Rodrigues, Caldas, 2016), solução que deve ser avaliada pelo projetista da estrutura. Os bloqueadores enrijecem o travamento horizontal proporcionado pelas fitas, conectando os montantes uns aos outros, e são compostos por perfis U ou Ue cortados de modo a encaixar no espaçamento entre dois montantes, sempre localizados nas extremidades do painel e a intervalos de até 3,60 m.

Figura 51 - Travamento horizontal com bloqueadores e fitas



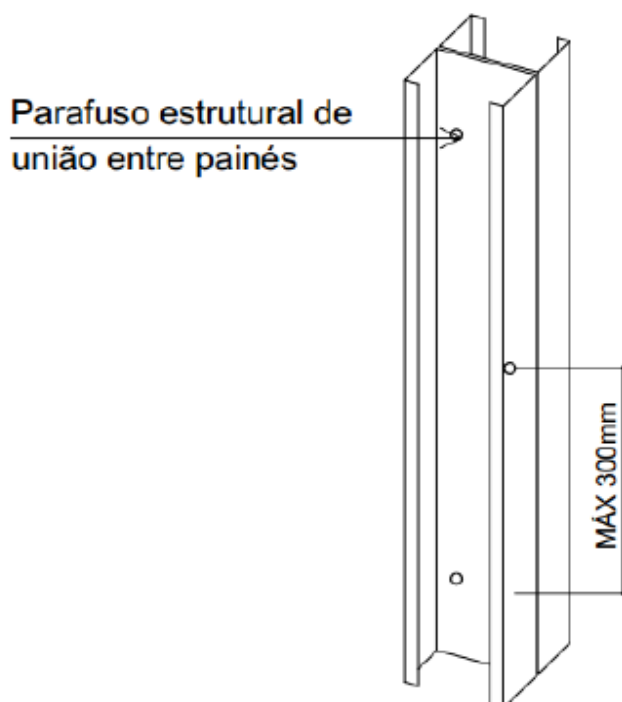
Fonte: Santiago et al. (2012)

6.2.3.1.4 Encontro de painéis

O encontro de painéis estruturais pode ser executado de diferentes formas, variando conforme o número de painéis a serem conectados e o ângulo formado entre eles. Independentemente da configuração adotada, é essencial que a rigidez do sistema estrutural seja assegurada, garantindo a resistência adequada aos esforços solicitantes, a otimização do uso de materiais e a viabilidade da fixação das placas de fechamento, tanto internas quanto externas (Crastró, 2005).

Para a fixação entre os painéis, são empregados parafusos estruturais sextavados com ponta broca, aplicados na interface entre os elementos estruturais. A figura 52 O espaçamento máximo recomendado para a instalação desses parafusos é de 300 mm (CBCA, 2024).

Figura 52 - Parafusos de união entre painéis



Fonte: CBCA (2024)

Em ambas as situações apresentadas nas figuras 53 e 54, a guia superior de um dos painéis que se encontram deve ser prolongada em 75 mm além do comprimento da parede. Esse prolongamento permite que a guia se sobreponha à guia superior do painel adjacente, proporcionando maior rigidez à união do conjunto.

Para viabilizar essa sobreposição, as mesas da extensão da guia devem ser cortadas e dobradas adequadamente, conforme ilustra a Figura 55. (GARNER, 1996).

Figura 53 - União de dois montantes pela alma. a) planta; b) perspectiva

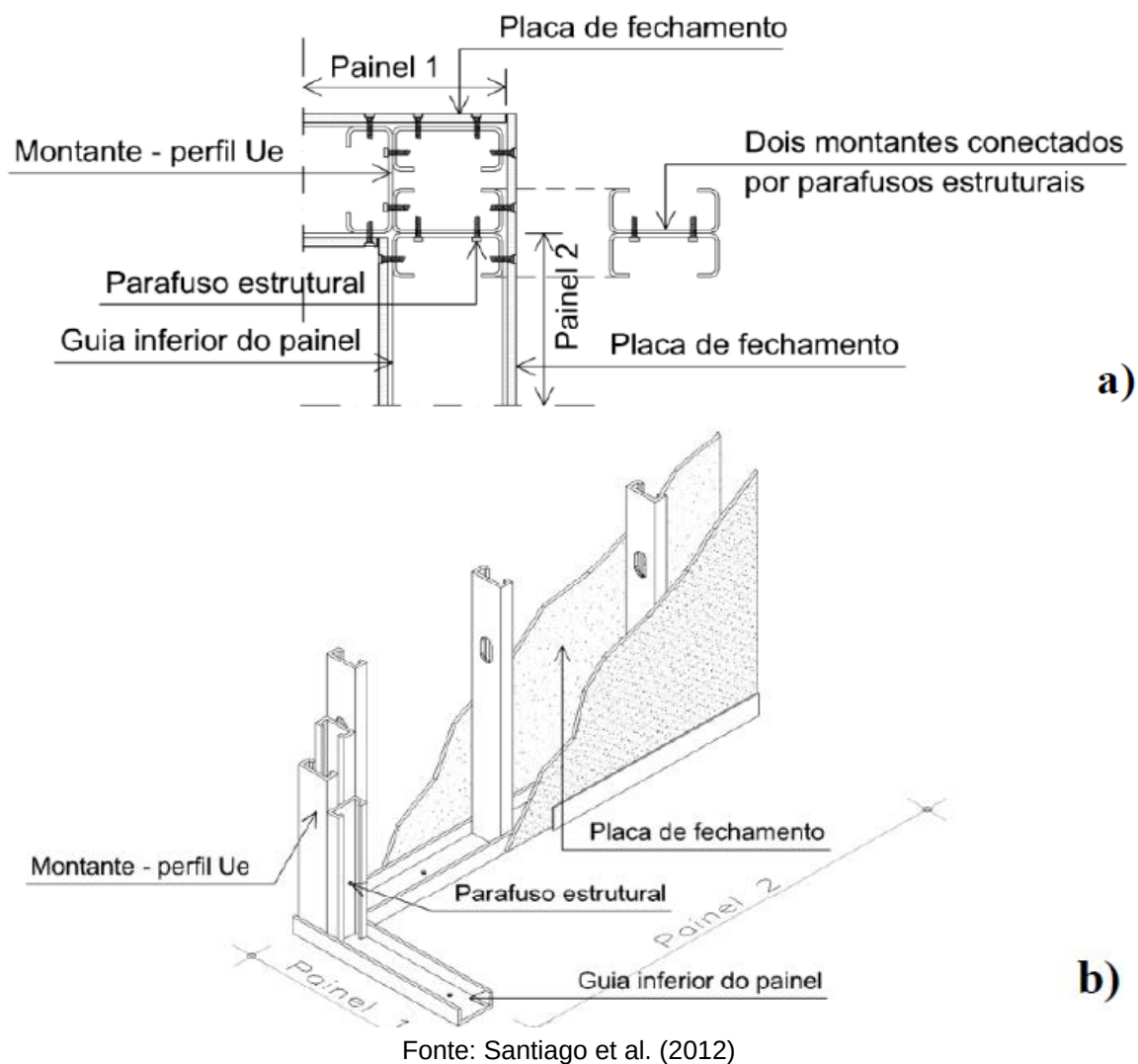
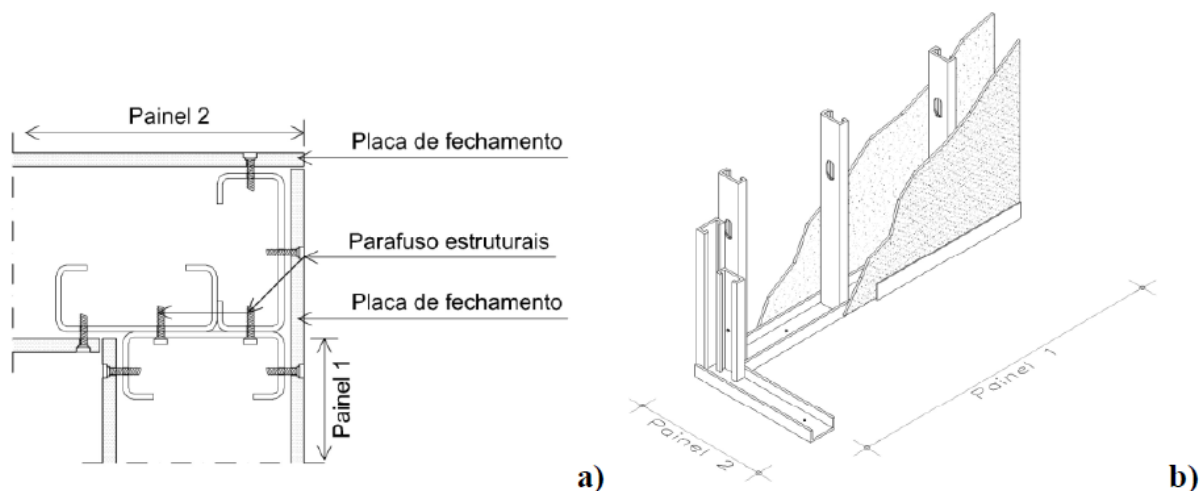
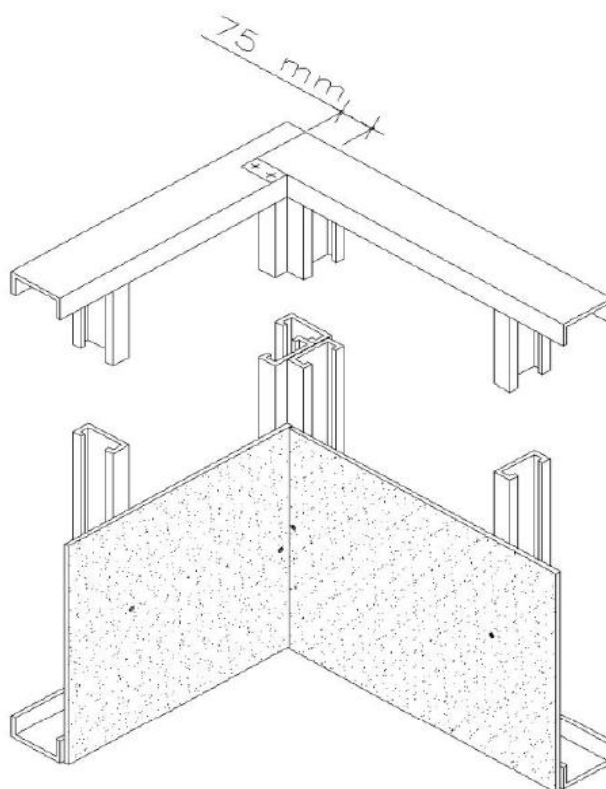


Figura 54 - União de três montantes: a) planta; b) perspectiva



Fonte: Santiago et al. (2012)

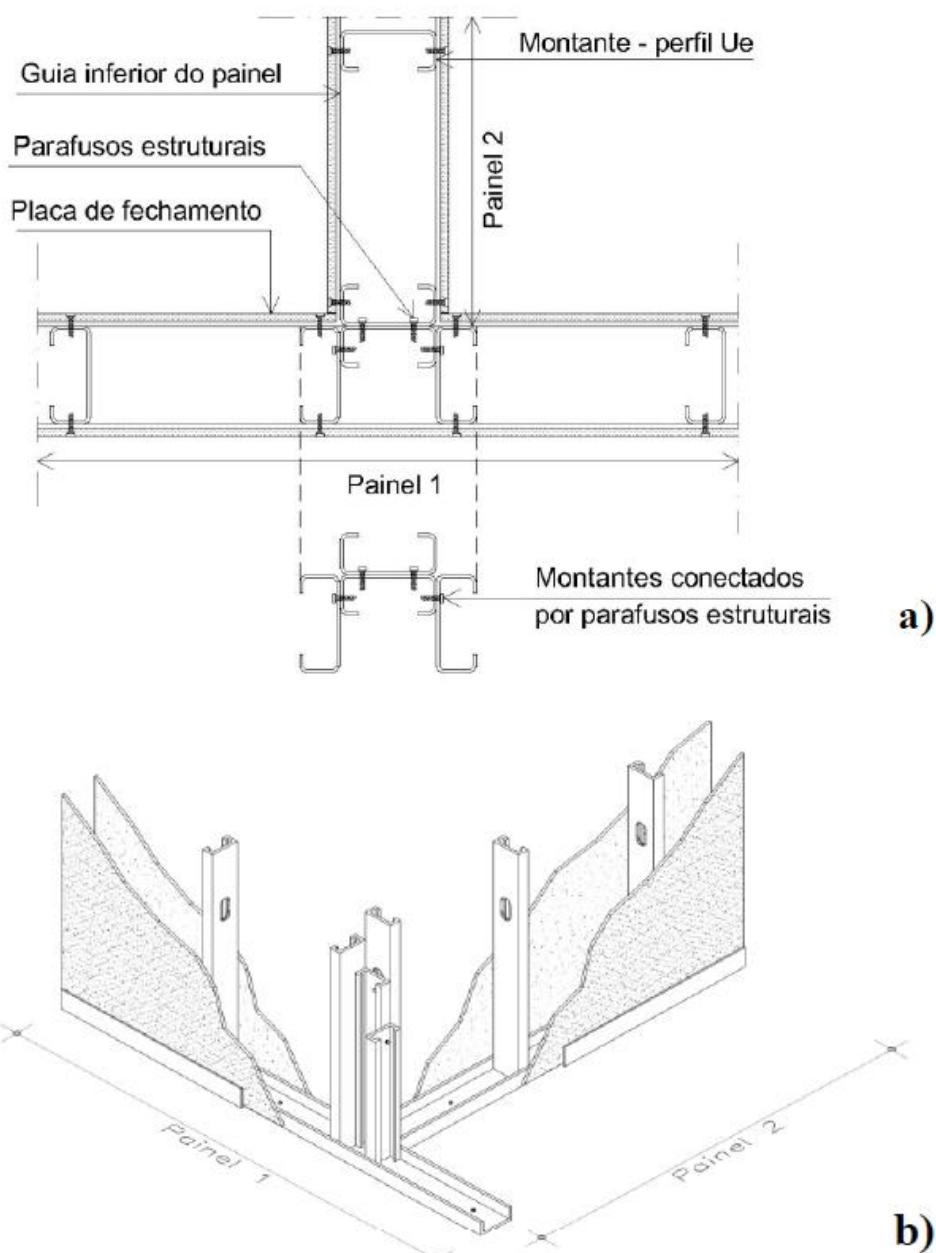
Figura 55 - Fixação de painéis de canto



Fonte: Santiago et al. (2012)

Quando a extremidade de um painel é conectada perpendicularmente a outro painel, gerando uma união em “T”. O painel 1, que recebe o painel perpendicular, deve ser contínuo sem emendas na guia superior ou inferior no local de união com o painel 2 (Figura 56).

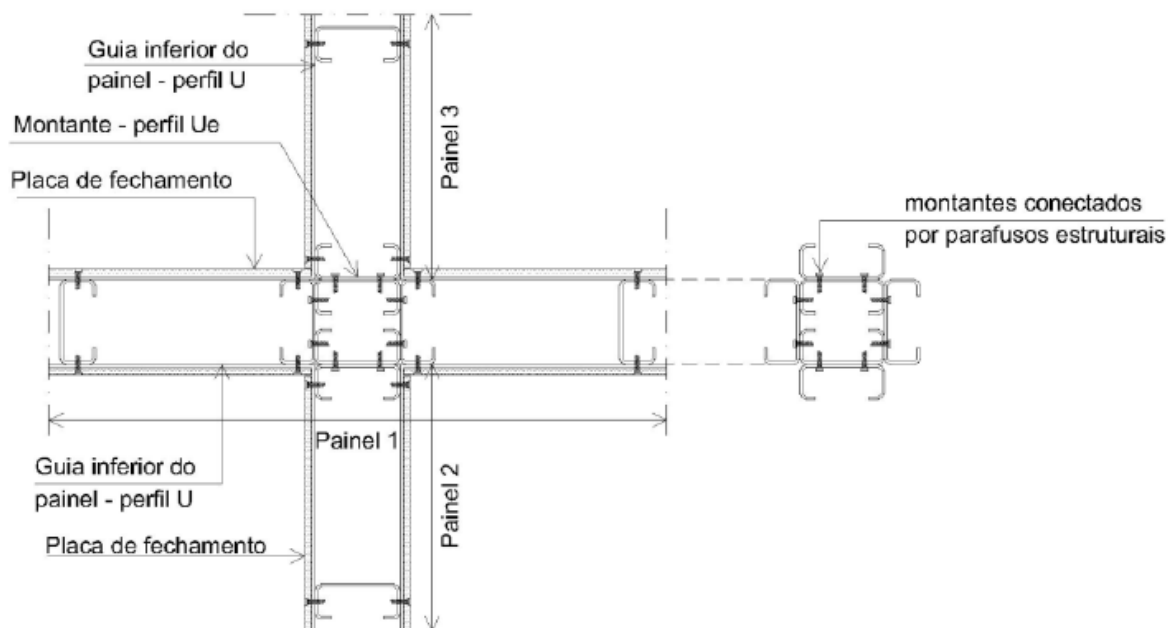
Figura 56 - Ligação de dois painéis formando um “T”: a) planta; b) perspectiva



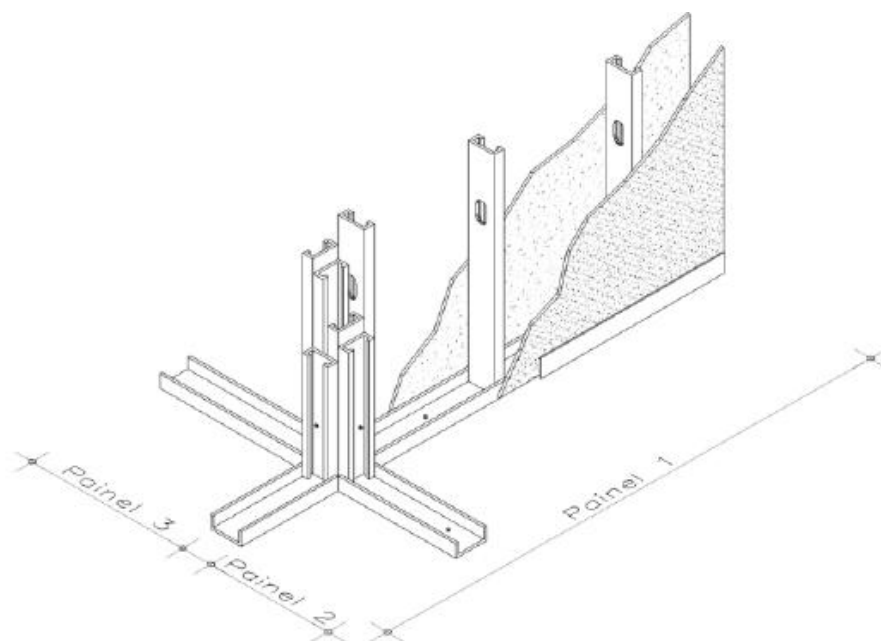
Fonte: Santiago et al. (2012)

A ligação entre três painéis ocorre quando as extremidades de dois painéis são conectadas perpendicularmente a um terceiro painel, formando uma união em cruz. Nessa configuração, o painel perpendicular deve ser contínuo, ou seja, não deve apresentar emendas nas guias superior e inferior no ponto de interseção com os demais painéis, a fim de garantir a integridade estrutural da conexão. A união pode ser realizada por meio da utilização de perfis Ue, fixados aos montantes dos dois painéis alinhados, conforme ilustrado na Figura 57.

Figura 57 - Encontro de três painéis: a) planta; b) perspectiva



a)



b)

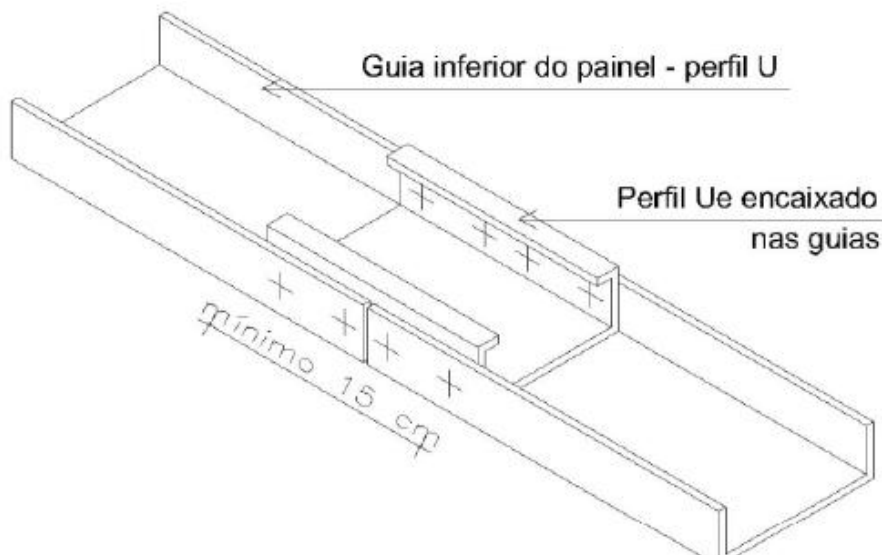
Fonte: Santiago et al. (2012)

6.2.3.1.5 Emenda de guia

Quando a guia não possuir comprimento suficiente para atender toda a extensão do painel, é possível realizar a sua emenda por meio da utilização de um perfil Ue. Esse perfil é inserido no interior das extremidades das guias a serem unidas e fixado por parafusos aplicados nas mesas laterais de ambas as guias, conforme ilustrado na Figura 58 (Crastos 2005). De acordo com Elhajj e Bielat (2000), o

comprimento mínimo do perfil Ue utilizado para a emenda deve ser de 15 cm, e a união deve ocorrer obrigatoriamente entre dois montantes, a fim de preservar a integridade estrutural do painel.

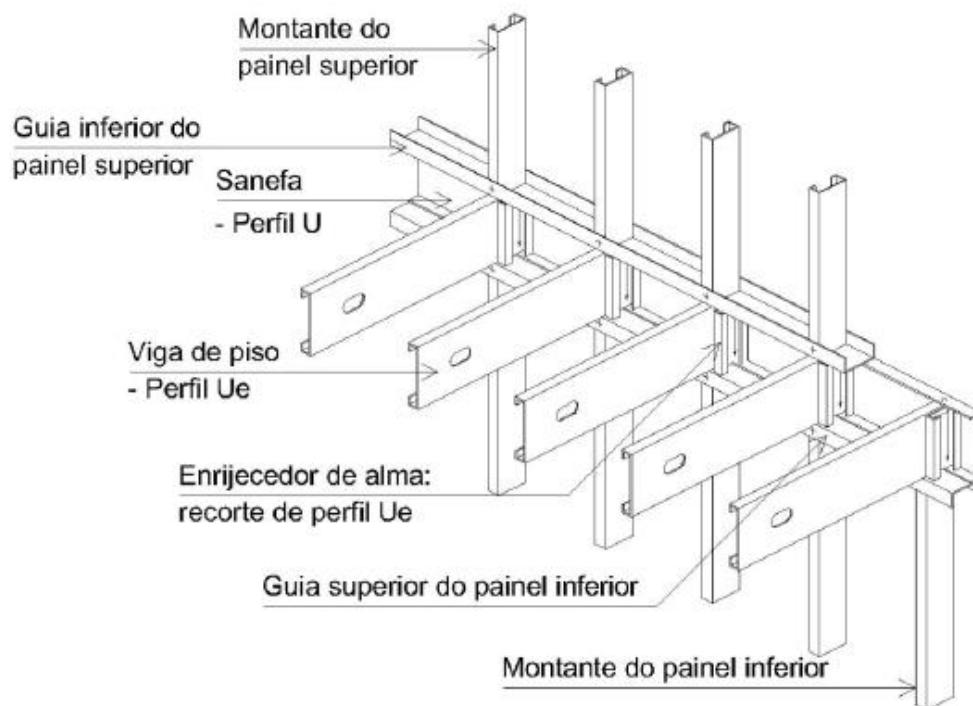
Figura 58 - Emenda de perfil guia



Fonte: Crasto (2005)

6.2.4 LAJES

Os perfis utilizados na composição das lajes no sistema *Light Steel Frame* são denominados vigas de piso e são formados por seções do tipo Ue. As mesas dessas vigas possuem as mesmas dimensões dos montantes utilizados nas paredes, enquanto a altura da alma varia de acordo com o vão a ser vencido e os carregamentos atuantes na estrutura. De modo geral, quanto maior o vão, maior será a seção necessária do elemento estrutural para garantir a resistência e a estabilidade da laje. Portanto, recomenda-se que as vigas de piso sejam dispostas de forma a minimizar a distância entre os apoios, o que permite o uso de seções mais esbeltas e economicamente mais viáveis (Figura 59 e 60) (CBCA, 2024).

Figura 59 - Estrutura de piso em LSF

Fonte: ABNT NBR 15253 (2014)

Figura 60 - Montagem de estrutura de laje em LSF

Fonte: Acervo IMG Montagens

As vigas de piso desempenham um papel fundamental no sistema, sendo responsáveis por transmitir as cargas atuantes, como o peso próprio da laje, o peso

de pessoas, mobiliário e equipamentos, para os painéis estruturais verticais. Além disso, essas vigas servem como base estrutural para a execução do contrapiso, garantindo o desempenho adequado do sistema de piso.

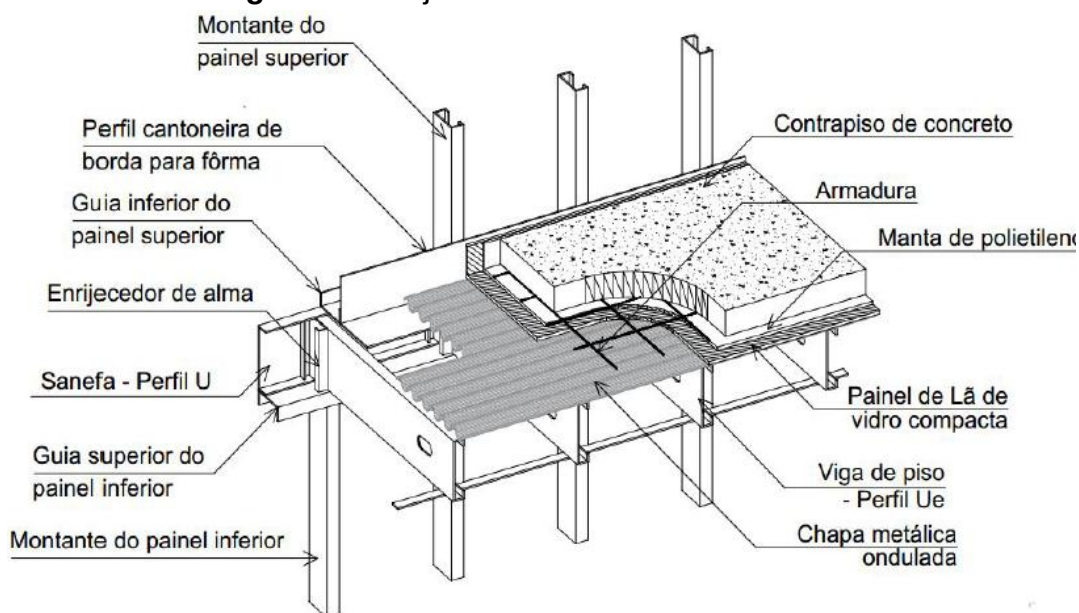
As cargas provenientes de divisórias internas não estruturais podem ser absorvidas por vigas de piso isoladas, devidamente dimensionadas conforme o cálculo estrutural, ou distribuídas pela estrutura do piso como um todo. No entanto, no caso de painéis estruturais, estes devem ser apoiados diretamente sobre outros painéis estruturais ou sobre vigas principais, assegurando a correta transmissão das cargas verticais de acordo com Grubb e Lawson (1997).

6.2.4.1 Tipos de laje

No LSF temos duas opções mais utilizadas para laje, a laje úmida e a laje seca.

6.2.4.1.1 Laje Úmida

A laje úmida é composta, essencialmente, por uma chapa metálica perfilada, que atua como forma colaborante para o concreto e é aparafusada às vigas de piso do sistema estrutural. Sobre essa chapa, executa-se uma camada de concreto simples, com espessura variando entre 4 e 6 cm, formando a base para o contrapiso (Figura 61). (Santiago *et. al*, 2012)

Figura 61 - Laje de LSF com substrato úmido

Fonte: Santiago et. al. (2012)

O contrapiso de concreto proporciona a superfície necessária para a aplicação dos acabamentos finais do piso, que podem ser cerâmicos, laminados, de madeira, pedras, entre outros. Para minimizar o risco de fissuração do concreto, é recomendada a utilização de uma armadura de distribuição posicionada sobre a chapa metálica antes da concretagem.

Com o objetivo de garantir o conforto acústico entre os pavimentos, é comum o emprego de um material isolante entre a chapa metálica e o concreto. O sistema mais utilizado consiste na instalação de painéis de lã de vidro compacta, sobre os quais é aplicado um filme de polietileno, que atua como barreira contra a umidade, evitando que a lã de vidro seja molhada durante o processo de concretagem.

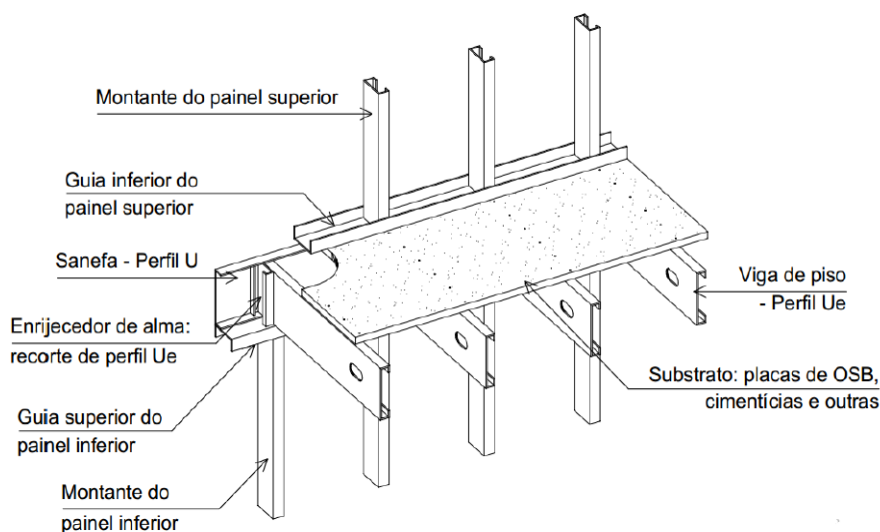
6.2.4.1.2 Laje Seca

As lajes em sistemas em LSF executadas com substrato seco utilizam placas rígidas parafusadas às vigas de piso, as quais atuam como base para a aplicação do contrapiso e a posterior instalação dos materiais de acabamento do piso da edificação. (CBCA, 2024)

A escolha do tipo de placa e de sua espessura depende das solicitações previstas no cálculo estrutural, bem como das propriedades mecânicas do material, como resistência à flexão, rigidez e comportamento frente à deformação.

Um exemplo de placa utilizada para esse fim é o OSB (Oriented Strand Board), com espessura de 18 mm, por apresentar boas propriedades estruturais, permitindo seu uso como diafragma rígido horizontal, além de ser leve, de fácil manuseio e instalação, o que contribui para a agilidade do processo construtivo (Figura 62 e 63) (Santiago *et. al*, 2012).

Figura 62 - Laje de LSF com substrato seco



Fonte: Santiago *et. al*. (2012)

Figura 63 - Laje de LSF com substrato seco em OSB



Fonte: Acervo IMG Montagens

As principais vantagens da laje seca frente a solução úmida são o menor peso próprio, o emprego de uma solução a seco, sem necessidade de uso de água na obra, e a maior velocidade de execução (Santiago *et. al*, 2012).

6.2.4.2 Escada

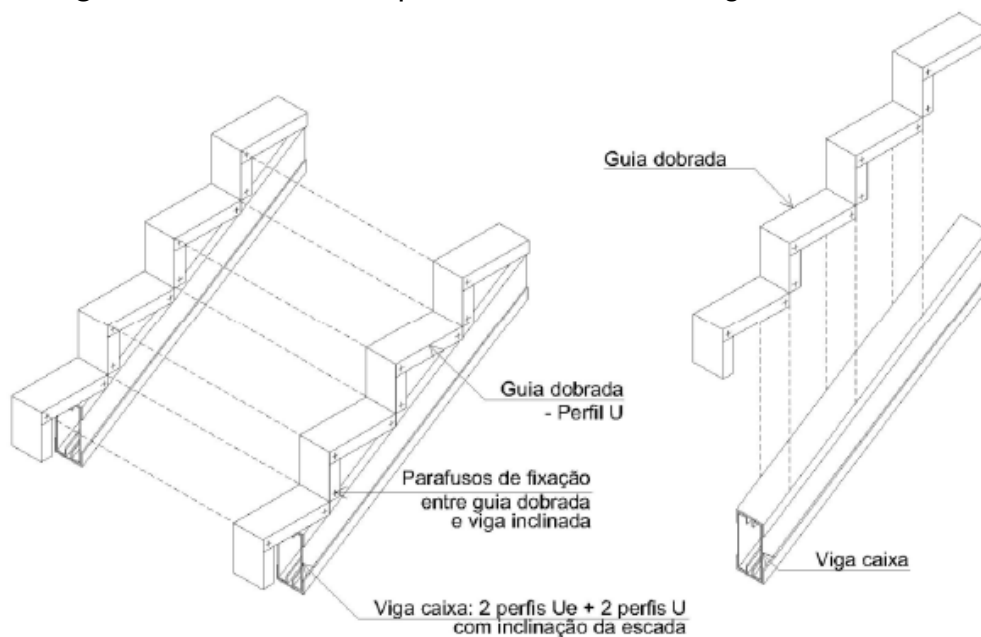
As estruturas de escadas no sistema *Light Steel Frame* são formadas pela combinação de perfis U e Ue, geralmente os mesmos utilizados na composição dos painéis estruturais. Para a execução dos degraus e espelhos, são comumente utilizadas placas rígidas, como OSB ou cimentícias, fixadas por meio de parafusos à estrutura metálica. Além disso, é possível utilizar pisos úmidos, desde que adotadas soluções adequadas de impermeabilização e proteção estrutural, porém são poucos comuns, pois há dificuldade de executá-los em pequenas superfícies, como os degraus. (Santiago *et. al*, 2012)

Existem diferentes métodos de execução, e a escolha do sistema mais adequado dependerá de variáveis como o tipo de escada (aberta ou fechada) e o tipo de contrapiso ou substrato que será aplicado.

Segundo o manual *Construcción con Acero Liviano – Manual de Procedimiento* (Consul Steel, 2002), os métodos de execução mais comuns para escadas em LSF são:

- a) Viga Caixa Inclinação: Indicada para escadas abertas, utiliza como apoio para o contrapiso uma guia dobrada em degraus (guia-degrau) unida a uma viga-caixa com a inclinação necessária (Figura 64).

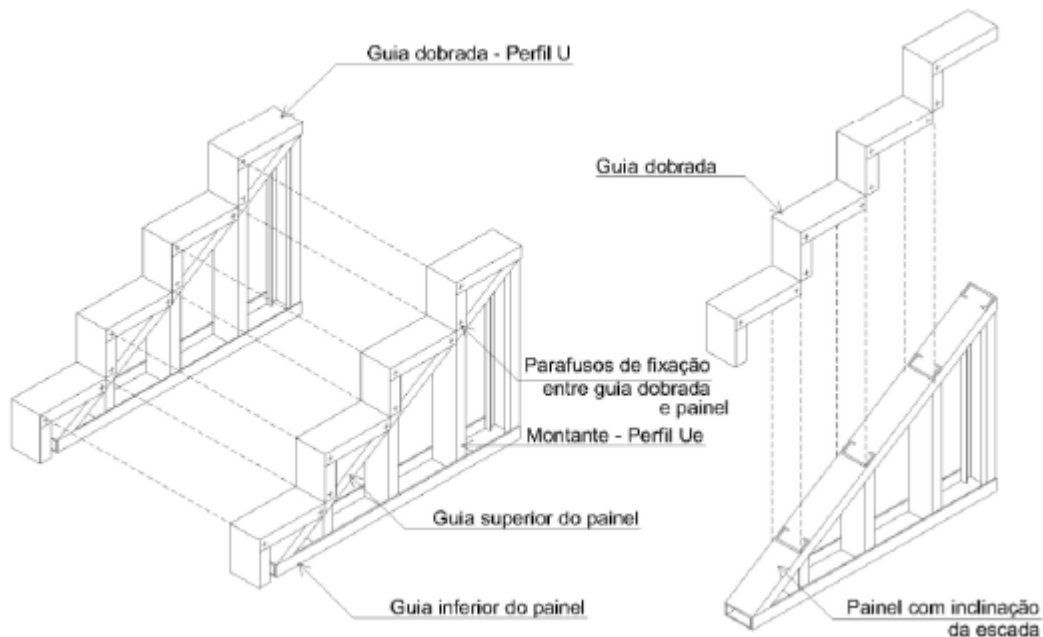
Figura 64 - Desenho esquemático de escada viga caixa inclinada



Fonte: Crasto (2005)

- b) **Painel com Inclinação:** Indicado para escadas fechadas, é formado por uma guia-degrau unida a um painel com a inclinação necessária à escada (Figura 65).

Figura 65 - Desenho esquemático de escada painel com inclinação

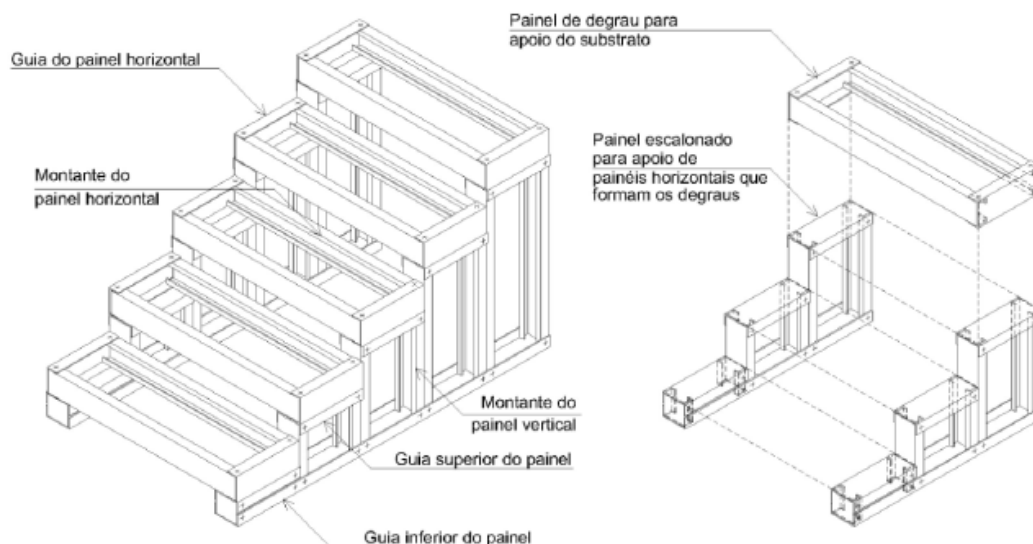


Fonte: Crasto (2005)

- c) **Painéis Escalonados + Painéis de Degrau:** Os painéis horizontais que servem de base ao substrato são formados por dois perfis guias (U) e dois

perfis montantes (Ue), e se apoiam nos painéis verticais, cujos montantes assumem a altura correspondente a cada degrau de modo a obter o escalonamento necessário à inclinação da escada (Figura 66).

Figura 66 - Desenho esquemático de uma escada de painéis escalonados



Fonte: Crasto (2005)

6.2.5 COBERTURA

O sistema construtivo *Light Steel Frame* permite a realização de diversos tipos de projetos arquitetônicos, já que sua concepção estrutural é semelhante à de estruturas convencionais em madeira. Conforme Castro (2005), o projeto da cobertura em LSF deve manter o alinhamento das almas dos perfis entre a cobertura e os painéis de apoio, garantindo a correta transmissão axial das cargas até a fundação e, consequentemente, ao solo.

Os perfis de aço galvanizado comumente empregados na estrutura das paredes também são utilizados na estruturação dos telhados, o que possibilita a execução de diferentes configurações de coberturas, semelhantes às tradicionais. As coberturas podem ser planas ou inclinadas, permitindo o uso de diversos tipos de telhas, como cerâmicas, asfálticas, metálicas ou de concreto. Segundo LaBoube (1995), além de suportar seu peso próprio, a estrutura do telhado em LSF deve ser dimensionada para resistir às cargas adicionais das telhas, forros, sistemas de isolamento e calhas, bem como às ações do vento e, em regiões frias, ao acúmulo de neve.

6.2.5.1 Tipos de Estrutura da Cobertura

As estruturas de cobertura no LSF são compostas, geralmente, por tesouras metálicas ou caibros e terças, fabricadas com perfis leves galvanizados. A configuração da estrutura pode variar de acordo com a geometria do telhado e as cargas atuantes. Essas estruturas são fixadas diretamente aos painéis das paredes, garantindo estabilidade e resistência. A ligação entre as peças deve ser detalhada com atenção para garantir a estanqueidade e o bom desempenho estrutural. (CBCA, 2024)

6.2.5.2 Tipos de Cobertura

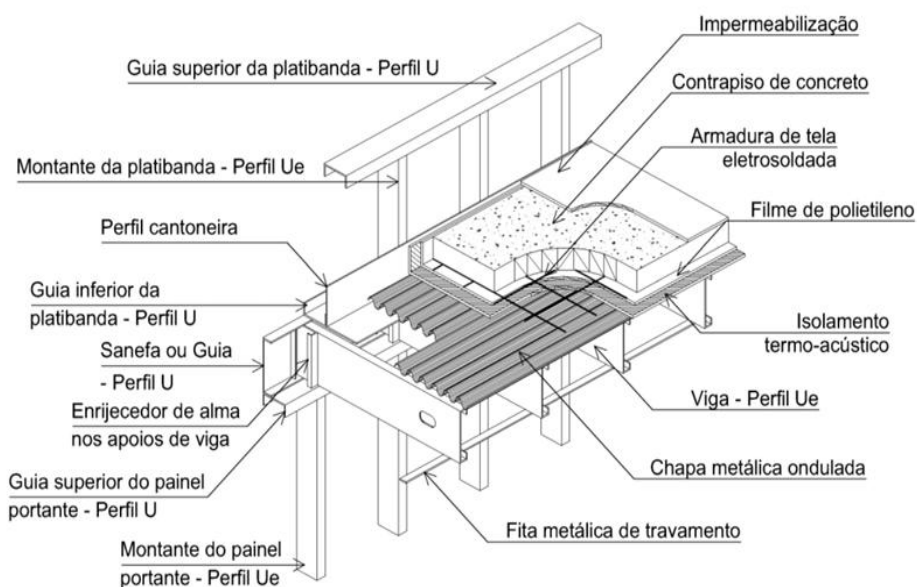
Existem diversas soluções estruturais possíveis para a execução da cobertura de uma edificação. A escolha da solução mais adequada depende de uma série de fatores, como a dimensão dos vãos a serem vencidos, os carregamentos atuantes, os requisitos estéticos e as condições econômicas do projeto. Além disso, a definição do tipo de telhado adotado exerce influência direta sobre o desempenho térmico e acústico da edificação, sendo, portanto, uma decisão relevante tanto do ponto de vista funcional quanto de conforto ambiental. Os telhados podem ser classificados em diferentes tipologias, conforme suas características formais e construtivas.

6.2.5.2.1 Coberturas planas

Embora menos frequentes, as coberturas planas no sistema são, em geral, executadas como lajes úmidas (Figura 67). Nessas soluções, o caimento necessário para o escoamento da água pluvial é obtido por meio da variação da espessura do contrapiso de concreto, conforme exemplificado na Figura 68. (Consul Steel, 2002).

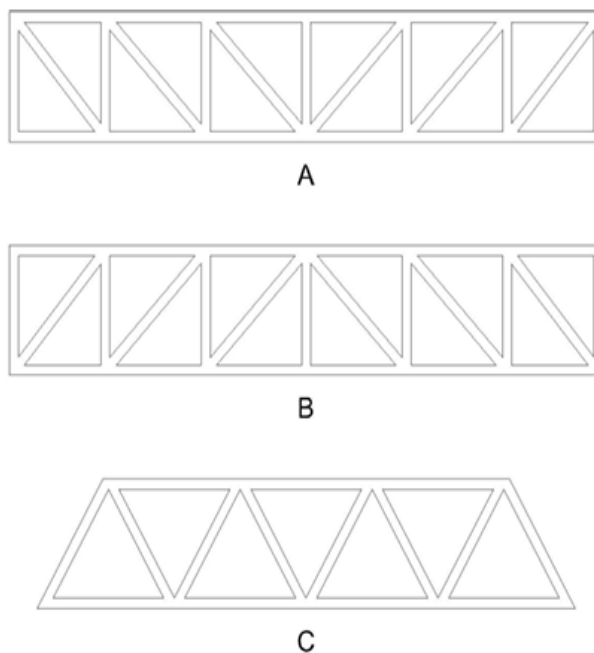
Figura 67 - Laje de cobertura em residência

Fonte: Acervo LB Montagens

Figura 68 - Cobertura plana

Fonte: Crasto (2005)

Para situações que exigem a superação de vãos maiores, sem apoios intermediários, é viável a utilização de treliças planas metálicas, fabricadas com perfis do tipo “Ue” galvanizados (Figura 69). Além das coberturas, essas treliças também podem ser empregadas como estrutura de pisos que demandam maior capacidade de carga e vencimento de grandes vãos.

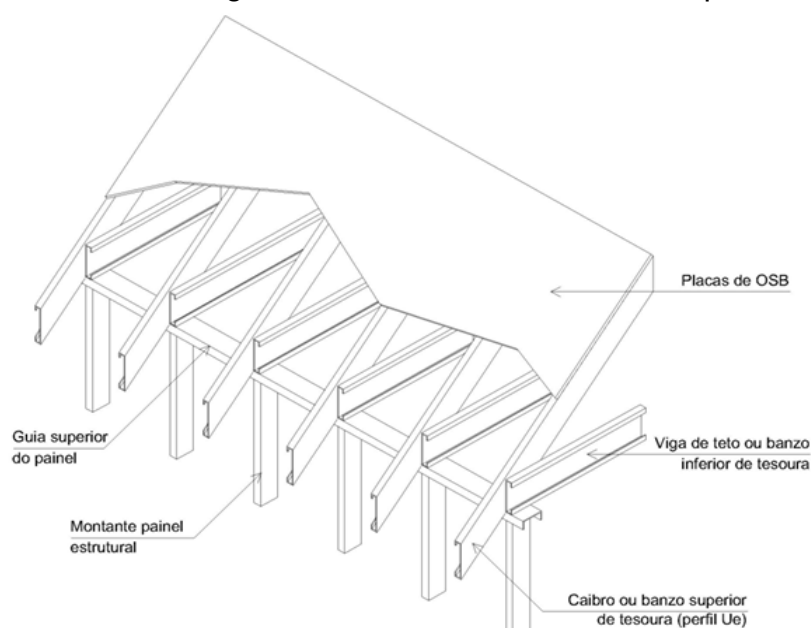
Figura 69 - Alguns tipos de treliças planas

Fonte: Crasto (2005)

6.2.5.2.2 Coberturas inclinadas

A estrutura de telhados inclinados no sistema segue princípios construtivos semelhantes aos dos telhados convencionais. No entanto, a tradicional armação em madeira é substituída por perfis leves de aço galvanizado. Para garantir a eficiência estrutural e a correta transmissão das cargas, é essencial que as almas dos perfis utilizados nas tesouras ou caibros estejam perfeitamente alinhadas com as almas dos montantes dos painéis de apoio, assegurando uma transferência axial das cargas (Figura 70) (Santiago *et. al*, 2012).

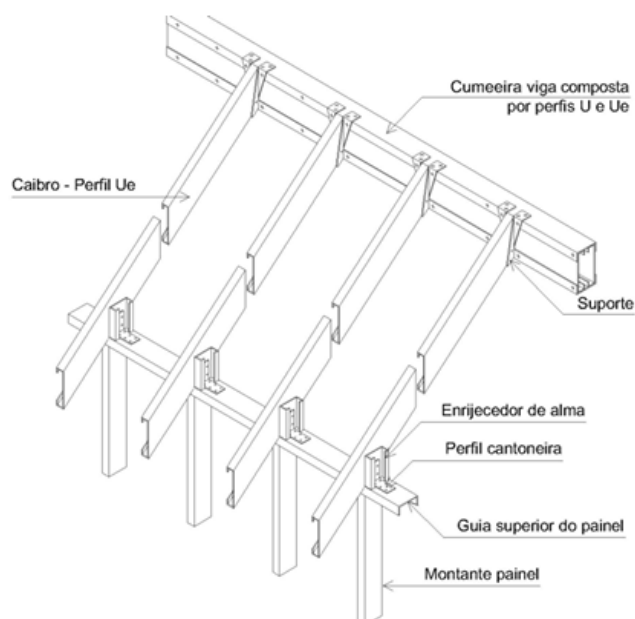
Figura 70 - Caibros e vigas alinhados com montantes de painel estrutural



Fonte: Crasto (2005)

As coberturas estruturadas por caibros e vigas são empregadas quando os vãos da edificação podem ser vencidos sem a necessidade de tesouras metálicas. Nessa configuração, os caibros e vigas são apoiados diretamente sobre os painéis estruturais do LSF (Figura 71) (Crasto, 2005).

Figura 71 - Caibros e vigas alinhados com montantes de painel estrutural



Fonte: Crasto (2005)

Em determinadas situações, para garantir maior estabilidade à estrutura, utiliza-se a chamada viga de teto — um elemento horizontal que percorre o vão e contribui para o travamento das paredes, evitando deslocamentos causados pelo peso da cobertura (Marinho, 2020)

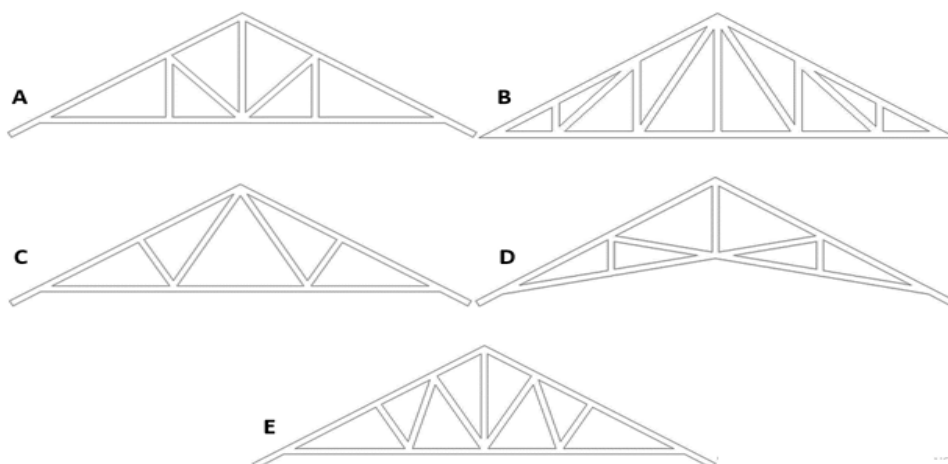
Esse sistema permite uma redução no consumo de perfis metálicos galvanizados, resultando em uma solução estrutural mais leve e com menor custo, sem comprometer o desempenho e a segurança da cobertura.

As coberturas estruturadas por tesouras e treliças são amplamente empregadas em edificações residenciais, sobretudo pela capacidade de vencer grandes vãos sem a necessidade de apoios intermediários. Essa solução tem ganhado destaque com o uso de tesouras metálicas, que vêm substituindo gradualmente as estruturas em madeira, graças à sua elevada resistência, leveza, durabilidade, imunidade a pragas e incombustibilidade (SCHARFF, 1996).

As tesouras podem ser pré-fabricadas ou montadas in loco, sendo formadas por perfis galvanizados de seção Ue, ligados de maneira a compor uma estrutura rígida e estável. O contraventamento lateral é realizado com perfis fixados perpendicularmente às tesouras, enquanto o contraventamento vertical se dá por meio de perfis dispostos em cruz, fora do plano da tesoura, com a função de impedir seu deslocamento. (Marinho, 2020)

Entre as diversas tipologias existentes, destacam-se aquelas mais utilizadas na prática, adaptáveis a diferentes configurações arquitetônicas e exigências estruturais, conforme ilustrado na Figura 72.

Figura 72 - Tipologias de tesouras: A - Tesoura Howe; B - Tesoura Pratt; C - Tesoura Fink; D - Tesoura Alemã; E - Tesoura Belga



Fonte: Santiago et al. (2012)

6.2.6 FECHAMENTO VERTICAL

Segundo Santiago et. al (2012) o sistema de fechamento vertical no LSF é composto pelas paredes externas e internas de uma edificação. No 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. Esses componentes são posicionados externamente à estrutura como uma “pele” e, juntamente com os perfis galvanizados, formam as vedações internas e externas da edificação.

Um aspecto fundamental nos fechamentos para o sistema LSF é a possibilidade de empregar sistemas racionalizados, promovendo maior grau de industrialização da construção. Nesse contexto, o LSF apresenta grande potencial de industrialização, já que a própria modulação estrutural é dimensionada para otimizar a utilização de chapas ou placas. Por isso, na maioria dos casos, as placas são dimensionadas com largura de 1,20 m, múltiplo da modulação de 400 mm ou 600 mm, como ocorre com as placas de gesso acartonado e placas cimentícias. (Crasto, 2005)

Os materiais de fechamento e acabamento mais adequados são aqueles que propiciam uma obra “seca”, com redução ou eliminação das etapas de execução que utilizam argamassas e similares. Além disso, os componentes empregados na construção do sistema de fechamento vertical devem atender a critérios e requisitos que proporcionem satisfação às exigências dos usuários e à habitabilidade da edificação. (Santiago, et. al, 2005)

O sistema de fechamento vertical no LSF deve ser cuidadosamente projetado e executado, considerando aspectos como leveza, compatibilidade com a estrutura, industrialização, desempenho térmico e atendimento aos requisitos estabelecidos pela norma ISO 6241:1984, que estabelece os requisitos fundamentais para atender essas necessidades, incluindo segurança estrutural, segurança ao fogo, estanqueidade, conforto termo-acústico, conforto visual, adaptabilidade ao uso, higiene, durabilidade e economia, para garantir a habitabilidade e o conforto dos usuários.

A norma ISO 6241:1984 estabelece os requisitos fundamentais para atender essas necessidades, incluindo segurança estrutural, segurança ao fogo, estanqueidade, conforto termoacústico, conforto visual, adaptabilidade ao uso, higiene, durabilidade e economia. (Santiago, et. al, 2005)

6.2.6.1 GESSO ACARTONADO (DRYWALL)

Placas ou chapas de gesso acartonado constituem a solução mais comum e econômica para o fechamento das faces internas de paredes e forros em edificações construídas com o sistema em LSF (Figura 73). Esse material destaca-se pela versatilidade e facilidade de aplicação, apresentando baixo peso e custo competitivo, além de possibilitar a execução de amplas superfícies de fechamento de forma monolítica. Por sua baixa resistência às intempéries, entretanto, as placas de gesso acartonado devem ser utilizadas exclusivamente em ambientes internos, protegidos da ação direta da chuva. (CBCA, 2024)

Figura 73 - Parede interna revestida com gesso acartonado



Fonte: Acervo LB Montagens

Essas chapas são fabricadas industrialmente por meio de um processo de laminação contínua, no qual uma mistura de gesso, água e aditivos é intercalada entre duas lâminas de cartão. Esse método confere ao gesso uma resistência acentuada à tração e à flexão. As placas utilizadas no LSF são idênticas às empregadas no sistema Drywall e não desempenham função estrutural, estando normatizadas pela ABNT NBR 14715 (2010-1) – "Chapas de gesso para drywall. Parte 1: Requisitos". (CBCA, 2024)

Essas chapas são comercializadas em espessuras de 9,5 mm, 12,5 mm e 15 mm, com largura padrão de 1200 mm e comprimentos que variam de 1800 a 3600 mm (Figuras 74). Conforme Santiago *et. al* (2012), o comprimento de 2400 mm é o mais empregado, atendendo de forma otimizada à modulação estrutural do sistema LSF (múltiplo das dimensões de 400 mm ou 600 mm).

Figura 74 - Placa de gesso acartonado



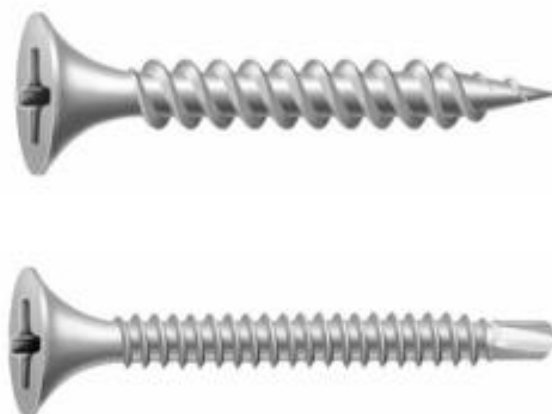
Fonte: Balaroti (2025)

No mercado brasileiro, há grande disponibilidade de três tipos de chapas, cujas características variam conforme o processo produtivo e a inclusão de aditivos no cartão que envolve a placa. Segundo a ABNT NBR 14715:2010, os tipos são:

- Placa Standard (ST): indicada para aplicação em áreas secas;
- Placa Resistente à Umidade (RU): conhecida como "placa verde", destinada a paredes de ambientes sujeitos à ação da umidade;
- Placa Resistente ao Fogo (RF): conhecida como "placa rosa", recomendada para áreas secas que demandam um desempenho superior em relação à proteção contra incêndios, como saídas de emergência, escadas enclausuradas e shafts.

A fixação das chapas de gesso acartonado aos perfis metálicos do sistema em LSF ou em estruturas de forro e paredes não estruturais do tipo drywall, é realizada com parafusos galvanizados. Esses parafusos possuem fenda tipo Phillips e cabeça tipo trombeta, que permite melhor assentamento na superfície da chapa. A escolha da ponta do parafuso depende do tipo de perfil utilizado: ponta agulha para perfis leves (como em forros ou drywall) e ponta broca para perfis estruturais do LSF (Figura 75) (CBCA, 2024).

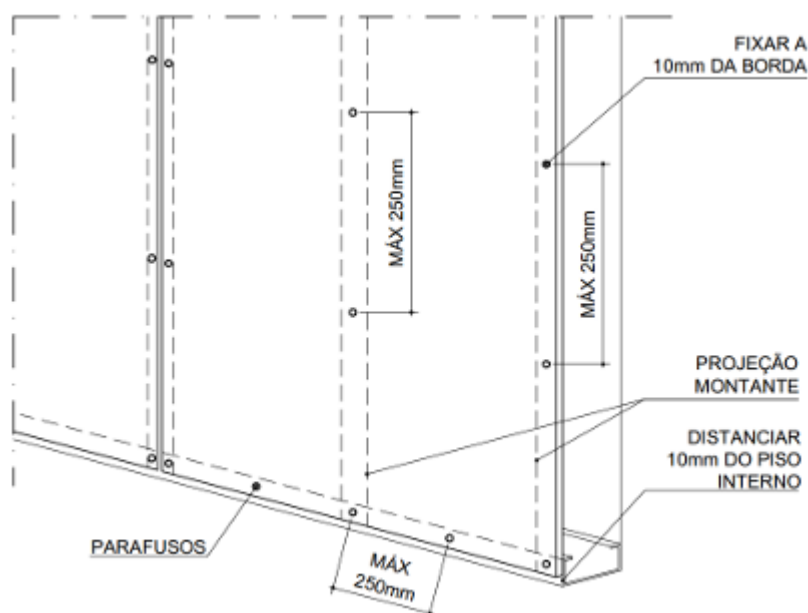
Figura 75 - Parafusos para chapas de gesso acartonado



Fonte: Ciser (2017)

O comprimento dos parafusos varia entre 25 mm e 45 mm, conforme o número de chapas a serem fixadas simultaneamente. A instalação deve respeitar o espaçamento de 250 mm entre parafusos, com fixações localizadas a pelo menos 10 mm da borda da chapa para evitar trincas e garantir firmeza (Figura 76). É fundamental que a cabeça do parafuso fique nivelada com a superfície da chapa, sem perfurar o cartão e sem saliências, para não comprometer o acabamento final. Para proteger as chapas da umidade vinda do piso, a borda inferior das placas de gesso deve ser mantida a uma distância mínima de 10 mm do piso acabado.

Figura 76 - Esquema de instalação de parafusos em placas de gesso acartonado



Fonte: CBCA (2024)

Após a instalação das chapas, deve-se realizar o tratamento das juntas, com o objetivo de obter uma superfície lisa e contínua, adequada à aplicação de acabamentos como pintura, texturas ou revestimentos (CBCA, 2024).

As chapas de gesso acartonado são fornecidas com bordas rebaixadas para facilitar esse tratamento. O processo consiste na aplicação de massa de rejuntamento específica, associada a fita de papel microperfurado ou, alternativamente, fita de fibra de vidro, para reforço e vedação (Figura 77). Esse procedimento está normatizado pela ABNT NBR 15758 (2009) – Sistemas construtivos em chapas de gesso para drywall – Parte 1: Requisitos para sistemas usados como paredes verticais internas. As cabeças dos parafusos também devem ser cobertas com a mesma massa de rejuntamento, garantindo o aspecto monolítico e uniforme da superfície. (CBCA, 2024)

Figura 77 - Placas de gesso cartonado com tratamento de juntas



Fonte: Acervo SCA Engenharia

6.2.6.2 PAINÉIS DE OSB

As placas OSB (Oriented Strand Board) são elementos amplamente utilizados no sistema, desempenhando múltiplas funções como fechamento interno e externo dos painéis, base para forros e pisos, além de substrato em coberturas (Figura 78). Entretanto, por se tratar de um material derivado da madeira, o OSB não deve ser exposto diretamente às intempéries, sendo necessário aplicar revestimentos impermeáveis nas áreas externas da edificação para garantir sua durabilidade. (Crasto, 2005)

Figura 78 - Edificação com revestimento em placas OSB



Fonte: Acervo LB Montagens

Dentre suas principais características, destacam-se a elevada resistência mecânica, a capacidade de absorver impactos e a estabilidade dimensional, o que o torna apto para desempenhar função estrutural em sistemas construtivos leves. Quando devidamente fixado aos painéis ou lajes do sistema LSF, o OSB atua como diafragma rígido, contribuindo significativamente para o travamento da estrutura e para a distribuição dos esforços horizontais (Dias *et. al*, 2004; Santos, 2005).

Também conhecida como painel de tiras de madeira orientadas, é um material engenheirado produzido a partir de madeira de reflorestamento, como o pinus, cujas tiras são dispostas em três camadas com orientações perpendiculares entre si, o que confere ao painel maior resistência mecânica e rigidez estrutural. Essas tiras são unidas por meio de resinas sintéticas e submetidas à prensagem sob alta temperatura e pressão, formando um painel homogêneo e estável (Masisa, 2003).

No Brasil, as chapas de OSB são comercializadas, comumente, em dimensões de 1200 x 2400 mm e 1200 x 3000 mm, com espessuras de 9,5 mm, 11,1 mm, 15,1 mm e 18,3 mm. As espessuras de 9,5 mm e 11,1 mm são indicadas para o fechamento de paredes, enquanto as espessuras maiores (15,1 mm e 18,3 mm) são recomendadas para aplicação como substrato de lajes secas. (CBCA, 2024)

A escolha da espessura das placas utilizadas deve considerar diversos fatores, entre eles o tipo de acabamento externo (como revestimentos em siding ou argamassa), o espaçamento entre os montantes e a função estrutural da placa, como o trabalho como diafragma rígido. Esses parâmetros são definidos conforme as exigências do projeto estrutural. Segundo diretrizes técnicas da Structural Board Association (2004) — entidade canadense especializada em painéis de OSB —, é possível adotar valores de referência para espessura das placas com base no tipo de revestimento e no espaçamento entre montantes, mesmo quando a função estrutural como diafragma não é considerada. O quadro 5 apresenta essas relações recomendadas, servindo como base para o dimensionamento adequado das chapas em diferentes aplicações do sistema LSF.

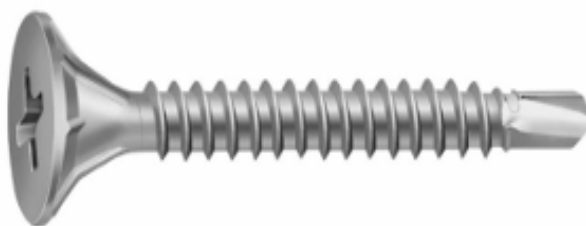
Quadro 5 - Espessura mínima das placas de OSB de acordo com espaçamento entre montantes e tipo de revestimento

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

Fonte: adaptado de SBA – Structural Board Association (2004)

As chapas utilizadas são fixadas aos perfis metálicos por meio de parafusos galvanizados com fenda tipo Phillips, cabeça trombeta estriada e ponta broca, conforme ilustrado na Figura 79. A instalação deve respeitar um afastamento mínimo de 10 mm da borda da chapa e espaçamentos máximos de 150 mm ao longo do contorno das placas e 300 mm nas fixações intermediárias.

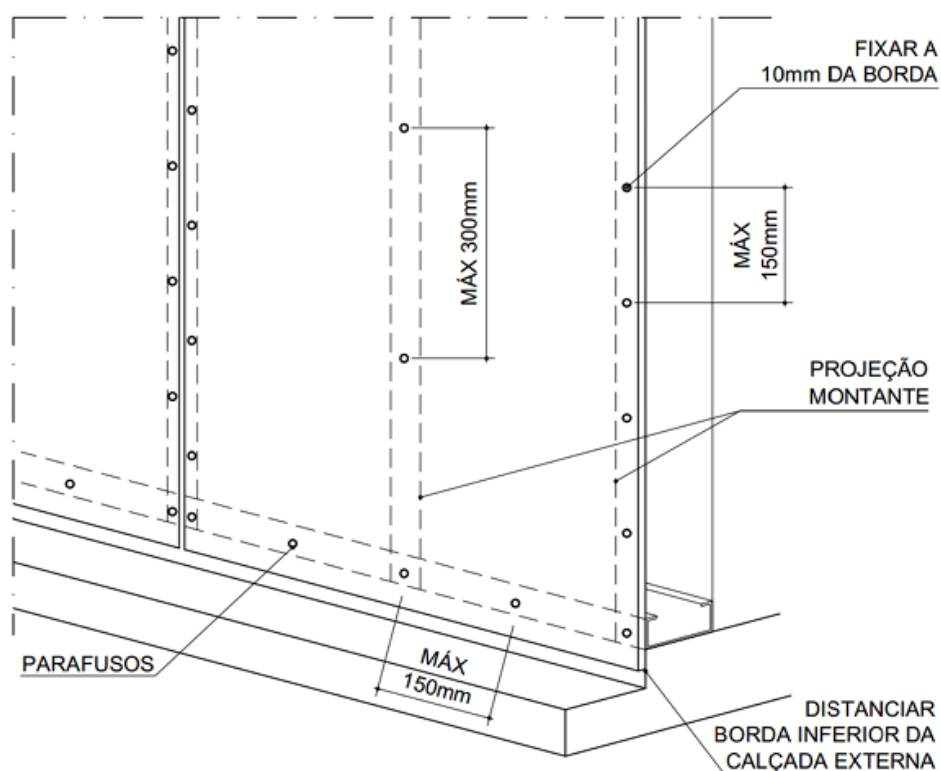
Figura 79 - Parafuso para placas OSB



Fonte: Ciser (2017)

Para garantir a durabilidade do sistema e evitar infiltrações, é essencial proteger a parte inferior das placas contra a umidade proveniente do solo. Assim, toda a projeção horizontal das paredes externas deve estar posicionada sobre uma base mais elevada que o nível da calçada externa, assegurando o adequado escoamento da água e impedindo sua entrada pela interface entre o painel e a fundação conforme representado na Figura 80 (SANTIAGO et al., 2012).

Figura 80 - Esquema de instalação de parafusos em placas OSB



Fonte: CBCA (2024)

6.2.6.3 SIDING

O siding é um sistema de revestimento de fachada formado por réguas paralelas e sobrepostas, instaladas sobre um substrato de OSB protegido com barreira de vapor (Figura 81). A barreira de vapor é uma manta ou membrana composta de polietileno de alta densidade, cuja função principal é manter a estanqueidade do sistema, evitando a condensação de vapor de água no interior dos painéis. Essa membrana permite a saída da umidade gerada internamente, impedindo, ao mesmo tempo, a entrada de água proveniente do exterior (SANTIAGO et al., 2012).

Figura 81 - Edificação com fachada em siding



Fonte: Acervo Alexandre Santiago

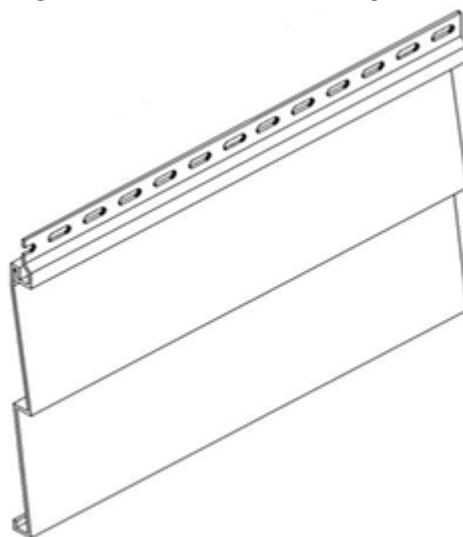
O sistema de siding é amplamente utilizado em construções nesse sistema por sua boa trabalhabilidade, facilidade de instalação e características industrializadas. No mercado brasileiro, pode ser encontrado em versões vinílica, cimentícia ou até mesmo em OSB tratado. Entre suas vantagens, destaca-se a execução rápida e limpa, além da possibilidade de remoção e reinstalação dos painéis quando necessário, seja para manutenção de redes elétricas e hidráulicas ou substituição de peças danificadas.

Um dos principais benefícios do uso do revestimento siding sobre substrato de OSB no sistema está na independência funcional entre os elementos que

compõem o fechamento. Essa característica é essencial para minimizar patologias construtivas causadas por movimentações naturais da estrutura, como retrações e dilatações térmicas. Nesse tipo de composição, cada camada do sistema possui uma função específica e atua de forma independente e complementar: o OSB atua como substrato estrutural de suporte ao acabamento; a barreira de vapor exerce a função de isolamento à umidade, controlando a penetração e a saída de vapor d'água; e as réguas de siding desempenham o papel de proteção mecânica externa e acabamento estético da fachada (SANTIAGO, 2008).

O siding vinílico é um revestimento fabricado em PVC, comercializado em réguas duplas de 20 cm de largura por 3,80 m de comprimento, com diversas cores e texturas que imitam madeira (Figura 82). Sua instalação é feita de baixo para cima, com sobreposição das réguas e fixação por parafusos diretamente no OSB, garantindo estanqueidade. (CBCA, 2024)

Figura 82 - Perfil de siding vinílico



Fonte: Santiago (2008)

6.2.6.4 EIFS

Uma opção de acabamento bastante utilizada no sistema, que proporciona um visual semelhante à alvenaria convencional e apresenta baixa incidência de patologias, é o sistema EIFS (Exterior Insulation and Finishing System), ou Sistema de Isolamento e Acabamento Externo. Esse sistema é composto por múltiplas camadas: um substrato de sustentação, uma camada de isolamento térmico e uma

argamassa especial de acabamento, reforçada com tela de fibra de vidro para garantir maior resistência e durabilidade.

No Brasil, a aplicação mais comum do EIFS envolve o uso de placas de OSB com 9,5 mm ou 11,1 mm de espessura, fixadas aos montantes da estrutura LSF, sobre as quais é instalada uma barreira de vapor grampeada ao OSB. Em seguida, aplica-se uma camada de EPS (poliestireno expandido) com densidade de 25 kg/m³ e espessura de 25 mm, colado e parafusado ao OSB. Por fim, uma argamassa elastomérica, reforçada com tela de fibra de vidro resistente à alcalinidade, é aplicada sobre toda a superfície, com espessura mínima de 5 mm (Figura 83). (CBCA, 2024)

Figura 83 - Modelo mostrando camadas do sistema EIFS (argamassa elastomérica + tela de fibra de vidro + EPS + barreira de vapor + OSB)



Fonte: Acervo Alexandre Santiago

Essa composição resulta em um sistema leve, resistente a impactos, com capacidade de absorver movimentações naturais da estrutura e acabamento monolítico, com poucas juntas de dilatação, o que reduz as possibilidades de falhas e aumenta a durabilidade da fachada (Figura 84).

Figura 84 - Trecho de fachada em EIFS, durante a execução (OSB, barreira de vapor e EPS) e após aplicação da argamassa elastomérica



Fonte: Acervo LB Montagens

6.2.6.5 PLACAS CIMENTÍCIAS

As placas cimentícias, também conhecidas como placas de fibrocimento, são amplamente utilizadas como solução de fechamento externo e interno do sistema em LSF, sendo especialmente indicadas para áreas sujeitas à ação direta de intempéries devido à sua alta resistência à umidade e durabilidade (Figura 85).

Figura 85 - Fachada de edifício comercial em LSF com placas cimentícias



Fonte: Acervo Alexandre Santiago

No mercado brasileiro, essas placas são classificadas de acordo com sua composição e processo de fabricação (Figura 86). O primeiro grupo é formado por placas com fibras dispersas na matriz cimentícia — essas fibras podem ser naturais, como as de celulose, ou sintéticas. Essas placas apresentam aspecto maciço e uniforme e, em alguns casos, são submetidas a processos de autoclave, o que melhora sua estabilidade dimensional e desempenho mecânico. O segundo grupo é composto por placas cimentícias que utilizam malhas de fibra de vidro aplicadas nas duas faces da placa. Essas geralmente apresentam uma matriz menos homogênea, mas com reforço superficial que confere resistência adicional e flexibilidade de aplicação, especialmente em sistemas que exigem maior controle de fissuras e movimentações (SANTIAGO et al., 2012).

Figura 86 - Placa fibrocimento com fibras dispersas na matriz cimentícia e placa com malha de fibra de vidro



Fonte: Acervo Alexandre Santiago

No Brasil, são encontradas em espessuras de 6, 8, 10, 12 e 12,5 mm — com as três últimas sendo mais indicadas para fachadas —, largura de 1200 mm e comprimentos de 2000, 2400 ou 3000 mm. (Crasto, 2005)

A fixação ao LSF é feita com parafusos galvanizados tipo Phillips, com cabeça trombeta estriada e ponta broca com asas, respeitando os espaçamentos definidos pelos fabricantes, geralmente não superiores a 300 mm. (CBCA, 2024)

O fechamento externo das edificações com placas cimentícias pode ser executado com juntas aparentes e paginadas ou com acabamento final monolítico, obtido por meio de tratamento de juntas ou de superfície (SANTIAGO et al., 2012).

Independentemente do método adotado, é recomendada a aplicação de uma barreira de vapor entre as placas cimentícias e os perfis metálicos da estrutura, visando à proteção contra a umidade (Figura 87).

Figura 87 - Placa cimentícia instalada sobre barreira de vapor



Fonte: Acervo Alexandre Santiago

Para a execução de juntas aparentes em fechamentos com placas cimentícias, pode-se utilizar selantes flexíveis, como silicone ou poliuretano, garantindo a estanqueidade do sistema. Outra possibilidade é o uso de perfis metálicos nas juntas ou a adoção de juntas abertas mais largas, especialmente em soluções com camada dupla de placas (Figura 88). (CBCA, 2024)

Figura 88 - Placas cimentícias com junta aparente



Fonte: Acervo Alexandre Santiago

Para obter uma superfície homogênea com placas cimentícias, a alternativa mais comum é o tratamento de juntas, feito apenas nas regiões de encontro entre placas (Figura 86). Embora cada fabricante tenha seu próprio sistema, geralmente o processo envolve a aplicação de camadas de massa cimentícia com aditivos elastoméricos, reforçadas com telas de fibra de vidro alcalino-resistentes, com larguras entre 50 mm e 250 mm. Algumas marcas também indicam o uso de primer ou selante flexível antes do início do tratamento.

Figura 89 - Tratamento de juntas entre placas cimentícias



Fonte: Acervo SCA Engenharia

Uma alternativa para alcançar uma superfície homogênea com placas cimentícias é o tratamento de superfície, aplicado sobre toda a área das placas, além das juntas. Ele consiste em uma camada de massa cimentícia com aditivos elastoméricos, reforçada com tela de fibra de vidro (Figura 90). Embora mais trabalhosa, essa técnica proporciona um acabamento superior e é recomendada por alguns fabricantes.

Figura 90 - Placas cimentícias com tratamento de superfície



Fonte: Acervo SCA Engenharia

6.2.6.6 Placas de Gesso GlassMat

Uma alternativa para revestimento externo amplamente utilizada no exterior e que, gradativamente, tem ganhado espaço no mercado brasileiro são as chamadas placas do tipo Glass Mat. Essas placas são constituídas por um núcleo de gesso reforçado com fibras de vidro, tendo ambas as faces revestidas por uma manta de fibra de vidro com polímero, o que lhes confere elevada resistência às intempéries, ao desenvolvimento de mofo e à ação mecânica (Figura 91). (Soares, 2021)

Figura 91 - Placa Glasroc X



Fonte: Placo (2025)

Assim como as placas cimentícias, as placas Glass Mat podem ser aplicadas diretamente sobre a membrana hidrófuga, dispensando o uso de placas OSB como base (Figura 92). O espaçamento entre os fixadores deve seguir as mesmas recomendações das placas cimentícias, com distância de 150 mm tanto no perímetro quanto na parte interna da placa, mantendo-se um recuo mínimo de 10 mm das bordas, a fim de evitar trincas e falhas.

Figura 92 - Fechamento externo com placa GlassMat - Glasroc X



Fonte: Espaço Smart (2023)

Essas placas apresentam excelente durabilidade e estabilidade dimensional, além de oferecerem desempenho térmico e acústico superior quando comparadas às placas cimentícias convencionais. (Christofari, 2022; Soares, 2021)

6.2.7 ISOLAMENTO TÉRMICO E ACÚSTICO

Segundo Crasto (2005) o desempenho termoacústico de uma edificação está relacionado à sua capacidade de garantir condições ambientais adequadas para o uso ao qual foi destinada. Esse desempenho depende de diversos fatores, como a localização e orientação da edificação, os tipos de fechamentos e coberturas utilizados, os materiais e cores dos revestimentos, bem como o tipo, tamanho e posicionamento das esquadrias e aberturas.

O isolamento termoacústico visa manter o conforto interno, minimizando a influência de fatores externos por meio da redução da transmissão de ruídos e da troca de calor entre os ambientes internos e o meio externo ou áreas adjacentes.

Nesse contexto, os fechamentos verticais exercem um papel essencial, atuando como barreiras físicas que garantem esse isolamento (Santiago *et. al*, 2012).

Dentro desse conceito, é possível adotar diferentes combinações para aprimorar o desempenho termoacústico do sistema. Isso pode ser feito, por exemplo, com o uso de múltiplas camadas de placas, estruturação em linha dupla ou ainda pelo aumento da espessura e/ou densidade do material isolante aplicado entre os fechamentos (CBCA, 2024).

Os materiais isolantes mais utilizados são a lã de rocha, lã de vidro e lã de poliéster (Figura 93). A instalação do isolamento ocorre após o fechamento de uma das faces da parede com placas. Nessa etapa, o material, fornecido em rolos, é cortado e posicionado entre os montantes e contraventamentos. Logo após, é essencial o fechamento da segunda face, já que esses isolantes são sensíveis à umidade e à poeira.

Figura 93 - Parede com isolamento em lã de poliéster



Fonte: Acervo LB Montagens

A escolha do tipo de isolamento a ser adotado deve ser definida ainda na fase de projeto, considerando as exigências de desempenho térmico e acústico, a viabilidade econômica e o atendimento à norma ABNT NBR 15575 (2013), que estabelece os requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas (SVVIE) em edificações habitacionais.

6.2.8 INSTALAÇÕES

As instalações prediais (elétricas, hidráulicas, sanitárias, de gás, telefonia e TV) em edificações construídas com o sistema LSF seguem os mesmos princípios e utilizam os mesmos materiais empregados nas construções convencionais em alvenaria. Seu desempenho não é alterado pelo sistema construtivo adotado, sendo necessário o cumprimento das normas técnicas específicas de cada especialidade, como em qualquer outro tipo de obra (CBCA, 2024).

Entretanto, algumas particularidades do LSF exigem atenção. Por se tratar de um sistema com paredes e lajes leves, sem massa no interior, é essencial prever suportes e reforços para a fixação de elementos como caixas de tomadas, interruptores e pontos hidráulicos.

Além disso, é importante evitar a instalação de tubulações no interior dos montantes, prevenindo danos causados por parafusos de fixação das placas de revestimento. Além disso, deve-se evitar o caminhamento aleatório dos dutos no interior das paredes, seguindo sempre o especificado nos projetos de instalações, assim facilitando eventuais intervenções futuras na fase de utilização da edificação (TERNI *et. al*, 2008b).

6.2.8.1 Instalações elétricas

As instalações elétricas, de telefonia, lógica e TV em edificações com estrutura em LSF seguem os mesmos princípios adotados nas construções convencionais, utilizando redes de eletrodutos ou conduítes para o encaminhamento dos cabos até os pontos de uso definidos em projeto. As normas técnicas para dimensionamento, segurança e materiais, como a ABNT NBR 5410:2004 (Instalações elétricas de baixa tensão), permanecem válidas também para este sistema construtivo. (Santiago *et. al*, 2012)

Nos sistemas em LSF, os eletrodutos utilizados geralmente são os mesmos das construções em alvenaria, podendo ser fabricados em PVC ou polietileno, com preferência para os modelos corrugados externamente, que oferecem maior aderência nas caixas de passagem e de utilização. A instalação é realizada nos vazios

estruturais das paredes e forros, utilizando os furos de serviço previamente existentes nos montantes verticais e vigas horizontais (CBCA, 2024).

Para evitar o deslocamento indesejado dos conduítes durante a passagem dos fios, o que poderia comprometer a instalação ou dificultar futuras manutenções, recomenda-se a fixação dos eletrodutos aos perfis metálicos. Essa fixação pode ser feita por meio de abraçadeiras de nylon (Figura 94) protetores plásticos (Figura 95) específicos que envolvem os furos de serviço, prevenindo danos causados pelas arestas metálicas dos perfis.

Figura 94 - Eletroduto fixado ao montante com abraçadeira de nylon



Fonte: Acervo Alexandre Santiago

Figura 95 - Peça plástica de proteção para passagem de eletrodutos em perfis



Fonte: Tigre (2016)

Para os quadros de distribuição, é necessário que sua profundidade seja compatível com a largura da alma dos montantes metálicos (Figura 96).

Figura 96 - Quadro de distribuição convencional instalado em parede de LSF



Fonte: CMC Módulos

Para facilitar a execução das instalações, recomenda-se que sejam utilizadas nas edificações em LSF caixas plásticas desenvolvidas especificamente para o sistema (Figura 97). Essas caixas possuem travas que se fixam diretamente nas placas de revestimento, eliminando a necessidade de suportes metálicos adicionais. Com dimensões padronizadas (geralmente 4" x 2" ou 4" x 4"), apresentam cantos arredondados que facilitam o corte das placas com serra-copo, agilizando o processo de instalação e garantindo maior precisão e segurança. (CBCA, 2024)

Figura 97 - Caixas de elétrica para fixação em placas de revestimento



Fonte: Tigre (2016)

Os eletrodutos são instalados nas caixas elétricas através de furos nas suas faces e, para evitar o deslocamento desses eletrodutos, suas extremidades devem ser fixadas às caixas com uso de abraçadeiras de nylon ou travas plásticas específicas para este fim (Figura 98).

Figura 98 - Trava plástica para eletroduto corrugado



Fonte: Autor (2025)

6.2.8.2 Instalações de água fria e quente

As instalações hidráulicas de água fria e quente em edificações construídas pelo sistema em LSF seguem os mesmos princípios de dimensionamento e projeto adotados em sistemas construtivos convencionais. As tubulações são derivadas a partir de reservatórios superiores ou sistemas de alimentação centralizados, distribuindo-se por meio de ramais até os diversos pontos de consumo da edificação. (Santiago *et. al*, 2012)

Os materiais tradicionalmente utilizados no mercado brasileiro, como PVC (policloreto de vinila), PEX (polietileno reticulado), PPR (polipropileno copolímero random), CPVC (policloreto de vinila clorado) e cobre, são amplamente compatíveis com as exigências construtivas do sistema LSF (Figura 99). Cada um desses materiais apresenta características específicas quanto à resistência térmica, durabilidade e facilidade de montagem, o que permite ao projetista selecionar a solução mais adequada conforme o tipo de edificação, temperatura da água e exigências de desempenho (CBCA, 2024).

Figura 99 - Tubulação em PVC e CPVC instalada em parede de LSF



Fonte: Acervo LB Montagens

A adoção desses materiais nas edificações em LSF é viável desde que sejam respeitadas as normas técnicas aplicáveis, como a ABNT NBR 5626 (2020) para sistemas prediais de água fria e a ABNT NBR 7198 (2022) para sistemas de água quente, garantindo desempenho, segurança e durabilidade das instalações.

Utilizam os mesmos componentes empregados em construções convencionais de alvenaria, como tubos, conexões, joelhos, junções em T e registros. No entanto, a ausência de massa no interior das paredes e lajes exige cuidados específicos durante a execução, a fim de garantir estabilidade e desempenho das tubulações (CBCA, 2024).

Para evitar vibrações e deslocamentos indesejáveis, principalmente em instalações com tubos rígidos, é essencial travar as tubulações no interior das paredes. Isso pode ser feito com o uso de abraçadeiras de nylon, anéis de borracha nas passagens pelos furos dos montantes, e peças metálicas auxiliares ao longo do trajeto dos tubos (Figura 100). Esse reforço estrutural interno é indispensável para garantir segurança e evitar falhas no uso cotidiano.

Figura 100 - Registro fixado sobre peça metálica auxiliar



Fonte: Terni *et. al* (2008)

Dentre os materiais compatíveis com o LSF, o sistema PEX (polietileno reticulado) destaca-se como o mais adequado. Seus tubos são flexíveis, fornecidos em rolos longos e eliminam a necessidade de múltiplas conexões e emendas,

facilitando a instalação e reduzindo pontos de vazamento. Mesmo com essa flexibilidade, é fundamental garantir o travamento adequado nas passagens pelos furos dos montantes e a fixação segura dos registros e saídas, especialmente para preservar a integridade do sistema em paredes de baixo peso estrutural (Figura 101).

Figura 101 - Passagem de tubulação PEX por furos de serviço em montantes com peça de proteção



Fonte: Terni et al. (2008)

6.2.8.3 Instalações sanitárias

As instalações de esgoto em edificações executadas no sistema seguem os mesmos princípios técnicos e utilizam os mesmos materiais das construções em alvenaria, como tubos, conexões, ralos e joelhos. As tubulações embutidas nas fundações não apresentam diferenças significativas em relação à alvenaria, sendo essencial apenas o correto posicionamento dos pontos de saída para evitar retrabalhos na obra.

Já as tubulações que percorrem paredes, lajes e forros demandam cuidados específicos de fixação, devido à ausência de massa nas estruturas. Os pontos de saída, como bacias sanitárias e pias, devem utilizar joelhos com flanges fixados às placas de revestimento com parafusos, garantindo estabilidade durante o uso. Para o travamento dos tubos no interior das paredes e forros, recomenda-se o uso de fitas metálicas perfuradas ou peças metálicas presas aos perfis estruturais, evitando deslocamentos e vibrações indesejadas.

Nas lajes secas do LSF, as tubulações de esgoto não podem ser instaladas nos furos de serviço das vigas devido ao seu grande diâmetro. Por isso, é necessário prever rebaixos no forro para o caminhamento horizontal das tubulações (Figura 102). Para minimizar este impacto, o ideal é concentrar o escoamento em prumadas verticais que conduzam os efluentes diretamente à fundação, onde o percurso horizontal é facilitado.

Figura 102 - Tubulação de esgoto sob laje seca



Fonte: Acervo Alexandre Santiago

Outro ponto de atenção refere-se à limitação dimensional dos montantes. Perfis comuns de 90 mm não acomodam tubos com diâmetros superiores a 100 mm, frequentemente usados em sistemas de esgoto. Nesses casos, é possível empregar montantes mais largos, como os de 140 mm ou 200 mm, nos trechos específicos, ou optar pelo posicionamento externo da tubulação, criando um fechamento em *drywall* para ocultá-la de forma estética e funcional ou através de *shafts*.

Figura 103 - Tubulação de descida de esgoto diâmetro 100 mm caminhando por fora da parede, a ser envolvida por *shaft* em *drywall*



Fonte: Acervo SCA Engenharia

6.3 MONTAGEM DO SISTEMA PELO MÉTODO PAINELIZADO

Os métodos de construção e montagem de edificações em *Light Steel Frame* podem variar de acordo com o projetista responsável e a construtora executora. No entanto, quanto maior o nível de industrialização adotado no projeto, maior será a racionalização do processo construtivo, permitindo que as atividades no canteiro se restrinjam, predominantemente, à montagem das unidades e à sua interligação. Isso representa um avanço significativo rumo a um elevado grau de industrialização da construção civil (Santiago *et. al*, 2012).

No contexto brasileiro, observou-se que o método construtivo baseado em painéis pré-fabricados é o mais utilizado entre as construtoras. Tal preferência se deve à melhor adaptação desse método à cultura organizacional das empresas e à qualificação da mão de obra disponível no mercado. Dessa forma, este capítulo concentra-se na apresentação das técnicas e da sequência executiva da montagem da estrutura pelo sistema de painéis (Santiago *et. al*, 2012).

6.3.1 Montagem da Estrutura de Painéis do Pavimento Térreo

Após a conclusão da fundação, deve-se verificar cuidadosamente o nivelamento, a limpeza e o esquadro da superfície. Essa etapa é crucial, pois influencia diretamente na precisão e estabilidade da estrutura. Inicialmente, é indispensável verificar se a fundação se encontra perfeitamente nivelada, limpa e com os cantos em esquadro.

Antes do posicionamento dos painéis estruturais, recomenda-se aplicar uma fita isolante — como a de neoprene — na alma da guia inferior (Figura 104), essa fita tem a função de vedar, amortecer impactos e proteger o aço contra a umidade e a abrasão direta com o concreto da fundação (Santiago *et. al*, 2012).

Figura 104 - Aplicação de fita selante na base do painel



Fonte: Crasto (2005)

Em seguida, é realizada a marcação de locação dos elementos estruturais sobre a fundação. A marcação é feita traçando a planta da edificação com o uso de fio traçante e giz, que posteriormente deve ser protegido com verniz incolor para evitar que a marcação seja apagada por chuva ou pela movimentação de operários. Também é fundamental indicar no piso a numeração correspondente a cada painel, conforme o projeto executivo, e verificar os pontos de instalações hidráulicas, elétricas e sanitárias, a fim de evitar interferências com os montantes estruturais (Figura 105) (CBCA, 2024).

Figura 105 - Fundação com marcação da obra



Fonte: Acervo LB Montagens

A montagem da estrutura de LSF no pavimento térreo inicia-se por um dos cantos externos da edificação (Figura 106). O primeiro painel a ser instalado é posicionado no local previamente marcado, escorado com uma mão-francesa (um perfil metálico Ue disposto de forma inclinada) e fixado provisoriamente à fundação com pinos metálicos acionados à pólvora (Figura 107).

Figura 106 - Instalação do primeiro painel da obra



Fonte: Acervo Rosane Bevilaqua

Figura 107 - Painel com mão-francesa de escoramento provisório



Fonte: Crasto (2005)

Em seguida, instala-se o segundo painel, perpendicular ao primeiro, formando uma quina externa. Este também é fixado ao anterior com parafusos, mantido em prumo e esquadro com auxílio de escoras, e ancorado de forma provisória à base (Figura 108) (CBCA, 2024).

Figura 108 - Painéis de quina fixados entre si e com mão-francesa de escoramento provisório



Fonte: Acervo Rosane Bevilaqua

A montagem dos demais painéis do pavimento continua com este mesmo procedimento, sempre com painéis adjacentes aos já montados, formando os cômodos da construção, de modo que os elementos instalados criem travamento uns para os outros (Figura 109) (CBCA, 2024).

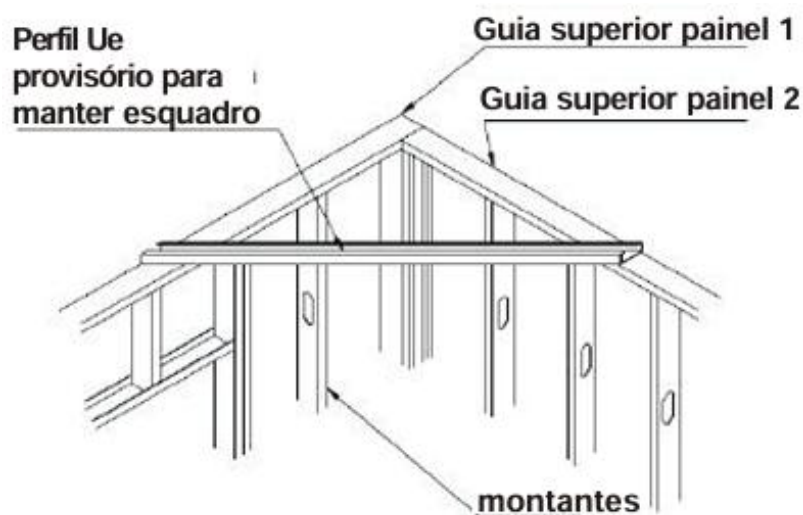
Figura 109 - Sequência de montagem de painéis de paredes



Fonte: Acervo IMG Montagens

A verificação do esquadro dos ambientes é feita uma nova conferência de esquadro e prumo dos painéis, após a instalação de todos os painéis do pavimento. Depois da conferência, devem ser fixados perfis Ue sobre as guias superiores dos painéis, também de forma provisória, garantindo o correto alinhamento estrutural para então se prosseguir com a ancoragem definitiva (Figura 110) (Santiago *et. al*, 2012).

Figura 110 - Fixação de perfil Ue para manter o esquadro dos painéis



Fonte: Crasto (2005)

6.3.2 Montagem da Estrutura da Laje

De acordo com Santiago *et. al* (2012), o processo de montagem da laje tem início com a fixação das sanefas, que são instaladas nas extremidades da laje, sobre os painéis de parede ou vigas estruturais, sendo parafusadas conforme o projeto executivo. Em seguida, realiza-se o lançamento das vigas de piso, que são encaixadas uma a uma nas sanefas, respeitando rigorosamente o alinhamento e o espaçamento definidos em projeto (Figura 111). Quando as vigas são compostas por múltiplos perfis devido aos esforços estruturais exigidos, elas devem ser pré-montadas antes de seu encaixe definitivo, o que contribui para a agilidade e precisão do processo.

Figura 111 - Montagem de estrutura de laje seca de entepiso

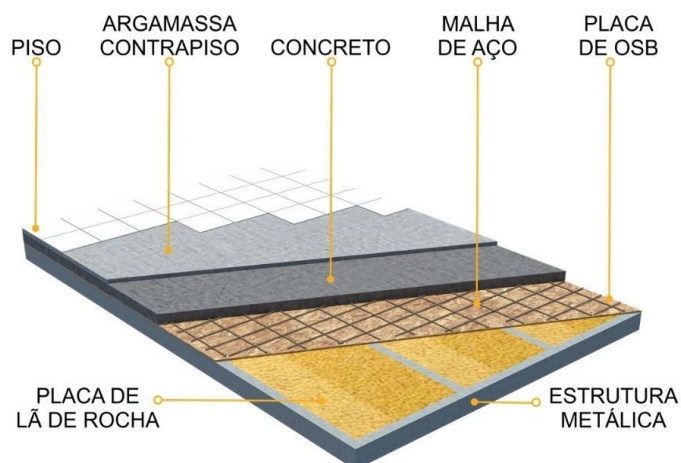


Fonte: Acervo Rosane Bevilaqua

Após a conferência do esquadro da estrutura da laje, as vigas são fixadas às sanefas por meio de parafusos e, nos pontos determinados pelo projeto estrutural, são adicionados os enrijecedores de alma para garantir maior rigidez ao conjunto. A etapa seguinte consiste na instalação dos travamentos horizontais, que envolvem o uso de bloqueadores e fitas metálicas, conferindo estabilidade global à estrutura da laje. (CBCA, 2024)

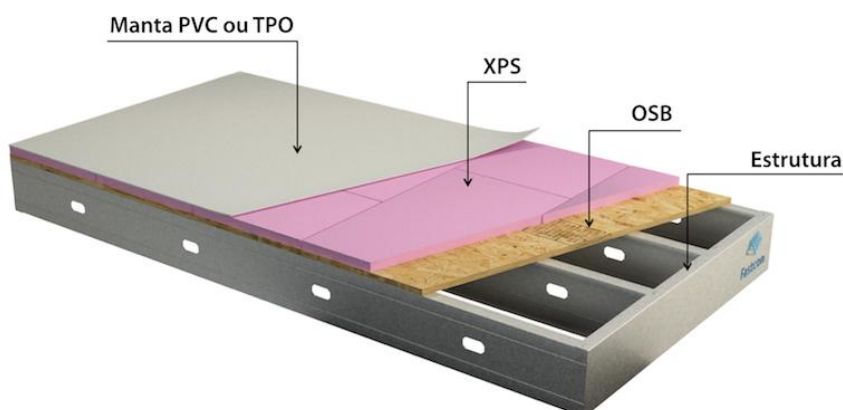
Finalizada a montagem estrutural, procede-se à execução do substrato da laje, que pode adotar soluções úmidas ou secas. Na solução úmida, são instaladas inicialmente as cantoneiras periféricas, seguidas da chapa metálica ondulada que atua como fôrma, sobre a qual é lançado o concreto (Figura 112). Já para a solução seca, utilizam-se painéis de OSB, cimentícios ou compósitos (Figura 113), que devem ser instalados conforme a paginação definida em projeto, sempre observando a correta amarração entre as placas para garantir a integridade do sistema. Ressalta-se que, no caso de substrato seco, as placas de OSB ou equivalentes não devem permanecer expostas às intempéries por mais de 30 dias, devido à sua sensibilidade à umidade.

Figura 112 - Passo a passo da execução da Laje úmida



Fonte: Construindo Casas (2024)

Figura 113 - Passo a passo da execução da Laje seca



Fonte: Blog do *Light Steel Frame* (2020)

6.3.3 Montagem dos painéis do pavimento superior

O processo de montagem dos painéis no pavimento superior segue os mesmos princípios adotados na montagem do pavimento térreo (Figura 114). No entanto, devido à altura da edificação e ao peso dos painéis, a logística de elevação pode variar. Em situações em que os painéis apresentam dimensões e peso reduzidos, o içamento pode ser realizado de forma manual, com o auxílio de escoras e equipe treinada. Já em casos onde os elementos são mais robustos ou de difícil manuseio, recomenda-se a utilização de equipamentos específicos, como guindastes ou gruas, a fim de garantir maior segurança e eficiência durante o posicionamento das peças (CBCA, 2024).

Figura 114 - Montagem dos painéis de parede no pavimento superior



Fonte: Acervo IMG Montagens

Independentemente do método empregado, é fundamental assegurar que os painéis sejam içados com cuidado, evitando qualquer tipo de torção ou deformação estrutural durante o transporte vertical. Danos causados por manuseio inadequado podem comprometer o desempenho estrutural e a qualidade do sistema construtivo, exigindo atenção redobrada por parte da equipe de montagem.

6.3.4 Montagem da Cobertura

A montagem da estrutura do telhado tem início com a instalação dos caibros ou tesouras metálicas, que devem ser posicionados diretamente sobre os painéis de parede, seguindo rigorosamente os alinhamentos e espaçamentos definidos em projeto. A fixação desses elementos estruturais é realizada por meio de parafusos específicos, garantindo a ancoragem adequada entre as tesouras (ou caibros) e os elementos de apoio (Figura 115) (Santiago *et. al*, 2012).

Figura 115 - Instalação de tesouras de telhado e painel de beiral



Fonte: Acervo Rosane Bevilaqua

O içamento dessas estruturas pode ser feito manualmente, nos casos de peças leves e de menor dimensão, ou com o uso de equipamentos de elevação, como guias ou guindastes, especialmente quando se trata de tesouras maiores ou com perfis compostos. Durante todo o processo, deve-se evitar qualquer esforço que possa causar torções, empenamentos ou deformações das peças, preservando a integridade da estrutura (CBCA, 2024).

À medida que as tesouras ou caibros são instalados, é essencial executar o contraventamento do telhado e o travamento entre os elementos, com o uso de tirantes metálicos, fitas de aço galvanizado ou perfis auxiliares, conforme detalhamento de projeto (Figura 116). Esse procedimento evita movimentações indesejadas durante a montagem e garante a estabilidade da estrutura do telhado. A última etapa da montagem da estrutura do telhado é a instalação das ripas metálicas

ou perfis específicos para apoio do sistema de cobertura. Estes elementos são responsáveis por sustentar as telhas e seus arremates. A cobertura deve ser instalada o quanto antes, a fim de proteger as áreas internas da edificação contra intempéries, permitindo o andamento das demais etapas construtivas com maior segurança e eficiência.

Figura 116 - Instalação de ripas e contraventamentos de telhado



Fonte: Acervo Rosane Bevilaqua

6.3.5 Fechamento e Instalações

A execução do fechamento externo das paredes pode ser realizada de forma escalonada, acompanhando o avanço da montagem da estrutura, ou de maneira sequencial, após a finalização de todos os níveis estruturais da edificação. A escolha entre essas estratégias depende diretamente do planejamento logístico da obra e da estratégia adotada pela equipe técnica (Figura 117). No entanto, independentemente do método escolhido, a fixação das placas de fechamento externo deve ser iniciada apenas após a ancoragem definitiva dos painéis de parede e a conclusão da estrutura da laje ou da cobertura do pavimento imediatamente superior. Essa precaução é essencial para garantir a manutenção do prumo, do nivelamento e do correto alinhamento dos painéis (Santiago *et. al*, 2012).

Figura 117 - Plaqueamento externo em painel cimentício em execução



Fonte: Acervo IMG Montagens

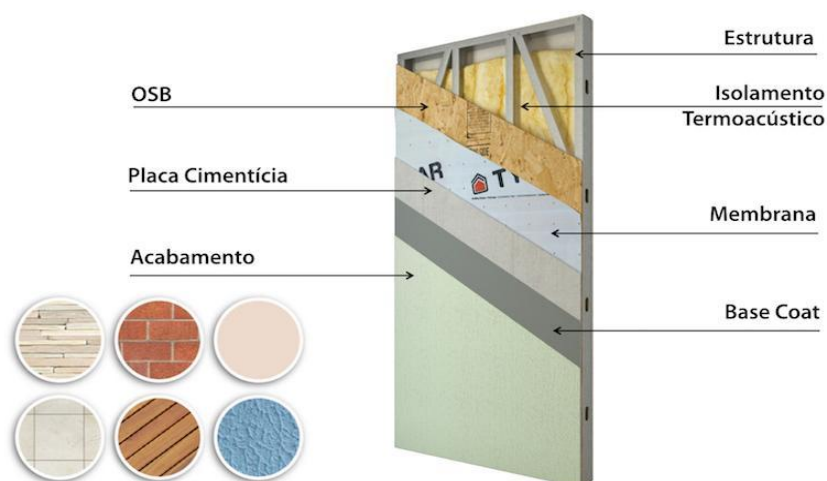
O processo de plaqueamento externo inicia-se por uma das extremidades da edificação, respeitando rigorosamente a modulação projetada e as especificações técnicas do material adotado, como painéis cimentícios, OSB tratado, ou placas compósitas resistentes à umidade. A instalação deve ser realizada em faixas horizontais, partindo da base da parede em direção ao topo, com sobreposição e fixação sequencial conforme as recomendações do fabricante e o projeto executivo.

Na Figura 118 é apresentada uma das configurações possíveis para o fechamento externo, composta por diferentes camadas que atuam conjuntamente na proteção, conforto e estética da edificação.

- Estrutura: composta pelos painéis de aço galvanizado.
- OSB: painel de tiras de madeira prensadas que geram alta resistência.
- Membrana: impede a entrada da umidade, mas permite a transpiração da edificação. Assim, serve principalmente para evitar a formação de mofo e de infiltrações.
- Placa cimentícia: utilizada para auxiliar na planicidade e para evitar deformações por variação de temperatura. É composta por massa de cimento reforçada com fibra de vidro.
- Base Coat: é o revestimento da placa cimentícia, responsável pela impermeabilização e por fazer as juntas da placa cimentícia desaparecerem.

- Acabamento: a parede recebe o tratamento convencional para prepará-la para receber o acabamento – seja ela pintura, textura, porcelanato, pedras etc.
- Isolamento Termoacústico: pode ser feito com lã de vidro ou lã de Polietileno Tereftalato (PET).

Figura 118 - Passo a passo para fechamento externo

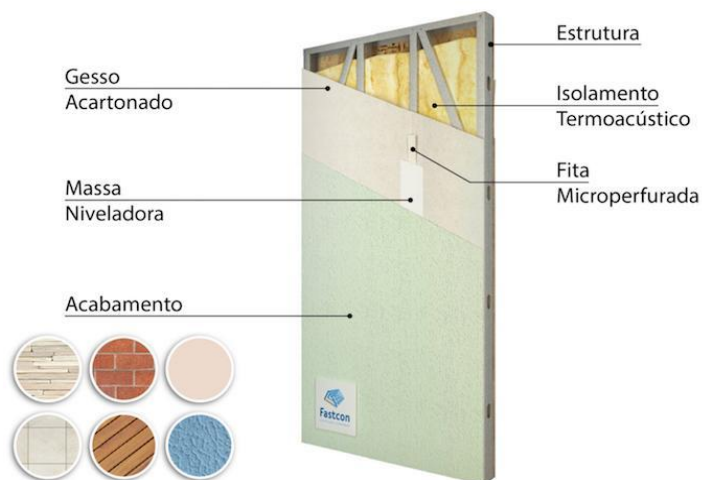


Fonte: Inova Civil (2021)

Já o fechamento interno e a instalação dos materiais de isolamento termoacústico só devem ocorrer após a completa proteção da edificação contra as intempéries. Essa etapa é particularmente sensível, visto que tanto os isolantes (como lã mineral, lã de PET ou de vidro) quanto as placas de gesso acartonado são suscetíveis à absorção de umidade, o que pode comprometer significativamente sua eficiência e durabilidade (Santiago *et. al*, 2012).

A Figura 119 apresenta uma configuração típica de como pode ser executado o fechamento interno:

- Placa de gesso acartonado: uma placa produzida de gesso com o papel cartão.
- Massa niveladora: um acabamento para as placas de gesso. É uma massa aplicada em toda a extensão da parede. Garante a impermeabilização e a unificação das placas quando utilizada junto com as fitas microperfuradas. Ou seja, as juntas se tornam imperceptíveis e estarão muito bem fixas.
- Revestimento de acabamento: a parede pode ser tratada de forma convencional, com possibilidade de receber pintura, texturas, revestimentos cerâmicos ou qualquer outro tipo de revestimento, tal como pedras, porcelanato ou madeira.

Figura 119 - Passo a passo para fechamento interno

Fonte: Inova Civil (2021)

Além disso, recomenda-se fortemente que todas as instalações elétricas, hidráulicas e de sistemas complementares estejam completamente executadas e testadas antes do fechamento definitivo das paredes. Isso inclui o correto posicionamento de conduítes, caixas de passagem, tubos de esgoto, registros e pontos de energia, de modo a evitar retrabalhos e permitir uma vedação adequada das superfícies.

A integração entre o avanço das instalações prediais e o plaqueamento das superfícies deve ser cuidadosamente coordenada para otimizar o cronograma de execução e reduzir interferências durante a obra (Santiago *et. al*, 2012).

Figura 120 - Execução de instalações hidráulicas em painéis prontos

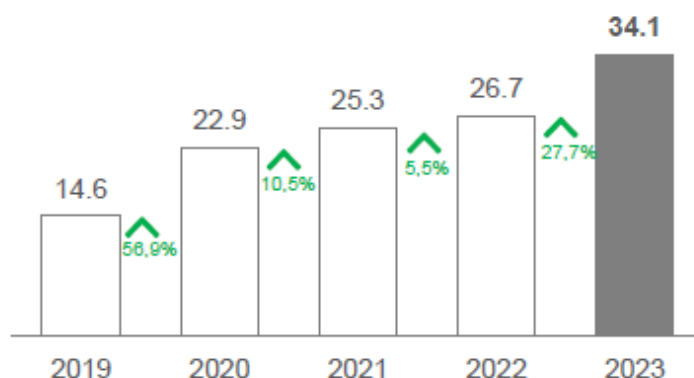
Fonte: Acervo Rosane Bevilaqua

7 DESAFIOS DO SISTEMA *LIGHT STEEL FRAME*: PERSPECTIVA E DESENVOLVIMENTO

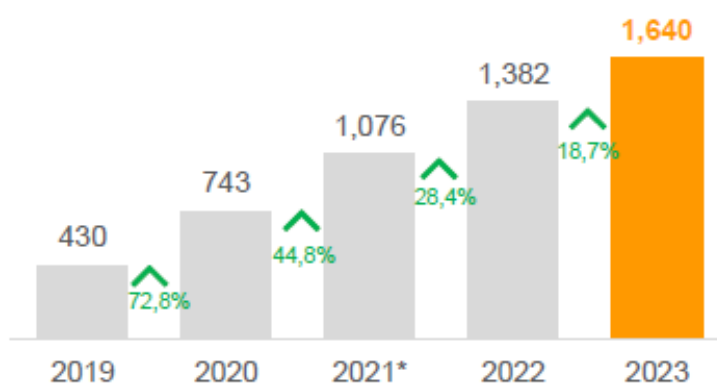
O sistema construtivo *Light Steel Frame*, embora já consolidado em países desenvolvidos como Estados Unidos, Canadá, Austrália e Reino Unido, ainda enfrenta uma série de desafios no Brasil. Trata-se de uma tecnologia que alia rapidez de execução, precisão industrial, redução de resíduos e sustentabilidade. Entretanto, sua adoção em larga escala no território nacional esbarra em barreiras técnicas, culturais e estruturais que precisam ser superadas.

O Brasil apresenta um histórico de predominância da construção em alvenaria convencional, o que faz com que haja resistência cultural significativa em relação a sistemas industrializados como o LSF. A construção civil brasileira possui uma base cultural fortemente associada a sistemas tradicionais, o que gera desconfiança quanto ao desempenho e à durabilidade de sistemas alternativos como o LSF. Esse fator é reforçado por um histórico de desinformação e desconhecimento técnico sobre o desempenho e a durabilidade do Steel Frame, criando um cenário de hesitação na transição para métodos mais modernos (Borges, 2022).

Contudo, apesar dessas barreiras, os dados mostram que o sistema vem ganhando espaço. Segundo o Relatório de Atividades 2023 do Centro Brasileiro da Construção em Aço (CBCA), a produção de perfis galvanizados para *Light Steel Frame* no Brasil atingiu 34,1 mil toneladas em 2023, um crescimento de 27,7% em relação ao ano anterior, o que demonstra o aumento da demanda e da aceitação do sistema (Figura 121). Ainda conforme o mesmo relatório, o setor faturou aproximadamente R\$ 1,64 bilhão, um aumento de 18,7% em comparação ao ano de 2022 (Figura 122) (CBCA, 2024).

Figura 121 - Evolução do volume produção de LSF (mil toneladas)

Fonte: CBCA (2024)

Figura 122 - Evolução do faturamento de perfis galvanizados (R\$ milhões)

Fonte: CBCA (2024)

O cenário tem se transformado positivamente. Com o aumento da demanda por construções mais rápidas, limpas e sustentáveis, o LSF vem sendo gradualmente incorporado no Brasil, especialmente em residências unifamiliares, edificações comerciais e até habitações de interesse social.

Um exemplo marcante dessa evolução pode ser observado na cidade de Palmas, Tocantins. No ano de 2002, foi implantado um projeto residencial em *Light Steel Frame* na região sul da cidade, porém o empreendimento não avançou além da casa modelo (Figura 123), devido à falta de aceitação do sistema pela população na época. A resistência cultural e a desinformação sobre as vantagens do LSF impediram que o projeto se concretizasse como planejado. Contudo, mais de duas décadas depois, Palmas apresenta um novo panorama: já existem obras em LSF em andamento, inclusive dentro de condomínios de alto padrão, demonstrando que

o sistema começa a conquistar espaço no mercado local, impulsionado pela modernização da construção civil e pela busca por soluções construtivas mais eficientes.

Figura 123 - Casa Modelo em LSF



Fonte: Neto (2002)

Apesar do avanço, a falta de mão de obra qualificada é uma das principais dificuldades enfrentadas. A execução correta das etapas do LSF exige profissionais capacitados, com domínio de montagem de perfis, sistemas de fechamento, isolamento termoacústico e compatibilização de projetos. A ausência de capacitação específica compromete a qualidade das construções e reduz a produtividade no canteiro de obras. Esse déficit de profissionais qualificados impacta diretamente o custo da obra, já que a oferta limitada de mão de obra especializada tende a elevar os salários e custos operacionais (Rocha, 2018).

Outro fator limitante é a alta carga tributária sobre os materiais utilizados no sistema, principalmente os perfis galvanizados, o que reduz a competitividade do LSF frente à alvenaria convencional. O relatório do CBCA (2024) aponta que 54% dos fabricantes indicam a tributação como um entrave importante para a expansão do sistema no Brasil. Além disso, 40% dos fabricantes relatam dificuldades causadas pela concorrência com materiais importados e/ou não certificados, o que ameaça a qualidade e segurança das edificações (CBCA, 2024).

Apesar de todos esses desafios, as perspectivas são promissoras. A crescente busca por soluções construtivas sustentáveis e mais eficientes impulsiona a adoção de tecnologias como o LSF. A utilização do *Building Information Modeling* (BIM) tem se mostrado uma aliada importante na compatibilização de projetos e na

redução de erros de execução, promovendo maior eficiência nos empreendimentos. O crescimento do uso de ferramentas como o BIM e a digitalização dos processos construtivos podem tornar o sistema ainda mais eficiente e acessível (Rocha, 2018).

Além disso, a redução de resíduos, o menor consumo de água e o melhor desempenho térmico e acústico fazem do LSF uma alternativa ambientalmente responsável, o que está alinhado às novas exigências de sustentabilidade na construção civil. Segundo dados do CBCA (2024), mais de 40% dos projetos em LSF utilizam isolamento térmico e acústico em conformidade com as normas brasileiras, reforçando o compromisso do setor com o desempenho ambiental.

Portanto, embora o LSF enfrente dificuldades estruturais e culturais no Brasil, seu crescimento contínuo, aliado ao investimento em capacitação, regulamentação e tecnologia, tem potencial para transformar o panorama da construção civil nacional. Para isso, é fundamental o envolvimento de órgãos públicos, empresas e instituições educacionais na criação de políticas de incentivo, normalização e disseminação da tecnologia.

8 CONCLUSÃO

Este trabalho teve como objetivo principal apresentar e analisar o sistema construtivo *Light Steel Frame*, abordando suas etapas construtivas, características técnicas e os desafios enfrentados para sua implementação no Brasil. Ao longo do estudo, foi possível descrever detalhadamente as fases que compõem o processo de construção em LSF, desde a fundação até o acabamento final, evidenciando a racionalidade e organização do sistema, além de sua alta produtividade e rapidez de execução.

Com base na revisão bibliográfica e nos exemplos práticos analisados, também foi possível compreender os principais componentes do LSF, como os perfis de aço galvanizado formados a frio, os fechamentos internos e externos, as lajes e coberturas, bem como suas vantagens funcionais, como leveza estrutural, precisão dimensional, menor geração de resíduos e potencial sustentável. A comparação com os métodos tradicionais evidenciou que o LSF é uma alternativa moderna, com grande potencial de expansão no mercado da construção civil brasileira.

Entretanto, o trabalho também demonstrou que o sistema ainda enfrenta entraves importantes, especialmente relacionados à necessidade de mão de obra especializada, ao custo inicial mais elevado e à resistência cultural por parte de consumidores e profissionais. Apesar disso, nota-se um avanço progressivo na aceitação e utilização do LSF no Brasil, onde já se observa sua aplicação em residenciais de médio e alto padrão, indicando uma tendência de crescimento e consolidação.

Portanto, conclui-se que o *Light Steel Frame* representa uma solução construtiva viável, eficiente e alinhada às demandas contemporâneas por sustentabilidade, rapidez e inovação, desde que acompanhada de políticas de incentivo, capacitação profissional e maior difusão técnica no setor da construção civil.

REFERÊNCIAS

CASTRO, B. G. S. **Utilização de estruturas metálicas em edificações residenciais unifamiliares**. Dissertação 206p. (Mestrado) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, 2005.

SANTIAGO, A. K.; FREITAS, A. M. S.; CRASTO, R. C. M. **Steel Framing: Arquitetura**. Rio de Janeiro: IBS/CBCA, 2012. (Série Manuais da Construção em Aço).

SANTIAGO, A. K. **O uso do sistema Light Steel Framing associado a outros sistemas construtivos como fechamento vertical externo não estrutural**. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, 2008. 153p.

SCA ENGENHARIA. **Acervo fotográfico**. Belo Horizonte, 2017. Disponível on-line em <<https://www.scaengenharia.com.br>>. Acesso em 21 jan 2025.

LAMBIASE. **Construção em Light Steel Framing**. Disponível em: <<http://lambiase.com.br/steel-frame/construcao-em-light-steel-frame/>>. Acesso em: 21 jan. 2025.

CRASTO, Renata C. M. **Arquitetura e tecnologia em Sistemas Construtivos Industrializados – Light Steel Framing**. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, 2005.

RODRIGUES, F. C.; CALDAS, R. B. **Steel Framing: Engenharia**. – IBS/CBCA. Rio de Janeiro, 2016.

SOARES, Eduardo. **Light Steel Frame - Conhecendo o sistema construtivo a seco**. Rio Grande do Sul, 2021. Disponível em: <https://educapes.capes.gov.br/bitstream/capes/601195/2/Produto%20educacional.pdf>. Acesso em: 21 jan. 2025.

ABNT ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8.800: Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios**. Rio de Janeiro, 2008.

ABNT ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14762: Dimensionamento de estruturas de aço constituídas por perfis formados a frio**. Rio de Janeiro, 2010.

CASTRO, B. G. S. **Utilização de estruturas metálicas em edificações residenciais unifamiliares**. Dissertação 206p. (Mestrado) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, 2005.

CBCA CENTRO BRASILEIRO DA CONSTRUÇÃO EM AÇO. **Revista Arquitetura e Aço, N.43**. Rio de Janeiro: CBCA, 2015. Disponível on-line em <<http://www.cbca-acobrasil.org.br/>>. Acesso em 22 jan 2025.

CBCA CENTRO BRASILEIRO DA CONSTRUÇÃO EM AÇO. **Revista Arquitetura e Aço, N.47**. Rio de Janeiro: CBCA, 2016. Disponível on-line em < <http://www.cbca-acobrasil.org.br/>>. Acesso em 22 jan 2025.

KNAUF. **Manual de Instalação. Sistemas Knauf drywall**. Rio de Janeiro, 2017. Disponível on-line em <<http://knauf.com.br/downloads>>. Acesso em 22 jan 2025.

CASTRO, R. L., et al. **Estudo comparativo entre o sistema construtivo *Light Steel Frame* e os métodos construtivos convencionais**. Revista de Engenharia Civil IMED, vol. 7, no. 1, pp. 55-63, 2020.

RODRIGUES, F. C., CALDAS, R. B. **Steel Framing: Engenharia**. Rio de Janeiro: IBS/CBCA, 2016. (Série Manual da Construção em Aço).

BATISTA, Amanda. **Análise Comparativa de Custos de Sistemas Estruturais para Construção de Habitações de Interesse Social no Município de Palmas/to: *Light Steel Frame* X Alvenaria Estrutural**. Palmas, 2020. Disponível em: <<https://repositorio.uft.edu.br/handle/11612/2892>>. Acesso em 22 jan 2025.

Freitas A.V, Porto F. P., Paula Couto, A.B. **Sistema Construtivo em *Light Steel Frame*, Método Engenheirado, em Obras**. Goiás, 2023. Disponível em: <<https://repositorio.pucgoias.edu.br/jspui/handle/123456789/6779>>. Acesso em 22 jan 2025.

ZAMBONI, Luiz Ricardo. **Estudo comparativo entre o sistema construtivo *Light Steel Frame* e o sistema alvenaria convencional em casas populares**. 2016. 100 f. Tese de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Tuiuti do Paraná, Curitiba, 2016.

LIMA, Rodinely Francisco. **Técnicas, métodos e processos de projeto e construção do sistema construtivo *Light Steel Frame***. 2013. 157 f. Mestrado – Construção civil – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2013.

CONSUL STEEL. **Construcción com acero liviano – manual de procedimiento**. Buenos Aires. Consul Steel. 2002. 1 CD-ROM

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

CMC MÓDULOS. **Acervo fotográfico**. Mirassol, 2017. Disponível on-line em <<http://www.cmcmodulos.com.br>>, acesso em 25/04/2025.

IMG MONTAGNES. **Acervo fotográfico**. Belo Horizonte, 2017. Disponível on-line em <<https://www.facebook.com/imgmontagens>>, acesso em 10/11/2017.

LB MONTAGNES. **Acervo fotográfico**. Belo Horizonte, 2017. Disponível on-line em <<https://www.facebook.com/lbmontagensltda>>, acesso em 14/10/2017.

PRUDÊNCIO, Marcus Vinícius Martins Vargas. **Projeto e Análise Comparativa de Custo de uma Residência Unifamiliar Utilizando os Sistemas Construtivos Convencional e Light Steel Framing**. 47 f. Monografia - (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2013.

TEIXEIRA, L. A. S.; SIMPLICIO, M. C. A. **A Modernização da Construção Civil Através do Uso do Steel Frame**. Boletim do Gerenciamento, [S.l.], v. 2, n. 2, out. 2018. ISSN 2595-6531. Disponível em: <<https://nppg.org.br/revistas/boletimdoGerenciamento/article/view/46>>. Acesso em: 03 de maio de 2025.

VIVAN, André Luiz. **Projetos para produção de residências unifamiliares em light steel framing**. 2011. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.

VIVIAN, et al., **Vantagem produtiva do sistema light steel framing**: da construção enxuta à racionalização construtiva. ENTAC - XIII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, Canela, RS, 2010.
ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16970-1:2021 – Light steel framing — Parte 1: Requisitos e diretrizes para projeto**. Rio de Janeiro, 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16970-2:2021 – Light steel framing — Parte 2: Requisitos e diretrizes para desempenho**. Rio de Janeiro, 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16970-3:2021 – Light steel framing — Parte 3: Requisitos e diretrizes para execução**. Rio de Janeiro, 2021.

CBCA – CENTRO BRASILEIRO DA CONSTRUÇÃO EM AÇO. Curso Light Steel Frame: apostila do curso. [S.l.]: CBCA, 2024. Material didático.