

**UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL  
ÁREA DO CONHECIMENTO DE CIÊNCIAS EXATAS E ENGENHARIAS  
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**MAICON ADANS GONÇALVES DE MELO**

**ANÁLISE DAS CONFORMIDADES DE UMA OBRA RESIDENCIAL UNIFAMILIAR  
NO SISTEMA CONSTRUTIVO LIGHT STEEL FRAME: ESTRUTURAS DE  
ELEVAÇÃO NO MÉTODO POR PAINÉIS E FECHAMENTO VERTICAL DAS  
PAREDES EXTERNAS DE VEDAÇÃO**

**CAXIAS DO SUL-RS**

**2022**

**MAICON ADANS GONÇALVES DE MELO**

**ANÁLISE DAS CONFORMIDADES DE UMA OBRA RESIDENCIAL UNIFAMILIAR  
NO SISTEMA CONSTRUTIVO LIGHT STEEL FRAME: ESTRUTURAS DE  
ELEVAÇÃO NO MÉTODO POR PAINÉIS E FECHAMENTO VERTICAL DAS  
PAREDES EXTERNAS DE VEDAÇÃO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia Civil da Universidade de Caxias do Sul, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Engenheiro Civil.

Orientador Prof. Me. Marcelo Benetti Correa da Silva

**CAXIAS DO SUL-RS**

**2022**

**MAICON ADANS GONÇALVES DE MELO**

**ANÁLISE DAS CONFORMIDADES DE UMA OBRA RESIDENCIAL UNIFAMILIAR  
NO SISTEMA CONSTRUTIVO LIGHT STEEL FRAME: ESTRUTURAS DE  
ELEVAÇÃO NO MÉTODO POR PAINÉIS E FECHAMENTO VERTICAL DAS  
PAREDES EXTERNAS DE VEDAÇÃO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia Civil da Universidade de Caxias do Sul, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Engenheiro Civil.

Orientador Prof. Me. Marcelo Benetti Correa da Silva

**Aprovado em: 06/12/2022**

**Banca Examinadora**

---

Prof. Me. Marcelo Benetti Correa da Silva  
Universidade de Caxias do Sul

---

Profa. Me. Marta Baltar Alves  
Universidade de Caxias do Sul

---

Eng. Jéssica Rossi  
Universidade de Caxias do Sul

## **AGRADECIMENTOS**

Meus agradecimentos em especial aos meus pais, Cláudia Gonçalves Krohn de Melo e Vanderson de Melo Xavier, que são meus heróis, todas as palavras de incentivo e motivação me impulsionaram a ir em busca do sonho, mesmo diante da distância, me mudando de Rondônia para o Rio Grande do Sul para estudar Engenharia Civil, essa vitória e eu dedico totalmente a vocês.

Aos meus familiares, que acompanharam minha caminhada e me apoiaram de alguma forma, mesmo que através de pequenos gestos como uma simples mensagem de lembrança, o sentimento de gratidão se estende a vocês.

Aos meus amigos que conheci quando cheguei em Caxias do Sul, e com o gesto acolhedor do povo sulista fizeram me sentir em casa, aos meus colegas que durante a graduação que através dos trabalhos em grupo nos apoiamos na construção de novas ideias e experiências que ficarão para sempre na memória.

Aos professores da Universidade de Caxias do Sul, costumo guardar com muito carinho os nomes de cada um dos professores que já passaram na minha vida, vocês são autoridades fundamentais para construção de novos profissionais no mercado de trabalho e que merecem total respeito e espaço guardado no coração. Em especial meu muito obrigado ao meu orientador e Prof. Me. Marcelo Benetti Correa da Silva, por me conduzir, abrindo minha mente e ensinando a buscar alternativas e soluções durante o meu trabalho de conclusão de curso.

Por fim, meu agradecimento ao Sander Fogliarini da Costa, que me proporcionou a oportunidade profissional através da sua empresa, para que eu pudesse ter o primeiro contato com a construção a seco por meio do Light Steel Frame, sendo de extrema importância e fundamental para o conhecimento da metodologia construtiva e crescimento pessoal e profissional.

## RESUMO

Este trabalho apresenta um estudo de caso com critério de comparação e análise qualitativa do sistema construtivo Light Steel Frame (LSF) no método por painéis e fechamento vertical das paredes externas de vedação. Os principais objetivos serão de investigar a execução do sistema construtivo LSF, entre interface dos elementos estruturais e instalação dos materiais das paredes externas de vedação, indicar as conformidades e compará-las com as Normas técnicas brasileira, dentre elas; ABNT NBR 6355:2012, ABNT NBR 15253:2014, até a norma recém-lançada de Light Steel Frame, ABNT NBR 16970:2022, serão utilizados também como base os manuais técnicos do Centro Brasileiro da Construção em Aço (CBCA). O objeto de estudo é uma residência unifamiliar de alto padrão na cidade de Caxias do Sul - RS. Os métodos aplicados neste trabalho de conclusão de curso podem ser replicados para diferentes padrões de residência unifamiliar em LSF, baixo, médio e alto padrão. Foi realizado o estudo de caso desde o início das elevações montadas sobre o radier e verificado pontos específicos na estrutura, pontos estes que são importantes para manter a rigidez estrutural, e nas paredes externas de vedação a aplicação dos materiais de fechamento correto. As conformidades encontradas foram satisfatórias, com resultado acima de 90%, demonstrando que a obra teve controle de qualidade e atenção na execução estrutural do método construtivo LSF e utilizou materiais adequados e com bom desempenho técnico.

**Palavras-Chave:** Construção Civil. Sustentabilidade. Déficit Habitacional. Light Steel Frame. Avaliação das conformidades.

## ABSTRACT

This work presents a case study with comparison criteria and qualitative analysis of the Light Steel Frame (LSF) constructive system in the panel method and vertical closing of the outer walls. The main objectives will be to investigate the execution of the LSF constructive system, between the interface of the structural elements and installation of the materials of the external walls of sealing, to indicate the conformities and to compare them with the Brazilian technical Norms, among them; ABNT NBR 6355:2012, ABNT NBR 15253:2014, up to the recently released Light Steel Frame standard, ABNT NBR 16970:2022, will also be used as a basis for technical manuals from the Brazilian Center for Steel Construction (CBCA). The object of study is a high standard single-family residence in the city of Caxias do Sul - RS. The methods applied in this course conclusion work can be replicated for different standards of single-family residence in LSF, low, medium and high standard. A case study was carried out from the beginning of the elevations mounted on the raft and specific points in the structure were verified, points that are important to maintain the structural rigidity, and in the external walls of sealing the application of the correct closing materials. The conformities found were satisfactory, with a result above 90%, demonstrating that the work had quality control and attention in the structural execution of the LSF constructive method and used adequate materials and with good technical performance.

**Keywords:** Civil Construction. Sustainability. Housing Deficit. Light Steel Frame. Conformity assessment.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Delineamento das Etapas do Trabalho	16
Figura 2 - Protótipo de residência LSF da Feira Mundial de Chicago de 1933	19
Figura 3 - Tipos de perfis LSF e suas aplicações	23
Figura 4 - Impermeabilização com manta contra umidade ascendente	25
Figura 5 - Ancoragem de um painel LSF no radier com Parabolt	26
Figura 6 - Ancoragem de um painel LSF no radier com chumbador químico	27
Figura 7 - Atuação das cargas solicitantes na estrutura de LSF	28
Figura 8 - Montagem e manuseio do LSF no método por painéis	30
Figura 9 - Componentes de um painel de parede utilizando perfis “Ue”	31
Figura 10 - Componentes de um painel entrepisso utilizando perfis “Ue”	32
Figura 11 - Tipos elementos fixadores e sua aplicabilidade (continua)	33
Figura 12 - Tipos elementos fixadores e sua aplicabilidade (continuação)	33
Figura 13 – Parede de vedação vertical: E.I.F.S. com fixação mecânica	37
Figura 14 - Emplacamento rígido utilizando o OSB	38
Figura 15 - Membrana Hidrófuga “Tyvek”	39
Figura 16 - Execução correta da malha de reforço (basecoat)	40
Figura 17 - Projeto estrutural em 3D do objeto de estudo	42
Figura 18 - Projeto Arquitetônico: planta baixa térreo	43
Figura 19 - Projeto Arquitetônico: planta baixa 2º pavimento	44
Figura 20 - Projeto Arquitetônico: fachada sul	45
Figura 21 - Projeto Arquitetônico: fachada norte	45
Figura 22 - Projeto Arquitetônico: fachada leste	46
Figura 23 - Projeto Arquitetônico: fachada oeste	46
Figura 24 - Fluxograma do método de análise das conformidades	47
Figura 25 - Identificação dos elementos estruturais LSF	48
Figura 26 - Estanqueidade contra umidade ascendente	49
Figura 27 - Ancoragem permanente da estrutura com Parabolt	50
Figura 28 - Elevação dos painéis estruturais e travamento temporário	51
Figura 29 - Continuação da elevação dos painéis estruturais	51
Figura 30 - Emprego do parafuso de cabeça sextavada na ligação entre painéis	52
Figura 31 - Interface entre estrutura de aço laminado e LSF	53
Figura 32 - Interface entre estrutura de aço laminado e LSF (caso 2)	54

Figura 33 - Contato entre diferentes estruturas e fixação	55
Figura 34 - Uso de treliças planas para vencer um grande vão	56
Figura 35 - Uso de treliças planas para contraventamento vertical	57
Figura 36 - Vigas treliçadas sobre as estruturas de painéis e banda acústica	58
Figura 37 - Instalação dos OSBs de entrepiso	58
Figura 38 - Pavimento superior com as elevações posicionadas	59
Figura 39 - Emprego da chapa gusset na união entre painéis (caso 1)	60
Figura 40 - Emprego da chapa gusset união entre treliça e painéis (caso 2)	61
Figura 41 - Emprego da cantoneira de abas iguais entre vigas e aço pesado	61
Figura 42 - Emprego da cantoneira e chapa "L" no patamar da escada	62
Figura 43 - Emprego das chapas "L" no apoio de treliças ou tesouras	62
Figura 44 - Instalação dos painéis de OSB	63
Figura 45 - Instalação da membrana hidrófuga "Tyvek"	64
Figura 46 - E.I.F.S. e glasroc instalados nas paredes externas e beirais	65
Figura 47 - Aplicação do basecoat na parede lateral esquerda (basecoat)	66
Figura 48 - Malha de reforço sobre a camada de basecoat	66
Figura 49 - Cantoneira em PVC com malha vertex e basecoat no vão de janela	67

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Características de conformidades dos perfis LSF	21
Tabela 2 - Perfil U simples: Dimensões, massa e propriedades geométricas	24
Tabela 3 - Perfil U enrijecido: Dimensões, massa e propriedades geométricas	24
Tabela 4 - Condição de pontuação das conformidades	47
Tabela 5 - Conformidade de identificação dos elementos estruturais	48
Tabela 6 - Conformidade de estanqueidade contra umidade ascendente	49
Tabela 7 - Conformidade de ancoragem permanente da estrutura	50
Tabela 8 - Conformidade de elevação dos painéis estruturais	51
Tabela 9 - Conformidade de ligação entre painéis	52
Tabela 10 - Conformidade entre estrutura de aço laminado e LSF	53
Tabela 11 - Conformidade entre estrutura de aço laminado e LSF (caso 2)	54
Tabela 12 - Conformidade do contato entre diferentes estruturas	55
Tabela 13 - Conformidade no uso de treliças plana para vencer um grande vão	56
Tabela 14 - Conformidade no uso de treliças planas de contraventamento vertical	57
Tabela 15 - Conformidade da fase de entrepisos	59
Tabela 16 - Conformidade dos painéis estruturais do 2º pavimento	59
Tabela 17 - Conformidade das uniões e ligações da estrutura	62
Tabela 18 - Conformidade da instalação das placas de OSB	63
Tabela 19 - Conformidade da instalação da membrana hidrófuga	64
Tabela 20 - Conformidade da instalação do E.I.F.S. e glasroc	65
Tabela 21 - Conformidade da malha de reforço e basecoat	67

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Conformidades identificadas no sistema construtivo	69
Gráfico 2 - Conformidades totais identificados	69

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

LSF	Light Steel Frame
PFF	Perfil Formado a Frio
MPA	Megapascal
CBCA	Centro Brasileiro da Construção em Aço
FGV	Fundação Getúlio Vargas
ABCEM	Associação Brasileira da Construção Metálica
ABRAINC	Associação Brasileira de Incorporadoras Mobiliárias
NBR	Norma Técnica Brasileira
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
SIENGE	Sindicato dos Engenheiros
MGI	McKinsey Global Institute

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b>	<b>14</b>
1.1 TEMA DE PESQUISA	15
1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA	15
1.3 QUESTÃO DE PESQUISA	15
1.4 OBJETIVOS	15
<b>1.4.1 Geral</b>	<b>15</b>
<b>1.4.2 Específicos</b>	<b>15</b>
1.5 DELINEAMENTO DO TRABALHO	16
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO</b>	<b>17</b>
2.1 O SISTEMA CONSTRUTIVO LIGHT STEEL FRAME	17
2.2 HISTÓRICO DO SISTEMA CONSTRUTIVO	18
2.3 SUSTENTABILIDADE E DEMANDAS DA CONSTRUÇÃO CIVIL	19
<b>3 PERFIS DE AÇO FORMADOS A FRIO DO LSF</b>	<b>21</b>
3.1 TIPOS DE PERFIS UTILIZADOS NO SISTEMA CONSTRUTIVO LSF	22
<b>4 ELEMENTOS DE FUNDAÇÃO</b>	<b>24</b>
4.1 INTERFACE ENTRE FUNDAÇÃO E PAINÉIS: ESTANQUEIDADE CONTRA UMIDADE ASCENDENTE	25
4.2 ANCORAGEM DA ESTRUTURA NA FUNDAÇÃO	26
<b>5 PAINÉIS ESTRUTURAIS</b>	<b>27</b>
5.1 COORDENAÇÃO MODULAR NO SISTEMA CONSTRUTIVO LSF	28
5.2 MÉTODO CONSTRUTIVO POR PAINÉIS E STICK	29
<b>5.2.1 Nomenclatura e destinação dos elementos nos painéis</b>	<b>30</b>
<b>5.2.2 Tipos de elementos fixadores para ligações e ancoragem</b>	<b>32</b>
<b>5.2.3 Montagem da estrutura de painéis: térreo e pavimento superior</b>	<b>34</b>
<b>5.2.4 Interface entre estrutura de painéis LSF com aço laminado</b>	<b>35</b>
<b>6 VIGAMENTO DE ENTREPISOS E LAJES</b>	<b>36</b>
<b>7 FECHAMENTO VERTICAL DAS PAREDES EXTERNAS DE VEDAÇÃO</b>	<b>36</b>
7.1 PAINÉIS DE OSB	38
7.2 MEMBRANA HIDRÓFUGA	38
7.3 E.I.F.S. (Poliestireno Expandido ou E.P.S.)	39
7.4 PLACAS DE GESSO ACARTONADO	39
7.5 BASECOAT	40

<b>8 MÉTODO</b>	<b>41</b>
8.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA	41
8.2 OBJETO DE ESTUDO	42
8.3 ANÁLISE DAS CONFORMIDADES APLICADAS NO SISTEMA LIGHT STEEL FRAME	46
<b>8.3.1 Identificação dos elementos estruturais</b>	<b>48</b>
<b>8.3.2 Estanqueidade contra umidade ascendente</b>	<b>48</b>
<b>8.3.3 Ancoragem da estrutura com Parabolt</b>	<b>49</b>
<b>8.3.4 Elevação dos painéis estruturais</b>	<b>50</b>
<b>8.3.5 Ligações entre estruturas LSF: fixação com parafuso adequado</b>	<b>52</b>
<b>8.3.6 Estrutura de painéis LSF e aço laminado a quente</b>	<b>53</b>
<b>8.3.7 Contato e proteção entre diferentes estruturas</b>	<b>54</b>
<b>8.3.8 O uso de treliças planas para vencer grandes vãos na horizontal</b>	<b>55</b>
<b>8.3.9 O uso de treliças planas no contraventamento estrutural vertical</b>	<b>56</b>
<b>8.3.10 Fase de Entrepiso</b>	<b>57</b>
<b>8.3.11 Posicionamento dos painéis estruturais de LSF do pavimento         superior</b>	<b>59</b>
<b>8.3.12 Uniões através de elementos de ligação nas estruturas LSF</b>	<b>60</b>
<b>8.3.13 Fechamento das paredes externas de vedação: painéis OSB</b>	<b>63</b>
<b>8.3.14 Fechamento das paredes externas: membrana hidrófuga Tivek</b>	<b>63</b>
<b>8.3.16 Fechamento das paredes externas: malha de reforço e basecoat</b>	<b>65</b>
<b>9 ANÁLISE DAS CONFORMIDADES E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS</b>	<b>68</b>
<b>10 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>70</b>
10.1 SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS	71
<b>11 REREFÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>72</b>
<b>12 APÊNCICES</b>	<b>75</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O sistema construtivo Light Steel Frame é caracterizado como um sistema construtivo sustentável por utilizar poucos recursos naturais com redução de resíduos e impacto ambiental (GOMES, 2014). Dentre as principais particularidades que destacam esse sistema são: bom isolamento térmico e acústico, utilização de material reciclável, redução de prazo e baixo índice de desperdício de materiais no canteiro de obras, o que torna o LSF um sistema construtivo racionalizado (RODRIGUES E CALDAS, 2016).

O LSF é relativamente novo no Brasil, mas já existem Normas (ABNT) e manuais técnicos (CBCA) que englobam e dotam de informações sobre as conformidades e aplicação da boa prática neste sistema construtivo, seja estrutural, quanto vedação de paredes externas e internas, controle de qualidade e contra patologias. A importância de seguir as Normas (ABNT) e manuais técnicos (CBCA) permite com que o sistema construtivo atinja um grau elevado de qualidade, satisfação, e sigam medidas que contribuirão com a durabilidade da estrutura.

O presente trabalho apresenta as conformidades do sistema construtivo LSF, através do estudo de caso de uma residência unifamiliar de alto padrão localizado na cidade de Caxias do Sul – RS. O intuito deste trabalho será de observar a execução através do estudo de caso da estrutura LSF no método por painéis (engenheirado) e fechamento vertical das paredes externas de vedação, as conformidades identificadas serão de avaliadas com análise qualitativa e critério de comparação com as prescrições técnicas indicadas em Normas (ABNT) e manuais técnicos da (CBCA).

O intuito final é apresentar a quantidade de conformidades identificadas durante o processo de estudo de caso e apresentá-las através de fotos, comentários e por meio de gráficos se o sistema construtivo está sendo bem implementado no país no que tange a qualidade do sistema construtivo, estrutura e paredes de vedação externa, mediante as normas e manuais técnicos disponíveis para tal.

## 1.1 TEMA DE PESQUISA

Avaliação das conformidades do processo construtivo em Light Steel Frame.

## 1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA

Avaliação das conformidades e aplicação das boas práticas nas estruturas de elevações por painéis de uma obra residencial de alto padrão utilizando o sistema construtivo Light Steel Frame.

## 1.3 QUESTÃO DE PESQUISA

Avaliar as conformidades e aplicação das boas práticas identificadas nas estruturas de elevações no método por painéis de Light Steel Frame e comparar frente ao que diz as referências bibliográficas disponíveis: livros, normas ABNT, bem como manuais técnicos da CBCA.

## 1.4 OBJETIVOS

### 1.4.1 Geral

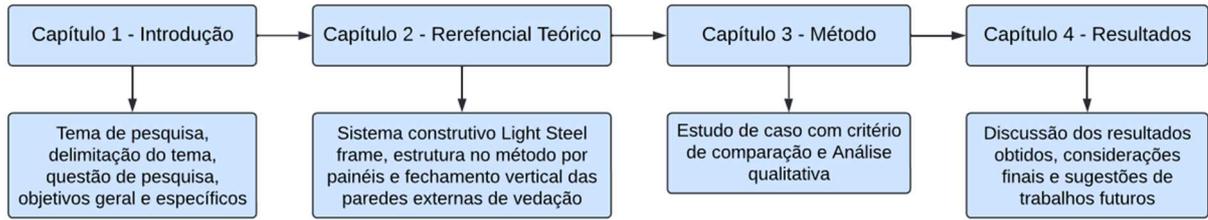
Avaliar as conformidades do processo construtivo do sistema Light Steel Frame de uma obra residencial de alto padrão.

### 1.4.2 Específicos

- a) Analisar a execução e instalação das estruturas de elevações de Light Steel Frame no método por painéis;
- b) Analisar a execução do fechamento das paredes externas de vedação;
- c) Indicar as conformidades de execução comparando com as normas técnicas (ABNT) e Manuais Técnicos (CBCA) e internacional, voltadas ao método construtivo LSF.

## 1.5 DELINEAMENTO DO TRABALHO

Figura 1 - Delineamento das Etapas do Trabalho



Fonte: O autor (2022).

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

O Sistema Construtivo Light Steel Frame (LSF) tem como característica principal de estrutura os perfis formados a frio de aço galvanizado, neste presente capítulo será apresentado a estrutura de elevação com foco direcionado no método “por painéis”, apresentando as técnicas construtivas adotadas atualmente.

### 2.1 O SISTEMA CONSTRUTIVO LIGHT STEEL FRAME

A NBR 16970, define o sistema LSF como um sistema construtivo que tem seus componentes e elementos estruturais da edificação formadas por perfis leves de aço formados a frio de revestimento metálico e com fechamentos em chapas delgadas (ABNT, 2022).

Segundo Rodrigues e Caldas (2016), Light Steel traduzido, nada mais é que os perfis formados a frio (PFF), já o termo Frame se dá pela característica estrutural autoportante do LSF, aço leve característico deste tipo de sistema construtivo agrupada com outros componentes formam os painéis da estrutura. As principais particularidades que destacam o LSF em relação ao sistema construtivo convencional são: bom isolamento térmico e acústico, utilização de material reciclável, redução de prazo e baixo índice de desperdício de materiais no canteiro de obras, o que torna o LSF um sistema construtivo racionalizado.

Para Consul Steel (2002), a seleção de materiais de boa qualidade aliado a mão de obra bem treinada irá resultar em um maior rendimento e otimização de processos, como tempo de trabalho e retrabalho, o produto final disso é economia de custos com mão de obra, menor desperdício de materiais, estes fatores impactam no custo final da obra.

Sobre as vantagens do sistema LSF a Consul Steel (2002) acrescenta:

- a) É um método construtivo de conceito aberto, que permite a interface de combinação com outros métodos construtivos na mesma estrutura, por exemplo, é muito comum a integração entre revestimentos de fachada em LSF com estrutura convencional em edifícios ou divisórias nos interiores de residências, vai variar conforme a necessidade e situação existente.
- b) A possibilidade de modificação de Layout pelo projetista, permitindo planejar etapas de reforma e construção para extensão ou aumento de

espaços, desde que respeitado os critérios de espaçamento entre montantes de 0,40m a 0,60m.

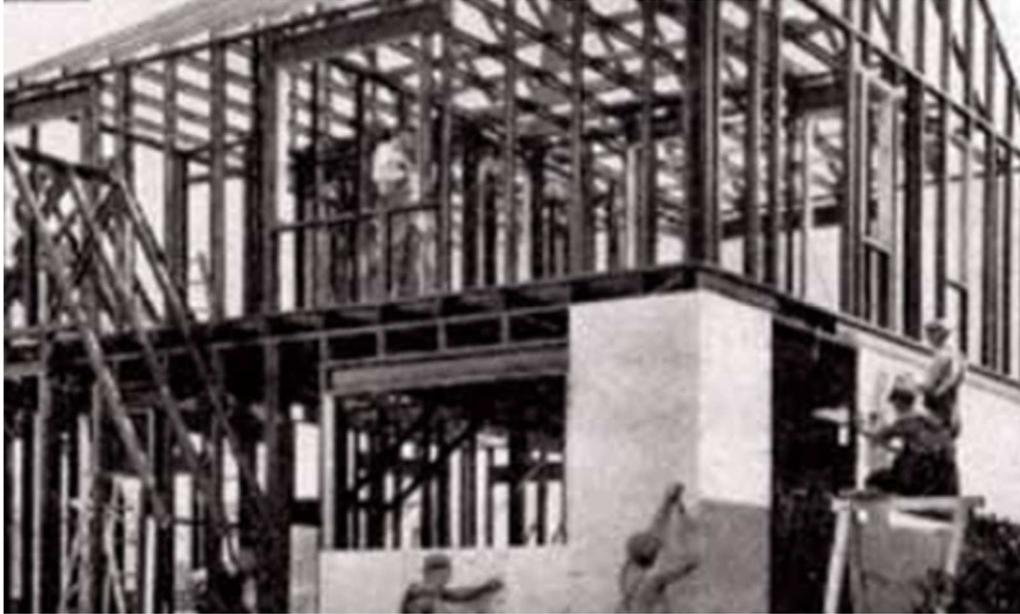
- c) A otimização de recursos, redução de materiais, retrabalhos, padronização de tarefas durante o processo construtivo são características de uma obra racionalizada, o que resulta em benefícios e melhor controle de qualidade.
- d) O conforto térmico é mais eficiente, o sistema de isolamento é adequado e passível de adaptação para qualquer tipo de clima.
- e) As medidas de modulação do sistema construtivo resultam em velocidade de produção, os painéis são montados de forma simples e rápida, as instalações elétricas e hidráulicas são eficientes, desde a instalação a detecção de problemas e manutenções futuras.
- f) O aço galvanizado formado a frio é um material de boa qualidade, com resistência a corrosão e extremamente durável.
- g) No ponto de vista ecológico o sistema é eficiente por utilizar materiais reciclados e com economia de recursos energéticos na construção.

## 2.2 HISTÓRICO DO SISTEMA CONSTRUTIVO

O método construtivo em Light Steel Frame já é bastante utilizado por países desenvolvidos, como é o caso dos Estados Unidos, Inglaterra, Austrália, Japão e Canadá. O Japão, diante da necessidade de atender uma demanda de construção de residências na casa dos milhões após a destruição da segunda Guerra Mundial e de uma restrição governamental de proteção aos recursos florestais, não teve outra escolha a não ser produzir perfis de aço leve como alternativa a madeira. (SANTIAGO; FREITAS; DE CRASTO, 2012)

Já a tecnologia nos Estados Unidos foi apresentada como novidade no início de 1933, com o crescente desenvolvimento da indústria do aço e necessidade de atender a demanda de crescimento populacional, foi então apresentado o protótipo de uma residência em LSF, como alternativa as residências tradicionais de madeira “Wood Frame” na Feira Mundial de Chicago, a Figura 2 apresenta o modelo de residência de dois andares (SANTIAGO; FREITAS; DE CRASTO, 2012).

Figura 2 - Protótipo de residência LSF da Feira Mundial de Chicago de 1933



Fonte: Manual do CBCA Steel Framing: Arquitetura.

No Brasil o LSF chegou na década de 90 e passa por um processo de aceitação de mercado, mas por conta da agilidade de processos e economia de materiais o sistema vem ganhando força (TECNOFRAME, 2020). No Brasil é muito comum o LSF ser executado como divisórias de paredes de vedação internas em Drywall sem função estrutural, mas é importante salientar que estrutura de paredes, pisos e cobertura em LSF, possuem todas as características necessárias para manter a integridade estrutural e atender as solicitações dos esforços de uma edificação (SANTIAGO; FREITAS; DE CRASTO, 2012).

### 2.3 SUSTENTABILIDADE E AS DEMANDAS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

Segundo o Sienge (2017), a construção civil é o setor que mais utiliza recursos naturais e mais gera resíduos, para se ter uma ideia, antes mesmo dos materiais chegarem na obra já existe consumo de energia e água, seja para extrair a matéria prima ou no processo de fabricação dos materiais, somando que no momento seguinte a água e energia são utilizadas na etapa de construção, mas o maior causador de impactos ambientais continua sendo os resíduos provenientes de demolição, volume na casa das toneladas e que acabam não tendo destinação correta.

Uma das formas de reduzir o uso dos recursos entre 30% e 40% e minimizar os impactos ambientais na construção civil é a adotando métodos construtivos racionalizados, projetos inteligentes com foco ecológico e redução de demolições (SIENGE, 2017). Inclusive esta é uma recomendação da ABNT NBR 15575-1:2021, que os empreendimentos sejam construídos buscando interferir menos possível na exploração dos recursos naturais e adotando processos racionalizados, ou seja, utilizando menos água, energia, matérias primas e menor degradação do meio ambiente na destinação final dos resíduos provenientes dos canteiros de obras.

Além da sustentabilidade, o setor da construção civil busca por mudanças e soluções inovadoras no quesito a atender a demanda e déficit habitacional, que atinge o mundo inteiro. Devido a taxa de crescimento populacional, no Brasil a demanda habitacional pode chegar a 30 milhões de domicílios até o ano de 2030, feito por um levantamento da FGV com Abrainc. “O déficit habitacional do País, que já era elevado, aumentou em mais de 220 mil imóveis entre 2015 e 2017, batendo recorde” (Abrainc, 2019 apud ABCEM, 2021).

Em outros países o problema também é comum, Terracota Ventures (2020, p. 15), apresenta:

Com um déficit habitacional de 2 milhões de casas, o Reino Unido precisaria construir 300 mil unidades por ano para acompanhar a demanda. Entretanto, com os sistemas convencionais, não tem conseguido entregar nem 200 mil residências por ano de forma consistente.

As estatísticas demonstram que o até 2030 cerca de 96.000 casas deverão ser construídas a cada semana para atender a demanda crescente da população a nível mundial, estima-se que 70% da população viverá nas grandes cidades, de acordo com a FRAMECAD (2019).

“Pesquisas anteriores do MGI, por exemplo, descobriram que a Califórnia precisa construir 3,5 milhões de unidades até 2025 para fechar sua lacuna habitacional, com longas listas de espera” (MGI - McKinsey Global Institute, 2019, P.19). De acordo com a Terracota Ventures (2020), para zerar o déficit até 2025, o estado precisaria construir 700 mil casas por ano. No entanto, dados apresentam uma entrega anual de apenas 80 mil casas.

Com base nestas dificuldades, enfrentamos desafios de escala global e com anseio por mudanças e foco em novos métodos construtivos. Os métodos tradicionais de construção estão se tornando inviáveis economicamente, não atendem a demanda atual e nem suprirão a demanda do futuro devido ao grande desenvolvimento populacional. Uma das alternativas de contornar o problema é o processo industrializado, utilizando o aço, permitindo uma construção mais leve, rápida, limpa e com menos desperdício de materiais e geração de resíduos, o LSF atende a estes requisitos (FRAMECAD, 2019).

### 3 PERFIS DE AÇO FORMADOS A FRIO DO LSF

De acordo com a ABNT NBR 6355:2012, a matéria prima dos perfis LSF advém das chapas de aço laminadas a frio, podendo ser também laminadas a quente com ou sem revestimento em zinco. Os aços formados a frio tomam forma de perfil com seções e dimensões variáveis através de máquinas denominadas perfiladeiras, juntamente com matrizes rotativas.

A Consul Steel (2002), apresenta as qualidades dos perfis de aço formados a frio da seguinte forma:

- a) Para uso geral e comercial;
- b) Para receber pintura esmaltada;
- c) Resistência mecânica e alta dureza;
- d) Admissão a solda;
- e) Resistência a corrosão.

A ABNT NBR 15253: 2014, estabelece os requisitos mínimos para utilização dos perfis de aço formados a frio nos painéis de edificações em LSF, tanto no quesito qualidade quanto de resistência para atender as características de função estrutural, dessa forma se faz importante e necessário fazer a inspeção visual dos perfis, garantindo assim um padrão de conformidade e assegurando também a eficiência da estrutura, na Tabela 1 a seguir, será apresentado a características de conformidades dos perfis LSF.

Tabela 1 - Características de conformidades dos perfis LSF

<b>Aspecto qualitativo</b>	<b>Aspecto estrutural</b>
Ser isento de fissuras ou defeitos.	Ser isento de amassados.

Ter proteção e resistência contra corrosão (galvanização).	Ser isento de marcas profundas de ferramentas.
Ser isento de manchas.	Ser isento de rebarbas salientes de corte do processo de perfilação.
Manter a linearidade e homogeneidade.	Ser isento de danos de manuseio resultante do transporte dos perfis.

Fonte: Adaptado da Norma ABNT NBR 15253:2014.

No entanto, a ABNT NBR 6355:2012 salienta a importância de solicitar dos fabricantes fornecedores de aço um certificado de qualidade e a ABNT NBR 15253:2014 reforça a necessidade da comprovação de conformidade e qualidade da matéria prima dos perfis e das propriedades mecânicas mínimas de 230MPa do aço, quanto a forma de identificação os perfis devem conter dados gravados apresentando pelo menos:

- a) Identificação do fabricante;
- b) Lote de produção para rastreabilidade;
- c) Espessura da chapa de aço;
- d) Referência a Norma;
- e) Outras formas de identificação, quando em acordo entre fabricante e consumidor.

### 3.1 TIPOS DE PERFIS UTILIZADOS NO SISTEMA CONSTRUTIVO LSF

A NBR 15253, padroniza os perfis mais usuais no sistema Light Steel Frame, permitindo variação de espessura de chapa entre 0,80mm e 3,0mm. Um perfil é denominado por “Ue” quando for do tipo “C” ou “U” enrijecido, tendo seu uso em montantes e vigas, e o perfil “U” denominado de guia simples, tem a finalidade de apoio para os montantes e vigas nas bases e topo da estrutura (ABNT, 2014 apud SANTIAGO; FREITAS; DE CRASTO, 2012).

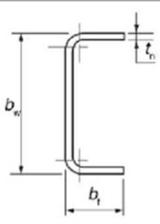
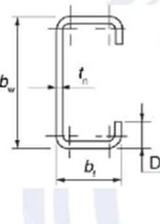
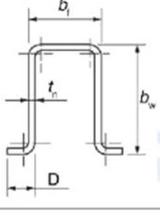
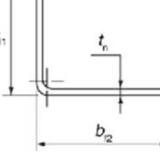
Uma maneira de diferenciar uma guia de um montante é através da borda “D”, uma guia simples do tipo “U” não possui a aba de reforço que possui nos montantes estruturais, permitindo que no momento da montagem seja feito o encaixe perfeito dos montantes nas guias. A alma do perfil guia e montante é denominado “Bw” e mesa “bf”, as dimensões dos perfis usuais devem estar variando entre 90mm e 300mm, sendo comercializadas no Brasil os perfis de alma 90mm, 140mm e 200mm, e mesas

entre 35mm e 40mm (ABNT NBR15253:2014 apud SANTIAGO; FREITAS; DE CRASTO, 2012).

Os perfis de guias e montantes são apenas dois dos principais componentes usuais no LSF, outros componentes podem ser vistos fazendo parte das estruturas como no caso dos perfis de Cantoneiras e Chapas, estas colaboram com a estabilização e ligação dos painéis de LSF, o perfil Cartola é indicado para uso como ripas de telhado (GARNER, 1996 apud SANTIAGO; FREITAS; DE CRASTO, 2012).

Na Figura 3 a seguir, apresenta as aplicações dos tipos de perfis LSF em conformidade com a ABNT NBR 6355:2012, na sequência a Tabela 2 e Tabela 3 mostram a dimensões de perfil U Simples e Enrijecido, adotadas pela ABNT NBR 15253:2014.

Figura 3 - Tipos de perfis LSF e suas aplicações

Seção transversal	Designação ABNT NBR 6355	Utilização
	U simples $U b_w \times b_f \times t_n$	Guia Ripa Bloqueador Sanefa Terça
	U enrijecido $U_e b_w \times b_f \times D \times t_n$	Bloqueador Enrijecedor de alma Montante Verga Viga Terça Guia enrijecida (sistema com encaixes estampados)
	Cartola $Cr b_w \times b_f \times D \times t_n$	Viga Ripa Terça
	Cantoneira de abas desiguais $L b_{f1} \times b_{f2} \times t_n$	Cantoneira

Fonte: Norma ABNT NBR 6355:2012.

Tabela 2 - Perfil U simples: Dimensões, massa e propriedades geométricas

Perfil <i>U</i>	Dimensões		Eixo x										Eixo y				
	<i>m</i> kg/m	<i>A</i> cm <sup>2</sup>	<i>b<sub>w</sub></i> mm	<i>b<sub>f</sub></i> mm	<i>t<sub>n</sub></i> mm	<i>r<sub>i</sub></i> mm	<i>I<sub>x</sub></i> cm <sup>4</sup>	<i>W<sub>x</sub></i> cm <sup>3</sup>	<i>r<sub>x</sub></i> cm	<i>x<sub>g</sub></i> cm	<i>x<sub>o</sub></i> cm	<i>I<sub>y</sub></i> cm <sup>4</sup>	<i>W<sub>y</sub></i> cm <sup>3</sup>	<i>r<sub>y</sub></i> cm	<i>I<sub>t</sub></i> cm <sup>4</sup>	<i>C<sub>w</sub></i> cm <sup>6</sup>	<i>r<sub>o</sub></i> cm
92 x 39 x 0,80	1,05	1,34	92	39	0,80	0,80	17,15	3,73	3,58	0,93	2,28	2,00	2,16	1,22	0,0029	29,46	4,41
92 x 39 x 0,95	1,24	1,59	92	39	0,95	0,95	20,08	4,37	3,56	0,94	2,27	2,36	2,53	1,22	0,0048	34,67	4,40
92 x 39 x 1,25	1,63	2,07	92	39	1,25	1,25	25,70	5,59	3,52	0,95	2,26	3,07	3,24	1,22	0,0108	44,80	4,36
142 x 39 x 0,80	1,37	1,74	142	39	0,80	0,80	47,80	6,73	5,24	0,73	1,88	2,25	3,11	1,14	0,0037	81,65	5,69
142 x 39 x 0,95	1,62	2,06	142	39	0,95	0,95	56,12	7,91	5,22	0,73	1,88	2,65	3,63	1,13	0,0052	96,22	5,66
142 x 39 x 1,25	2,12	2,70	142	39	1,25	1,25	72,19	10,17	5,17	0,74	1,87	3,45	4,64	1,13	0,0141	124,67	5,62
202 x 39 x 0,80	1,74	2,22	202	39	0,80	0,80	113,36	11,23	7,15	0,58	1,57	2,42	4,21	1,05	0,0047	185,84	7,39
202 x 39 x 0,95	2,06	2,63	202	39	0,95	0,95	133,36	13,21	7,12	0,58	1,57	2,86	4,92	1,04	0,0079	219,15	7,37
202 x 39 x 1,25	2,71	3,45	202	39	1,25	1,25	172,21	17,05	7,07	0,60	1,56	3,72	5,26	1,04	0,0180	284,37	7,31
92 x 40 x 0,80	1,06	1,35	92	40	0,80	0,80	17,48	3,80	3,59	0,97	2,36	2,15	2,23	1,26	0,0029	31,54	4,48
92 x 40 x 0,95	1,26	1,60	92	40	0,95	0,95	20,48	4,45	3,57	0,97	2,35	2,53	2,61	1,26	0,0048	37,13	4,46
92 x 40 x 1,25	1,65	2,10	92	40	1,25	1,25	26,22	5,70	3,53	0,99	2,35	3,29	3,34	1,25	0,0109	47,99	4,42
142 x 40 x 0,80	1,38	1,75	142	40	0,80	0,80	48,59	6,85	5,26	0,75	1,96	2,41	3,20	1,17	0,0037	87,42	5,74
142 x 40 x 0,95	1,63	2,08	142	40	0,95	0,95	57,07	8,04	5,24	0,76	1,95	2,85	3,75	1,17	0,0053	103,03	5,71
142 x 40 x 1,25	2,14	2,72	142	40	1,25	1,25	73,43	10,35	5,19	0,77	1,95	3,70	4,79	1,17	0,0142	133,54	5,67
202 x 40 x 0,80	1,75	2,23	202	40	0,80	0,80	114,98	11,39	7,17	0,60	1,63	2,60	4,34	1,08	0,0048	199,06	7,43
202 x 40 x 0,95	2,08	2,65	202	40	0,95	0,95	135,28	13,40	7,15	0,61	1,63	3,08	5,08	1,08	0,0080	234,78	7,41
202 x 40 x 1,25	2,73	3,47	202	40	1,25	1,25	174,73	17,30	7,09	0,62	1,62	4,00	5,47	1,07	0,0181	304,73	7,35

NOTA Espessura do revestimento metálico considerada no cálculo:  $t_r = 0,036$  mm.

Fonte: Norma ABNT NBR 15253:2014.

Tabela 3 - Perfil U enrijecido: Dimensões, massa e propriedades geométricas

Perfil <i>Ue</i>	Dimensões		Eixo x										Eixo y						
	<i>m</i> kg/m	<i>A</i> cm <sup>2</sup>	<i>b<sub>w</sub></i> mm	<i>b<sub>f</sub></i> mm	<i>D</i> mm	<i>t<sub>n</sub></i> mm	<i>t</i> mm	<i>r<sub>i</sub></i> mm	<i>I<sub>x</sub></i> cm <sup>4</sup>	<i>W<sub>x</sub></i> cm <sup>3</sup>	<i>r<sub>x</sub></i> cm	<i>x<sub>g</sub></i> cm	<i>x<sub>o</sub></i> cm	<i>I<sub>y</sub></i> cm <sup>4</sup>	<i>W<sub>y</sub></i> cm <sup>3</sup>	<i>r<sub>y</sub></i> cm	<i>I<sub>t</sub></i> cm <sup>4</sup>	<i>C<sub>w</sub></i> cm <sup>6</sup>	<i>r<sub>o</sub></i> cm
90 x 39 x 12 x 0,80	1,12	1,43	90	39	12	0,80	0,764	0,80	18,57	4,13	3,61	1,27	3,12	3,14	1,20	1,48	0,0028	56,32	4,99
90 x 39 x 12 x 0,95	1,33	1,70	90	39	12	0,95	0,914	0,95	21,99	4,89	3,60	1,27	3,10	3,70	1,41	1,48	0,0047	66,24	4,97
90 x 39 x 12 x 1,25	1,75	2,23	90	39	12	1,25	1,214	1,25	28,61	6,36	3,58	1,27	3,06	4,75	1,81	1,46	0,0110	85,03	4,93
140 x 39 x 12 x 0,80	1,42	1,81	140	39	12	0,80	0,764	0,80	52,13	7,45	5,37	1,01	2,62	3,69	1,25	1,41	0,0035	143,35	6,14
140 x 39 x 12 x 0,95	1,69	2,16	140	39	12	0,95	0,914	0,95	61,85	8,84	5,36	1,01	2,60	4,24	1,47	1,40	0,0060	168,96	6,12
140 x 39 x 12 x 1,25	2,23	2,84	140	39	12	1,25	1,214	1,25	80,80	11,54	5,33	1,01	2,57	5,45	1,89	1,39	0,0139	217,78	6,08
200 x 39 x 12 x 0,80	1,78	2,27	200	39	12	0,80	0,764	0,80	122,82	12,28	7,36	0,82	2,21	3,95	1,28	1,32	0,0044	316,03	7,80
200 x 39 x 12 x 0,95	2,12	2,70	200	39	12	0,95	0,914	0,95	145,93	14,59	7,35	0,82	2,20	4,65	1,51	1,31	0,0075	372,88	7,78
200 x 39 x 12 x 1,25	2,80	3,57	200	39	12	1,25	1,214	1,25	191,17	19,12	7,32	0,82	2,17	5,93	1,94	1,29	0,0175	481,68	7,74
90 x 40 x 12 x 0,80	1,13	1,44	90	40	12	0,80	0,764	0,80	18,88	4,19	3,62	1,31	3,21	3,30	1,24	1,52	0,0028	59,70	5,07
90 x 40 x 12 x 0,95	1,35	1,72	90	40	12	0,95	0,914	0,95	22,35	4,97	3,61	1,31	3,19	3,93	1,46	1,51	0,0048	70,23	5,05
90 x 40 x 12 x 1,25	1,77	2,26	90	40	12	1,25	1,214	1,25	29,09	6,46	3,59	1,31	3,15	5,05	1,88	1,50	0,0111	90,19	5,01
140 x 40 x 12 x 0,80	1,43	1,83	140	40	12	0,80	0,764	0,80	52,87	7,55	5,38	1,05	2,70	3,81	1,30	1,45	0,0035	151,95	6,19
140 x 40 x 12 x 0,95	1,71	2,17	140	40	12	0,95	0,914	0,95	62,73	8,96	5,37	1,05	2,68	4,51	1,53	1,44	0,0060	179,14	6,17
140 x 40 x 12 x 1,25	2,25	2,86	140	40	12	1,25	1,214	1,25	81,97	11,71	5,35	1,05	2,65	5,89	1,96	1,42	0,0141	231,02	6,14
200 x 40 x 12 x 0,80	1,79	2,28	200	40	12	0,80	0,764	0,80	124,33	12,43	7,38	0,84	2,29	4,20	1,33	1,36	0,0044	335,08	7,84
200 x 40 x 12 x 0,95	2,14	2,72	200	40	12	0,95	0,914	0,95	147,74	14,77	7,37	0,85	2,27	4,95	1,57	1,35	0,0076	395,48	7,82
200 x 40 x 12 x 1,25	2,82	3,59	200	40	12	1,25	1,214	1,25	198,57	19,36	7,34	0,85	2,24	6,35	2,02	1,33	0,0176	511,10	7,79

NOTA Espessura do revestimento metálico considerada no cálculo:  $t_r = 0,036$  mm.

Fonte: Norma ABNT NBR 15253:2014.

#### 4 ELEMENTOS DE FUNDAÇÃO

As fundações são responsáveis por receber cargas provenientes da estrutura e transmiti-las para o solo resistente, sendo divididas em fundações rasas e profundas, definido pela ABNT NBR 6122:2019. A fundação deve ser projetada levando em consideração o tipo do solo e projeto estrutural, e deve como premissa atender os requisitos de estanqueidade como meio de bloquear a umidade ascendente do solo, que é um fator acelerante de deterioração e de perda de condição de habitabilidade, conforme diz a ABNT 15575-1:2021.

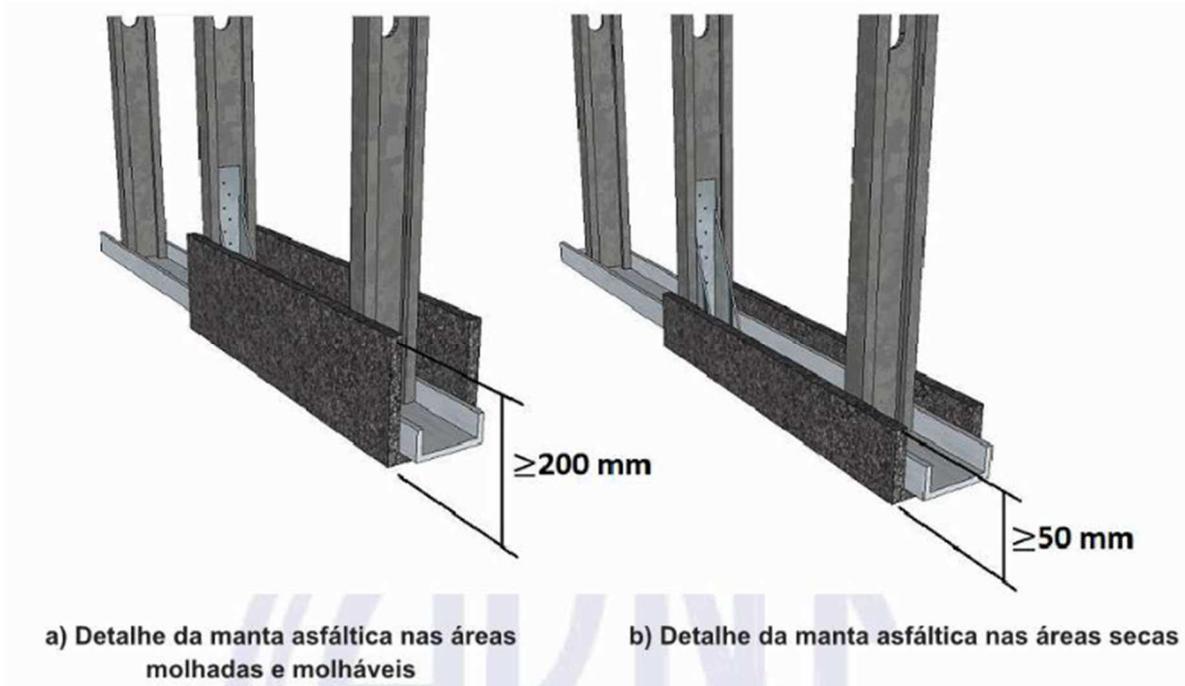
A estrutura do LSF é mais leve e a distribuição de cargas ao longo dos painéis é uniforme, dessa forma, se a topografia do terreno for favorável o tipo de fundação

que será adotada na maioria dos casos nesse sistema construtivo é a fundação rasa “Laje Radier”, no entanto, a escolha vai depender do tipo e características do solo, através de sondagem do terreno. O processo de impermeabilização e execução segue como no processo de construção convencional (SANTIAGO; FREITAS; DE CRASTO, 2012).

#### 4.1 INTERFACE ENTRE FUNDAÇÃO E PAINÉIS: ESTANQUEIDADE CONTRA UMIDADE ASCENDENTE

A ABNT NBR 16970-3:2022 comenta que, para alguns pontos específicos é necessário impermeabilização eficiente de forma a manter a estanqueidade contra umidade ascendente, esta ação contribui com maior durabilidade da estrutura, é o caso do envelopamento com manta asfáltica da guia de base da estrutura, pois esta ficará em contato com a fundação, indicando para áreas secas altura mínima de 50mm e áreas molhadas altura mínima de 200mm, conforme apresenta a Figura 4.

Figura 4 - Impermeabilização com manta contra umidade ascendente



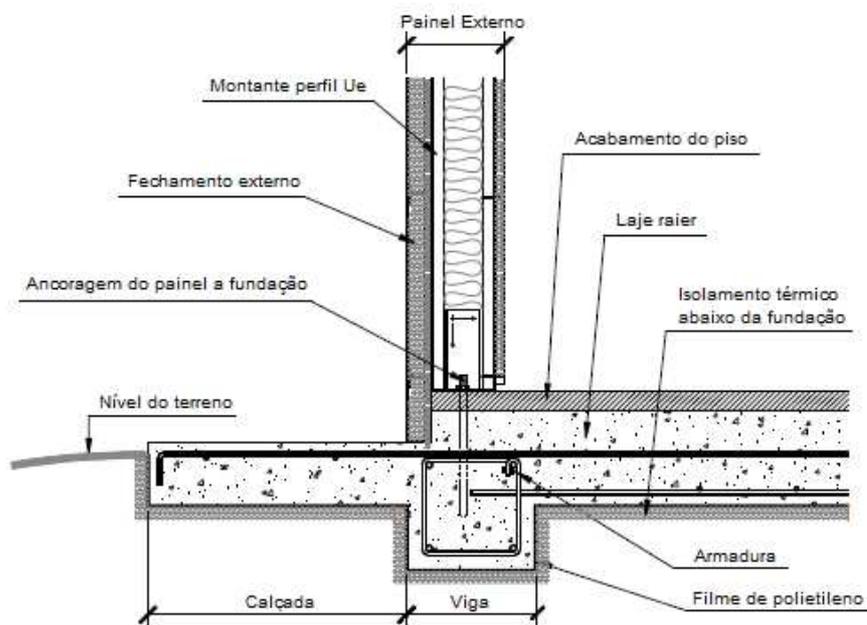
Fonte: Norma ABNT NBR 16970:2022.

## 4.2 ANCORAGEM DA ESTRUTURA NA FUNDAÇÃO

Dentre os tipos de ancoragem provisório e permanente, cada um tem finalidades diferentes, a medida provisória acontece com a elevação dos painéis montados na locação das paredes, através de finca pinos de fixação a pólvora, de forma a manter os painéis fixos e aprumados até que seja realizado a ancoragem definitiva. A ancoragem definitiva pode ser do tipo “Químico” com barra roscada ou “Parabolt” de ancoragem expansível, a escolha varia da necessidade do projeto ou fundação, e deve ser definida pelo projetista. Importante salientar a obrigatoriedade de se prever a ancoragem da estrutura, pois se trata de uma estrutura leve, logo, está sujeita a maior movimentação ou deformação devido a ação do vento (SANTIAGO; FREITAS; DE CRASTO, 2012).

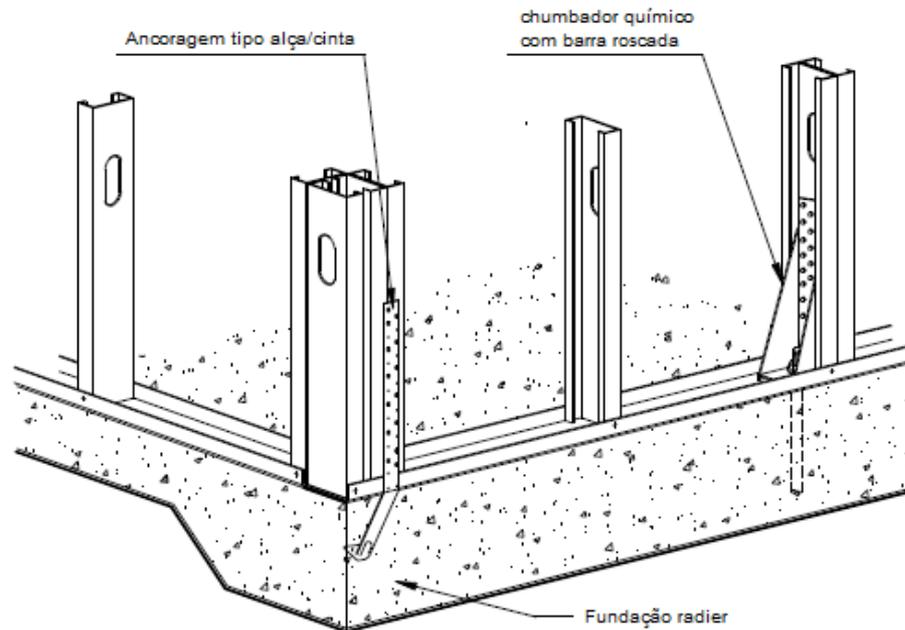
A Figura 5 a seguir apresenta o detalhe esquemático da ancoragem de um painel LSF na fundação com o uso do Parabolt e na Figura 6 com o uso do chumbador químico com barra roscada.

Figura 5 - Ancoragem de um painel LSF no radier com Parabolt



Fonte: Adaptado de Consulsteel (2002).

Figura 6 - Ancoragem de um painel LSF no radier com chumbador químico



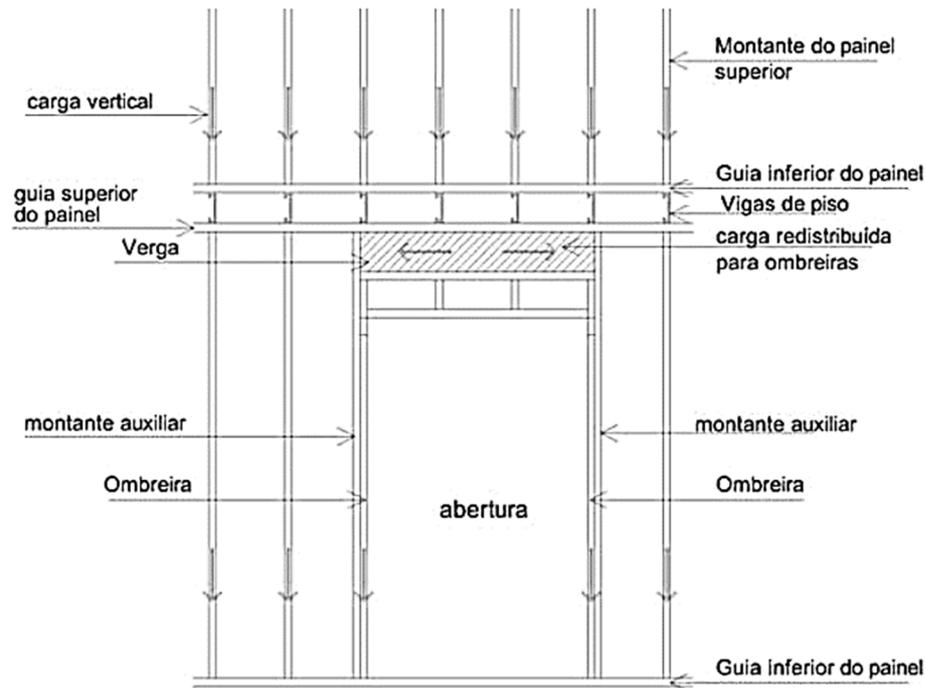
Fonte: Adaptado de Consulsteel (2002).

## 5 PAINÉIS ESTRUTURAIS

O LSF pode ser estrutural ou não, a partir do momento que os painéis formam a estrutura e recebem cargas provenientes do peso próprio, podendo ser acrescido da estrutura dos andares acima e carga variável, são chamadas de autoportante ou estrutural. Se os painéis apenas estão desempenhando o papel de vedação ou divisória simples estas então são atribuídas como de caráter não estrutural (SANTIAGO; FREITAS; DE CRASTO, 2012).

O sistema estrutural funciona atuando em conjunto, dividido em grupos de sistemas verticais (montantes) e horizontais (guias), que formam os painéis, as cargas são recebidas pelas guias assim como as vergas e são transferidas para os montantes, as paredes com função estrutural nessa combinação de esforços horizontais e verticais transmitem as cargas para a fundação, conforme apresenta a Figura 7 (RODRIGUES; CALDAS, 2016).

Figura 7 - Atuação das cargas solicitantes na estrutura de LSF



Fonte: Manual do CBCA Steel Framing: Arquitetura.

É importante salientar que, vigas de piso a piso, assim como tesouras de telhado, terças e treliças, devem ser alinhadas aos montantes que compõe os painéis são, pois as cargas são transferidas na vertical por contato direto alma a alma. O uso das treliças pode ser tanto na vertical quanto na horizontal, quando na vertical elas vão agir tanto na tração, quanto na compressão, e como contraventamento da estrutura, na horizontal as chamadas treliças planas são utilizadas para vencer grandes cargas e vãos (SANTIAGO; FREITAS; DE CRASTO, 2012).

### 5.1 COORDENAÇÃO MODULAR NO SISTEMA CONSTRUTIVO LSF

A distância entre montantes de Light Steel Frame, chamada também de modulação, varia conforme a necessidade do projeto, ficando alocadas de forma equidistantes entre 400 e 600mm, em casos típicos os montantes podem apresentar 200mm de espaçamento quando solicitados a atender grandes esforços estruturais. (SANTIAGO; FREITAS; DE CRASTO, 2012).

A NBR 15873 (2010) diz, um sistema que apresenta coordenação modular promove melhor compatibilidade entre elementos construtivos, os fabricantes utilizam os princípios de coordenação modular nos seus materiais, onde 1M = 100 mm, este

pode ser um módulo ou multimódulo, e a partir do momento que o projeto permite esse feito e o projetista define a premissa de modularidade em projeto, permite:

- a) Possibilidade atuação em grandes escalas de cadeias produtivas na construção civil;
- b) Racionalização, quanto menor a variação de coordenação, menor perda de materiais por corte ou não reaproveitamento;
- c) Simplificação de processos, principalmente nos complementares;
- d) Facilitação dos processos de reformas ou modificações futuras.

## 5.2 MÉTODO CONSTRUTIVO POR PAINÉIS E STICK

Para Garner (1996), o método “por painéis” sai na frente em comparação ao método “stick”, porque os componentes são pré-fabricados pelos fornecedores no tamanho exato utilizando perfiladeiras com alto grau de precisão de corte, quando estes materiais chegam na obra a economia de tempo é evidente, visto que só demandará mão de obra para montagem dos painéis.

O método construtivo de LSF por painéis ou “engenheirado” apresenta eficiência e qualidade se empregado equipamentos apropriados e mão de obra qualificada, pois este método alinha projetos estruturais a empresas especializadas. É o mais utilizado no Brasil atualmente, pois apresenta melhor eficiência de montagem se comparado ao método “Stick”, que demanda corte e dobra dos perfis LSF na obra, já o método “por painéis”, os componentes chegam prontos para serem montados na obra, em contrapartida, é necessário organização e espaço amplo para manuseio dos painéis, conforme apresenta a Figura 8 (ABDI - AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL, 2015).

Figura 8 - Montagem e manuseio do LSF no método por painéis



Fonte: Construtora Micura apud Manual da Construção Industrializada (2015).

### 5.2.1 Nomenclatura e destinação dos elementos nos painéis

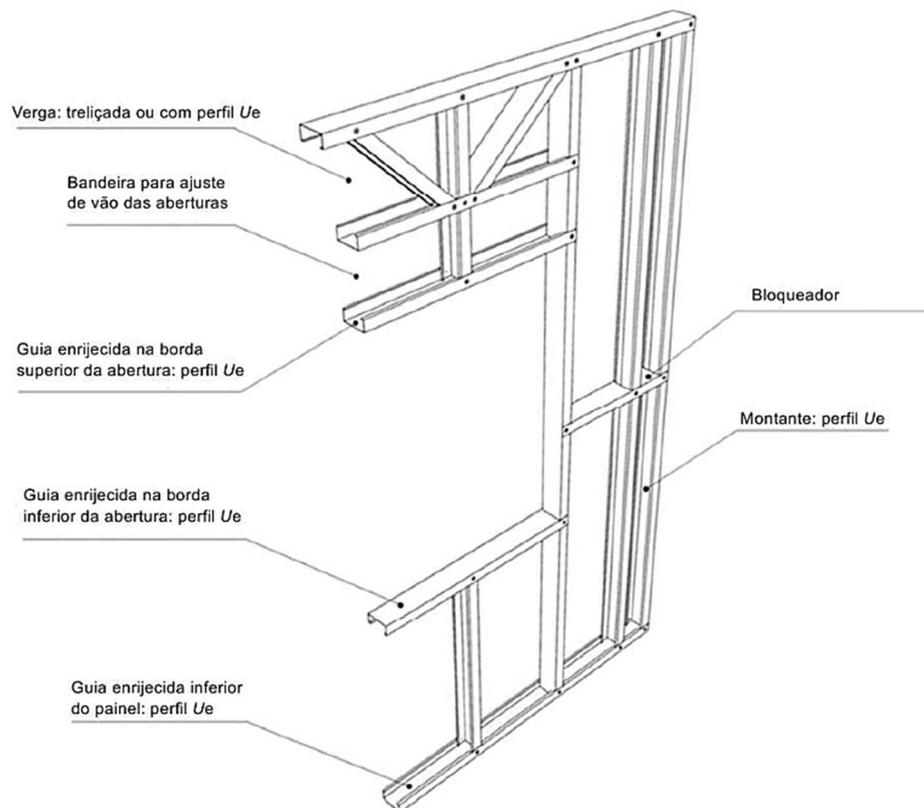
O sistema estrutural LSF, conforme toma forma, apresenta algumas definições de ligações entre elementos mais utilizados, de forma a facilitar o entendimento e destinação correta de cada elemento nos painéis, e auxiliar o projetista nas etapas da concepção do projeto e os executores no momento da execução. Conforme (FREITAS et al., 2012 apud RODRIGUES; CALDAS, 2016), a principal finalidade dos elementos são:

- a) Bloqueador: perfil com uso destinado a travar lateralmente montantes e vigas do entrepiso;
- b) Guia enrijecida: perfil utilizado na base e topo dos painéis e em abertura de vãos;
- c) Montante enrijecido: perfil vertical das estruturas dos painéis;
- d) Montante king: é um montante auxiliar utilizado nas laterais de vãos de abertura, vergas ou ombreiras;
- e) Ombreira: perfil utilizado na vertical para apoio de verga ou painel sobre vão de abertura, as vergas;
- f) Montante cripple: compõe os painéis na direção vertical, podendo ser utilizado acima ou abaixo das aberturas;

- g) Perfil enrijecedor de alma: uso de reforço utilizado para apoio de vigas;
- h) Ripa: perfil onde apoiam as telhas e é suportada pelos caibros;
- i) Sanefa: perfil destinado a encabeçamento de painéis de pisos;
- j) Terça: perfil que suporta cargas provenientes do telhado e transferem para as tesouras, conseqüentemente para guias e depois montantes até fundação.
- k) Viga: elemento utilizado na horizontal alinhado com os montantes capaz de transmitir reforços;
- l) Verga: perfil utilizado na horizontal dos vãos de aberturas de portas e janelas.

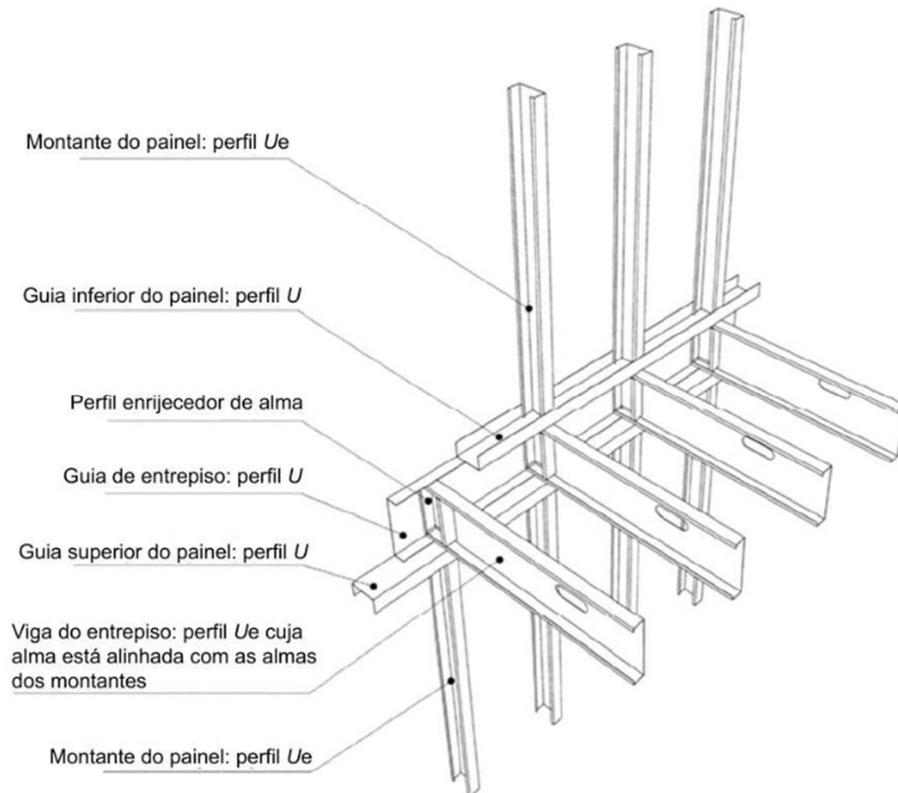
A Figura 9 e 10 apresentam grande parte dos elementos atuando em conjunto em um painel de parede e de entepiso no sistema LSF (ABNT NBR 15253, 2014).

Figura 9 - Componentes de um painel de parede utilizando perfis “Ue”



Fonte: Norma ABNT NBR 15253:2014.

Figura 10 - Componentes de um painel entrepiso utilizando perfis “Ue”

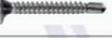
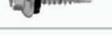


Fonte: Norma ABNT NBR 15253:2014.

### 5.2.2 Tipos de elementos fixadores para ligações e ancoragem

A recém-lançada ABNT NBR 16970-1:2022, contempla os tipos de elementos fixadores compatíveis com o sistema LSF, o uso do elemento correto garante a união entre perfis estruturais, fixação de fechamento de vedações e divisórias, dentre outros múltiplos elementos. Os fixadores devem ser resistentes o bastante para garantir a fixação sem sofrer deformações ou rupturas e ter proteção contra corrosão, a galvanização. “Rebites, pinos, parafusos e soldagem, podem ser utilizados para a fixação da estrutura de aço” (GARNER, 1996). “Enrijecedores, placa de base, cantoneiras, chapas de gusset, talas de alma e de mesa etc. Esses elementos permitem ou facilitam a transmissão dos esforços” (ABDI, 2015). As Figuras 11 e 12 apresentam os fixadores normatizados.

Figura 11 - Tipos elementos fixadores e sua aplicabilidade (continua)

Tipo de parafuso	Aplicação
Cabeça flangeada com ponta de broca  Cabeça sextavada com ponta de broca 	Parafusos aplicados entre perfis metálicos LSF de espessura igual ou superior a 0,80 mm
Cabeça flangeada com ponta de agulha 	Parafusos aplicados entre perfis metálicos LSF pré-furados de espessura igual ou superior a 0,80 mm
Cabeça chata dentada com ponta de broca e asas ou aletas 	Parafusos para fixação das vedações externas ou internas de alguns tipos de chapas de fibrocimento <sup>a</sup> em perfil de aço
Cabeça chata escariante com ponta de broca sem asas ou aletas 	Parafusos para fixação das vedações externas ou internas (OSB, cimentícia <sup>a</sup> ) em perfil de aço
Cabeça trombeta com ponta de broca 	Parafusos para fixação das chapas <i>drywall</i> em perfil de aço
Cabeça chata dentada de rosca dupla (HI-LO) com ponta agulha  	Parafusos para fixação de chapa cimentícia <sup>a</sup> somente sobre a chapa OSB
Cabeça trombeta de rosca grossa com ponta agulha 	Parafusos para fixação de chapa <i>Drywall</i> foram desenvolvido para a aplicação em perfis de madeira
Cabeça sextavada flangeada com arruela de vedação fixa ou móvel, e ponta de broca 	Parafusos aplicados para fixação de telhas metálicas à estrutura da subcobertura.

Fonte: Norma ABNT NBR 16970-1:2022.

Figura 12 - Tipos elementos fixadores e sua aplicabilidade (continuação)

Tipo de parafuso	Aplicação
Conjunto de haste com porca e arruela de vedação 	Parafusos para fixação de telhas de fibrocimento ou PVC à estrutura da subcobertura <sup>a b</sup>
Cabeça sextavada flangeada com arruela de vedação 	Parafusos para fixação de telhas de fibrocimento à estrutura da subcobertura <sup>a</sup>
Cabeça chata dentada com ponta de broca e asas/aletas 	Parafusos para fixação horizontal de painel composto para pisos <sup>b c</sup>
Tipo de prego	Aplicação
Pregão liso ou anelado com cabeça chata  	Fixação de telhas tipo <i>Shingle</i> nas chapas OSB fixadas à subcobertura.
<sup>a</sup> Verificar a indicação do fabricante da chapa. <sup>b</sup> Resistência à torção, conforme a BS EN 14566. <sup>c</sup> Para fixação em paredes e lajes de concreto, pode-se utilizar bucha e parafuso para montagem, desde que estes atendam aos critérios dos fixadores para o sistema <i>light steel framing</i> .	

Fonte: Norma ABNT NBR 16970-1:2022.

Garner (1996) acrescenta, as características de tipo, dimensão, tamanho e quantidade dos parafusos variam conforme a sua aplicação e o quanto estarão sujeitos a suportar cargas estruturais ou não, o comprimento pode variar conforme a espessura do material a ser fixado, estes parâmetros são definidos conforme a necessidade do projeto pelo projetista.

### **5.2.3 Montagem da estrutura de painéis: térreo e pavimento superior**

A velocidade de montagem e produtividade na obra varia conforme a complexidade do projeto e coordenação modular empregada, onde o trabalho pode se resumir em posicionar e parafusar as estruturas de painéis em elevações, proporcionando uma vantagem de rapidez construtiva muito maior se comparado ao método construtivo convencional (SANTIAGO; FREITAS; DE CRASTO, 2012).

A montagem dos painéis do pavimento do térreo inicia depois que a fundação está pronta, limpa e verificada se está no nivelamento e esquadro correto, depois disso é posicionado o primeiro painel externo, iniciando pelos cantos da fundação, na sequência vai se posicionando os outros painéis de forma perpendicular, escorando-as e aplicando ancoragem provisória, depois do esquadramento final as escoras e ancoragens serão retirados e substituídos por ancoragens definitivas, os painéis internos são posicionados através de linhas de locação (SANTIAGO; FREITAS; DE CRASTO, 2012).

O procedimento de montagem dos painéis de pavimentos superiores segue na mesma lógica do pavimento térreo, posicionando de forma manual, em alguns casos pode ser necessário empregar o uso de guindaste para elevar os painéis até o ponto de posicionamento, nessa etapa o cuidado deve ser em manter os painéis íntegros e sem deformação (SANTIAGO; FREITAS; DE CRASTO, 2012).

A fixação dos painéis é feita com parafusos autoperfurantes, o chamado parafuso ponta broca, podendo ser de cabeça flangeada ou sextavada, o primeiro é utilizado em guias e montantes, já o sextavado, também de parafuso estrutural, é comumente empregado onde não irá placas, como por exemplo em ligações entre painéis e enrijecedores ou apoios para tesouras, os dois modelos de parafusos foram apresentados na Figura 12 na página anterior, como regra o distanciamento de cada parafuso deve ser de 200mm seguindo em caminho zigue-zague (SANTIAGO; FREITAS; DE CRASTO, 2012).

#### **5.2.4 Interface entre estrutura de painéis LSF com aço laminado**

O uso do aço laminado (aço pesado) é cada vez mais empregado na construção civil, seja em edifícios comerciais, residenciais, industriais, e de caráter social, como: estádios, aeroportos, rodoviárias, ferrovias, portos, coberturas, fachadas etc., as principais características que destacam o uso do aço na construção são: resistência mecânica, compacto e leve, redução de carga estrutural, excelente vida útil, flexível a atender diversos tipos de projetos e demandas, boa relação entre grandes vãos e peso próprio, resultando em melhor aproveitamento de espaço entre ambientes (ABDI, 2015).

A interface entre estrutura metálica e o tipo de vedação utilizados precisam ser estudadas na fase de projeto, de forma que haja boa colaboração entre sistemas e elementos que formam a edificação, por isso é necessário planejamento, avaliação cuidadosa e tomada de decisão, pois a estrutura metálica é compatível com qualquer tipo de material de vedação seja convencional ou industrializado, mas cada um tem um comportamento diferente e que demandam cuidados especiais para minimizar problemas com patologias da construção no futuro (ABDI, 2015).

Diante da estrutura metálica de aço laminado, a estrutura de LSF pode atuar como estrutural ou não, depende da situação, se a estrutura for apenas de vedação de fachada suportará apenas o peso próprio, vento ou impacto, já no caso do método embutido, os painéis são projetados para montagem entre a estrutura de aço laminado, este método permite a transferência de cargas entre painéis para a estrutura principal, através de ligações rígidas, permitindo o deslocamento e transmissão de carregamentos entre elementos estruturais e estrutura principal (SCHAFER, 2003 apud SANTIAGO; FREITAS; DE CRASTO, 2012).

As ligações entre elementos estruturais e estrutura principal é feito através de parafusos estruturais (sextavados ponta broca) e chumbados na fundação radier com Parabolts. A atenção deve ser especial no contato entre os diferentes elementos estruturais para proteção contra corrosão galvânica, de forma a não comprometer a estrutura, para isso é indicado o isolamento no contato entre as diferentes estruturas com borracha ou manta de polietileno expandido (SANTIAGO; FREITAS; DE CRASTO, 2012).

## **6 VIGAMENTO DE ENTREPISOS E LAJES**

O princípio de montagem da estrutura de entrepisos Light Steel Frame segue como é realizado nos painéis, a separação entre vigas de piso é feita mantendo as distâncias, os tipos dos perfis utilizados para vigas compostas podem ser do tipo “U” e “Ue” ou podem ser utilizados treliças planas como vigamentos, sendo determinado de acordo com o vão e carga a suportar para evitar deformações estruturais. As vigas de piso são apoiadas nas estruturas de painéis inferiores e são responsáveis por transmitir as cargas provenientes de peso próprio e cargas acidentais para a estrutura e por fim para a fundação (ELHAJJ; BIELAT, 2000 apud SANTIAGO; FREITAS; DE CRASTO, 2012).

Os tipos de lajes utilizadas no sistema LSF pode ser úmida ou seca, quando úmida deve se prever o uso de OSBs sobre a estrutura de entrepisos, devidamente parafusados, que servirá de base permanente e contenção do concreto. Já a laje seca é executada empregando o uso de placas cimentícias com essa finalidade, a vantagem da laje seca está na rapidez de execução, redução de peso e menor uso de recursos naturais. Importante salientar o uso de material isolante entre as diferentes interfaces de elementos, para absorção de ruídos, geralmente é utilizado o uso de fita de espuma expandida entre OSBs/Placas cimentícias e as vigas de entrepiso, a chamada banda acústica, aplicado sobre a chapa de aço (SANTIAGO; FREITAS; DE CRASTO, 2012).

## **7 FECHAMENTO VERTICAL DAS PAREDES EXTERNAS DE VEDAÇÃO**

Os materiais de fechamento vertical das paredes no sistema construtivo Light Steel Frame funcionam como uma pele multicamadas, materiais estes que são leves assim como a estrutura, os fabricantes seguem princípios de coordenação modular na fabricação dos materiais e isso proporciona um bom desempenho de industrialização da construção, porque a modulação otimiza os processos na utilização dos materiais, fazendo com que cada placa de vedação seja melhor aproveitada reduzindo a geração de resíduos, por isso o LSF é chamado de obra racionalizada (SANTIAGO; FREITAS; DE CRASTO, 2012).

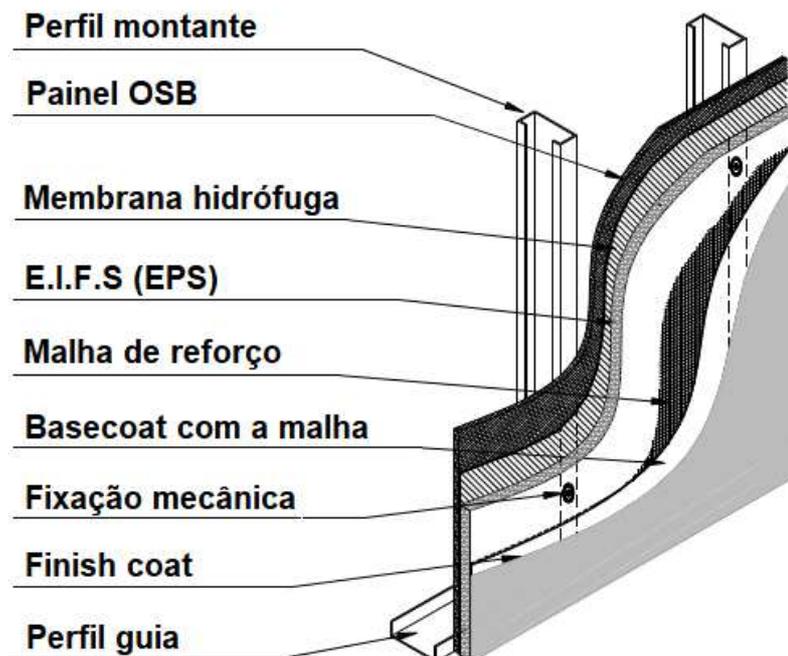
Para o bom desempenho construtivo os materiais devem seguir as normas nacionais para atender os requisitos mínimos de segurança e satisfação, como:

- a) Segurança estrutural;
- b) Segurança ao fogo;
- c) Estanqueidade;
- d) Conforto termoacústico;
- e) Modulação;
- f) Durabilidade;
- g) Economia.

O mercado nacional e internacional vem cada vez mais otimizando o desempenho dos materiais para atender as normas de desempenho, é possível encontrar opções diversas e com o uso destinado desde a galpões industriais e comerciais até obras residenciais (SANTIAGO; FREITAS; DE CRASTO, 2012).

Os materiais de fechamentos verticais podem ter capacidades estruturais, que além de fechamento de vedação vai contribuir com a estabilização da estrutura, é o caso dos OSBs, e quando não estrutural terá apenas a função de fechamento de vedação, é o caso das placas cimentícias, placas de gesso comum ou resistentes a umidade (glasroc), E.I.F.S (E.P.S.), a Figura 13 apresenta uma das diversas possibilidades de interfaces entre materiais para fechamento de paredes de vedação externa (CONSULSTEEL 2002).

Figura 13 – Parede de vedação vertical: E.I.F.S. com fixação mecânica



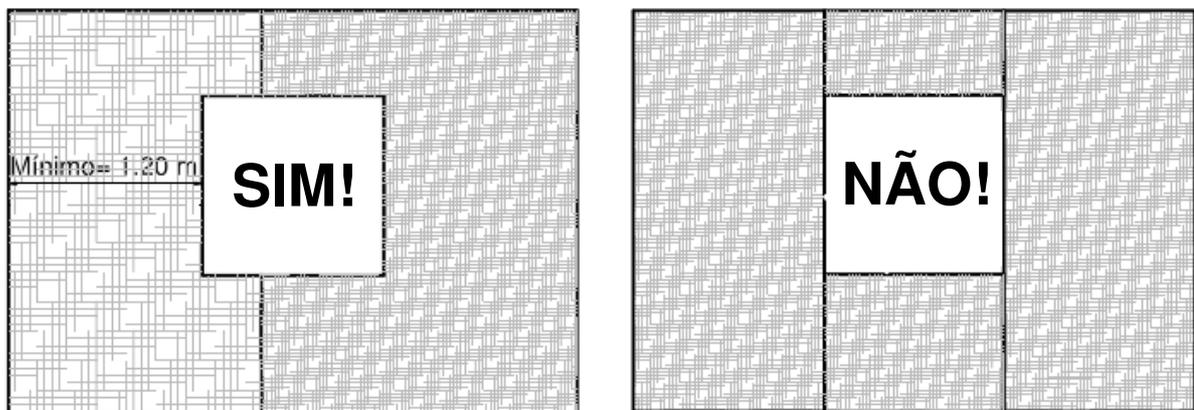
Fonte: Adaptado de Consulsteel (2002).

## 7.1 PAINÉIS DE OSB

Os painéis de OSB são utilizados como primeiro substrato de fechamento da estrutura de LSF, seja nas paredes internas ou externas, utilizados também nos pisos como base e contenção do concreto úmido e base na cobertura do telhado. O OSB possui boa resistência mecânica e contribui com a estabilização da estrutura e possui certa resistência a umidade com a membrana hidrófuga auxiliando como barreira de proteção. O método de fixação e montagem é muito similar ao drywall e são utilizados os parafusos especiais para esta finalidade e com ponta de broca (SANTIAGO; FREITAS; DE CRASTO, 2012).

Algumas ações de montagem e fixação das placas podem contribuir também com a melhor rigidez da estrutura a ações de cargas laterais e aumentar a capacidade de absorver tensões, principalmente nas regiões de vãos, conforme apresenta a Figura 14 (CONSULSTEEL 2002).

Figura 14 - Emplacamento rígido utilizando o OSB



Fonte: Adaptado de Consulsteel (2002).

## 7.2 MEMBRANA HIDRÓFUGA

A membrana hidrófuga é revestimento que serve de barreira de proteção ao OSB, que garante a estanqueidade e respiração das paredes, permite evaporação da umidade evitando a condensação entre as placas, sua fixação é feita através de grampos nos OSBs, este material deve ser preferencialmente instalado na sequência sobre as placas para manter a integridade delas em caso de chuva, caso o ocorra o contato do OSB com a água é importante aguardar a secagem para depois fixar os

revestimentos seguintes (SANTIAGO; FREITAS; DE CRASTO, 2012). “A membrana Tyvek é um material 100% sintético feito de fibras de polietileno trançado de alta densidade. Leve, durável e respirável, porém resistente a água, abrasão, penetração bacteriana e o tempo, Tyvek” (DUPONT). Na Figura 15 é apresentado a membrana hidrófuga Tyvek.

Figura 15 - Membrana Hidrófuga “Tyvek”



Fonte: [www.dupont.com.br](http://www.dupont.com.br).

### 7.3 E.I.F.S. (Poliestireno Expandido ou E.P.S.)

O E.I.F.S. (Poliestireno Expandido ou E.P.S.) é utilizado como uma das alternativas no fechamento de paredes de vedação externa e possui muitas vantagens; é leve, possui boas características mecânicas e hidrófugas, proporciona elevado conforto térmico e equilíbrio de distribuição de temperatura, que impede a formação de pontes térmicas (SANTIAGO; FREITAS; DE CRASTO, 2012).

### 7.4 PLACAS DE GESSO ACARTONADO

As placas de gesso acartonado são substratos de vedação vertical muito utilizados no sistema construtivo LSF, é um material leve e que é fabricado com uma mistura de aditivos fazendo com que as demandas da construção sejam atendidas,

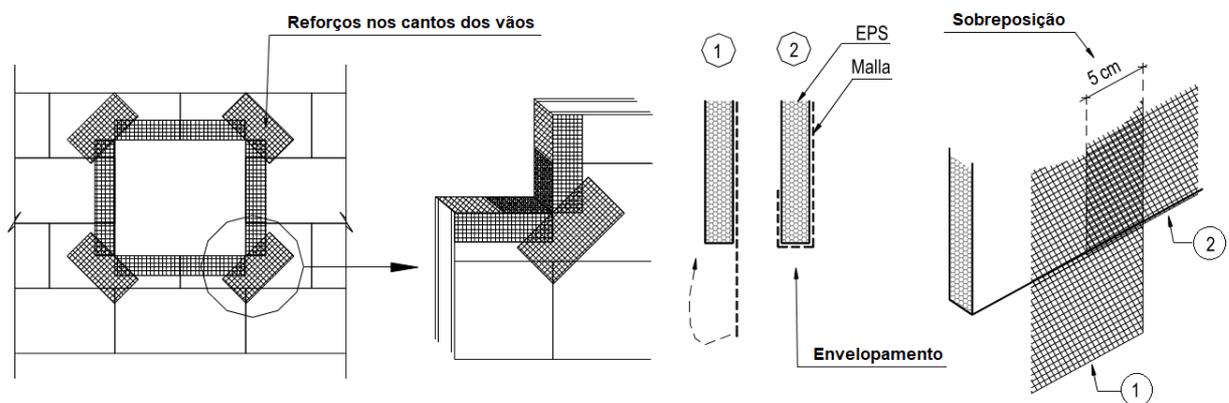
seja para uso de áreas secas, áreas úmidas ou que necessite de resistência ao calor (SANTIAGO; FREITAS; DE CRASTO, 2012).

Para áreas externas uma boa alternativa de substrato resistente a umidade é Glasroc X, que é uma placa de gesso com aditivo especial e revestimento de lã de vidro e compostos poliméricos, essa combinação de composições resultam em um material com alta qualidade, resistência a umidade e raios UV, é totalmente estável e inerte a formação de mofo nas mais críticas condições de uso, feita especialmente para ficar exposta ao intemperismo (PLACO SAINT-GOBAIN).

## 7.5 BASECOAT

O basecoat é uma base de regularização de superfície, composta por cimento e aditivos, que serve de barreira de proteção final para as camadas de painéis, é aplicado primeiramente uma camada contínua variando de 2 a 5mm de espessura sobre o E.I.F.S, Gesso acartonado, Glasroc ou Placa cimentícia, em seguida é aplicado a malha de reforço de fibra de vidro sobre o basecoat, de forma linear e sobreposta 50mm uma sobre a outra, a função da malha é absorver esforços provenientes de impactos e evitar fissuras por variações térmicas, importante salientar que as malhas de reforço e basecoat também são executados nos vãos de portas e janelas, a Figura 16 apresenta a forma que as malhas de reforços são executadas no basecoat (CONSULSTEEL 2002).

Figura 16 - Execução correta da malha de reforço (basecoat)



Fonte: Adaptado de Consulsteel (2002).

## 8 MÉTODO

### 8.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

O método de pesquisa deste presente trabalho de conclusão de curso é o estudo de caso com o critério de comparação e análise qualitativa. O estudo de caso é realizado através do estudo intensivo de um objeto de investigação, com o objetivo de analisar detalhadamente, detectar relações e compreender o assunto investigado. O uso de estatística, formulários, questionários e entrevistas podem fazer parte deste tipo de estudo como instrumentos de pesquisas auxiliares, e os resultados devem ser apresentados através de tabelas, quadros e gráficos (FACHIN, 2017).

A análise qualitativa busca observar e comparar o caso solo ou a sequência com a original estabelecida, confirmando, rejeitando ou modificando, esclarecendo com informações adicionais o porquê de cada uma destas ações (YIN, 2015). O estudo de caso também é reconhecido como uma opção que vai além da pesquisa qualitativa, definido o caso, a evidência observacional de uma série de casos leva a chegar na informação quantitativa e a coleta das evidências levam a informação qualitativa (CRESWELL, 2012 e GEERTZ, 1973 apud YIN, 2015).

“Um estudo de caso é altamente focado, significando que um tempo considerável é despendido pelos pesquisadores analisando, e subsequentemente apresentando, o caso (ou casos) escolhido, e o caso é visto como fornecendo evidências importantes para o argumento” (GUERRING, 2019). Yin (2015) e Guerring (2019), possuem concordância quanto a pesquisa de estudo de caso, que por razões de praticabilidade é uma forma observacional de análise e que através de dados vão apresentar as características do experimento (caso).

Para Martins (2008), o estudo de caso pode enfatizar tanto qualitativa quanto quantitativamente, onde o autor irá descrever e explicar os comportamentos da situação e a condução pode ser de variadas formas ou técnicas de coletas de dados, como:

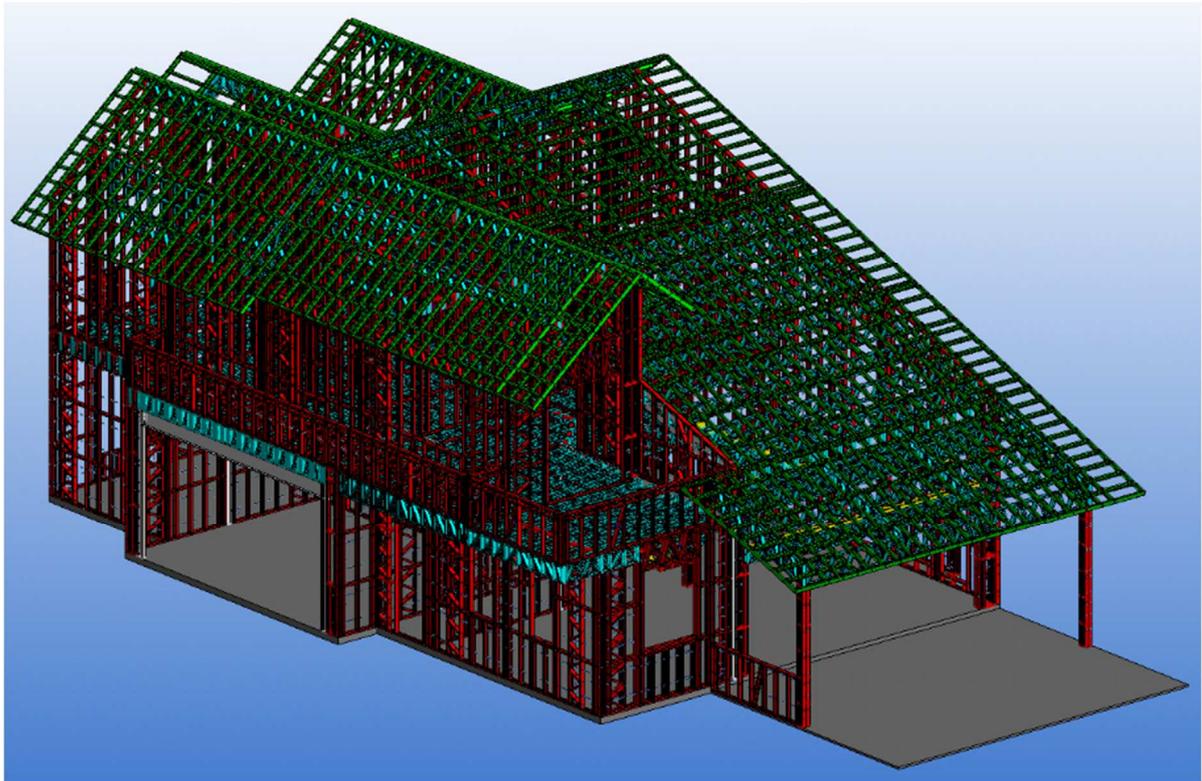
- a) Listagem de variáveis que se pretende medir ou descrever;
- b) Revisão da definição de origem de cada variável listada e como foi definida, como será medida ou descrita;
- c) Escolher uma técnica e iniciar a coleta de dados e construção dos argumentos.

Dessa forma, o método desta pesquisa de estudo de caso será realizado através de fotografias, tabelas, comentários alinhados com o referencial teórico, e resultados gráficos.

## 8.2 OBJETO DE ESTUDO

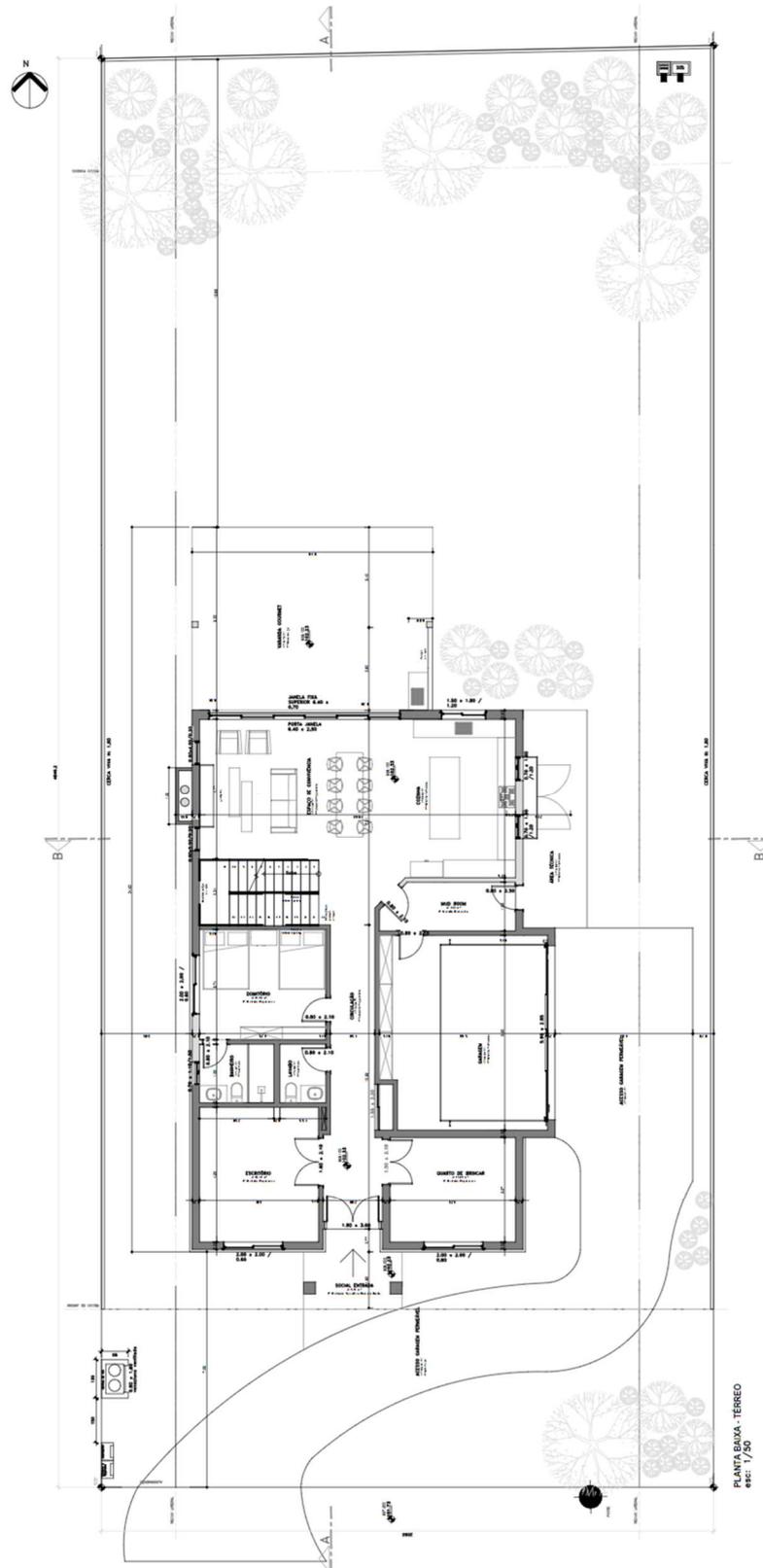
O empreendimento deste objeto de estudo é definido de caráter residencial unifamiliar de alto padrão construída no Condomínio Residencial Villa Bella Exclusive, Caxias do Sul - RS. A área construída é equivalente a 372,49m<sup>2</sup>, estrutura toda no sistema construtivo em Light Steel Frame no método por painéis (engenheirado). A Figura 17 apresenta o projeto estrutural em 3D, seguido do projeto arquitetônico nas Figuras 18, 19, 20, 21, 22 e 23.

Figura 17 - Projeto estrutural em 3D do objeto de estudo



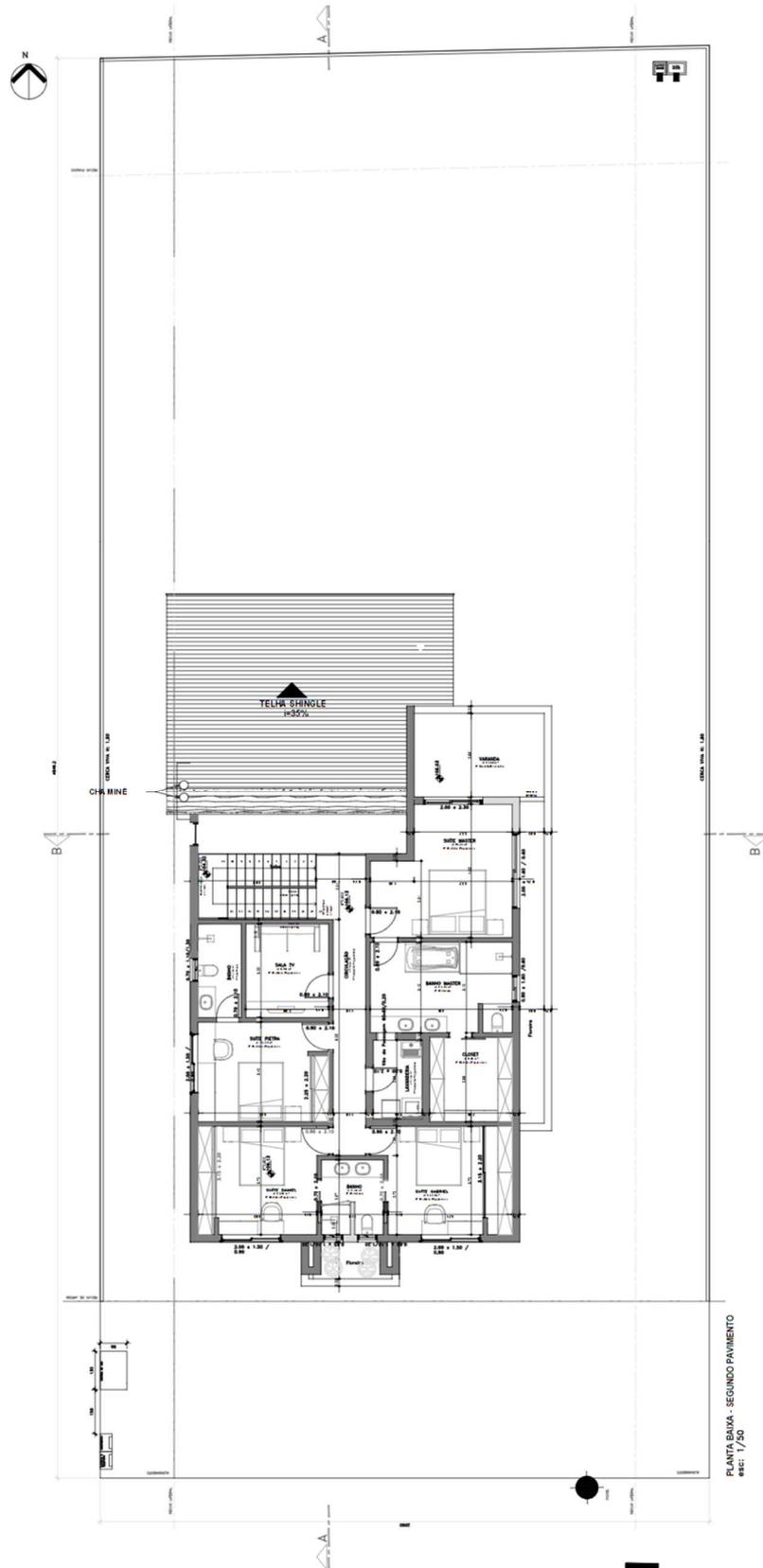
Fonte: Constru'a Steel Frame, Autor: Center Steel (2022).

Figura 18 - Projeto Arquitetônico: planta baixa térreo



Fonte: Constru'a Steel Frame, Autora: Eng. Cleusa Maria Leal Aires (2021).

Figura 19 - Projeto Arquitetônico: planta baixa 2º pavimento



Fonte: Constru'a Steel Frame, Autora: Eng. Cleusa Maria Leal Aires (2021).

Figura 20 - Projeto Arquitetônico: fachada sul



Fonte: Constru'a Steel Frame, Autora: Eng. Cleusa Maria Leal Aires (2021).

Figura 21 - Projeto Arquitetônico: fachada norte



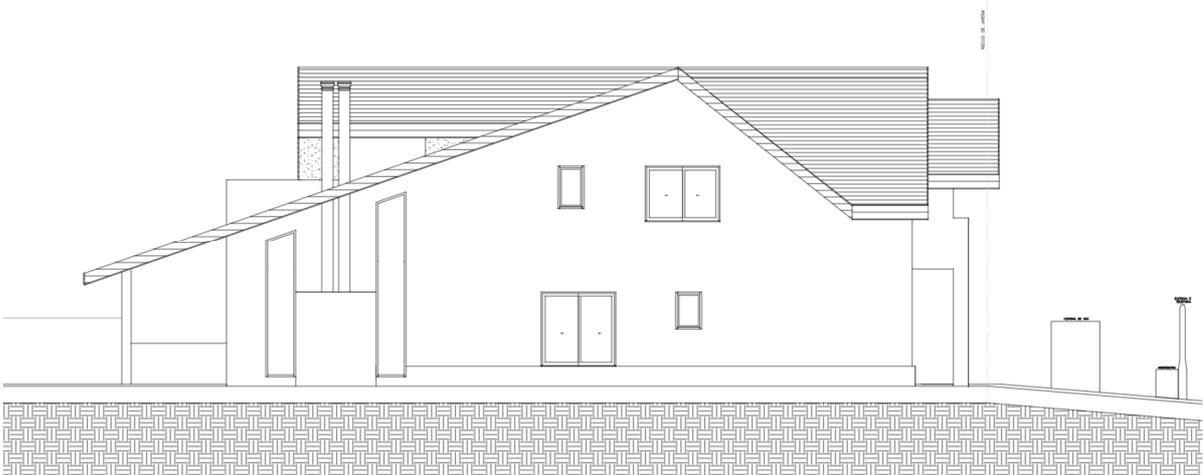
Fonte: Constru'a Steel Frame, Autora: Eng. Cleusa Maria Leal Aires (2021).

Figura 22 - Projeto Arquitetônico: fachada leste



Fonte: Constru'a Steel Frame, Autora: Eng. Cleusa Maria Leal Aires (2021).

Figura 23 - Projeto Arquitetônico: fachada oeste



Fonte: Constru'a Steel Frame, Autora: Eng. Cleusa Maria Leal Aires (2021).

### 8.3 ANÁLISE DAS CONFORMIDADES APLICADAS NO SISTEMA LIGHT STEEL FRAME

Neste tópico serão apresentadas as análises das conformidades identificadas ao longo da execução da obra de Light Steel Frame, o cumprimento das indicações prescritas nas normas e manuais técnicos serão comentadas previamente e em seguida apresentado a foto com os apontamentos, a forma de pontuar a conformidade será através de tabelas com a condição apresentada na Tabela 4:

Tabela 4 - Condição de pontuação das conformidades

Pontuação	Condição (Referência)
0	Fora de conformidade
1	Em total conformidade

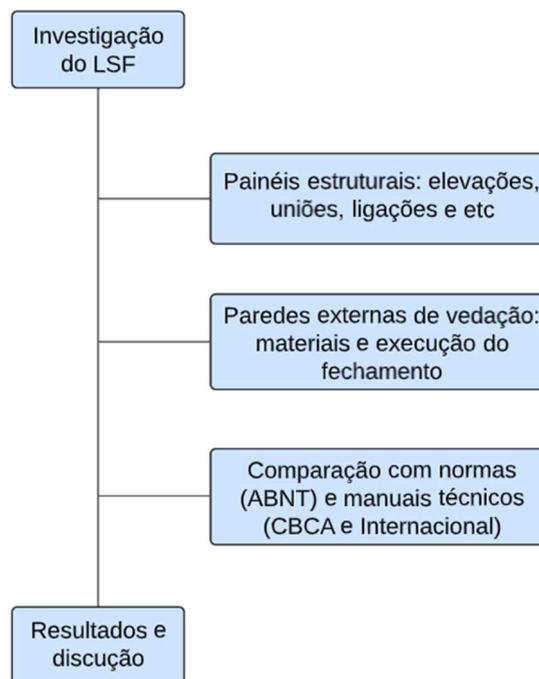
Fonte: o autor (2022).

As normas técnicas brasileira e manuais técnicos cujas conformidades foram identificadas e comparadas durante a investigação do sistema construtivo Light Steel Frame foram:

- a) Norma ABNT NBR 6355:2012 - Perfis estruturais de aço formados a frio - Padronização;
- b) Norma ABNT NBR 16970-3:2022 - Light Steel Framing - sistemas construtivos estruturados em perfis leves de aço formados a frio, com fechamentos em chapas delgadas - Parte 3: Interface entre sistemas;
- c) Manual do CBCA - Steel Framing: Arquitetura (Freitas et al., 2012);
- d) Manual de Procedimiento: construcción con acero liviano (Consulsteel, 2002).

O método de análise das conformidades seguiu o conforme apresenta o fluxograma da Figura 24.

Figura 24 - Fluxograma do método de análise das conformidades



Fonte: o autor (2022).

### 8.3.1 Identificação dos elementos estruturais

Os elementos estruturais, denominados perfis formados a frio, devem estar visivelmente lineares e isentos de defeitos como; amassados, fissuras, saliências de corte, danos resultantes de manuseio ou montagem, e conter dados de identificação gravada nos perfis, conforme apresenta a Figura 25. A Tabela 5 apresenta a conformidade enquadrada na Norma (ABNT).

Figura 25 - Identificação dos elementos estruturais LSF



Fonte: o autor (2022).

Tabela 5 - Conformidade de identificação dos elementos estruturais

Pontuação	Referência
1	Norma ABNT NBR 6355:2012

Fonte: o autor (2022).

### 8.3.2 Estanqueidade contra umidade ascendente

O foco deste trabalho foi identificar as conformidades, porém, foi observado uma não conformidade e será apontada para seja ajustada de forma a enquadrar como conformidade em obras futuras. A guia de base não está envelopada com manta asfáltica conforme indica a Norma ABNT NBR 16970-3:2022, a justificativa que mais se enquadra neste caso é o recente lançamento da Norma em relação ao projeto e

execução, logo, se trata de uma conformidade de caráter contemporâneo, conforme apresenta a Figura 26. A Tabela 6 apresenta neste caso a não conformidade, enquadrada na Norma (ABNT).

Figura 26 - Estanqueidade contra umidade ascendente



Fonte: o autor (2022).

Tabela 6 - Conformidade de estanqueidade contra umidade ascendente

Pontuação	Referência
0	Norma ABNT NBR 16970-3:2022

Fonte: o autor (2022).

### 8.3.3 Ancoragem da estrutura com Parabolt

Para a estrutura deste projeto foi utilizado ancoragem expansível do tipo parabolt, a fim de evitar o movimento de translação ou tombamento da edificação devido à pressão do vento. O distanciamento vai variar conforme o projeto e é definido pelo projetista, neste caso foi verificado o uso de parabolt em cada um dos espaços entre montantes e cantos de portas o uso de dois parabolts, a Figura 27 apresenta a ancoragem de um dos painéis estruturais. A Tabela 7 apresenta a conformidade enquadrada no manual técnico (CBCA)

Figura 27 - Ancoragem permanente da estrutura com Parabolt



Fonte: o autor (2022).

Tabela 7 - Conformidade de ancoragem permanente da estrutura

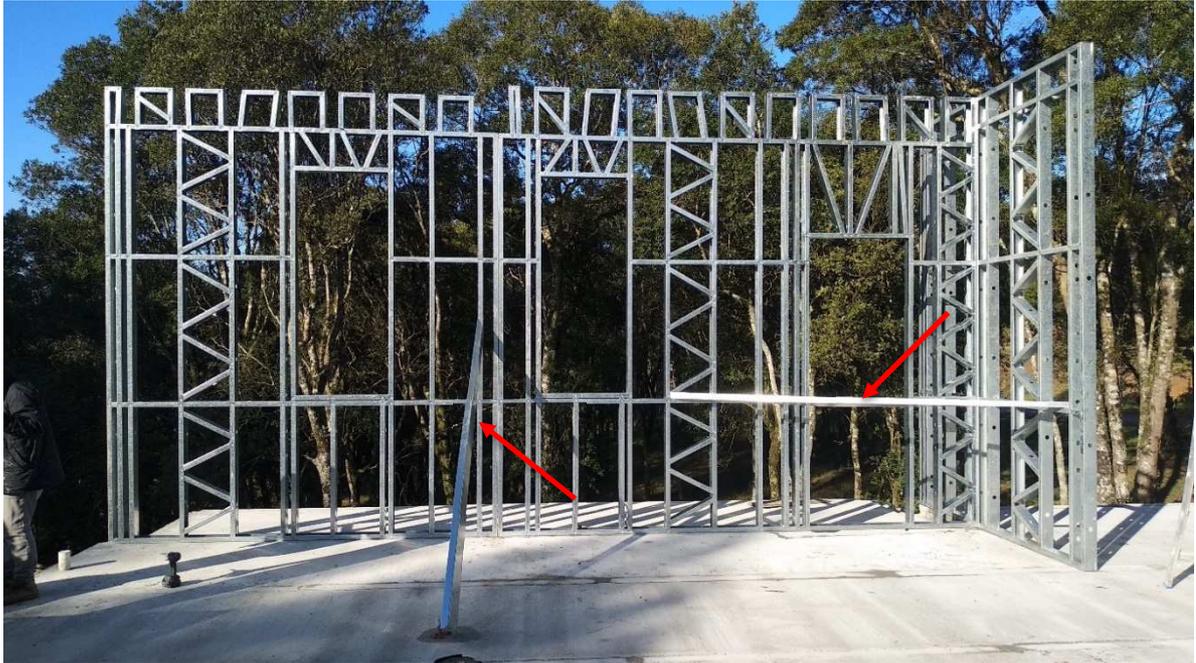
Pontuação	Referência
1	Manual Steel Framing: Arquitetura

Fonte: o autor (2022).

### 8.3.4 Elevação dos painéis estruturais

O manual da CBCA indica que os painéis sejam elevados iniciando pelos cantos, solidarizando uma com as outras elas vão tomando rigidez necessária facilitando o trabalho de elevação, montagem, travamento temporário e esquadreamento, apresentados nas Figura 28 e 29. A Tabela 8 apresenta a conformidade enquadrada no manual técnico (CBCA)

Figura 28 - Elevação dos painéis estruturais e travamento temporário



Fonte: o autor (2022).

Figura 29 - Continuação da elevação dos painéis estruturais



Fonte: o autor (2022).

Tabela 8 - Conformidade de elevação dos painéis estruturais

Pontuação	Referência
1	Manual Steel Framing: Arquitetura

Fonte: o autor (2022).

### 8.3.5 Ligações entre estruturas LSF: fixação com parafuso adequado

Conforme indica o manual de arquitetura da CBCA, o emprego do parafuso adequado contribui com o bom desempenho da estrutura, seu tipo varia conforme a ligação específica, metal/metal ou chapa/metal. Na Figura 30 a seguir é apresentado a fixação via metal/metal, empregado através de parafusos de cabeça sextavada, fazendo a ligação entre painéis, o manual técnico indica o espaçamento entre 200mm e caminho zigue-zague. A Tabela 9 apresenta a conformidade enquadrada no manual técnico (CBCA).

Figura 30 - Emprego do parafuso de cabeça sextavada na ligação entre painéis



Fonte: o autor (2022).

Tabela 9 - Conformidade de ligação entre painéis

Pontuação	Referência
1	Manual Steel Framing: Arquitetura

Fonte: o autor (2022).

Importante salientar que foi possível observar o uso dos elementos fixadores adequados em todas os diferentes tipos de uniões e ligações na estrutura de LSF, sendo assim, a Tabela 9 (anterior), servirá para abranger todos os elementos fixadores da estrutura, denominados parafusos.

### 8.3.6 Estrutura de painéis LSF e aço laminado a quente

O aço laminado a quente, também chamado de aço pesado, foi previsto no projeto e utilizado de maneira adequada na execução, a Figura 31 apresenta o primeiro aço pesado localizado na região da cozinha, onde possui um vão de 5,41m e que acima é uma sacada. A Tabela 10 apresenta a conformidade enquadrada no manual técnico (CBCA).

Figura 31 - Interface entre estrutura de aço laminado e LSF



Fonte: o autor (2022).

Tabela 10 - Conformidade entre estrutura de aço laminado e LSF

Pontuação	Referência
1	Manual Steel Framing: Arquitetura

Fonte: o autor (2022).

A Figura 32 apresenta o segundo caso em que foi utilizado o aço pesado, região da garagem, para cobrir um vão de 6,60m e que acima está localizado um banho master, com previsão para a instalação de uma banheira de hidromassagem, logo, se trata de uma região que possui um grande vão e uma carga estrutural acima do normal e que se fosse utilizado viga de Light Steel Frame poderiam ocasionar grandes deformações ao longo do tempo. A Tabela 11 apresenta a conformidade enquadrada no manual técnico (CBCA).

Figura 32 - Interface entre estrutura de aço laminado e LSF (caso 2)



Fonte: o autor (2022).

Tabela 11 - Conformidade entre estrutura de aço laminado e LSF (caso 2)

Pontuação	Referência
1	Manual Steel Framing: Arquitetura

Fonte: o autor (2022).

### 8.3.7 Contato e proteção entre diferentes estruturas

Foi identificado a ausência do isolamento de borracha ou manta de polietileno separando as diferentes estruturas, LSF e aço laminado, que serve como uma proteção contra corrosão galvânica entres os materiais metálicos em contato, a Figura 33 apresenta a região da garagem, se trata de uma área seca, logo, pode ser que não acarrete problemas futuros, mas em paredes externos que fica mais em contato com a umidade a aplicação da proteção é interessante. A Tabela 12 apresenta a neste caso a não conformidade, enquadrada no manual técnico (CBCA).

Figura 33 - Contato entre diferentes estruturas e fixação



Fonte: o autor (2022).

Tabela 12 - Conformidade do contato entre diferentes estruturas

Pontuação	Referência
0	Manual Steel Framing: Arquitetura

Fonte: o autor (2022).

### 8.3.8 O uso de treliças planas para vencer grande vão na horizontal

O uso das treliças planas foi aplicado neste projeto de residência, a Figura 34 apresenta o uso de treliça plana dupla para vencer um grande vão de 6,40m, que dá acesso a área externa, a carga que é suportada pelas treliças é apenas referente ao telhado. A Tabela 13 apresenta a conformidade enquadrada no manual técnico (CBCA)

Figura 34 - Uso de treliças planas para vencer um grande vão



Fonte: o autor (2022).

Tabela 13 - Conformidade no uso de treliças plana para vencer um grande vão

Pontuação	Referência
1	Manual Steel Framing: Arquitetura

Fonte: o autor (2022).

### 8.3.9 O uso de treliças planas para contraventamento estrutural vertical

Para contraventamento vertical o uso das treliças planas foi utilizado tanto no pé-direito simples, quanto no pé-direito duplo do espaço de convivência, a Figura 35 apresenta o uso de treliça plana de contraventamento vertical nos painéis estruturais de LSF. A Tabela 14 apresenta a conformidade enquadrada no manual técnico (CBCA)

Figura 35 - Uso de treliças planas para contraventamento vertical



Fonte: o autor (2022).

Tabela 14 - Conformidade no uso de treliças planas de contraventamento vertical

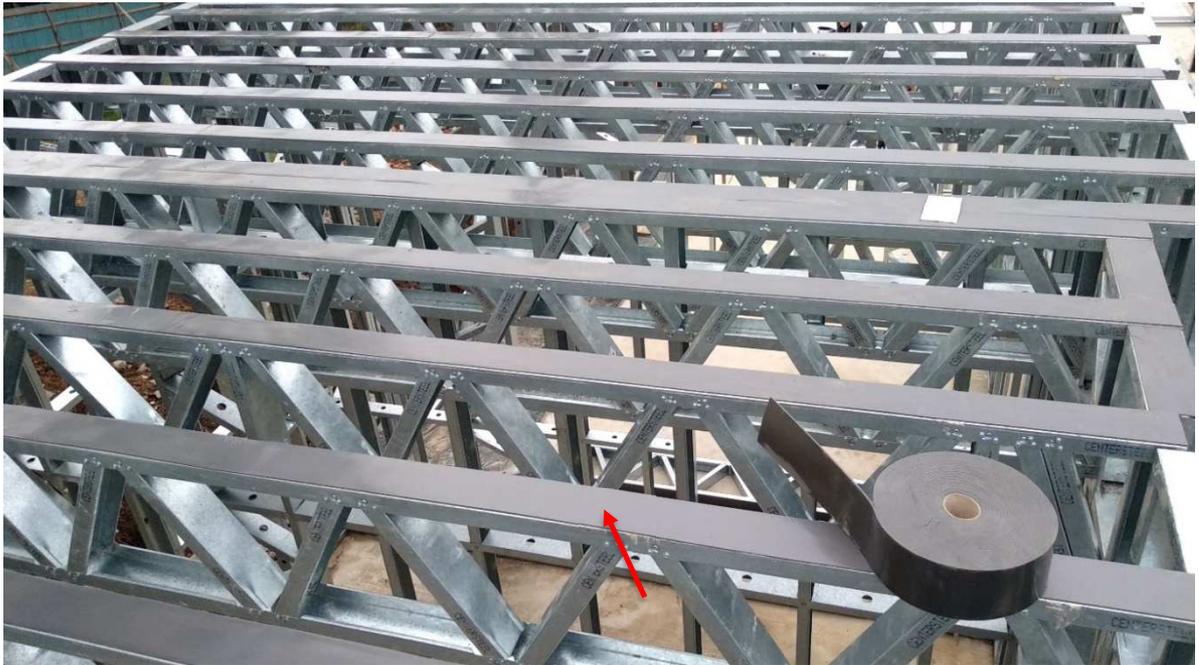
Pontuação	Referência
1	Manual Steel Framing: Arquitetura

Fonte: o autor (2022).

### 8.3.10 Fase de Entrepiso

O entrepiso é o nível do forro do primeiro pavimento e piso do pavimento superior, podendo ser compostas por guias ou vigas treliçadas, na Figura 36 apresenta as vigas treliçadas acomodadas sobre as estruturas de painéis LSF, é possível observar também o uso de fitas de banda acústica, que é uma espuma expandida utilizada entre as interfaces dos elementos do sistema construtivo, principalmente nos entrepisos. A Tabela 15 apresenta a conformidade enquadrada no manual técnico (CBCA)

Figura 36 - Vigas treliçadas sobre as estruturas de painéis e banda acústica



Fonte: o autor (2022).

Ainda sobre a fase de entrepisos, a Figura 37 apresenta a instalação dos OSBs sobre as vigas treliçadas com bandas acústicas, sobre os OSBs serão elevados os painéis do pavimento superior.

Figura 37 - Instalação dos OSBs de entrepiso



Fonte: o autor (2022).

Tabela 15 - Conformidade da fase de entrepisos

Pontuação	Referência
1	Manual Steel Framing: Arquitetura

Fonte: o autor (2022).

### 8.3.11 Posicionamento dos painéis estruturais de LSF do pavimento superior

A elevação dos painéis do pavimento superior segue a mesma lógica de elevação do pavimento térreo, começando pelos cantos e fazendo a ancoragem provisória, para depois fixar painel a painel, conforme apresenta a Figura 38. A Tabela 16 apresenta a conformidade enquadrada no manual técnico (CBCA).

Figura 38 - Pavimento superior com as elevações posicionadas



Fonte: o autor (2022).

Tabela 16 - Conformidade dos painéis estruturais do 2º pavimento

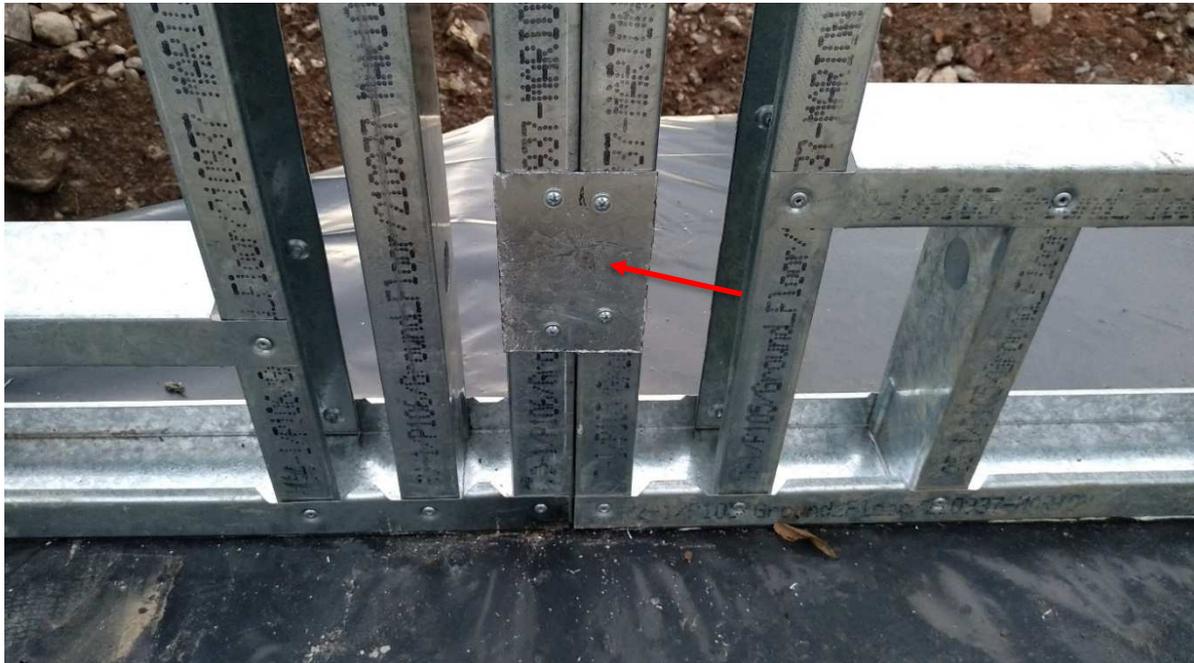
Pontuação	Referência
1	Manual Steel Framing: Arquitetura

Fonte: o autor (2022).

### 8.3.12 Uniões através de elementos de ligação nas estruturas LSF

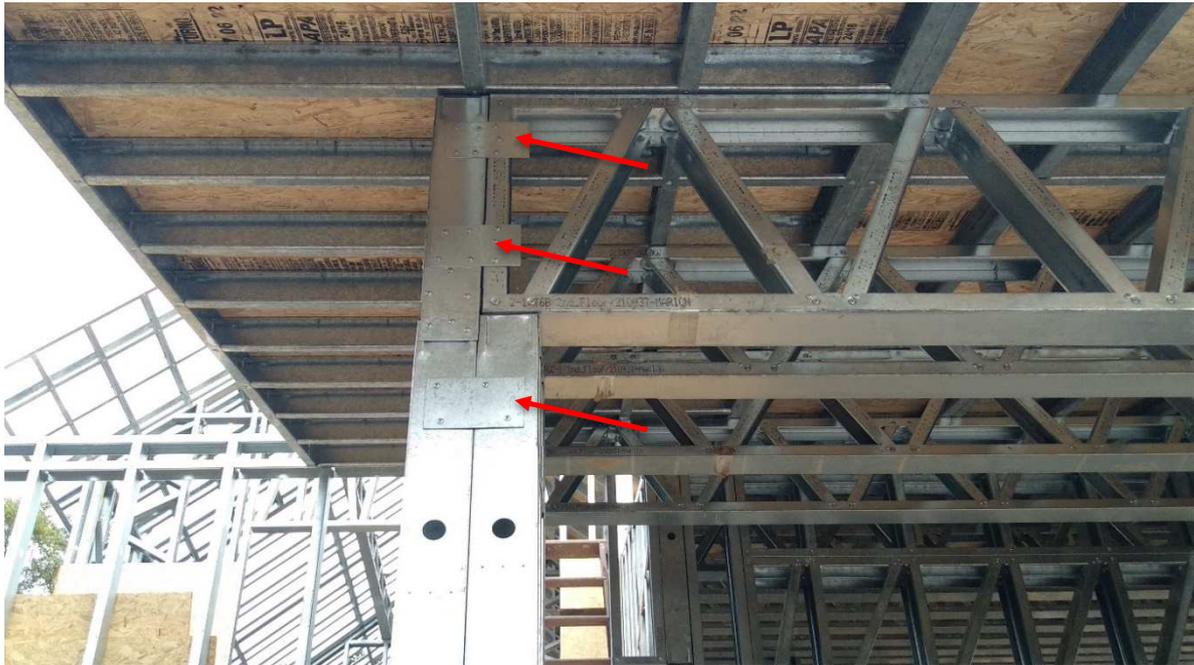
O uso de uniões através de elementos de ligação bastante observados envolvendo o sistema LSF foram: chamas gusset, cantoneiras de abas iguais e as chapas “L”, que são empregadas para garantir o bom desempenho da estrutura, rigidez do sistema, resistência e transmissão de esforços, atender as conformidades e necessidades de projeto. Nas Figuras 39, 40, 41, 42 e 43 são apresentadas a aplicação destes variados elementos de ligação simples e pontos importantes na estrutura, onde há grandes carregamentos ou carga de escoamento. A Tabela 17 apresenta a conformidades enquadradas no manual técnico (CBCA).

Figura 39 - Emprego da chapa gusset na união entre painéis (caso 1)



Fonte: o autor (2022).

Figura 40 - Emprego da chapa gusset união entre treliça e painéis (caso 2)



Fonte: o autor (2022).

Figura 41 - Emprego da cantoneira de abas iguais entre vigas e aço pesado



Fonte: o autor (2022).

Figura 42 - Emprego da cantoneira e chapa “L” no patamar da escada



Fonte: o autor (2022).

Figura 43 - Emprego das chapas “L” no apoio de treliças ou tesouras



Fonte: o autor (2022).

Tabela 17 - Conformidade das uniões e ligações da estrutura

Pontuação	Referência
1	Manual Steel Framing: Arquitetura

Fonte: o autor (2022).

### 8.3.13 Fechamento das paredes externas de vedação: painéis OSB

Fase de instalação das placas OSB, a atenção especial em manter oposição entre placas (sem junta prumo), alinhamento dos montantes entre térreo e 2º pavimento para transmissão de cargas verticais, sem excentricidade, para as regiões de vãos de portas e janelas, nesse caso mais especificamente na janela a conformidade da instalação do OSB onde a união ocorre no meio do vão, essas ações contribuem com o enrijecimento da estrutura, conforme apresenta a Figura 44. A Tabela 18 apresenta a conformidades enquadradas no manual técnico Consulsteel.

Figura 44 - Instalação dos painéis de OSB



Fonte: o autor (2022).

Tabela 18 - Conformidade da instalação das placas de OSB

Pontuação	Referência
1	Manual Consulsteel

Fonte: o autor (2022).

### 8.3.14 Fechamento das paredes externas de vedação: membrana hidrófuga “Tivek”

A instalação da membrana hidrófuga foi realizado sobre os OSBs, destaque para a atenção com os vãos de portas e janelas, que foram utilizadas mantas

asfálticas em todo o perímetro fazendo um envelopamento do vão da estrutura, detalhe este que irá contribuir com a melhor vedação e evitar infiltrações indesejadas ou outras de patologias construtivas, a Figura 45 apresenta a membrana hidrófuga e manta asfáltica fixas no vão de uma das janelas da residência. A Tabela 19 apresenta a conformidades enquadradas no manual técnico (CBCA).

Figura 45 - Instalação da membrana hidrófuga “Tyvek”



Fonte: o autor (2022).

Tabela 19 - Conformidade da instalação da membrana hidrófuga

Pontuação	Referência
1	Manual Steel Framing: Arquitetura

Fonte: o autor (2022).

### 8.3.15 Fechamento das paredes externas de vedação: E.I.F.S. e placas Glasroc

A obra contou com as placas de E.I.F.S. (EPS) e Glasroc para fechamento das paredes externas, depois dos OSBs e membranas hidrófugas instaladas estas são as últimas placas de vedação, as paredes verticais utilizaram o E.I.F.S. e beirais as placas Glasroc, ambos os materiais são resistentes a umidade, a Figura 46 apresenta o E.I.F.S. e glasroc instalados nas paredes externas (fundos). A Tabela 20 apresenta a conformidades enquadradas no manual técnico (CBCA).

Figura 46 - E.I.F.S. e glasroc instalados nas paredes externas e beirais



Fonte: o autor (2022).

Tabela 20 - Conformidade da instalação do E.I.F.S. e glasroc

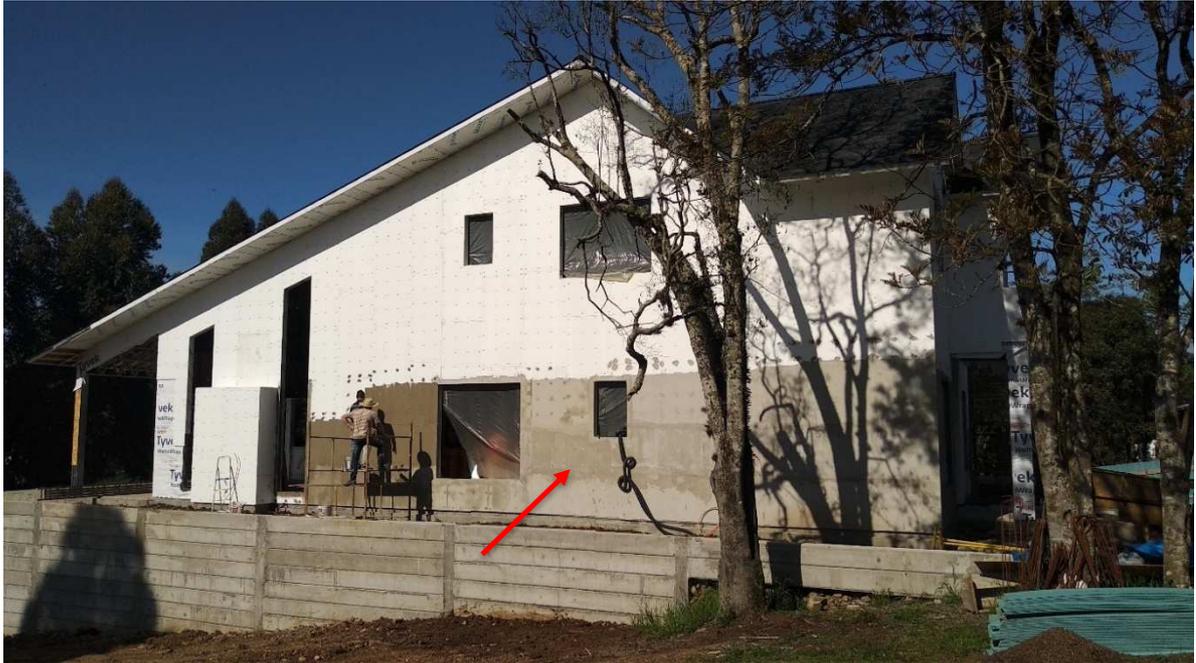
Pontuação	Referência
1	Manual Steel Framing: Arquitetura

Fonte: o autor (2022).

### 8.3.16 Fechamento das paredes externas de vedação: malha de reforço e basecoat

A base de regularização de superfície (basecoat), serve de barreira de proteção final para as camadas de painéis e foi aplicado juntamente com a malha de reforço sobre o E.I.F.S. e glasroc. A Figura 47 apresenta o estágio de aplicação ao longo da parede, a Figura 48 é possível observar de forma mais aproximada a malha de reforço sobre a camada de basecoat, e por último, na Figura 49 é possível observar a execução de cantoneira em PVC com malha vertex e basecoat no vão de uma janela. A Tabela 21 apresenta a conformidades enquadradas no manual técnico Consulsteel.

Figura 47 - Aplicação do basecoat na parede lateral esquerda (basecoat)



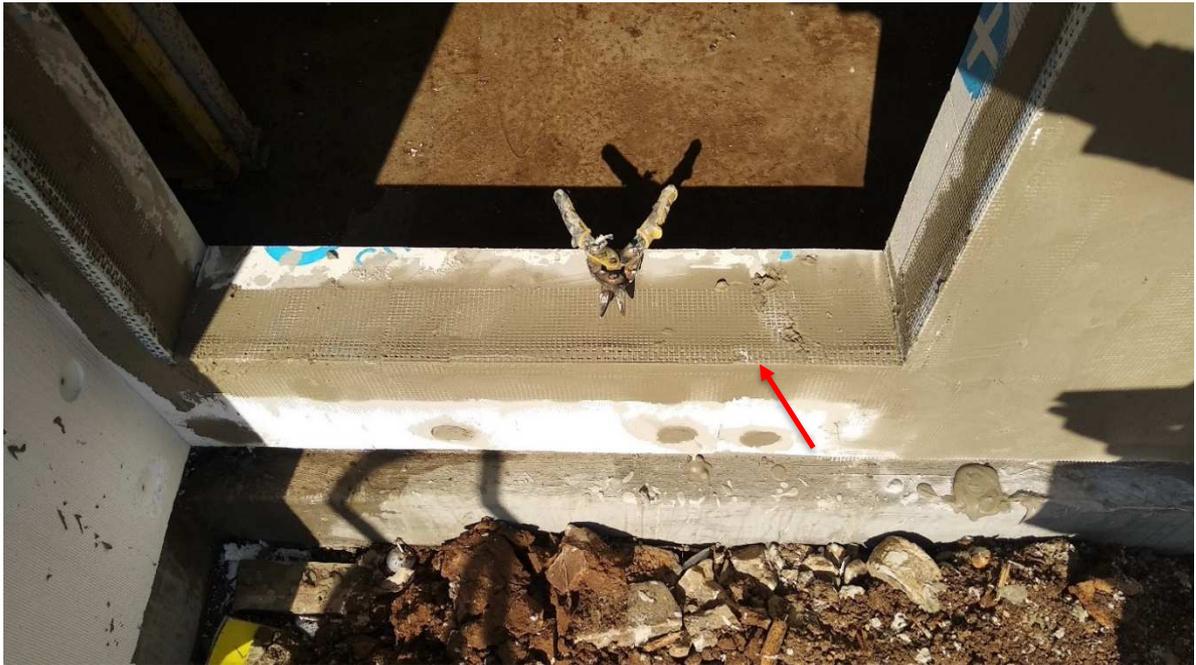
Fonte: o autor (2022).

Figura 48 - Malha de reforço sobre a camada de basecoat



Fonte: o autor (2022).

Figura 49 - Cantoneira em PVC com malha vertex e basecoat no vão de janela



Fonte: o autor (2022).

Tabela 21 - Conformidade da malha de reforço e basecoat

Pontuação	Referência
1	Manual Internacional Consulsteel

Fonte: o autor (2022).

## 9 ANÁLISE DAS CONFORMIDADES E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Conforme a ABNT NBR 6355:2012, os elementos estruturais devem estar em boas condições de execução, livre de amassados, fissuras, saliências de corte de produção, danos resultantes de manuseio ou montagem, além de conter dados de identificação gravada nos perfis.

Em alguns pontos específicos é necessário impermeabilização eficiente de forma a manter a estanqueidade contra umidade ascendente, esta ação contribui com maior durabilidade da estrutura, é o caso do envelopamento com manta asfáltica da guia de base da estrutura indicado pela ABNT NBR 16970-3:2022. Neste caso foi encontrado uma não conformidade, que pode ser considerado como de caráter contemporâneo, pois poderá ser adequada à medida que a norma ganha mais tempo de conhecimento e estudo pelos profissionais.

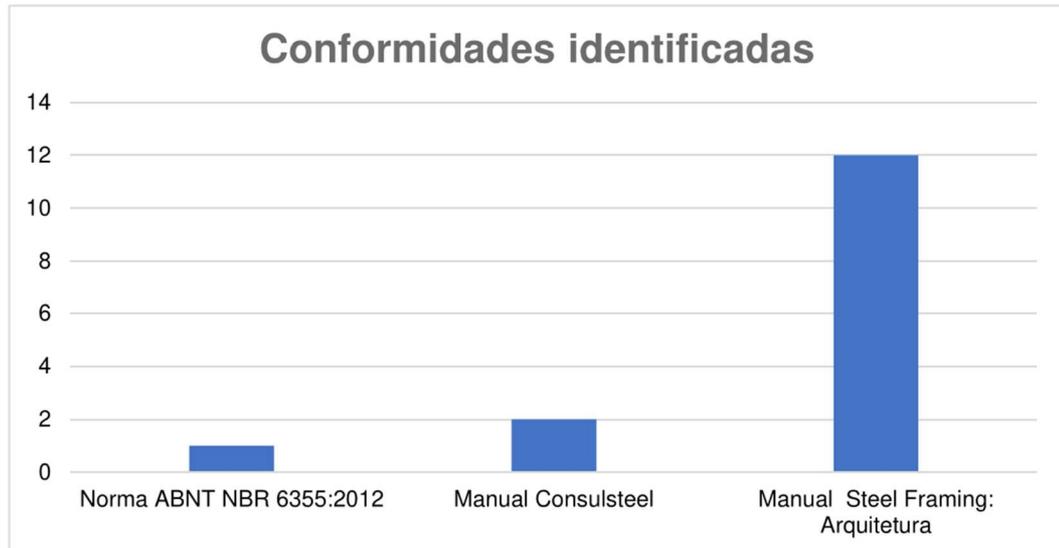
Segundo Santiago, Freitas e de Crasto (2012), a estrutura de Light Steel Frame por ser leve está mais sujeita a movimentação ou deformação devido a ação do vento, as medidas necessárias para reduzir essas ações e manter a rigidez e integridade da estrutura são:

- a) Ancoragem com chumbador químico ou parabolts;
- b) Emprego dos fixadores corretos, parafusos, entre painéis e diferentes interfaces de elementos estruturais ou de vedação;
- c) Emprego de uniões: chapas gusset, chapas “L”, cantoneiras, enrijecedores etc.

O Light Steel Frame é um sistema construtivo racionalizado, os processos podem ser otimizados por meio da modulação, permitindo o melhor aproveitamento dos materiais e rapidez de execução. O mercado da construção a seco está cada vez mais otimizando nível de desempenho dos materiais, tornando-os cada vez mais tecnológicos e sempre atendendo as normas e requisitos de qualidade, segurança e satisfação, no caso das paredes verticais de vedação podemos citar: placas OSB, placas de gesso acartonado, placas cimentícias, glasroc, E.I.F.S. (EPS), membrana hidrófuga, basecoat, conforme Santiago, Freitas e de Crasto (2012), materiais estes que foram utilizados durante a obra.

O Gráfico 1 apresenta as conformidades identificadas e enquadradas as respectivas Normas (ABNT) e Manuais técnicos utilizados como referência neste trabalho.

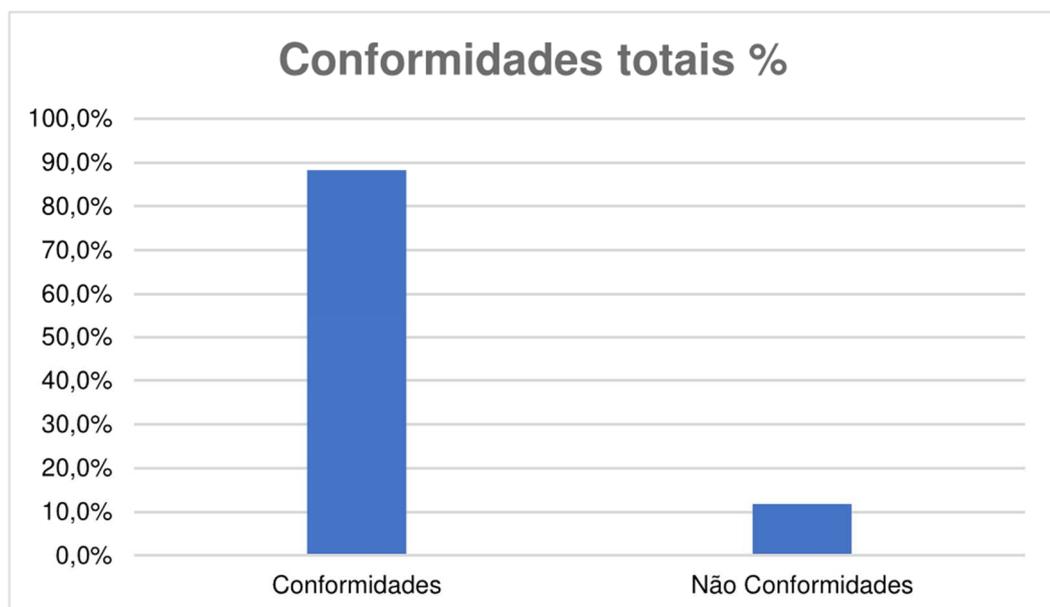
Gráfico 1 - Conformidades identificadas durante a investigação do LSF



Fonte: o autor (2022).

O foco deste trabalho era identificar as conformidades na execução do sistema construtivo LSF, estrutura e paredes de vedação externa, porém, como balizamento fica evidente através do Gráfico 2 que, no contexto geral, foi identificado um grau elevado de conformidades, as não conformidades identificadas são fáceis de contornar e se adequar para as obras futuras.

Gráfico 2 – Conformidades totais identificados



Fonte: o autor (2022).

## 10 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A proposta deste Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentar as conformidades do sistema construtivo Light Steel Frame na prática e os objetivos foram alcançados, pois como foi possível observar, a quantidade de eventos de conformidades identificados se aproximou de 90% contra cerca de 10% de não conformidades, como dito, o foco do trabalho foi identificar as conformidades e as não conformidades observadas são fáceis de se contornar para obras futuras.

A execução do sistema construtivo LSF, estrutura e vedação, seguiu as premissas básicas e essenciais de boas práticas encontradas nos referenciais teóricos de embasamento mais importantes do país, as Normas (ABNT), Manuais técnicos da CBCA e até Manuais internacionais, fazendo com que o sistema construtivo atingisse um nível elevado de qualidade e satisfação do início ao fim da execução, isso dá a robustez que o sistema precisa para ganhar confiança e atenção dos consumidores no Brasil, como uma boa e até melhor alternativa de método construtivo ao invés do método construtivo convencional.

O sistema construtivo LSF é ainda relativamente novo no Brasil e demanda conhecimento técnico por parte dos envolvidos neste sistema construtivo, para que o sistema seja difundido de forma saudável e quebre os paradigmas culturais do Brasileiro, este sistema só tem a acrescentar no mercado nacional, desde a suprimimento de demandas de déficit habitacional, cumprimento de prazos, economia de recursos naturais e financeiros, o Brasil já está muito bem preparado com materiais de excelentíssima qualidade para abraçar com força este mercado na construção civil a seco, os únicos gargalos que fica evidente são a carência de mão de obra qualificada para execução e também profissionais especialistas na área, seja engenheiros, arquitetos ou empresários dedicados a investir no ramo dentro do país, ou seja, existe campo para todos e espaço para crescimento.

O desenvolvimento do TCC permitiu que o autor aprofundasse na prática e competências do curso de Engenharia Civil da UCS, e adquiriu novos conhecimentos através dos diversos referenciais teóricos consultados e aqui citados neste trabalho.

## 10.1 SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS

Alguns aspectos não foram abordados neste trabalho e podem servir como sugestões para trabalhos futuros que envolvam o sistema construtivo Light Steel Frame:

- a) Instalações complementares: gás, elétrica, água fria e água quente, esgoto e pluviais;
- b) Interfaces de fechamento vertical externo alternativas as citadas neste trabalho;
- c) Fechamento vertical interno, forros e acabamentos;
- d) Impermeabilização de áreas molhadas;
- e) Pintura e revestimentos cerâmicos.
- f) Tipos de coberturas;

## 11 REREFÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6122**: Projeto e execução de fundações, 3 ed. Rio de Janeiro, 2019.

\_\_\_\_\_. **NBR 6355**: Perfis estruturais de aço formados a frio - Padronização. 2 ed. Rio de Janeiro, 2012.

\_\_\_\_\_. **NBR 15253**: Perfis de aço formados a frio, com revestimento metálico, para painéis estruturais reticulados em edificações – Requisitos gerais. 2 ed. Rio de Janeiro, 2014.

\_\_\_\_\_. **NBR 15575-1**: Edificações Habitacionais – Desempenho, Parte 1: Requisitos gerais, 5 ed. Rio de Janeiro, 2021.

\_\_\_\_\_. **NBR 15873**: Coordenação modular para edificações, 1 ed. Rio de Janeiro, 2010.

\_\_\_\_\_. **NBR 16970-1**: Light Steel Framing - sistemas construtivos estruturados em perfis leves de aço formados a frio, com fechamentos em chapas delgadas - Parte 1: Desempenho, 1 ed. Rio de Janeiro, 2022.

\_\_\_\_\_. **NBR 16970-3**: Light Steel Framing - sistemas construtivos estruturados em perfis leves de aço formados a frio, com fechamentos em chapas delgadas - Parte 3: Interface entre sistemas, 1 ed. Rio de Janeiro, 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA CONSTRUÇÃO METÁLICA. **O futuro do Light Steel Framing no Brasil**. São Paulo. ABCEM. Disponível em:

<https://www.abcem.org.br/site/blog/o-futuro-do-light-steel-framing-no-brasil>. Acesso em: 20 jun. 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA CONSTRUÇÃO METÁLICA. **O futuro do Light Steel Framing no Brasil**. São Paulo. ABCEM. Disponível em:

<https://www.abcem.org.br/site/blog/o-futuro-do-light-steel-framing-no-brasil>. Acesso

em: 20 jun. 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE INCORPORADORAS MOBILIÁRIAS. **Déficit habitacional é recorde no País**. São Paulo. ABRAIN. Disponível em: <https://www.abrainc.org.br/noticias/2019/01/07/deficit-habitacional-e-recorde-no-pais/>. Acesso em: 22 jun. 2022.

CITADIN, Daniara. **Impactos ambientais causados pela Construção Civil**. 2017, Disponível em: <https://www.sienge.com.br/blog/impactos-ambientais-causados-pela-construcao-civil/>. Acesso em: 22 jun. 2022.

CONSULSTEEL. **Construcción con acero liviano: Manual de procedimiento**. Consulsteel, Buenos Aires, 2002, Disponível em: <http://consulsteel.com/wp-content/uploads/Manual-de-Procedimiento-Consul-Steel.pdf>. Acesso em: 15 jun. 2022.

DUPONT. **O que é Tyvek?**. Disponível em: <https://www.dupont.com.br/tyvek/what-is-tyvek.html>. Acesso em: 17 out. 2022

FACHIN, Odília. **Fundamentos de metodologia**. Editora Saraiva, São Paulo, 2017, 200 p. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788502636552/>. Acesso em: 03 nov. 2022.

FRAMECAD. **The Future of Construction: The case for building with Cold Formed Steel**. 2019, US, Disponível em: [https://content.framecad.com/hubfs/eBooks/The\\_Future\\_of\\_Construction\\_final\\_US\\_1etter.pdf](https://content.framecad.com/hubfs/eBooks/The_Future_of_Construction_final_US_1etter.pdf). Acesso em 05 jun. 2022.

GARNER, C. J. **Guia do construtor em steel framing**. CBCA - CENTRO BRASILEIRO DA CONSTRUÇÃO EM AÇO, 1996, 29 p. Tradução de Sidnei Palatnik. Disponível em: <https://azdoc.tips/documents/guia-do-construtor-em-steel-framing-5c17bfa1e125b>. Acesso em: 13 jun. 2022.

GOMES, J. O.; LACERDA, J. F. S. B. **Uma visão mais sustentável dos sistemas construtivos no Brasil**: análise do estado da arte. Tecnologias para Competividade Industrial, Florianópolis, 2014.

GUERRING, John. **Pesquisa de Estudo de Caso**: princípios e práticas. Petrópolis, RJ: Editora Vozes, 2019. Disponível em: <https://plataforma.bvirtual.com.br/Leitor/Publicacao/201887/>. Acesso em: 03 nov. 2022.

MARTINS, Gilberto de A. **Estudo de Caso**: Uma Estratégia de Pesquisa, 2ª edição. Grupo GEN, 2008. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788522466061/>. Acesso em: 05 nov. 2022.

PLACO SAINT-GOBAIN. **Glasroc X**. Disponível em: <https://www.placo.com.br/systems/fachadas/glasroc-x>. Acesso em: 15 nov. 2022.

RODRIGUES, F. C.; CALDAS, R. B. **Steel Framing: Engenharia**. CBCA - CENTRO BRASILEIRO DA CONSTRUÇÃO EM AÇO, Rio de Janeiro, 2016, 226 p. Disponível em: <https://www.cbca-acobrasil.org.br/site/biblioteca/steel-framing-engenharia>. Acesso em: 01 maio. 2022.

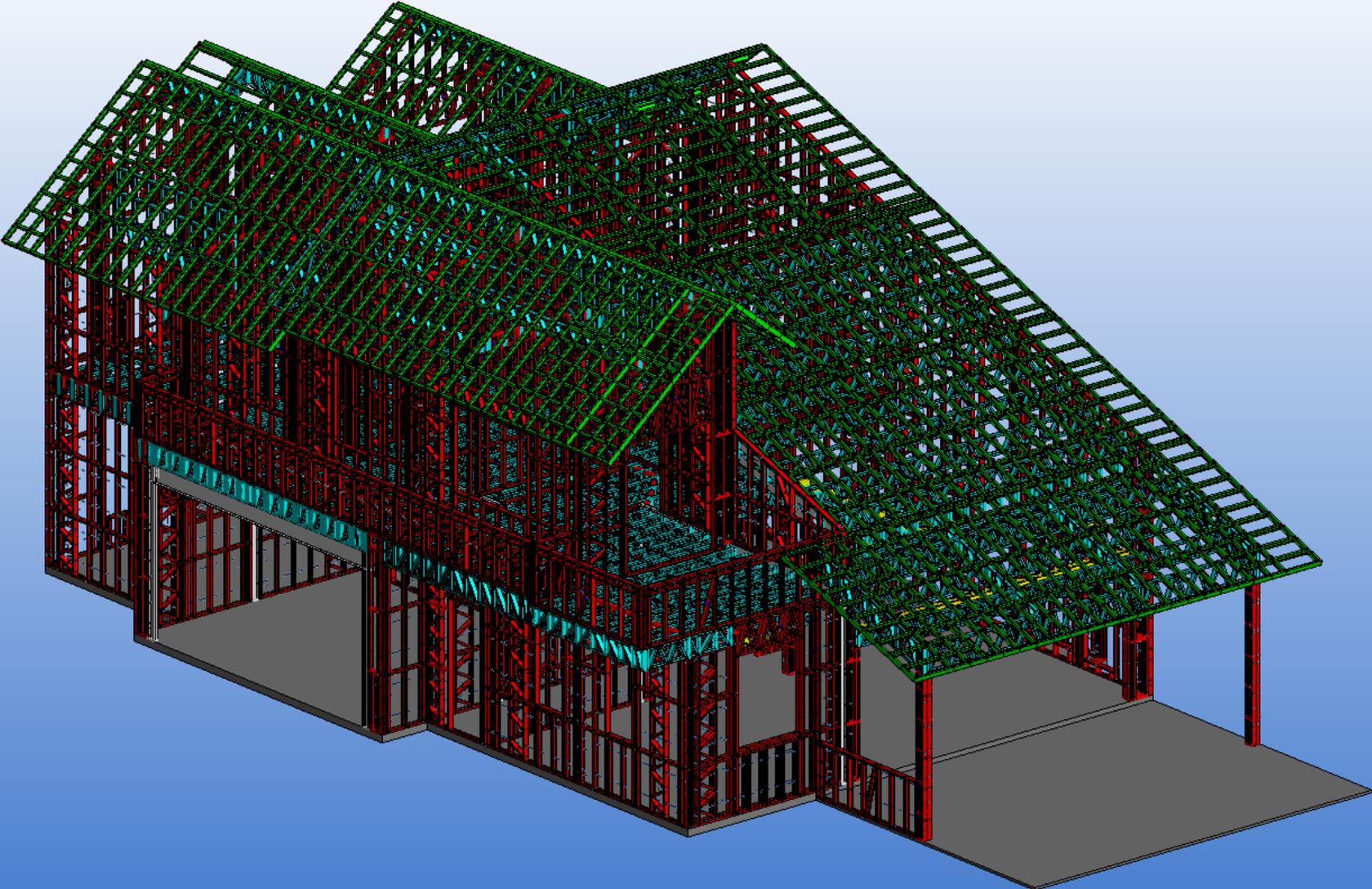
SANTIAGO, A. K.; FREITAS, A. M. S.; DE CRASTO, R. C. M. **Steel Framing: Arquitetura**. CBCA - CENTRO BRASILEIRO DA CONSTRUÇÃO EM AÇO, Rio de Janeiro, 2012, 152 p. Disponível em: <https://www.cbca-acobrasil.org.br/site/biblioteca/steel-framing:-arquitetura>. Acesso em: 10 maio. 2022.

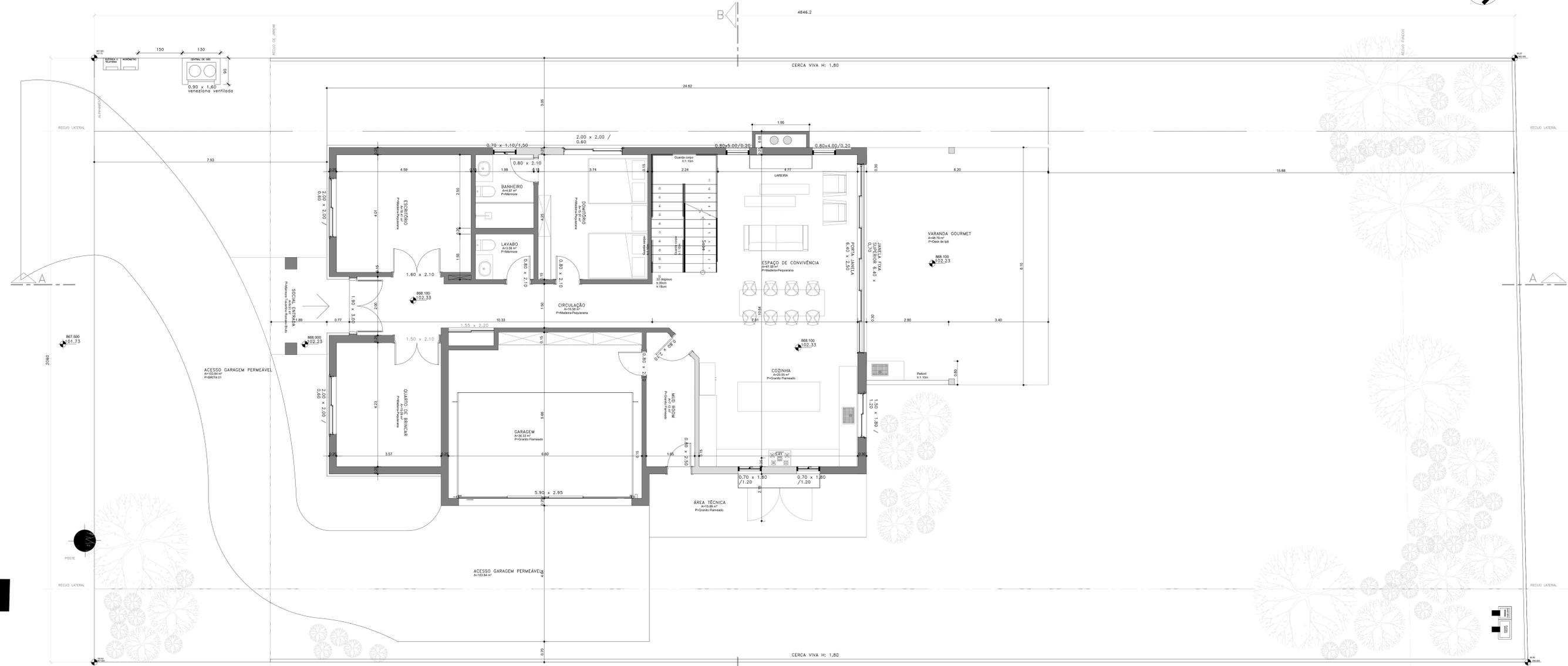
TECNOFRAME. **Tudo sobre Light Steel Frame**. 2020. Disponível em: <https://tecnoframe.com.br/tudo-sobre-light-steel-frame/>. Acesso em: 15 jun. 2022.

TERRACOTA VENTURES. **Construção Modular Offsite**. 2020, 50 p. Disponível em: <https://www.terracotta.ventures/report-construcao-modular>. Acesso em: 21 jun. 2022.

YIN, Robert K. **Estudo de Caso**, 5ª edição. Porto Alegre, Bookman, 2015. E-book. ISBN 9788582602324. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788582602324/>. Acesso em: 03 nov. 2022.

## **12 APÊNCICES**

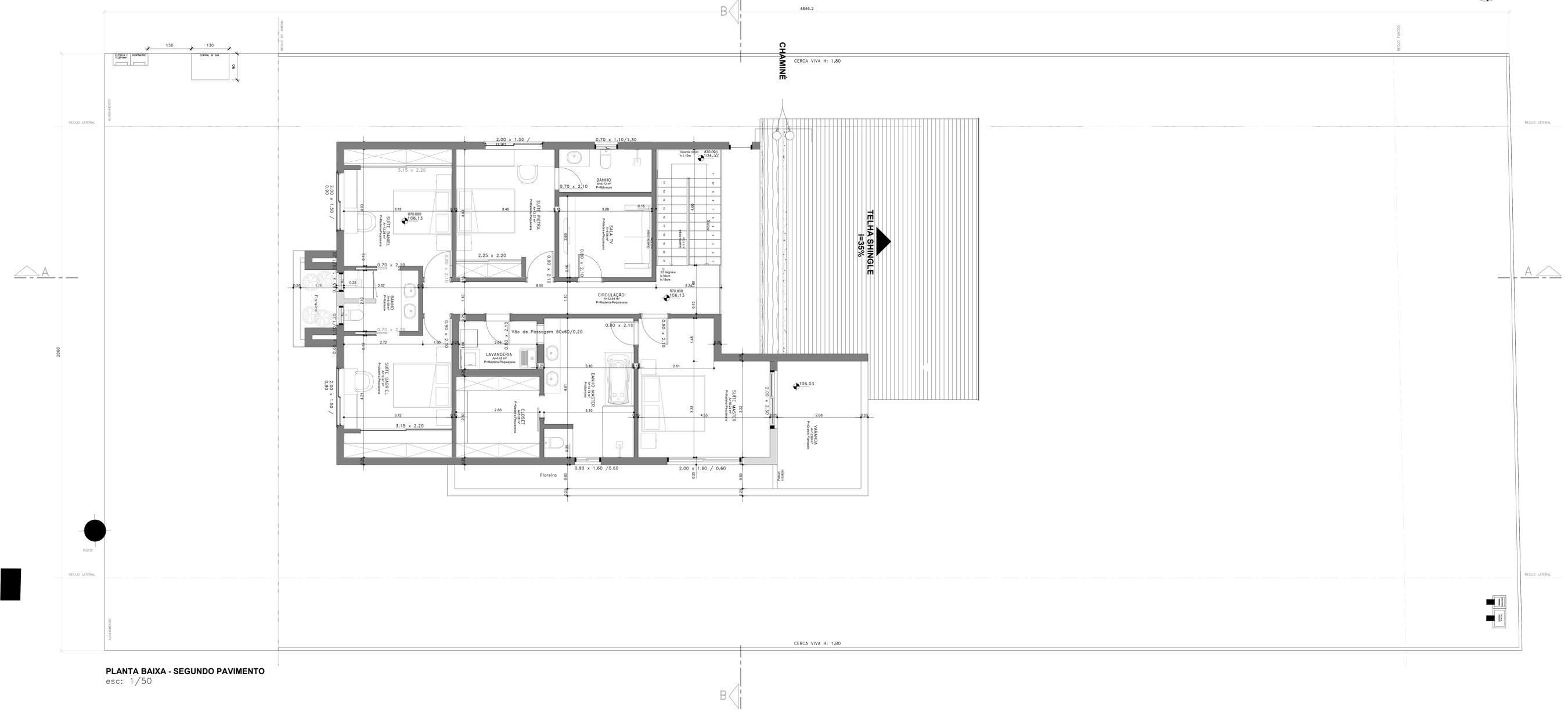




**PLANTA BAIXA - TÉRREO**  
esc: 1/50

NOTAS:  
1 - DIMENSÕES EM METROS.  
2 - NÍVEIS EM METROS.

<b>RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR</b>	
LOTEAMENTO VILA BELLA - RUA O1 LOTE 4 Q 6114 - CAXIAS DO SUL - RS	
<b>PROJETO ARQUITETÔNICO</b>	SITIO: 55
<b>PLANTA BAIXA TÉRREO</b>	FOLHA: 02 / 07
PROJETO: Eng. Clea Mara Luz Alves CREA - RS 03651/4	REVISÃO: 0
PROFESSOR: Arnaldo Luis Costa Manon Manila Buch Manon	INDICADA
	DATA: 16/11/2021



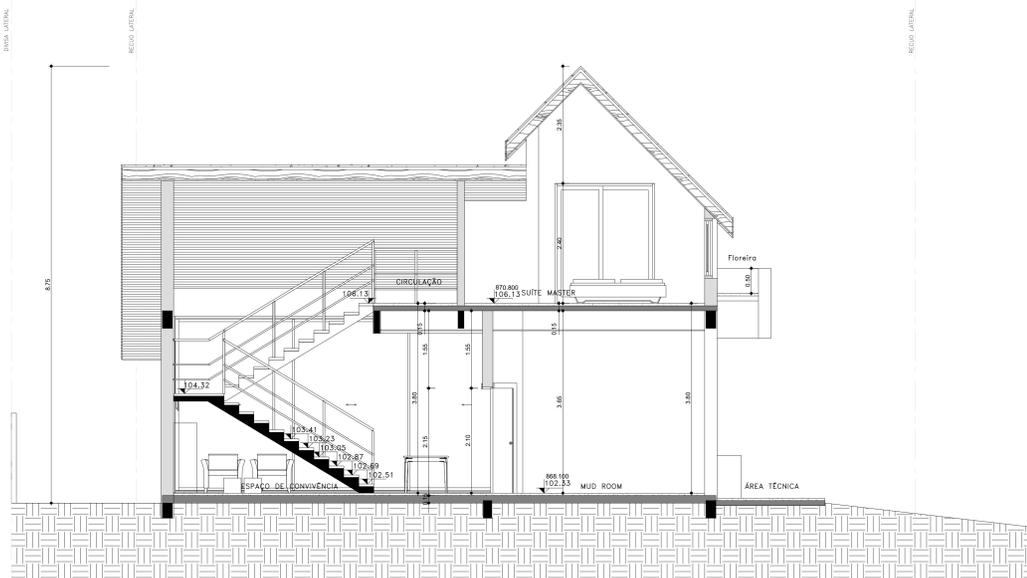
PLANTA BAIXA - SEGUNDO PAVIMENTO  
esc: 1/50

NOTAS:  
1 - DIMENSÕES EM METROS.  
2 - NÍVEIS EM METROS.

<b>RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR</b>	
LOTEAMENTO VILA BELLA - RUA O1 LOTE 4 Q G114 - CAXIAS DO SUL - RS	
<b>PROJETO ARQUITETÔNICO</b>	PROJETO: 55
<b>PLANTA BAIXA SUPERIOR</b>	FOLHA: 03 / 07
PROJETO: Eng. Clea Mara Luz Alves CREA - RS 03461/4	REVISÃO: 0
PROPRIETÁRIO: Arnaldo Luis Costa Manon Manila Buch Manon	INDICADA
	DATA: 16/11/2021



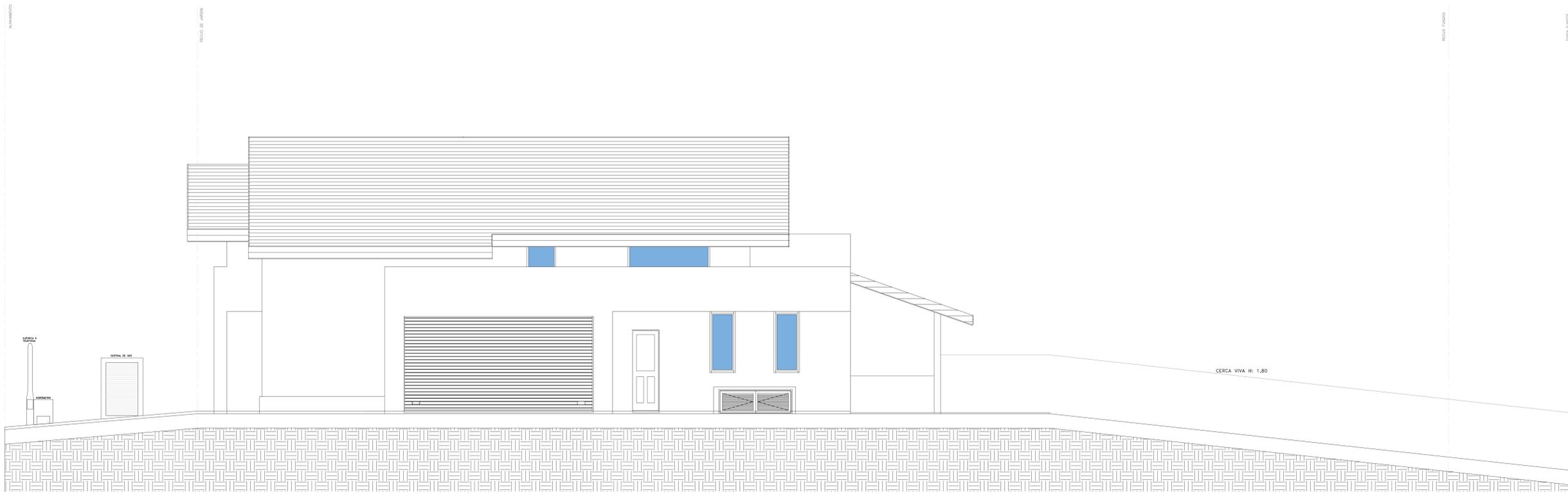
FACHADA SUL  
esc: 1/50



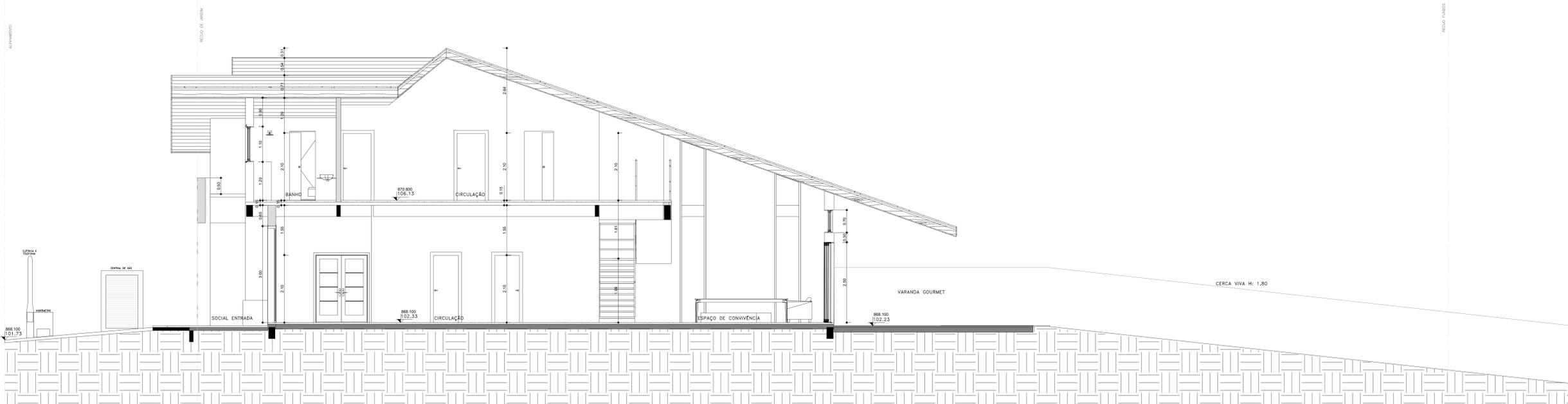
CORTE B-B  
esc: 1/50

NOTAS:  
1 - DIMENSÕES EM METROS.  
2 - NÍVEIS EM METROS.

<b>RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR</b>	
LOTEAMENTO VILA BELLA - RUA O1 LOTE 4 Q. G114 - CAXIAS DO SUL - RS	
<b>PROJETO ARQUITETÔNICO</b>	SÍMBOLO: 55
FACHADA SUL CORTE BB	TÍTULO: <b>06</b> /07
PROJETO: Eng. Clea Mara Louz Arns CAXIAS DO SUL - RS	REVISÃO: 0
PROPRIETÁRIO: Arnaldo Luis Costa Manon Marilyn Buch Manon	TÍTULA: INDICADA
	DATA: 16/11/2021



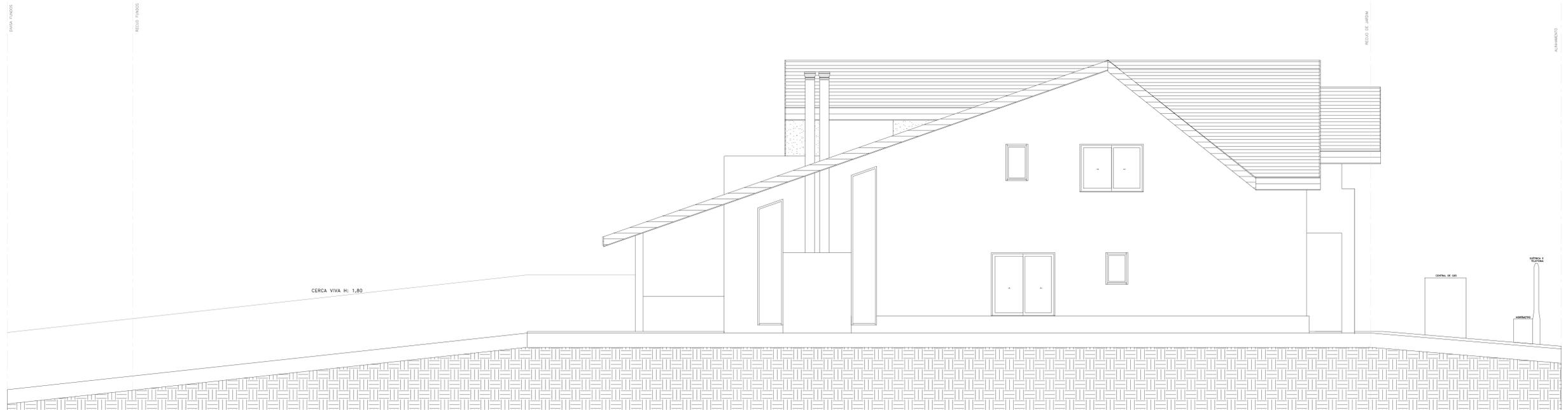
FACHADA LESTE  
esc: 1/50



CORTE A-A  
esc: 1/50

NOTAS:  
1 - DIMENSÕES EM METROS.  
2 - NÍVEIS EM METROS.

<b>RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR</b>	
LOTEAMENTO VILA BELLA - RUA O1 LOTE 4 - Q. G. 114 - CAXIAS DO SUL - RS	
<b>PROJETO ARQUITETÔNICO</b>	PROJETO: 99
FACHADA LESTE CORTE AA	FOLHA: 05 /07
PROJETO: Eng. Clea Mara Louz Avea CREA - RS 03401/4	REVISÃO: 0
PROPRIETÁRIO: Arnaldo Luis Costa Manon	INDICADA
Manila Buch Manon	DATA: 16/11/2021



**FACHADA OESTE**  
esc: 1/50



**FACHADA NORTE**  
esc: 1/50

NOTAS:  
1 - DIMENSÕES EM METROS.  
2 - NÍVEIS EM METROS.

<b>RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR</b>	
LOTEAMENTO VILA BELLA - RUA O1 LOTE 4 Q 6 I 14 - CAXIAS DO SUL - RS	
<b>PROJETO ARQUITETÔNICO</b>	PROJETO: 99
FACHADA OESTE FACHADA NORTE	FACHADA: 07 /07
PROJETO: Eng. Clea Mara Luz Alves CREA - RS 034514	REVISÃO: 0
PROPRIETÁRIO: Arnaldo Luis Costa Manon Manila Buch Manon	INDICADA: 16/11/2021