



CENTRO UNIVERSITÁRIO DE BRASÍLIA - UNICEUB
FATECS - FACULDADE DE TECNOLOGIA E CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS.
CURSO: ENGENHARIA CIVIL

LARISSA DE ARAÚJO DAS NEVES

**VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DO SISTEMA LIGHT STEEL
FRAMING PARA HABITAÇÕES POPULARES – ESTUDO DE CASO**

Brasília
2018

LARISSA DE ARAÚJO DAS NEVES

**VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DO SISTEMA LIGHT STEEL
FRAMING PARA HABITAÇÕES POPULARES – ESTUDO DE CASO**

Monografia apresentada como requisito para
conclusão do curso de Engenharia Civil pela
Faculdade de Tecnologia e Ciências Sociais
Aplicadas do Centro Universitário de Brasília –
UniCEUB.

Orientadora: Eng^a Civil Raquel Ferreira
Kischlat, MSc.

Brasília
2018

LARISSA DE ARAÚJO DAS NEVES

**VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DO SISTEMA LIGHT STEEL
FRAME PARA HABITAÇÕES POPULARES – ESTUDO DE CASO**

Monografia apresentada como requisito para conclusão do curso de Engenharia Civil pela Faculdade de Tecnologia e Ciências Sociais Aplicadas do Centro Universitário de Brasília – UniCEUB.

Orientadora: Eng^a Civil Raquel Ferreira Kischlat, MSc.

Brasília, 29 de novembro de 2018.

Banca Examinadora:

Eng^a. Raquel Ferreira Kischlat, M.Sc.
Prof.^a Orientadora

Eng^a. Eugênia Cornils Monteiro, M.Sc
Prof.^a Examinadora

Eng^o. Henrique de Paula Faria, M.Sc
Prof^o. Examinador

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, que permitiu e me fortaleceu durante esses anos para que permanecesse em busca do meu objetivo.

Agradeço a minha mãe, **Edileuza**, pela dedicação diária, e por todo sacrifício pessoal investido a mim, além de toda paciência e auxílio nos momentos que mais precisei.

Gratidão também ao meu pai, **Edson**, pelo orgulho e privilégio de ser sua filha, e por ter acreditado em mim desde o primeiro momento que compartilhei a profissão que seguiria.

Agradeço aos meus irmãos, **Ana e Leo**, que me acompanharam durante toda essa jornada, tornando-a mais leve; A todos os meus familiares, que me apoiaram com palavras e gestos de incentivo, e aos amigos que conquistei durante o percurso.

Obrigada mestres, que sempre estiveram presentes, por cada aprendizado e em especial, agradeço a minha orientadora Professora Raquel Ferreira, que sabiamente me orientou durante esse semestre.

RESUMO

O déficit habitacional brasileiro é um problema que atinge o país há anos, visto o não atendimento à demanda de habitações com o nível de escala do crescimento populacional. Os programas sociais voltados à habitação surgem como uma tentativa de redução desse indicativo. Percebe-se, no entanto, a necessidade da conciliação dos programas habitacionais com processos construtivos mais rápidos, eficientes e com qualidade. O estudo em questão buscou analisar técnica e economicamente o sistema construtivo *Light Steel Framing*, caracterizado pela rapidez de execução, além da versatilidade e vantagens ambientais. Através das análises realizadas concluiu-se que o sistema é tecnicamente viável, apresentando desempenho estrutural aceitável para aprovação em programas habitacionais, o qual se enquadra nos valores estabelecidos para financiamento pela Caixa Econômica Federal.

Palavras-chave: Déficit habitacional, *Light Steel Framing*; Viabilidade.

ABSTRACT

The Brazilian housing deficit is a problem that is expanding to the country, since it does not meet the occupation demand of the scale level of the population growth. The social programs directed to housing emerge as an attempt to reduce this indicator. However, it is perceptible the need to conciliate traditional programs with constructive processes that are faster, more efficient and quality. The research in question sought to analyze technically and economically the Light Steel Framing construction system, which is characterized by its quick execution, versatility and environmental advantages. Through the analysis carried out, it concludes that the system is technically viable, presenting an acceptable structural performance for approval in housing programs, which it fits the established amount for financing by the Federal Economic Bank.

Key-words: Housing Deficit, Light Steel Framing; Viability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Desenho esquemático de uma residência em LSF.....	18
Figura 2 – Perfis formados a frio.....	19
Figura 3 – Tesoura Howe.....	26
Figura 4 – Tesoura Pratt.....	26
Figura 5 – Tesoura Fink.....	26
Figura 6 – Tesoura Alemã.....	26
Figura 7 – Tesoura Belga.....	26
Figura 8 – Vigas de piso em LSF.....	27
Figura 9 – Laje Seca.	27
Figura 10 – Laje úmida.....	27
Figura 11 – Desenho esquemático de painel estrutural.....	28
Figura 12 – Detalhe esquemático da execução de um painel sobre uma sapata corrida.....	29
Figura 13 – Detalhe esquemático de ancoragem do painel a uma laje radier.....	29
Figura 14 – Documento de Avaliação técnica N°014b.....	32
Figura 15 – Planta baixa de residência em alvenaria estrutural (sem escala)	35
Figura 16 – Disposições dos montantes.....	36
Figura 17– Isopletras da velocidade básica V_0 (m/s) no software VISUALVENTOS.....	44
Figura 18 – Coeficiente de pressão externa nas paredes para Vento a 0° e 90°	45
Figura 19 – Coeficiente de pressão externa no telhado para Vento a 0° e 90°	46
Figura 20 –Zoneamento bioclimático brasileiro.....	54
Figura 21 – Esforços normais dispostos na estrutura sem telhado.....	59
Figura 22 Análise estrutural no software SAP2000 com treliças.....	60
Figura 23 – Corte da análise estrutural no software SAP2000.....	61
Figura 24 – Diagramas de esforço normal.....	62
Figura 25 - Reforços para fixação de peças suspensas (pia e armários)	65

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Dimensões nominais usuais dos perfis de aço para Light Steel Framing	20
Tabela 2 – Revestimento mínimo para perfis metálicos	20
Tabela 3 – Dimensões de placa OSB	22
Tabela 4 – Tabela compilada de resultados de ensaios de absorção acústica	25
Tabela 5 – Propriedades físicas dos materiais definidos para o projeto	37
Tabela 6 – Perfis estruturais adotados para pré-dimensionamento	38
Tabela 7 – Características físicas da Telha OLINDA.....	39
Tabela 8 – Peso próprio dos materiais adotados.....	42
Tabela 9 – Dados Iniciais	62
Tabela 10 – Propriedade Geométricas do perfil	63
Tabela 11 – Características do Aço	63
Tabela 12– Comprimento da barra	64
Tabela 13 – Cálculo à tração no perfil	64
Tabela 14-Cálculo à compressão no perfil.....	64
Tabela 15 – Planilha orçamentária	69

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Tipos de perfis de aços zincados formados a frio para uso no sistema construtivo	21
Quadro 2 – Tolerâncias das características geométricas das chapas de gesso para drywall.....	23
Quadro 3 – Componentes de vedação internos e/ou externos – Placas cimentícias.....	24
Quadro 4 – Chapas finas de aço especificadas por Normas Brasileiras para uso estrutural.....	39
Quadro 5 – Valores dos coeficientes de ponderação das ações.....	40
Quadro 6 – Valores dos fatores de combinação ψ_1 e ψ_2 para as ações variáveis.....	41
Quadro 7 – Deslocamentos-limites para cargas permanentes e cargas acidentais em geral.....	51
Quadro 8 – Cargas de ensaio e critérios para peças suspensas fixadas por mão-francesa padrão.....	52
Quadro 9 – Classificação das portas em função dos esforços mecânicos específicos.....	53
Quadro 10 – Influência da D_nT_w sobre a inteligibilidade da fala para ruído no ambiente interno.....	54
Quadro 11 – Diferença padronizada de nível ponderada entre ambientes, D_nT_w	55
Quadro 12 - - Índice de redução sonora ponderado, R_w , de fachadas.....	56
Quadro 13 – Diferença padronizada de nível ponderada da vedação externa, $D_{2m,nT,w}$	56
Quadro 14 – Taxas de juros por faixa de renda.....	57
Quadro 15 – Novos tetos do valor dos imóveis.....	58
Quadro 16 – Resumo das cores dos acabamentos para as diversas zonas climáticas.....	66
Quadro 17 – Síntese dos critérios de desempenho e do resultado do ensaio de isolamento sonora.....	67
Quadro 18 - Síntese dos critérios de desempenho mínimos para fachadas.....	68

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
LSF	Light Steel Framing
ABDI	Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial
SINAT	Sistema Nacional de Avaliações Técnicas
PMCMV	Programa Minha Casa Minha Vida
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
SVVE	Sistemas de vedações verticais externas
SVVIE	Sistemas de vedações verticais internas e externas
IPT	Instituto de Pesquisa e Tecnologia do Estado de São Paulo
DATec	Documentos de Avaliação Técnica

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 OBJETIVOS	13
2.1 OBJETIVO GERAL.....	13
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	13
2.3 JUSTIFICATIVA.....	13
3 REFERENCIAL TEÓRICO	14
3.1 HABITAÇÕES POPULARES NO BRASIL – CONCEITUAÇÃO.....	14
3.2 SISTEMAS INDUSTRIALIZADOS – CONTEXTO HISTÓRICO.....	15
3.3 LIGHT STEEL FRAMING.....	16
3.3.1 Nomenclatura dos elementos.....	17
3.3.2 Materiais	19
3.3.2.1 Perfis formados a frio	19
3.3.2.2 Placas OSB.....	21
3.3.2.3 Placas de gesso acartonado.....	22
3.3.2.4 Placas cimentícias.....	23
3.3.2.5 Isolamento térmico e acústico.....	24
3.3.3 Métodos construtivos.....	25
3.3.4 Cobertura.....	25
3.3.5 Vigamento de piso	26
3.3.6 Lajes.....	27
3.3.7 Painéis.....	28
3.3.8 Fundação.....	28
3.3.8.1 Sapatas corridas ou Viga Baldrame.....	29
3.3.8.2 Radier.....	30
4 DOCUMENTOS TÉCNICOS	30
5 METODOLOGIA	35
5.1 ESTUDO DE CASO.....	35
5.2 ANÁLISE TÉCNICA.....	37

5.2.1	Desempenho estrutural.....	37
5.2.1.1	Ações.....	40
5.2.1.2	Ações permanentes	42
5.2.1.3	Ações variáveis.....	43
5.2.1.4	Combinações de ações.....	46
5.2.1.5	Estados limites últimos (ELU).....	47
5.2.1.6	Estados limites de serviço (ELS).....	47
5.2.1.7	Análise da estrutura.....	48
5.2.1.8	Verificação à solicitação de tração e compressão.....	48
5.2.1.9	Deslocamentos horizontais e verticais.....	51
5.2.1.10	Corpo mole e corpo duro.....	52
5.2.1.11	Compressão excêntrica.....	52
5.2.1.12	Cargas suspensas.....	52
5.2.1.13	Ações transmitidas por portas.....	52
5.2.2	Desempenho térmico.....	53
5.2.3	Desempenho acústico.....	54
5.3	ANÁLISE ORÇAMENTÁRIA.....	57
6	RESULTADOS.....	59
6.1	ANÁLISE TÉCNICA.....	59
6.1.1	Desempenho estrutural.....	59
6.1.2	Desempenho térmico.....	66
6.1.3	Desempenho acústico.....	67
6.2	ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA.....	69
6.2.1	Produção em grande escala.....	76
7	CONCLUSÕES.....	77
8	ESTUDOS FUTUROS.....	78
	REFERÊNCIAS.....	79
	ANEXO.....	84

1 INTRODUÇÃO

O déficit habitacional é um dos problemas enfrentados há anos no Brasil, sendo cada vez mais agravado durante os períodos identificados de recessão e encolhimento das políticas públicas voltadas à habitação.

Com o intuito de reduzir a atual carência habitacional, o Governo Federal criou vários programas sociais de habitação. O programa Minha Casa Minha Vida é uma das iniciativas que oferece condições atrativas de financiamento de moradias para famílias de baixa renda, o qual é operacionalizado pela Caixa Econômica Federal.

Diante desse cenário, surge a necessidade da implantação de novas tecnologias no país, a fim de otimizar os processos construtivos, os quais são classificados como: tradicional (uso de técnicas artesanais), convencional (caracterizado por tecnologias normalmente utilizadas no mercado, com maior tempo de execução), racionalizado (caracterizado pela melhoria gradativa dos processos convencionais) e industrializado ou pré-fabricado (Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial - ABDI, 2015).

No Brasil, conforme Santiago (2012), a construção civil é predominantemente artesanal, caracterizada por baixa produtividade e grande desperdício, porém um sistema construtivo vem se destacando nos últimos anos, o Light Steel Framing (LSF).

O processo construtivo industrializado Light Steel Frame (LSF), conforme Oliveira (2010), favorece a produção de moradias em larga escala, com recursos humanos especializados, fundamental para a execução de moradias dentro dos prazos estipulados pelo governo.

2 OBJETIVO

2.1 OBJETIVO GERAL

O presente estudo tem como objetivo apresentar proposta de implantação do processo construtivo em *Light Steel Framing* em uma habitação social, e verificar a viabilidade técnica e econômica para que se enquadre nos requisitos mínimos exigidos para financiamento pela Caixa Econômica Federal.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Definir projeto arquitetônico e analisar a estrutura em *Light Steel Framing* no software SAP 2000.
- Apresentar dimensionamento de um perfil do sistema;
- Apresentar avaliação técnica dos elementos estruturais conforme documentos técnicos e normas vigentes;
- Apresentar avaliação econômica do sistema construtivo;

2.3 JUSTIFICATIVA

O déficit habitacional no Brasil é um problema crescente, do qual atinge diversas pessoas que buscam o direito da casa própria. Desta forma, percebe-se a necessidade de um olhar voltado a esse déficit na busca de processos construtivos mais eficientes e rápidos, que vinculados as políticas públicas voltadas a habitação, tragam um maior desenvolvimento social e econômico ao país.

Ao analisar as viabilidades técnicas e econômicas em habitações populares, busca-se difundir a técnica para aplicação em larga escala, a fim de atender todas as classes sociais e da consequente melhoria na qualidade de vida.

O processo construtivo Light Steel Frame apesar de ser antigo e bem difundido em países como Estados Unidos e Japão, ainda vem passando por um processo de aceitação e desenvolvimento no mercado brasileiro.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 HABITAÇÕES POPULARES NO BRASIL – CONCEITUAÇÃO

“A história da habitação está ligada ao desenvolvimento social, econômico e político da humanidade” (CANUTO, VLACH, 2005 *apud* FITTIPALDI, 2008, p. 4). Lorenzetti (2001) registra habitação como uma necessidade básica, identificada como direito à subsistência. A moradia, na visão do autor, enquanto direito, passa a depender direta ou indiretamente do Estado, a partir do momento que deixa de depender da capacidade econômica ou produtiva das pessoas.

“A questão habitacional brasileira é contemporânea ao desenvolvimento manufatureiro-industrial que se deu a partir do século XIX” (BROLLO, 2004, p.17). O intenso processo de urbanização e crescimento das cidades, com geração de empregos, mas falta de oferta de moradias, infraestrutura, serviços e equipamentos urbanos, resultou na ocupação desordenada do solo e na expansão contínua das periferias (LORENZETTI, 2001).

Lorenzetti (2001) esclarece o conceito de déficit habitacional em caráter qualitativo, enquadrando-se famílias que vivem em habitações inadequadas, sem saneamento, infraestrutura, serviços, equipamentos urbanos e construções duráveis.

“As políticas habitacionais criadas pelo governo brasileiro, a partir de 1930, surgem como uma ação para auxiliar o cidadão com baixo poder aquisitivo [...]” (GALVAN, I. C. G; GALVAN, T. G. 2013, p.03), no entanto, a política de habitação social mais agressiva surge apenas em 2009, através da Lei nº11.977 de 07 de julho de 2009” (CAMPOS, 2014, p.42).

O autor esclarece que a Lei nº11.977, que institui o Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV), foi pioneira no uso de novas tecnologias construtivas, incentivada pelo Ministério das Cidades, através do Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat – PBQP- H.

“No entanto, o PMCMV, apesar de incentivar o uso de novas tecnologias e promover a questão ambiental das construções habitacionais, não propôs em sua

legislação um mínimo de qualidade da construção nem mesmo de projetos” (CAMPOS, 2014, p.43).

No cenário brasileiro atual, segundo o Ministério das Cidades, em levantamento com dados os IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), o déficit habitacional brasileiro em 2015 chegou a 7.757.000,00 de habitações, demonstrando a necessidade da implementação de sistemas construtivos industrializados, para geração racionalizada e em escala de moradias duráveis, e acessíveis à população em geral.

3.2 SISTEMAS INDUSTRIALIZADOS – CONTEXTO HISTÓRICO

O início dos sistemas construtivos industrializados é marcado historicamente com a crescente demanda por habitações nos Estados Unidos, onde:

“no início do século XIX, o processo de expansão e conquista territorial da parte oeste do país ocorreu em alta velocidade e a procura de materiais disponíveis para a construção de edificações trouxe a necessidade de desenvolver um método prático e produtivo capaz de sanar essa demanda” (BARROS, 2017, p.15).

Através do material disponível na região, a madeira; desenvolveu-se o sistema *Wood Framing*, permitindo construções de baixo custo, alta velocidade e simplicidade (BARROS, 2017).

Após a 2ª Guerra Mundial, conforme Santiago (2012), com o crescimento da economia americana e a abundância na produção de aço, tornou-se mais vantajoso a utilização dos perfis formados a frio, sobretudo pelas experiências de manipulação de metais adquirida após a Revolução Industrial, e, conforme Shull e Zager (1994 *apud* Barros, 2017 p.15), pela interdição da madeira na tentativa de preservar as florestas antigas, contribuindo para o aumento do preço do produto.

No Brasil, no século XIX e início do século XX, as construções em taipa e pau-a-pique, introduzidas pelos colonizadores, foram sendo substituídas por construções de alvenaria e concreto. Isto se deu com a chegada de profissionais ingleses e franceses, após a independência do Brasil em 1822, nos grandes centros urbanos (PEREIRA, 2013).

“A inexistência de uma indústria siderúrgica e a influência da arquitetura europeia, principalmente através de seu expoente Le Corbusier, iriam marcar a linguagem formal de toda arquitetura moderna brasileira, que teve no uso do concreto armado o componente estrutural básico, constituindo-se no sistema construtivo principal da construção civil, atingindo alto desenvolvimento tecnológico” (CALDEIRA, 2001, p 28).

Já os sistemas industrializados, conforme Santiago (2012), permaneceram pouco difundidos no Brasil, prevalecendo o método artesanal, marcado conforme Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial – ABDI (2015), “[...] por processos com altos custos, baixo nível de planejamento, baixa qualificação do trabalhador, altos índices de desperdícios, baixa qualidade e incidências de manifestações patológicas e baixo desempenho ambiental”.

Desta forma, o Instituto de Pesquisa e Tecnologia do Estado de São Paulo (IPT) buscando a racionalização e à industrialização realizou pesquisas voltadas à avaliação de soluções inovadoras e do desempenho das edificações racionalizadas, dentre eles o *Light Steel Framing*, *Light Wood Frame* e *Drywall* (Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial – ABDI (2015).

3.3 LIGHT STEEL FRAMING

O *Light Steel Framing* (LSF) ou *Steel Framing*, é definido como:

“sistema construtivo de concepção racional, que tem como principal característica uma estrutura constituída por perfis formados a frio de aço galvanizado que são utilizados para a composição de painéis estruturais e não-estruturais, vigas secundárias, vigas de piso, tesouras de telhado e demais componentes” (SANTIAGO, 2012, p.12).

Segundo Castro (2005, p.08), “por ser um sistema industrializado, possibilita uma construção a seco com grande rapidez de execução”. Além disso, é indicado para diversos usos, como “em residências unifamiliares térreas ou sobrados, edifícios de até oito pavimentos, hotéis, edifícios da área de saúde, clínicas, hospitais, comércio em geral e creches [...]” (ABDI, 2015, p.131).

Os componentes do sistema devem ser projetados e construídos corretamente, para que os subsistemas inter-relacionados, cumpram com as suas funções. (SANTIAGO, 2012). As paredes que constituem a estrutura são denominadas de painéis estruturais ou autoportantes, e possuem a função de distribuir as cargas uniformemente, e encaminhá-las ao solo (CASTRO, 2005).

Conforme Campos (2014), o sistema possui vantagens, frutos da industrialização, dentre as quais estão:

- ✓ Agilidade no canteiro de obra;
- ✓ Redução significativa do tempo;
- ✓ Redução de perda de material;
- ✓ Versatilidade;
- ✓ Principais materiais recicláveis;
- ✓ Facilidade de montagem;

No sistema construtivo, segundo autor, as desvantagens, que dificultam a difusão são:

- ✓ Ausência de mão de obra qualificada;
- ✓ Aceitação cultural;

3.3.1 Nomenclatura dos elementos

De acordo com o Rodrigues (2016), os componentes do sistema estrutural LSF, representados na figura 1, possuem as seguintes definições:

MONTANTE: Perfil utilizado verticalmente na composição de painéis de parede;

MONTANTE AUXILIAR (*king*): Montante fixado à ombreira ou utilizado nos limites laterais das aberturas de painéis;

MONTANTE DE COMPOSIÇÃO (*cripple*): Perfil utilizado verticalmente na composição de painéis de parede, sobre e abaixo das aberturas;

GUIA: Perfil utilizado como base e topo de painéis de parede e encabeçamento de estruturas de painéis de entrespisos e de telhados;

RIPA: Perfil onde apoiam as telhas e é suportada pelos caibros;

TERÇA: Perfil que suporta os caibros e transmite o carregamento para as tesouras;

VIGA: Perfil ou composição de perfis utilizados horizontalmente para transmitir forças;

VERGA: Perfil utilizado horizontalmente sobre as aberturas (portas, janelas, etc.) para suporte da estrutura do entrepiso e/ou do painel do andar superior;

SANEFA: Perfil utilizado para encabeçamento de painéis de pisos;

OMBREIRA (*jack*): Perfil utilizado verticalmente para apoio da verga ou de painel de parede sobre abertura;

BLOQUEADOR: Perfil utilizado horizontalmente no travamento lateral de montantes e vigas;

PERFIL ENRIJECEDOR DE ALMA: Perfil utilizado verticalmente no apoio de vigas;

FITA: Fita de aço galvanizado empregada na diagonal como elemento de contraventamento e, em combinação com os bloqueadores, diminuir os comprimentos efetivos de flambagem global por torção e de flambagem global em relação ao eixo y do montante, e para o travamento lateral das vigas de piso ou cobertura.

Figura 1 – Desenho esquemático de uma residência em LSF.



Fonte: <http://takeincorp.com.br/light-steel-frame>.

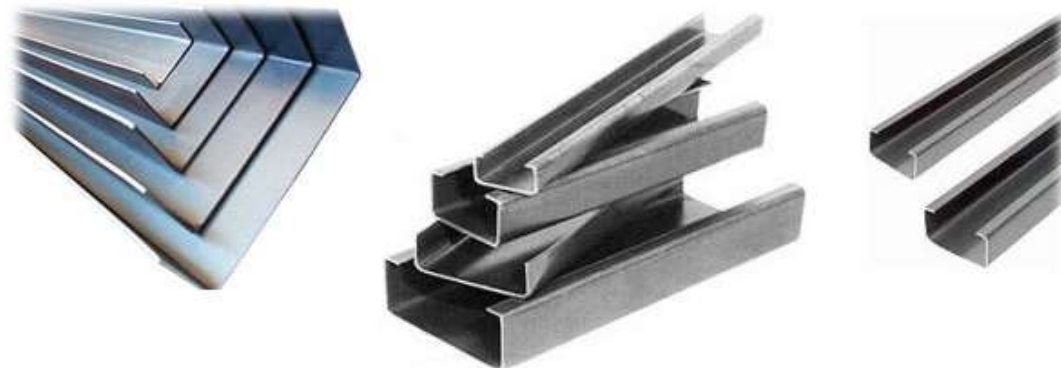
3.3.2 Materiais

Conforme Santiago (2012, p.12), “para que o sistema cumpra com as funções para o qual foi projetado, [...] a escolha dos materiais e de mão-de-obra é essencial na velocidade de construção e no desempenho do sistema”.

3.3.2.1 Perfis formados a frio

Os perfis formados a frio do sistema *Light Steel Framing*, são revestidos por uma camada de zinco ou de liga de alumínio-zinco, e conhecido como aço galvanizado (Figura 2). “São utilizados para a composição de painéis estruturais e não-estruturais, vigas secundárias, vigas de piso, tesouras de telhado e demais componentes” (SANTIAGO, 2012, p.12).

Figura 2 – Perfis formados a frio.



Fonte: <http://www.acoscuritiba.com.br/perfil-estrutural/>.

Campos (2014), estabelece que os perfis para LSF são nomeados em função da altura de sua alma. As dimensões nominais, especificadas pela NBR 15253:2014 - Perfis de aço formados a frio, com revestimento metálico, para painéis reticulados em edificações - Requisitos gerais, são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Dimensões nominais usuais dos perfis de aço para *Light Steel Framing*.

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

Fonte: ABNT NBR 15253 (2014).

A norma ABNT NBR 15253:2014 e a Diretriz SINAT nº3, determinam a camada mínima necessária do revestimento para os perfis, demonstrado na Tabela 2.

Tabela 2 – Revestimento mínimo para perfis metálicos.

Tipo de revestimento	Perfis estruturais	
	Massa mínima do revestimento (g/m ²)	Denominação do revestimento
Zincado por imersão a quente	275 (1) 350 (2)	Z275 e Z350
Alumínio-zinco por imersão a quente	150 (1)	AZ150

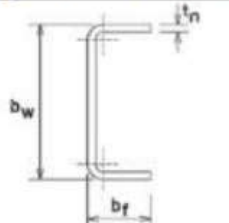
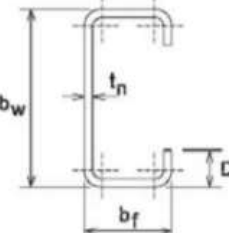
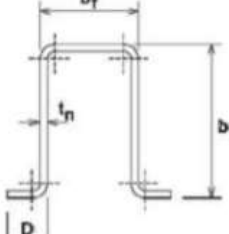
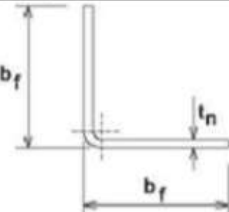
(1) espessura mínima para atmosferas rurais e urbanas

(2) espessura mínima para atmosferas marinhas (distantes até 2.000m da orla marítima)

Fonte: Adaptado NBR 15253:2014.

A NBR 15253 (2014) estabelece que os perfis montantes, guias, cartola, travessas ou diagonais, possuem designação apresentado no quadro 1. Os perfis montantes devem possuir espaçamento máximo entre os eixos de 400mm a 600mm, a depender do cálculo estrutural, visando otimizar custos e mão de obra.

Quadro 1– Tipos de perfis de aço zincados formados a frio para uso no sistema construtivo.

SEÇÃO TRANSVERSAL	SÉRIE DESIGNAÇÃO	UTILIZAÇÃO
	<p>U simples U $b_w \times b_f \times t_n$</p>	<p>Guia Ripa Bloqueador Sanefa</p>
	<p>U enrijecido Ue $b_w \times b_f \times D \times t_n$</p>	<p>Bloqueador Enrijecedor de alma Montante Verga Viga</p>
	<p>Cartola Cr $b_w \times b_f \times D \times t_n$</p>	<p>Ripa</p>
	<p>Cantoneiras de abas iguais L $b_w \times b_f \times D \times t_n$</p>	<p>Cantoneira</p>

Fonte: ABNT NBR 15253 (2014).

3.3.2.2 Placas OSB

As placas de OSB - *Oriented Strand Board* (figura 3), conforme Ford-Robertson (1971 *apud* César, 2011), são painéis de partículas de madeira orientadas e coladas com adesivo á prova d'água sob prensagem a quente.

“Para utilização em sistemas secos (*Wood Framing* e *Light Steel Framing*) essas placas devem ser do tipo estrutural, sendo que sua menor espessura deve ser igual a 9,5mm” (CAMPOS, 2014, p.84). Podem ser utilizadas para vedação interna e externa e possuem as dimensões comerciais demonstradas na tabela 3.

Tabela 3 – Dimensões de placa OSB.

ESPESSURA (MM)	DIMENSÃO (M)	PESO POR PAINEL (KG)	APLICAÇÃO
9,5	1,2 x 2,4	17,5	Paredes e telhados com perfis espaçados a, no máximo, 40 cm
	1,2 x 3	21,9	
11,1	1,2 x 2,4	20,4	Paredes e telhados com perfis espaçados a, no máximo, 60 cm
	1,2 x 3	25,6	
15,1	1,2 x 2,4	27,8	Paredes com perfis espaçados a, no máximo, 60 cm. Telhados a, no máximo, 80 cm. Pisos e lajes secas a, no máximo, 40 cm
18,3	1,2 x 2,4	33,7	Pisos e lajes com perfis espaçados a, no máximo, 60 cm

Fonte: <https://www.hometeka.com.br>.

3.3.2.3 Placas de gesso acartonado

Conforme Santiago (2012), as placas de gesso acartonado são definidas como fechamento vertical de face interna dos painéis estruturais e não estruturais, e também o fechamento das divisórias.

“As placas de gesso acartonado, utilizadas como fechamento interno e externo, possuem largura e altura padrões de 1200mm e 2400mm, respectivamente, podendo ser encontradas com 2700mm ou 3000mm” (SANTIAGO, 2008).

Conforme Campos (2014), encontra-se disponível no mercado brasileiro, os seguintes tipos de placas acartonadas:

PLACAS STANDARD (ST): Utilizadas em ambientes internos sem umidade e presença de água, como quartos e salas.

PLACAS RESISTENTES À UMIDADE (RU): Utilizadas em ambientes úmidos e molháveis, como banheiros e cozinhas.

PLACAS RESISTENTES AO FOGO (RF): Utilizadas em ambientes que necessitem um tempo maior de resistência ao fogo.

Conforme ABNT NBR 14715:2010 – Chapas de gesso para *drywall*, as chapas de gesso são leves, com densidade variando de 6,5 kg/m² a 14 kg/m², e devem atender aos limites estabelecidos (Quadro 2) na norma.

Quadro 2 – Tolerâncias das características geométricas das chapas de gesso para *drywall*.

Característica geométrica		Tolerância	Limite	
Espessura	9,5 mm	± 0,5 mm	-	
	12,5 mm		-	
	15,0 mm		-	
Largura		+ 0 / - 4 mm	Máximo de 1 200 mm	
Comprimento		+ 0 / - 5 mm	Máximo de 3 600 mm	
Esquadro		≤ 2,5 mm	-	
Rebaixo ^a	Largura	Mínimo	-	40 mm
		Máximo	-	80 mm
	Profundidade	Mínimo	-	0,6 mm
		Máximo	-	2,5 mm
^a A borda rebaixada deve estar situada na face da frente da chapa e sua largura e profundidade devem ser medidas de acordo com a ABNT NBR 14715-2				

Fonte: ABNT NBR 14715 (2010).

3.3.2.4 Placas cimentícias

As placas cimentícias utilizadas no sistema Light Steel Frame “ [...] são fabricadas com a tecnologia CRFS – Cimento Reforçado com Fios Sintéticos, a partir de uma massa homogênea de cimento *Portland* com polpa ou fibras mineral celulose e fios sintéticos, que reforçam a estrutura da chapa” (CAMPOS, 2014, p.87).

As placas cimentícias podem ainda ser consideradas como reforço estrutural no LSF, pois possuem uma boa resistência. Podem ainda ser utilizadas como acabamento final da edificação, incluindo áreas externas de fachadas, graças a sua resistência e intempéries e a grande possibilidade de acabamentos que podem ser aplicados sobre as placas (CAMPOS, 2014, p.88).

Suas características garantem à placa cimentícia uma alta resistência a impactos, cupins e microrganismos, além de ser resistente à umidade, e possui a classificação das propriedades especificadas na diretriz nº 03/2016 (Quadro 3).

Quadro 3 – Componentes de vedação internos e/ou externos – Placas cimentícias.

B Componentes de vedação internos e/ou externos - Placas cimentícias																				
B.1	Classificação	Classe A – para uso externo e interno em áreas molháveis Classe B – para uso interno em áreas secas																		
B.2	Resistência mecânica (resistência à tração na flexão)	A resistência à flexão das placas na direção de menor resistência não pode ser menor que 70% do valor especificado abaixo, onde a classe A corresponde à condição saturada e a classe B à condição de equilíbrio (critério da ABNT NBR 15.498) <table border="1" data-bbox="678 449 1382 632"> <thead> <tr> <th>Categoria</th> <th>Placa de classe A</th> <th>Placa de classe B</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>-</td> <td>4 MPa</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>4 MPa</td> <td>7 MPa</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>7 MPa</td> <td>10 MPa</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>13 MPa</td> <td>16 MPa</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>18 MPa</td> <td>22 MPa</td> </tr> </tbody> </table>	Categoria	Placa de classe A	Placa de classe B	1	-	4 MPa	2	4 MPa	7 MPa	3	7 MPa	10 MPa	4	13 MPa	16 MPa	5	18 MPa	22 MPa
Categoria	Placa de classe A	Placa de classe B																		
1	-	4 MPa																		
2	4 MPa	7 MPa																		
3	7 MPa	10 MPa																		
4	13 MPa	16 MPa																		
5	18 MPa	22 MPa																		
B.3	Permeabilidade à água	Em situações de ensaios podem aparecer traços de umidade na face inferior das placas, porém sem surgimento de gotas de água, após 24 horas de exposição das placas numa lâmina de água de 20 mm. (critério da ABNT NBR 15.498)																		
B.4	Absorção de água	A ≤ 25%																		
B.5	Durabilidade: resistência após ciclos de imersão em água e secagem	A resistência à flexão após ensaio não deve ser inferior a 70% da resistência inicial do produto (critério da ABNT NBR 15.498)																		
B.6	Durabilidade: resistência à água quente	A resistência à flexão após ensaio não deve ser inferior a 70% da resistência inicial do produto (critério da ABNT NBR 15.498)																		
B.7	Variação dimensional em função de gradientes higrotérmicos	A variação dimensional da chapa, considerado o tratamento empregado nas juntas, não pode permitir a ocorrência de falhas, como fissuras, destacamentos e descolamentos, conforme critério definido para a resistência à ação de calor e choque térmico (ver item 3.6.6)																		
B.8	Densidade aparente	informação que deve constar do projeto e do DATEC específico																		

Fonte: Diretriz SINAT nº 3 (2016).

3.3.2.5 Isolamento térmico e acústico

O colchão de ar formado entre os perfis de aço galvanizado e as chapas de fechamento, já garantem um bom desempenho acústico e térmico na estrutura, no entanto, em alguns ambientes, se faz necessário um tratamento de melhor qualidade, podendo ser instaladas mantas com características térmicas e acústicas (CAMPOS, 2014).

LÃ DE VIDRO: Conforme Castro (2012), é um material fibroso, que apresenta grande capacidade de isolamento sonora, e combinado com as placas de gesso acartonado apresenta índice de R_w (Redução Acústica) de acordo com a espessura da lã de vidro.

A utilização das mantas, de acordo com a configuração da parede, comprovou através de ensaios pelos fabricantes, a confirmação de redução dos ruídos, conforme demonstrado na tabela 4.

Tabela 4 – Tabela compilada de resultados de ensaios de absorção acústica.

Tipo de Parede	Diminuição em db
OSB 11, 3mm, perfis, placa de gesso acartonado 12, 5mm.	39 db
Cimentícia, perfis, cimentícia.	50 db
Cimentícia, perfis + lâ de rocha, cimentícia.	57 db
Argamassa+ placa de OSB 11, 3 mm, perfis, gesso acartonado.	49 db
*Dados retirados das DATecs 14 e 15 e catálogo EcoplacDecorlit.	

Fonte: (CAMPOS, 2014, p.97).

3.3.3 Métodos construtivos

De acordo com Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial - ABDI (2015), “quanto maior o nível de industrialização proposto pelo projeto, maior é a racionalização empregada no processo de construção”. De forma geral, existem 3 métodos para a construção de edificações em LSF (ABDI, 2015):

STICK: No método *Stick*, os perfis são cortados no canteiro da obra. Painéis, lajes, coluna, contraventamentos e tesouras de telhado são montados no local (SANTIAGO, 2012). “Esse método é uma boa saída para construções onde não há local viável para a pré-fabricação, além de facilitar o transporte das peças e a união delas, aumentando apenas a atividade na obra”.

PAINÉIS: No método por painéis, conforme Santiago (2012, p.25), “os painéis estruturais e não estruturais, contraventamentos, lajes e tesouras de telhado podem ser pré-fabricados fora do canteiro e montados no local”. Ainda segundo o autor, o método construtivo garante velocidade na montagem, alto controle de qualidade, minimização do trabalho na obra e maior precisão dimensional.

MODULAR: O método, conforme descrito por Pedroso (2014, p.10) “[...] consiste em todo o módulo ser pré-fabricado e entregue pronto com todos os acabamentos e revestimentos internos, bancadas, instalações hidráulicas e elétricas”.

3.3.4 Cobertura

“A cobertura pode ser calculada para suportar qualquer tipo de telha. Assim como os demais painéis, deve ser contra ventada e bloqueada para suportar as cargas de vento” (ABDI, 2015, p.142).

Conforme Santiago (2012), a escolha da cobertura dependerá dos carregamentos, fatores estéticos e econômicos. Ainda segundo o autor, as soluções mais comuns são as coberturas planas, que consiste basicamente em uma laje úmida com inclinação para o caimento da água, e as coberturas inclinadas, que consiste em telhado convencional, constituído de tesouras ou treliças alinhadas aos montantes dos painéis de apoio.

Santiago (2012), complementa retratando os tipos de tesouras usuais, conforme Figuras 3, 4, 5, 6 e 7.

Figura 3 – Tesoura Howe.



Fonte: (SANTIAGO, 2012, p.69).

Figura 4 – Tesoura Pratt.



Fonte: (SANTIAGO, 2012, p.69)

Figura 5 – Tesoura Fink.



Fonte: (SANTIAGO, 2012, p.69).

Figura 6 – Tesoura Alemã.



Fonte: (SANTIAGO, 2012, p.69).

Figura 7 – Tesoura Belga.



Fonte: (SANTIAGO, 2012, p.69).

3.3.5 Vigamento de piso

As vigas de piso (Figura 8), conforme Santiago (2012), são responsáveis pela transmissão das cargas para os painéis, e servem de estrutura de apoio do contrapiso.

O autor esclarece que as vigas de piso utilizam perfis de seção U enrijecido, e dispostas nas mesmas dimensões das mesas e montantes, de modo a possuir a menor distância entre os apoios, resultando em perfis de menor altura.

Figura 8 – Vigas de piso em LSF.



Fonte: (Manual *Steel Framing*: Arquitetura, 2012, p. 52).

3.3.6 Lajes

LAJE SECA: Conforme Santiago (2012, p.55), “a laje seca (Figura 9) consiste no uso de placas rígidas aparafusadas às vigas de piso, e servem como contrapiso, podendo desempenhar a função de diafragma horizontal, desde que as placas sejam estruturais”.

LAJE ÚMIDA: O ABDI (2015, p.141), traz a definição de lajes úmidas (Figura 10) como, “lajes compostas por formas de aço (telhas galvanizadas) preenchidas com concreto e tela de reforço estrutural”.

Figura 9 – Laje Seca.



Figura 10 – Laje úmida.



Fonte: (LP Brasil apud ABDI, 2015, p.141). Fonte: (LP Brasil apud ABDI, 2015, p.141).

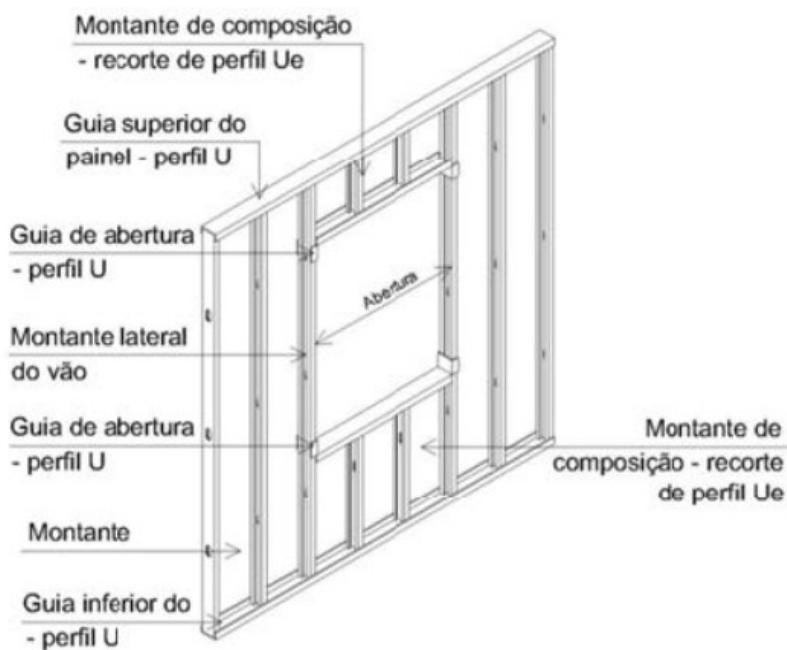
3.3.7 Painéis

Conforme Crasto (2006) “os painéis no sistema Light Steel Framing podem não só compor as paredes de uma edificação, como também funcionar como o sistema estrutural da mesma”.

Ainda segundo o autor, “os painéis são compostos por determinada quantidade de elementos verticais de seção transversal tipo Ue, que são denominados montantes, e elementos de seção transversal tipo U denominados guias, conforme figura 11.

A distância entre os montantes ou modulação, geralmente de 400mm ou 600mm, é determinada pelas solicitações que cada perfil será submetido. (CRASTO, 2006).

Figura 11 – Desenho esquemático de painel estrutural.



Fonte: <http://arquitetandocomafabi.blogspot.com>

3.3.8 Fundação

A escolha da fundação é definida de acordo com a topografia, tipo de solo e o nível do lençol freático, e determinada através de ensaios de sondagens, a fim de obter maior aproveitamento estrutural (SANTIAGO, 2012).

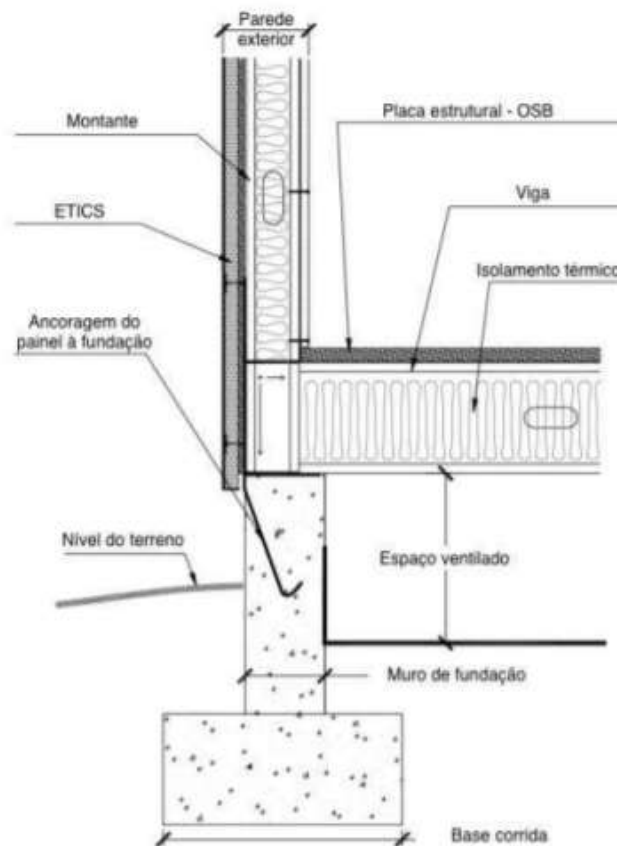
Por ser muito leve, a estrutura de LSF e os componentes de fechamento exigem bem menos da fundação do que outras construções (RODRIGUES, 2006).

A estrutura do LSF, conforme Rodrigues (2006), realiza a distribuição uniforme das cargas atuantes ao longo dos painéis, sendo assim, deve ser contínua para suportar os painéis em toda sua extensão. As fundações diretas são as mais comumente usadas, devido a suas características, além de ser uma solução barata e rápida.

3.3.8.1 Sapatas corridas ou Viga Baldrame

“A sapata corrida (Figura 12) é um tipo de fundação indicada para construções com paredes portantes. [...] Constitui-se de vigas que podem ser de concreto armado, de blocos de concreto ou alvenaria que são locados sob os painéis estruturais”. (SANTIAGO, 2012, p.27).

Figura 12 – Detalhe esquemático da execução de um painel sobre uma sapata corrida.



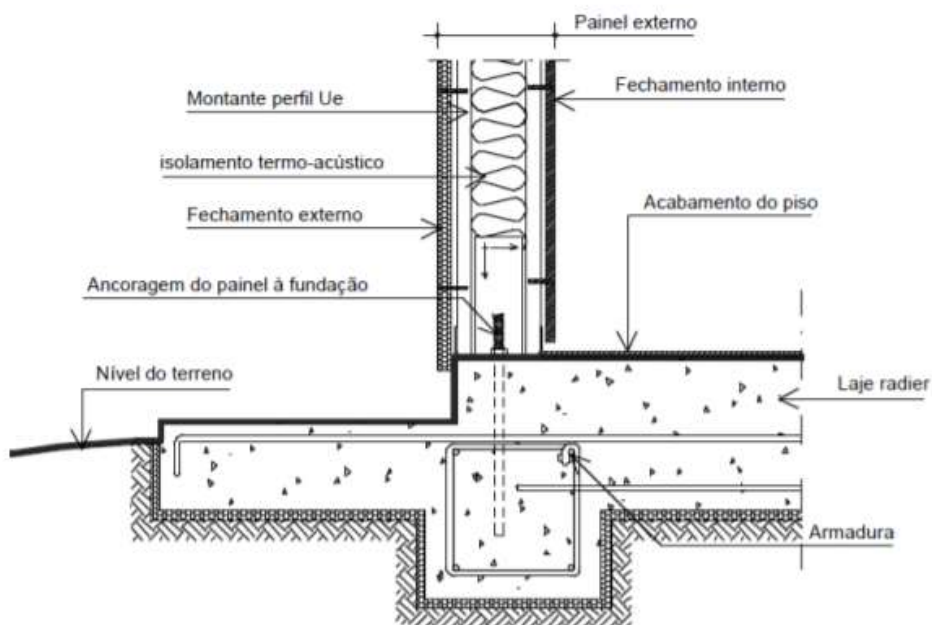
Fonte: Adaptado de Consul Steel (2002).

3.3.8.2 Radier

A fundação radier é um tipo de fundação rasa, definida como uma laje em concreto armado disposta em contato direto com o terreno (SANTIAGO, 2012)

O autor esclarece, que as características dessa fundação, conforme exemplificado na figura 13, exige que os painéis sejam ancorados a fundação, além de permitir a não utilização de um piso em estrutura LSF. No entanto, deve-se realizar um isolamento da laje em contato com a fundação para evitar infiltração.

Figura 13 – Detalhe esquemático de ancoragem do painel a uma laje radier.



Fonte: Adaptado de Consul Steel (2002).

4 DOCUMENTOS TÉCNICOS

O *Light Steel Framing*, não possui normas brasileiras regulamentadoras que especifique sobre a sua devida montagem, no entanto, possui normas brasileiras com especificações gerais dos elementos do sistema, as quais são:

ABNT NBR 14762:2010 - Dimensionamento de estruturas de aço constituídas por perfis formados a frio.

ABNT NBR 15253:2014 - Perfis de aço formados a frio, com revestimento metálico, para painéis estruturais reticulados em edificações — Requisitos gerais;

ABNT NBR 6355:2012 - Perfis estruturais de aço formados a frio — Padronização.

ABNT NBR 15217:2018 - Perfis de Aço para Sistemas de Gesso Acartonado – Requisitos;

ABNT NBR 14715:2010 - Chapas de Gesso Acartonado – Requisitos;

ABNT NBR 14717:2001 - Chapas de Gesso Acartonado – Determinação das Características Físicas;

ABNT NBR 15498:2014 - Placa Plana Cimentícia sem Amianto – Requisitos e Métodos de Ensaio;

O sistema é avaliado pelo SINAT, através da Diretriz SINAT Nº 003: Sistemas Construtivos em Perfis Leves de Aço Conformados a Frio, com Fechamento em Chapas Delgadas (sistema leves tipo *Light Steel Framing*); e pelos Documentos de Avaliação Técnica - DATecs nº 14a, 14b, 15 e 16, a fim de orientar a boa execução das construções do sistema. (CAMPOS, 2014).

A Diretriz SINAT 003 apresenta os requisitos de desempenho e qualidade dos elementos de sistemas construtivos estruturados por perfis de aço zincado conformados a frio, sendo objetos da Diretriz a estrutura, paredes (vedação externa e interna), entrespisos, coberturas, escadas e guarda-corpos.

O documento técnico vigente – DATec nº014b (Figura 14), considera os elementos de paredes e cobertura para análise e suas devidas verificações através de ensaios em laboratórios para os componentes construtivos, além das especificações da Diretriz SINAT 003 e a NBR 15.575:2013 – Edificações habitacionais – Desempenho.

Figura 14 – Documento de Avaliação técnica N°014b

 <p>Av. Prof. Almeida Prado, 532 Cidade Universitária - Butantã CEP 05508-901 São Paulo - SP Tel: (11) 3767-4164 Fax: (11) 3767-4961 ipt@ipt.br / www.ipt.br</p>	<p>Produto Sistema construtivo a seco Saint-Gobain - Light Steel Frame</p> <p>Proponente Saint-Gobain do Brasil Ltda Av. Santa Marina, 482 – 1º Andar, Água Branca, São Paulo - SP CEP: 05036-903, Tel: (11) 22467198 E-mail: construcaoaseco@saint-gobain.com</p>	 
<p>Emissão Fevereiro de 2018</p> <p>Validade Janeiro de 2020</p>	<p><i>Considerando a avaliação técnica coordenada pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, IPT, e a decisão do Comitê Técnico de 23/01/2018 e da Comissão Nacional de 31/01/2018, resolveu conceder ao "Sistema de paredes e cobertura SAINT-GOBAIN – Light Steel Frame" o Documento de Avaliação Técnica N° 14b. Esta decisão é restrita às condições de uso definidas para o produto, destinado à construção de casas térreas isoladas ou geminadas, e às condições expressas nesse Documento de Avaliação Técnica.</i></p>	<p>DATEC N° 014b</p>
<p>Limites da avaliação técnica do Sistema de paredes e cobertura Saint-Gobain – Light Steel Frame:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Para a avaliação do sistema construtivo, foram considerados como elementos inovadores as paredes e a cobertura. As paredes são formadas por quadros estruturais de perfis leves de aço zincado e fechamento em placas cimentícias. A cobertura é também estruturada com perfis leves de aço zincado e telha de fibrocimento (CRFS). • Os componentes e elementos convencionais devem atender às normas técnicas correspondentes (por exemplo, telhado com telhas de fibrocimento e chapas de gesso para drywall empregadas nas paredes e no forro); • A avaliação técnica foi realizada considerando-se o emprego do sistema construtivo em casas térreas isoladas ou geminadas; • O desempenho térmico foi avaliado para todas as zonas bioclimáticas constantes da NBR 15.220:2005, considerando telhado com telhas de fibrocimento, forro em chapas de gesso para drywall e manta de lã de vidro posicionada sobre o forro; • As avaliações de desempenho acústico foram realizadas em laboratório, limitadas às paredes cegas, e em campo para verificação do potencial atendimento da envoltória à NBR 15.575-4; • A estanqueidade à água das juntas entre paredes e esquadria e entre paredes e piso foi avaliada por meio da análise de projetos e visita técnica a obras em execução e finalizadas; a estanqueidade das juntas entre placas cimentícias foi avaliada por meio de ensaios laboratoriais e constatações em obras. As esquadrias devem obedecer às normas técnicas pertinentes; • A avaliação de aspectos de durabilidade do sistema foi feita mediante análise de detalhes construtivos especificados em projeto e constatados em obra, ensaios em trechos de paredes em laboratório (ensaio de ação de calor e choque térmico), exposição ao envelhecimento natural de um trecho de parede, e ensaios de envelhecimento acelerado dos componentes do sistema construtivo (placas cimentícias, perfis de aço e parafusos). O sistema construtivo não se aplica aos ambientes de elevada agressividade ambiental, como atmosferas industriais e atmosferas ao mesmo tempo marinhas e industriais. • O comportamento das juntas entre chapas de fechamento externo (placas cimentícias) deve ser objeto de monitoramento constante pela detentora da tecnologia, informando periodicamente à ITA e ao SINAT sobre eventuais ocorrências e providências. 		
1		

Fonte: http://pbqp-h.cidades.gov.br/projetos_sinat.php.

A NBR 15575:2013 estabelece os requisitos que a estrutura deve atender durante sua vida útil para atender as condições das cargas atuantes, as quais dispõe:

- Não ruir ou perder a estabilidade de nenhuma de suas partes;

- Prover segurança aos usuários sob ação de impactos, vibrações e outras solicitações decorrentes da utilização normal da edificação;
- Não provocar sensação de insegurança aos usuários pelas deformações de quaisquer elementos da edificação, admitindo-se tal requisito atendido caso as deformações se mantenham dentro dos limites estabelecidos na norma;
- Não repercutir em estados inaceitáveis de fissuras de vedações e acabamentos;
- Não prejudicar a manobra normal de partes móveis, tais como portas e janelas, nem repercutir no funcionamento anormal das instalações em face das deformações dos elementos estruturais;

A NBR 15575:2013 ainda estabelece os requisitos com base no uso consagrado de produtos e/ou procedimentos. A norma em questão é dividida em 6 partes, que compreendem:

PARTE 1- Requisitos Gerais;

PARTE 2- Requisitos para os sistemas estruturais;

PARTE 3- Requisitos para os sistemas de pisos;

PARTE 4- Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas;

PARTE 5- Requisitos para os sistemas de coberturas;

PARTE 6- Requisitos para os sistemas hidros sanitários.

A parte 2 da NBR 15575:2013 apresenta o nível de desempenho mínimo considerado para atender aos requisitos estabelecidos, dentre as quais possuem:

- Verificação das deformações ou estados de fissura do sistema estrutural, devendo-se considerar as ações permanentes e de utilização sem que ocorra deslocamento e fissuras excessivas.
- Verificação de impactos de corpo mole e duro, definidos como a “resistência à energia de impacto a ser aplicada em componentes estruturais responsáveis pela segurança da edificação” (NBR 15575 – 2).

A parte 4 da NBR 15575:2013 apresenta requisitos mínimos estabelecidos para atender o desempenho dos sistemas de vedações verticais, dentre as quais possuem:

- Análise da estabilidade e resistência estrutural dos sistemas de vedações internos e externos que analisam o ensaio previsto de compressão excêntrica especificado pela NBR 15575-4, limitando-se a SSVIE (Sistemas de vedações verticais internas e externas) estruturais, no entanto,

“para SVVE (Sistemas de vedações verticais externas), inclusive para aqueles não estruturais, deve ser realizada verificação analítica ou ensaio de cargas laterais uniformemente distribuídas, visando simular as ações horizontais devidas ao vento, devendo-se considerar, para efeito da avaliação, a solicitação $\gamma_w S_{wk}$; no caso de ensaio, o corpo de prova deve ser constituído por um trecho representativo do SVVE, incluindo as fixações e vinculações típicas entre componentes” (NBR 15575 – 4).

- Análise dos níveis de desempenho de ruídos permitidos na habitação, o qual esclarece que deve ser compatível com a proteção da privacidade contra a intrusão de ruído de atividades adjacentes em função do isolamento acústico.
- Verificação de solicitações provenientes de cargas suspensas, como armários, prateleiras, lavatórios, hidrantes e quadros, devem ser verificadas, apresentando critérios para o não aparecimento de fissuras, deslocamentos horizontais instantâneos (dh), ou deslocamentos horizontais residuais (dhr), além de lascamentos ou rupturas e arrancamento de fixação.
- Análise de ações transmitidas por portas internas e externas, o qual a norma relata que os SVVIE, com ou sem função estrutural, deve permitir o acoplamento de portas com bom desempenho, além de não apresentar falhas, como rupturas, fissuras, destacamento em juntas entre componentes das paredes e não sofrer arrancamento do marco sob ação de impacto de corpo mole com energia de 240J.

5 METODOLOGIA

5.1 ESTUDO DE CASO

O projeto padrão utilizado para o estudo, consiste em uma habitação popular, localizado na cidade de Águas Lindas- GO, com área útil de 57m², conforme planta baixa representada na figura 15, edificado em alvenaria estrutural, composto por 2 quartos, sala, cozinha, 1 banheiro e área de serviço.

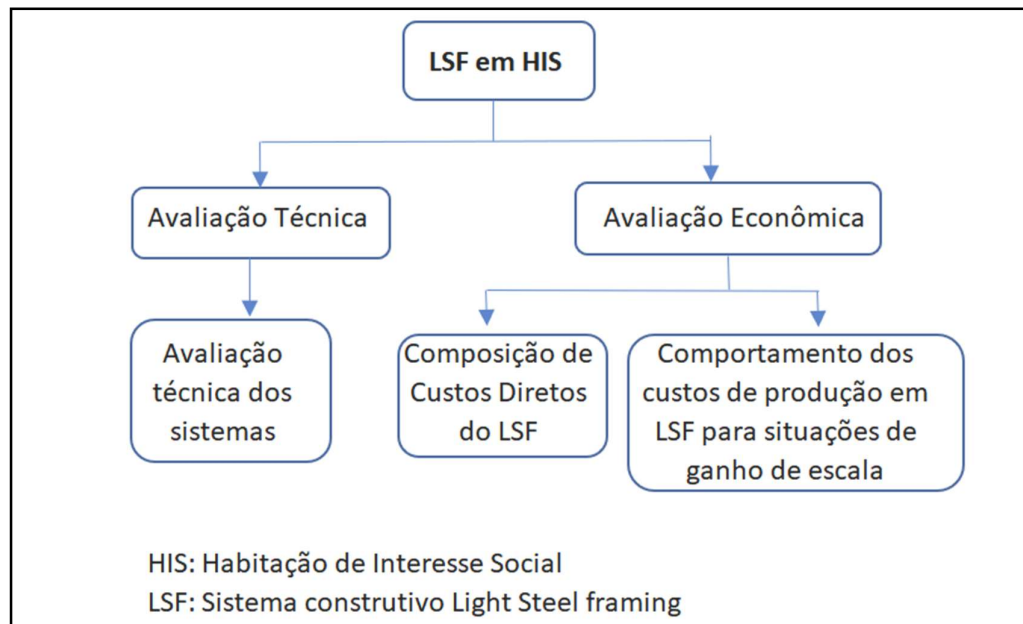
Figura 15 – Planta baixa de residência em alvenaria estrutural (sem escala).



Fonte: Autoral (2018).

A análise técnica e econômica do sistema construtivo para o estudo de caso apresentado, seguirá o fluxo de análise disposto no organograma 1.

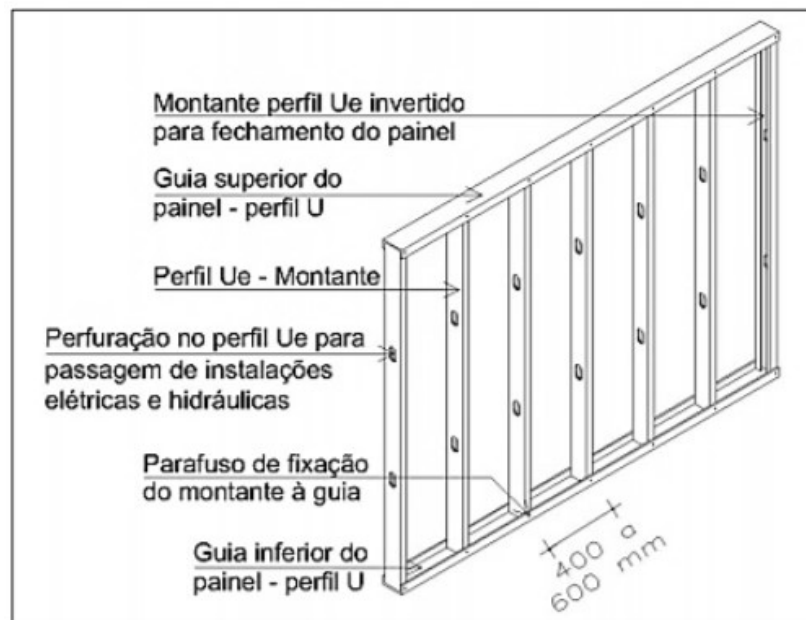
Organograma 1 – Fluxo de análise de Habitações em LSF.



Fonte: Adaptado AM Analysis (2010) apud CBCA (2010).

As definições da residência para dimensionamento em Light Steel framing foram baseadas no projeto definido e com preocupação para o melhor aproveitamento dos montantes, ajustados para as dimensões conforme o espaçamento de malha de 600 x 600 mm, demonstrados na figura 16.

Figura 16 – Disposições dos montantes.

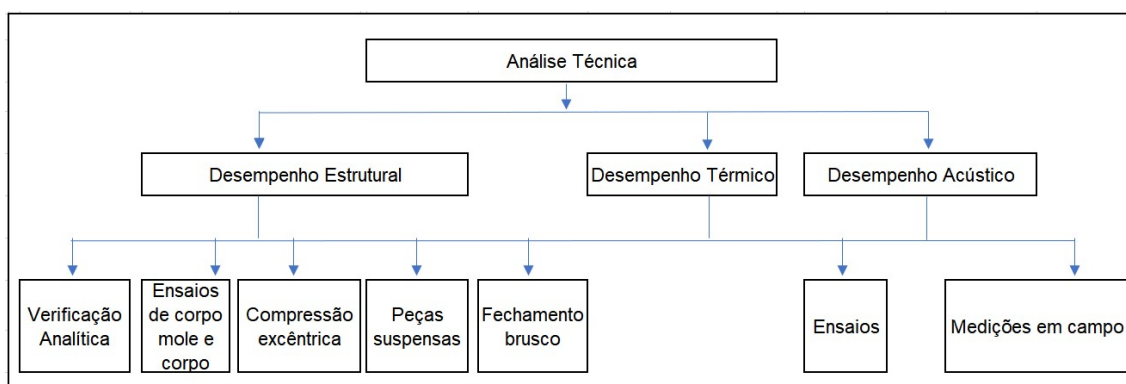


Fonte: (SANTIAGO et al., 2012, p. 33)

5.2 ANÁLISE TÉCNICA

A avaliação técnica do estudo de caso será determinada de acordo com as especificações do documento de avaliação técnica - DATec nº014b (Figura 14) coordenada pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, emitido em fevereiro de 2018 que considera o sistema de paredes e cobertura Saint-Gobain e por meio das especificações mínimas dispostas na NBR 15575:2013, de acordo com o organograma 2.

Organograma 2 – Fluxo de análise da metodologia.



Fonte: Autoral (2018).

5.2.1 DESEMPENHO ESTRUTURAL

Através das especificações técnicas de desempenho e eficiência de cada material constituinte do sistema, os materiais e suas propriedades físicas foram definidos conforme Tabela 5.

Tabela 5 – Propriedades físicas dos materiais definidos para o projeto.

Material	Espessura (mm)	Densidade (KN/m ³)
Aço ZAR 250	1,25	78,5
Placas OSB	11,1	6,4
Placa cimentícia	10	17
Gesso acartonado	12,5	10
Lã de vidro	50	0,12
Manta Hidrófuga	6	1,4
Manta PVC	0,5	-
Telhas de fibrocimento	5	-











Fonte: Adaptado de Manual Steel Framing: Arquitetura (2012).

Os materiais definidos abordaram as paredes internas, externas, lajes e telhado. Nas paredes internas, foram utilizadas placas OSB, gesso acartonado tipo Standard (ST) para as áreas secas e do tipo resistentes à umidade (RU) para as áreas úmidas, e lã de vidro para isolamento termo acústico. Nas paredes externas foram utilizadas placas OSB, placas cimentícias, manta hidrófuga para impermeabilização, além dos revestimentos dispostos nas paredes internas e externas.

A definição inicial para pré-dimensionamento dos perfis formados a frio se deu através das tabelas de pré-dimensionamento do Sistema LSF abordadas por Rodrigues (2006), das quais estão disponíveis no Anexo.

Desta forma, os perfis formados a frio para a primeira análise foram escolhidos conforme demonstrados na tabela 6.

Tabela 6 – Perfis estruturais adotados para pré-dimensionamento.

Elemento		Perfil
Montante		Ue 90 x 40 x 12 x 1,25
Guia		U 90 x 40 x 1,25
Viga		Ue 140 x 40 x 12 x 1,25
Contravento		38 x 1,25
Bloqueador		U 90 x 40 x 1,25
Banzos Treliças		Ue 90 x 40 x 12 x 1,25
Diagonais Treliças		Ue 90 x 40 x 12 x 1,25
Beiral		U 90 x 40 x 1,25
Cumeeira		U 90 x 40 x 1,25
Terça		30 x 40 x 12 x 0,8

Fonte: Autoral (2018).

Conforme estabelece a NBR 14762:2010, os perfis formados a frio escolhidos possuem os valores nominais mínimos da resistência ao escoamento (f_y) e da resistência a ruptura (f_u) característicos de acordo com o tipo de chapa definido em projeto.

A chapa definida para o projeto em questão, foi a chapa fina de grau ZAR 250, caracterizada por resistência ao escoamento de 250MPa e resistência a ruptura de 360MPa, obtidas do quadro 4.

Quadro 4 – Chapas finas de aço especificadas por Normas Brasileiras para uso estrutural.

Especificação	Grau	f_y (MPa)	f_u (MPa)
ABNT NBR 6649 / ABNT NBR 6650 Chapas finas (a frio/a quente) de aço-carbono	CF-26	260/260	400/410
	CF-28	280/280	440/440
	CF-30	---/300	---/490
ABNT NBR 5004 Chapas finas de aço de baixa liga e alta resistência mecânica	F-32/Q-32	310	410
	F-35/Q-35	340	450
	Q-40	380	480
	Q-42	410	520
ABNT NBR 5920 / ABNT NBR 5921 Chapas finas e bobinas finas (a frio/a quente), de aço de baixa liga, resistentes à corrosão atmosférica	CFR 400	---/250	---/380
	CFR 500	310/370	450/490
ABNT NBR 7008 / ABNT NBR 7013 / ABNT NBR 14964 Chapas finas e bobinas finas com revestimento metálico ^b	ZAR 250	250	360
	ZAR 280	280	380
	ZAR 320	320	390
	ZAR 345	345	430
	ZAR 400	400	450
^a A faixa de espessura disponível varia de acordo com o produtor de aço.			
^b Graus conforme ABNT NBR 7008.			

Fonte: ABNT NBR 14762 (2010).

A laje do estudo de caso escolhida foi a laje seca, constituída de perfis formados a frio, placas OSB e manta para impermeabilização.

A tabela 9 apresenta os perfis das treliças definidas para o telhado, das quais são do tipo Howe (Figura 3), não simétrica, com beiral de 70cm e telhas em fibrocimento do tipo OLINDA, especificadas no Catálogo Eternit apresentando propriedades físicas dispostas na Tabela 7.

Tabela 7 – Características físicas da Telha OLINDA.

Espessura (mm)	5
Comprimento (m)	1,22
Peso Nominal (Kg)	5,6
Peso Médio em cobertura (Kg/m ²)	15
Vão livre máximo (m)	1,15
Inclinação mínima (°)	15
Sobreposição inicial mínima (cm)	14

Fonte: Adaptado Catálogo Técnico Eternit.

5.2.1.1 Ações

Para análise da estrutura, as ações permanentes e variáveis devem ser previamente definidas de acordo com a norma NBR 14762:2010 (Dimensionamento de estruturas de aço constituídas por perfis formados a frio – Procedimento).

A NBR 14762:2010, define as ações permanentes como diretas e indiretas, onde as diretas são o peso próprio da estrutura, elementos construtivos fixos e instalações permanentes, e as indiretas são deformações impostas por retração, fluência do concreto, deslocamentos de apoio e imperfeições geométricas.

As ações variáveis são definidas pela norma brasileira como ações que possuem variantes significativas durante a vida útil da construção e as ações excepcionais que possuem duração extremamente curta e probabilidade muito baixa de ocorrer.

Portanto, a norma estabelece coeficientes característicos de ponderação das ações (Quadro 5), e fatores de combinação conforme quadro 6.

Quadro 5 – Valores dos coeficientes de ponderação das ações.

Combinações	Ações permanentes (%) ^{a,c}					
	Diretas					Indiretas
	Peso próprio de estruturas metálicas	Peso próprio de estruturas pré-moldadas	Peso próprio de estruturas moldadas no local e de elementos construtivos industrializados e empuxos permanentes	Peso próprio de elementos construtivos industrializados com adições <i>in loco</i>	Peso próprio de elementos construtivos em geral e equipamentos	
Normais	1,25 (1,00)	1,30 (1,00)	1,35 (1,00)	1,40 (1,00)	1,50 (1,00)	1,20 (0)
Especiais ou de construção	1,15 (1,00)	1,20 (1,00)	1,25 (1,00)	1,30 (1,00)	1,40 (1,00)	1,20 (0)
Excepcionais	1,10 (1,00)	1,15 (1,00)	1,15 (1,00)	1,20 (1,00)	1,30 (1,00)	0 (0)
	Ações variáveis (%) ^{a,d}					
	Efeito da temperatura ^b	Ação do vento	Ações truncadas ^e	Demais ações variáveis, incluindo as decorrentes do uso e ocupação		
Normais	1,20	1,40	1,20	1,50		

Fonte: ABNT NBR 14762 (2010).

Continuação - Valores dos coeficientes de ponderação das ações.

	Ações variáveis (%q) ^{a,d}			
	Efeito da temperatura ^b	Ação do vento	Ações truncadas ^e	Demais ações variáveis, incluindo as decorrentes do uso e ocupação
Especiais ou de construção	1,00	1,20	1,10	1,30
Excepcionais	1,00	1,00	1,00	1,00

^a Os valores entre parênteses correspondem aos coeficientes para as ações permanentes favoráveis à segurança; ações variáveis e excepcionais favoráveis à segurança não devem ser incluídas nas combinações.

^b O efeito de temperatura citado não inclui o gerado por equipamentos, o qual deve ser considerado ação decorrente do uso e ocupação da edificação.

^c Nas combinações normais, as ações permanentes diretas que não são favoráveis à segurança podem, opcionalmente, ser consideradas todas agrupadas, com coeficiente de ponderação igual a 1,35 quando as ações variáveis decorrentes do uso e ocupação forem superiores a 5 kN/m², ou 1,40 quando isso não ocorrer. Nas combinações especiais ou de construção, os coeficientes de ponderação são respectivamente 1,25 e 1,30, e nas combinações excepcionais, 1,15 e 1,20.

^d Nas combinações normais, se as ações permanentes diretas que não são favoráveis à segurança forem agrupadas, as ações variáveis que não são favoráveis à segurança podem, opcionalmente, ser consideradas também todas agrupadas, com coeficiente de ponderação igual a 1,50 quando as ações variáveis decorrentes do uso e ocupação forem superiores a 5 kN/m², ou 1,40 quando isso não ocorrer (mesmo nesse caso, o efeito da temperatura pode ser considerado isoladamente, com o seu próprio coeficiente de ponderação). Nas combinações especiais ou de construção, os coeficientes de ponderação são respectivamente 1,30 e 1,20, e nas combinações excepcionais, sempre 1,00.

^e Ações truncadas são consideradas ações variáveis cuja distribuição de máximos é truncada por um dispositivo físico, de modo que o valor dessa ação não possa superar o limite correspondente. O coeficiente de ponderação mostrado nesta Tabela se aplica a esse valor-limite.

Fonte: ABNT NBR 14762 (2010).

Quadro 6 – Valores dos fatores de combinação ψ_1 e ψ_2 para as ações variáveis.

Ações		γ_2^a		
		ψ_0	ψ_1	ψ_2^d
Ações variáveis causadas pelo uso e ocupação	Locais em que não há predominância de pesos e de equipamentos que permanecem fixos por longos períodos de tempo, nem de elevadas concentrações de pessoas ^b	0,5	0,4	0,3
	Locais em que há predominância de pesos e de equipamentos que permanecem fixos por longos períodos de tempo, ou de elevadas concentrações de pessoas ^c	0,7	0,6	0,4
	Bibliotecas, arquivos, depósitos, oficinas e garagens e sobrecargas em coberturas	0,8	0,7	0,6
Vento	Pressão dinâmica do vento nas estruturas em geral	0,6	0,3	0
Temperatura	Variações uniformes de temperatura em relação à média anual local	0,6	0,5	0,3
Cargas móveis e seus efeitos dinâmicos	Passarelas de pedestres	0,6	0,4	0,3
	Pilares e outros elementos ou subestruturas que suportam vigas de rolamento de pontes rolantes	0,7	0,6	0,4

^a Ver alínea c) de 6.5.3.

^b Edificações residenciais de acesso restrito.

^c Edificações comerciais, de escritórios e de acesso público.

^d Para combinações excepcionais onde a ação principal for sismo, admite-se adotar para ψ_2 o valor zero.

Fonte: ABNT NBR 14762 (2010).

5.2.1.2 Ações permanentes

Após a definição de todos os materiais (Tabela 5) e dos perfis formados a frio adotados (Tabela 6), determina-se o peso próprio de cada material, conforme demonstrado na Tabela 8.

Tabela 8 – Peso próprio dos materiais adotados.

Materiais	Espessura (m)	Peso específico (KN/m³)	Peso próprio (KN/m²)
Placas OSB (Piso)	0,0111	6,4	0,071
Placas OSB (Paredes)	0,0111	6,4	0,071
Placas Gesso Acartonado	0,0125	10	0,125
Lã de vidro	0,05	0,12	0,006
Placa cimentícia	0,01	17	0,17
Manta Hidrófuga	0,006	1,4	0,008
Manta PVC	0,0005	-	0,005
Perfis LSF	0,00125	78,5	0,098
Telhas Fibrocimento	0,005	-	0,15

Fonte: Autoral (2018)

Com as disposições na norma e o peso próprio de cada material (Tabela 8), as ações permanentes na estrutura foram as seguintes:

- PAREDES:

$$g = \sum g_{OSB} + g_{gesso} + g_{perfil} + g_{lã} + g_{OSB} + g_{manta} + g_{cimentícia} \quad (5.1)$$

$$g = 0,071 + 0,125 + 0,098 + 0,006 + 0,071 + 0,0084 + 0,17$$

$$g = 0,6 \frac{KN}{m^2}$$

- LAJE SECA:

$$g = \sum g_{OSB} + g_{perfil} + g_{mantaPVC} + g_{lã} \quad (5.2)$$

$$g = 0,071 + 0,098 + 0,005 + 0,006$$

$$g = 0,2 \frac{KN}{m^2}$$

- CAIXA D'ÁGUA: (500 litros):

$$g = \frac{g_{caixa}}{\text{Área do banheiro}} \quad (5.3)$$

$$g = \frac{500 \text{ Kgf}}{2,86 \text{ m}^2}$$

$$g = 1,75 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}$$

5.1.1.3 Ações variáveis

Conforme especifica a NBR 14762:2010, as ações variáveis são causadas pelo uso e ocupação, pela ação do vento e pela variação de temperatura da estrutura.

Para análise estrutural do estudo de caso, os efeitos da temperatura na estrutura foram desconsiderados, a nível de simplificação.

- **Sobrecarga**

Considerando as ações mínimas de sobrecarga estabelecidas pela NBR 8800:2008 (Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios), definiu-se uma sobrecarga de 0,25KN/m², da qual engloba as cargas decorrentes de instalações elétricas e hidráulicas, de isolamento térmico e acústico e de pequenas peças fixadas na cobertura e para a laje definiu-se a sobrecarga de 1,5KN/m², conforme determina a NBR 8800:2008.

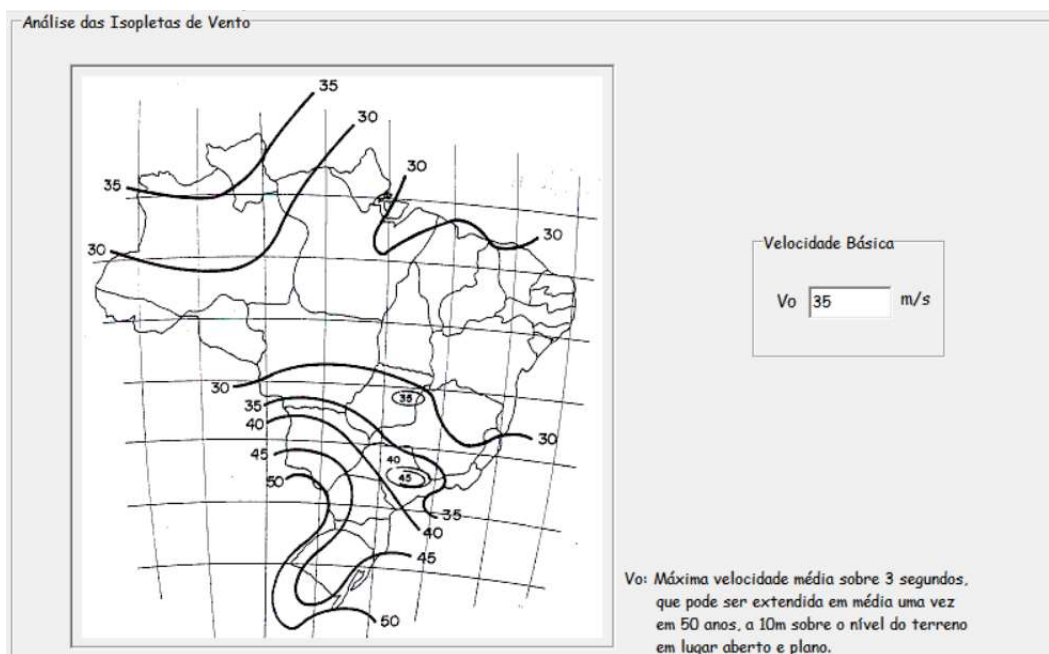
- **Vento**

A norma brasileira regulamentadora das forças devidas ao vento é a NBR 6123:1988 (Forças devidas ao vento em edificações), que especifica os procedimentos para análise do vento de acordo com o elemento e direção em que atua, sendo de essencial consideração para estruturas em Light Steel Framing.

Para determinação das forças estáticas, a norma estabelece os parâmetros S1 (Fator topográfico), S2 (Rugosidade do terreno, dimensões da edificação e altura sobre o terreno) e S3 (Fator estatístico).

Conforme o telhado escolhido, foi utilizado o software VISUALVENTOS, “desenvolvido em OBJECT PASCAL, com compilador DELPHI da BORLAND” (PRAVIA, 2003, p.4) para análise da influência do vento na estrutura, para determinação da força do vento, o qual utiliza o mapa de isopletas e os parâmetros estabelecidos pela norma estabelecendo velocidade básica de 35m/s, conforme ilustrado na figura 17.

Figura 17 – Isopletas da velocidade básica V_0 (m/s).



Fonte: VISUALVENTOS. (2018).

Os parâmetros foram definidos da seguinte forma:

S1 = 1,00 (Terreno plano ou fracamente acidentado).

S2 = 0,87 (Categoria III – Terrenos planos ou ondulados com obstáculos, tais como sebes e muros, poucos quebra-ventos de árvores, edificações baixas e esparsas.)

S3 = 1,00 (Grupo 2 – Edificações para hotéis, residências, comércios e indústrias, com alto fator de ocupação).

O VISUALVENTOS determina a velocidade característica (V_k) de acordo com a NBR 6123:1988, obtendo os seguintes resultados:

$$V_k = V_o \cdot S_1 \cdot S_2 \cdot S_3 \quad (5.4)$$

$$V_k = 30,45 \text{ m/s}$$

A pressão dinâmica é definida em função da velocidade característica, sendo definida pela expressão:

$$q = 0,613 \cdot V_k^2 \quad (5.5)$$

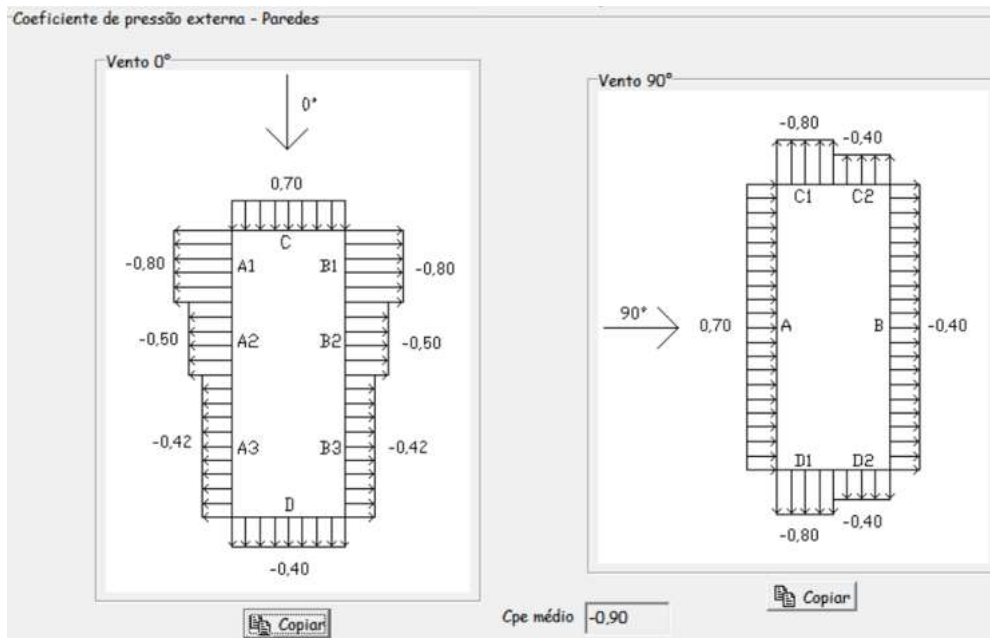
$$q = 57 \text{ Kgf/m}^2$$

$$q = 0,57 \text{ KN/m}^2$$

O software fornece o cálculo dos coeficientes de pressão interna e externa, determinados na norma, que permite determinar a força do vento, pois o mesmo depende da diferença de pressão nas faces opostas da edificação. A norma esclarece que valores positivos de pressão externa ou interna correspondem a sobre pressões e valores negativos correspondem a sucções.

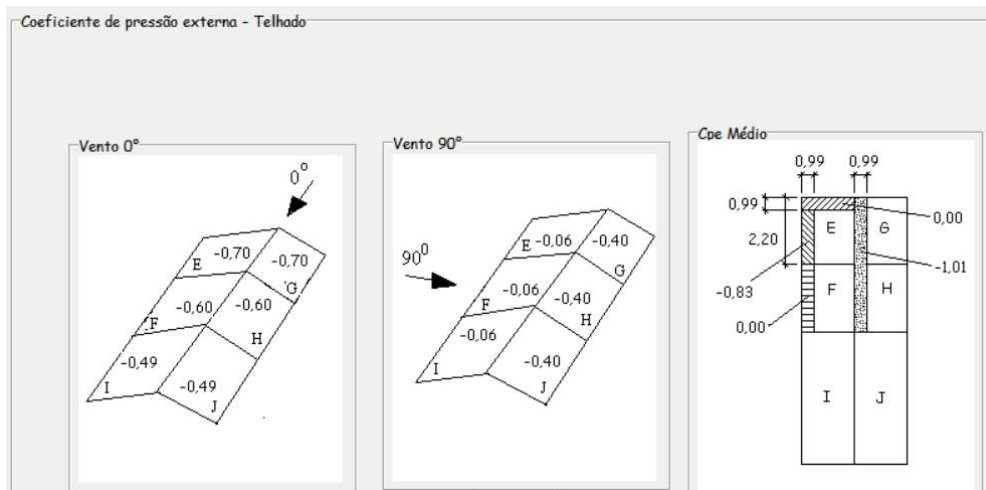
As figuras 18 e 19, apresentam os resultados gerados no software para o cálculo dos coeficientes de pressão externa nas paredes e telhado para vento a 0° e 90° , adotando-se o valor de $-0,8$ nas paredes e telhado, com base na relação $\frac{h}{b}$, $\frac{a}{b}$ e θ , respectivamente igual a $0,42$, $1,27$ e $35,21^\circ$.

Figura 18 – Coeficiente de pressão externa nas paredes para Vento a 0° e 90° .



Fonte: VISUALVENTOS (2018).

Figura 19 – Coeficiente de pressão externa no telhado para Vento a 0° e 90°



Fonte: VISUALVENTOS (2018).

Os coeficientes de pressão interna, são baseados nas aberturas dominantes e na impermeabilidade das faces e foi definido no valor de +0,2 para vento a 0° e 90°, correspondendo à quatro faces igualmente permeáveis.

Posteriormente, a força devida do vento, considerando os coeficientes de pressão e pressão dinâmica é expressa da seguinte forma:

$$F = (C_{pi} - C_{pe}) \cdot q \quad (5.6)$$

$$F = (0,2 + 0,8) \cdot 0,57 \text{ KN/m}^2$$

$$F = 0,57 \text{ KN/m}^2$$

5.1.1.4 Combinações de ações

Conforme a NBR 14762:2010, as combinações de ações são verificadas a fim de determinar as diversas situações de carregamento atuante na estrutura, e as probabilidades não desprezáveis de atuação simultânea em um período preestabelecido, levando em conta os efeitos mais desfavoráveis para a estrutura.

As combinações últimas e de serviço apresentadas na norma, são responsáveis pela determinação dos estados-limites últimos e estados-limites de serviço, respectivamente. As combinações últimas podem ser classificadas em normal, especial, de construção e excepcional, e são decorrentes do uso previsto para

a edificação, e as combinações de serviço são classificadas em quase permanente, frequentes e raras.

5.1.1.5 Estados limites últimos (ELU)

Conforme descrito na NBR 14762:2010, as combinações últimas decorrem do uso prevista para a edificação, e são necessárias para verificar todas as condições de segurança em relação aos estados-limites últimos aplicáveis.

As combinações são determinadas através da seguinte expressão:

$$F_d = \sum_{i=1}^m (\gamma_{gi} \cdot F_{Gi,k}) + \gamma_{gi} \cdot F_{Q1,k} + \sum_{j=2}^n (\gamma_{qj} \cdot \psi_{0j} \cdot F_{Qj,k}) \quad (5.7)$$

F_d - Valor de cálculo do efeito das ações;

γ_g e γ_Q - Coeficientes de segurança relativos às ações permanentes e variáveis, respectivamente;

$F_{Gi,k}$ - Valor característico da ação permanente;

$F_{Q1,k}$ - Valor característico da ação variável principal;

ψ_0 - Fatores de redução para ação variável secundária.

As combinações foram analisadas através do software SAP2000, e verificadas 4 combinações, sendo em todas elas consideradas as ações permanentes com fator de ponderação de 1,4 e ações variáveis analisadas da seguinte forma:

1ª COMBINAÇÃO: Sobrecarga (ação variável principal) e Vento 0° (ação variável secundária).

2ª COMBINAÇÃO: Sobrecarga (ação variável principal) e Vento 90° (ação variável secundária).

3ª COMBINAÇÃO: Vento 0° (ação variável principal) e Sobrecarga (ação variável secundária).

4ª COMBINAÇÃO: Vento 90° (ação variável principal) e Sobrecarga (ação variável secundária).

5.1.1.6 Estados limites de serviço (ELS)

Os estados limites de serviço consideram os efeitos de longa duração e deslocamentos excessivos que interfiram na aparência da construção.

Para as combinações de serviço, na NBR 14762:2010, a classificação é em função da permanência na estrutura, e consideram as ações variáveis com seus valores quase permanentes, expresso na seguinte equação:

$$F_{serv} = \sum_{i=1}^m F_{Gi,k} + F_{Q1,k} + \sum_{j=2}^n (\psi_{2j} \cdot F_{Qj,k}) \quad (5.8)$$

F_{serv} - Valor de cálculo do efeito das ações no ELS;

$F_{Gi,k}$ - Valor característico das ações permanentes;

$F_{Q1,k}$ - Valor característico da ação variável principal;

$F_{Qj,k}$ - Valor característico das demais ações;

ψ_1 - Fator de redução para ação variável secundária.

Foram definidas 3 combinações para verificação do estado limite de serviço (ELS), as quais todas consideram as ações permanentes com fator de ponderação no valor de 1 e ações variáveis conforme disposto a seguir:

1ª COMBINAÇÃO: Sobrecarga (ação variável principal).

2ª COMBINAÇÃO: Vento 0° (ação variável principal).

3ª COMBINAÇÃO: Vento 90° (ação variável principal).

5.1.1.7 *Análise da estrutura*

Com as combinações definidas para as combinações últimas e serviço no software SAP2000, realizou-se a análise de primeira ordem das solicitações.

Desta forma, foi escolhido o perfil U enrijecido mais solicitado para verificação de tração e compressão, conforme procedimentos de análise da NBR 14762:2010 e dos dados e considerações feitas por Carvalho (2014).

5.1.1.8 *Verificação à solicitação de tração e compressão*

I. Resistência à tração

Determinou-se a resistência do perfil a tração conforme as seguintes considerações:

A verificação do escoamento da seção bruta à tração pode ser analisada conforme expressão (5.9), da qual a expressão é válida para qualquer barra

tracionada, mas nas regiões onde ela não apresentada furos. Para barras que possuem furos na região da ligação parafusada ou que apenas apresentam ligações soldadas, considera-se a expressão (5.10), que considera a posição relativa dos furos (quando existirem) e aplica também o coeficiente de redução da área líquida do perfil quando nem toda a seção transversal participa da ligação.

a) escoamento da seção bruta:

$$N_{t,Rd1} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma} \quad (5.9)$$

A = Área bruta do perfil.

f_y = Tensão de escoamento.

γ = Coeficiente de ponderação da resistência ($\gamma = 1,1$).

b) Ruptura da seção líquida

$$N_{t,Rd2} = \frac{C_t \cdot A_n \cdot F_u}{\gamma} \quad (5.10)$$

A = Área bruta do perfil.

A_n = Área líquida do perfil.

f_u = Tensão de ruptura.

γ = Coeficiente de ponderação da resistência ($\gamma = 1,65$).

Para cálculo da área líquida da seção de ruptura em perfis com furos, utiliza-se a expressão (5.11).

$$A_n = 0,9(1 - n_f \cdot d_f \cdot t + \sum ts^2/4g) \quad (5.11)$$

d_f = Dimensão do furo.

n_f = Quantidade de furos contidos na linha de ruptura.

s = Espaçamento dos furos na direção da solicitação.

g = Espaçamento dos furos na direção perpendicular à solicitação.

t = Espessura da parte conectada analisada.

C_t = Coeficiente de redução da área líquida.

A força resistente de cálculo na tração é determinada considerando o menor dos valores para escoamento da seção bruta e ruptura da seção líquida. Desta forma, analisou-se o perfil para que a força resistente de cálculo seja maior que que força solicitante de cálculo.

II. Resistência à compressão

A resistência do perfil à compressão também foi definida, primeiramente em relação à flambagem global do perfil, por meio das seguintes expressões:

a) Força normal de flambagem elástica por flexão em relação ao eixo principal x:

$$N_{ex} = \frac{\pi^2 \cdot EI_x}{K_x L_x^2} \quad (5.12)$$

$K_x L_x$ = comprimento efetivo de flambagem por flexão em relação ao eixo x.

E = módulo de elasticidade.

b) Força normal de flambagem elástica por flexão em relação ao eixo principal y:

$$N_{ey} = \frac{\pi^2 \cdot EI_y}{K_y L_y^2} \quad (5.13)$$

$K_y L_y$ = comprimento efetivo de flambagem por flexão em relação ao eixo y.

E = módulo de elasticidade.

c) Força normal de flambagem elástica por torção:

$$N_{ez} = \frac{1}{r_o^2} \left[\frac{\pi^2 \cdot EC_w}{K_z L_z} + GJ \right] \quad (5.14)$$

$K_z L_z$ = comprimento efetivo de flambagem por torção.

E = módulo de elasticidade.

Para a análise da força de flambagem elástica, considera-se o raio de giração da seção bruta em relação ao centro de torção por meio da expressão (5.15).

$$r_o = \sqrt{r_x^2 + r_y^2 + x_o^2 + y_o^2} \quad (5.15)$$

Posteriormente, realiza-se cálculo do índice de esbeltez reduzido, dado por:

$$\lambda_o = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_e}} \quad (5.16)$$

Ainda, determina o fator de redução da força axial de compressão resistente, associado à flambagem global, calculado por meio das seguintes expressões:

- Para $\lambda_o \leq 1,5$ $\chi = 0,658 \lambda_o^2$ (5.17)

-

- Para $\lambda_o > 1,5$ $\chi = \frac{0,877}{\lambda_o^2}$ (5.18)

Para definição da área efetiva, definiu-se a utilização do método da seção efetiva - MSE, visto que se trata de perfil usualmente utilizado, e que apresenta os

parâmetros decorrentes da análise de estabilidade elástica proposto pelo Prof. Eduardo Batista da COPPE-URFJ.

Desta forma, realiza-se análise da seguinte forma:

a) Cálculo de η :

$$\eta = \frac{b_f}{b_w} \quad (5.19)$$

b_f = largura da mesa de um perfil.

b_w = altura de um perfil.

b) Determinação do coeficiente de flambagem local de todo perfil:

$$N_l = k_l = \frac{\pi \cdot E}{12(1-\nu)^2 \left(\frac{b_w}{t}\right)^2} A \quad (5.20)$$

N_l = coeficiente de flambagem local para a seção completa.

ν = coeficiente de Poisson (0,3).

c) Cálculo de λ_p :

$$\lambda_p = \sqrt{\frac{\chi A_y}{N_l}} \quad (5.21)$$

χ = fator de redução da força axial de compressão resistente, associado à flambagem global.

f_y = tensão de escoamento do aço.

d) Cálculo da área efetiva:

$$A_{ef} = A \left(1 - \frac{0,15}{\lambda_p^{0,8}}\right) \frac{1}{\lambda_p^{0,8}} \leq A \quad (5.22)$$

λ_p = tensão de escoamento do aço.

Com a determinação da área efetiva, realiza-se a verificação para força resistente conforme expressão (5.23):

$$N_{t,Rd} = \frac{\chi \cdot A_{ef} \cdot f_y}{1,2} \quad (5.23)$$

A_{ef} = área efetiva da seção transversal do perfil.

5.1.1.9 Deslocamentos horizontais e verticais

A verificação dos deslocamentos na estrutura analisou os valores limites definidos na NBR 15755-2, o qual são demonstrados no quadro 7.

Quadro 7 – Deslocamentos-limites para cargas permanentes e cargas acidentais em geral.

Razão da limitação	Elemento	Deslocamentolimites	Tipo de deslocamento
Visual/insegurança psicológica	Pilares, paredes, vigas, lajes (componentes visíveis)	$L/250$ ou $H/300^a$	Deslocamento final incluindo fluência (carga total)
Destacamentos, fissuras em vedações ou acabamentos, falhas na operação de caixilhos e instalações	Caixilhos, instalações, vedações e acabamentos rígidos (pisos, forros etc.)	$L/800$	Parcela da flecha ocorrida após a instalação da carga correspondente ao elemento em análise (parede, piso etc.)
	Divisórias leves, acabamentos flexíveis (pisos, forros etc.)	$L/600$	
Destacamentos e fissuras em vedações	Paredes e/ou acabamentos rígidos	$L/500$ ou $H/500^a$	Distorção horizontal ou vertical provocada por variações de temperatura ou ação do vento, distorção angular devida ao recalque de fundações (deslocamentos totais)
	Paredes e acabamentos flexíveis	$L/400$ ou $H/400^a$	
<p>H - é a altura do elemento estrutural. L - é o vão teórico do elemento estrutural. ^a Para qualquer tipo de solicitação, o deslocamento horizontal máximo no topo do edifício deve ser limitado a $H_{total}/500$ ou 3 cm, respeitando-se o menor dos dois limites. NOTA. Não podem ser aceitas falhas, a menos aquelas que estejam dentro dos limites previstos nas normas prescritivas específicas.</p>			

Fonte: ABNT NBR 15575 – 2 (2013).

5.1.1.10 Corpo mole e corpo duro

No estudo de caso em questão, as análises de corpo mole e corpo duro foram dispensadas, pois conforme orientação da norma, a estrutura foi projetada através da NBR 14762:2010.

5.1.1.11 Compressão excêntrica

A análise para o ensaio de compressão excêntrica o qual analisa para os SVVE as cargas laterais uniformemente distribuídas correspondem as ações devidas ao vento e foram consideradas no estudo de caso por meio da análise analítica do software SAP2000.

5.1.1.12 Cargas suspensas

Para ensaio das peças suspensas, foi aplicado cargas dispostas no quadro 8, de acordo com a NBR 15575-4, para dispositivo de fixação padrão tipo mão-francesa.

Quadro 8 – Cargas de ensaio e critérios para peças suspensas fixadas por mão-francesa padrão.

Carga de ensaio aplicada em cada ponto kN	Carga de ensaio aplicada em cada peça, considerando dois pontos kN	Critérios de desempenho
0,4	0,8	Não ocorrência de falhas que comprometam o estado-limite de serviço Limitação dos deslocamentos horizontais: $d_h \leq h/500$ $d_{hr} \leq h/2\ 500$
Legenda h altura do elemento parede d_h o deslocamento horizontal instantâneo d_{hr} o deslocamento horizontal residual		

Fonte: ABNT NBR 15575-4 (2013).

5.1.1.13 Ações transmitidas por portas

O fechamento brusco da porta e o impacto de corpo mole, para as ações transmitidas por portas internas e externas é regulamentado pela NBR 15930-2 – Portas de madeira para edificações Parte 2: Requisitos, e dispõe para o atendimento mínimo à classe 1 de portas em função dos esforços mecânicos, conforme quadro 9.

Quadro 9 – Classificação das portas em função dos esforços mecânicos específicos.

Tipo de esforço mecânico específico	Condicionantes	Classes de desempenho			
		Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4
Resistência ao fechamento com presença de obstrução	Ciclos de aplicação da carga	1	2	3	5
	Carga horizontal aplicada N	200			
Resistência à flexão (ABNT NBR 10821-3)	Limite de deformação residual mm	H/500	H/750	H/1 000	H/1 500
	Carga horizontal aplicada N	400			
Resistência ao esforço horizontal, no plano da folha, com dois cantos imobilizados (ABNT NBR 10821-3)	Limite de deformação residual mm	H/500	H/750	H/1 000	H/1 500
	Carga horizontal aplicada N	400			
Resistência ao fechamento brusco	Ciclos de aplicação da carga	10	20	100	150
	Força de impacto N	150			
Legenda					
H altura da porta					

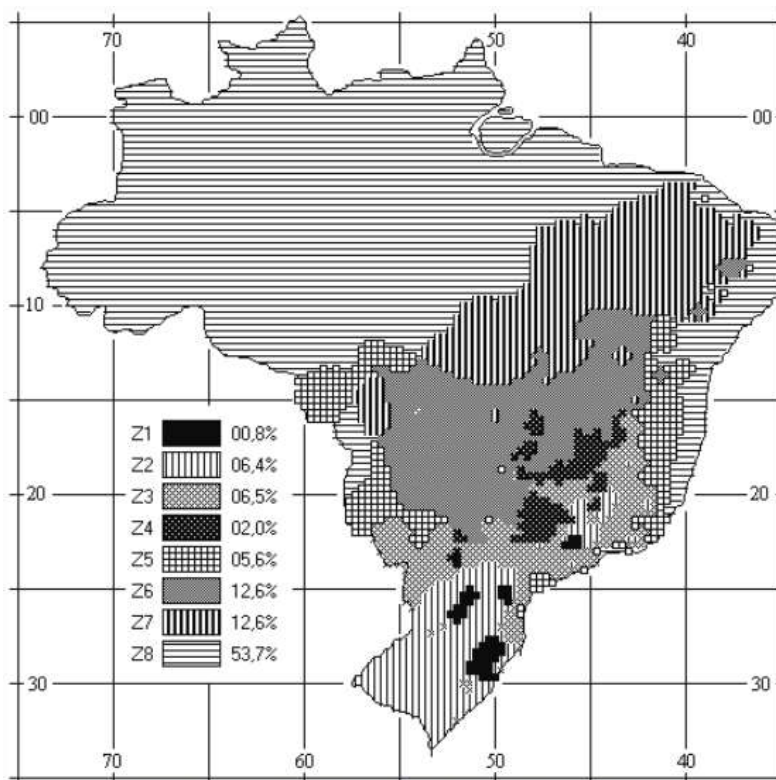
Fonte: ABNT NBR 15930-2 (2018).

5.1.2 DESEMPENHO TÉRMICO

O desempenho térmico é considerado na avaliação realizada pela Saint-Gobain e está de acordo com a NBR 15220:2005, que visa o conforto das pessoas e das condições adequadas para atividades normais em uma habitação, contribuindo para a economia de energia.

A avaliação no estudo de caso será determinada considerando o documento de avaliação técnica DATec 14b, que avalia os critérios de envelopamento da obra, dos quais verifica-se a transmitância térmica (U) e a capacidade térmica (CT) nas paredes de fachada e das coberturas dispostos na norma, considerando as zonas bioclimáticas (figura 20).

Figura 20 – Zoneamento bioclimático brasileiro.



Fonte: ABNT NBR 15220 – 3 (2005).

5.2.3 DESEMPENHO ACÚSTICO

Para análise do desempenho acústico, a NBR 15575:2013 apresenta estimativas do grau de inteligibilidade, conforme disposto no quadro 10.

Quadro 10 – Influência da $D_{nT,w}$ sobre a inteligibilidade da fala para ruído no ambiente interno.

Inteligibilidade de fala alta no recinto adjacente	Isolamento sonoro, $D_{nT,w}$ dB
Claramente audível: ouve e entende	35
Audível: ouve, entende com dificuldade	40
Audível: não entende	45
Não audível	≥ 50

Fonte: Adaptado da *Association of Australian Acoustical Consultants*, 2010.

Fonte: ABNT NBR 15575 – 4 (2013).

A norma dispõe sobre a necessidade da realização de ensaios em laboratórios e de medições realizadas em campo.

A análise técnica na norma para verificação por ensaios quanto ao índice de isolamento sonora é caracterizada pela diferença de nível entre os ambientes em função da disposição da parede, conforme quadro 11 e entre fachadas conforme quadro 12.

Quadro 11 – Diferença padronizada de nível ponderada entre ambientes, $D_{nT,w}$.

Elemento	$D_{nT,w}$ dB	Nível de desempenho
Parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação), nas situações onde não haja ambiente dormitório	40 a 44	M
	45 a 49	I
	≥ 50	S
Parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação), no caso de pelo menos um dos ambientes ser dormitório	45 a 49	M
	50 a 55	I
	≥ 55	S
Parede cega de dormitórios entre uma unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual, como corredores e escadaria nos pavimentos	40 a 44	M
	45 a 49	I
	≥ 50	S
Parede cega de salas e cozinhas entre uma unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual, como corredores e escadaria dos pavimentos	30 a 34	M
	35 a 39	I
	≥ 40	S
Parede cega entre uma unidade habitacional e áreas comuns de permanência de pessoas, atividades de lazer e atividades esportivas, como <i>home theater</i> , salas de ginástica, salão de festas, salão de jogos, banheiros e vestiários coletivos, cozinhas e lavanderias coletivas	45 a 49	M
	50 a 54	I
	≥ 55	S
Conjunto de paredes e portas de unidades distintas separadas pelo <i>hall</i> ($D_{nT,w}$ obtida entre as unidades)	40 a 44	M
	45 a 49	I
	≥ 50	S

Fonte: ABNT NBR 15575 – 4 (2013).

Quadro 12 - - Índice de redução sonora ponderado, R_w , de fachadas.

Classe de ruído	Localização da habitação	R_w dB ^a	Nível de desempenho
I	Habitação localizada distante de fontes de ruído intenso de quaisquer naturezas	≥ 25	M
		≥ 30	I
		≥ 35	S
II	Habitação localizada em áreas sujeitas a situações de ruído não enquadráveis nas classes I e III	≥ 30	M
		≥ 35	I
		≥ 40	S
III	Habitação sujeita a ruído intenso de meios de transporte e de outras naturezas, desde que esteja de acordo com a legislação	≥ 35	M
		≥ 40	I
		≥ 45	S

NOTA Os valores de desempenho de isolamento acústico medidos no campo ($D_{nT,w}$ e $D_{2m,nT,w}$) tipicamente são inferiores aos obtidos em laboratório (R_w). A diferença entres estes resultados depende das condições de contorno e execução dos sistemas (ver ISO 15712 e EN 12354).

^a R_w com valores aproximados

Fonte: ABNT NBR 15575 – 4 (2013).

As medições em campo, também foram realizadas e demonstradas no DATec 14b, considerando o quadro 13 apresentada na norma.

Quadro 13 – Diferença padronizada de nível ponderada da vedação externa, $D_{2m,nT,w}$ para ensaios em campo.

Classe de ruído	Localização da habitação	$D_{2m,nT,w}$ dB	Nível de desempenho
I	Habitação localizada distante de fontes de ruído intenso de quaisquer naturezas.	≥ 20	M
		≥ 25	I
		≥ 30	S
II	Habitação localizada em áreas sujeitas a situações de ruído não enquadráveis nas classes I e III	≥ 25	M
		≥ 30	I
		≥ 35	S
III	Habitação sujeita a ruído intenso de meios de transporte e de outras naturezas, desde que esteja de acordo com a legislação	≥ 30	M
		≥ 35	I
		≥ 40	S

Fonte: ABNT NBR 15575 – 4 (2013).

5.2 ANÁLISE ORÇAMENTÁRIA

A avaliação orçamentária foi realizada através da composição de custos diretos do sistema *Light Steel Framing*, o qual utilizou como base de dados as tabelas de insumos do Sistema Nacional de Preços e Índices para Construção Civil – SINAPI para a cidade de Goiânia, e as composições de custo do TCPO 13 (Tabelas de Composições de Preços para Orçamento) para o mês setembro de 2018.

O Sistema Nacional de Preços e Índices para Construção Civil – SINAPI “estabelece regras e critérios para elaboração do orçamento de referência de obras e serviços de engenharia, contratados e executados com recursos dos orçamentos da União, sendo a Caixa Econômica Federal responsável pela base técnica de engenharia (especificação de insumos, composições de serviços e orçamentos de referência) e pelo processamento de dados” (CAIXA, 2018).

Para financiamento pela Caixa Econômica Federal, a mesma estabelece taxas de juros e subsídios de acordo com o enquadramento nas faixas de renda estabelecidas, conforme demonstrado na quadro 14.

Quadro 14 – Taxas de juros por faixa de renda.

AJUSTE NA RENDA DAS FAMÍLIAS ATENDIDAS*		
Faixa	Renda familiar mensal	Taxa de juros
1,5	Até R\$ 2.600	5%
	Até R\$ 2.600	5,5%
2	Até R\$ 3.000	6%
	Até R\$ 4.000	7%
3	Até R\$ 7.000	8,16%
	Até R\$ 9.000	9,16%

Fonte: <http://www20.caixa.gov.br>.

Os novos tetos estabelecidos a partir do ano de 2017 para financiamentos segue especificado no quadro 14, o qual é definido de acordo com a região territorial.

Quadro 15 – Novos tetos do valor dos imóveis.

NOVOS TETOS DO VALOR DOS IMÓVEIS				
Recorte territorial	DF, RJ e SP	Região Sul, ES e MG	Região Centro-Oeste, exceto DF	Regiões Norte e Nordeste
Capitais estaduais classificadas pelo IBGE como metrópoles	R\$ 240 mil	R\$ 215 mil	R\$ 190 mil	R\$ 190 mil
Demais capitais estaduais e municípios com população maior ou igual a 250 mil habitantes classificados pelo IBGE como capitais regionais; municípios com população maior ou igual a 100 mil habitantes integrantes das regiões metropolitanas das capitais estaduais, de Campinas, da Baixada Santista e das regiões integradas de desenvolvimento das capitais	R\$ 230 mil	R\$ 190 mil	R\$ 180 mil	R\$ 180 mil
Municípios com população maior ou igual a 100 mil habitantes; municípios com população menor que 100 mil habitantes integrantes das regiões metropolitanas das capitais estaduais, de Campinas, da Baixada Santista e das regiões integradas de desenvolvimento das capitais; municípios com menos de 250 mil habitantes classificados pelo IBGE como capitais regionais	R\$ 180 mil	R\$ 170 mil	R\$ 165 mil	R\$ 160 mil
Municípios com população maior ou igual a 50 mil e menor que 100 mil habitantes	R\$ 145 mil	R\$ 140 mil	R\$ 135 mil	R\$ 130 mil
Municípios com população com entre 20 mil e 50 mil habitantes	R\$ 110 mil	R\$ 105 mil	R\$ 105 mil	R\$ 100 mil
Demais municípios	R\$ 95 mil	R\$ 95 mil	R\$ 95 mil	R\$ 95 mil

Fonte: <http://www20.caixa.gov.br>.

6 RESULTADOS

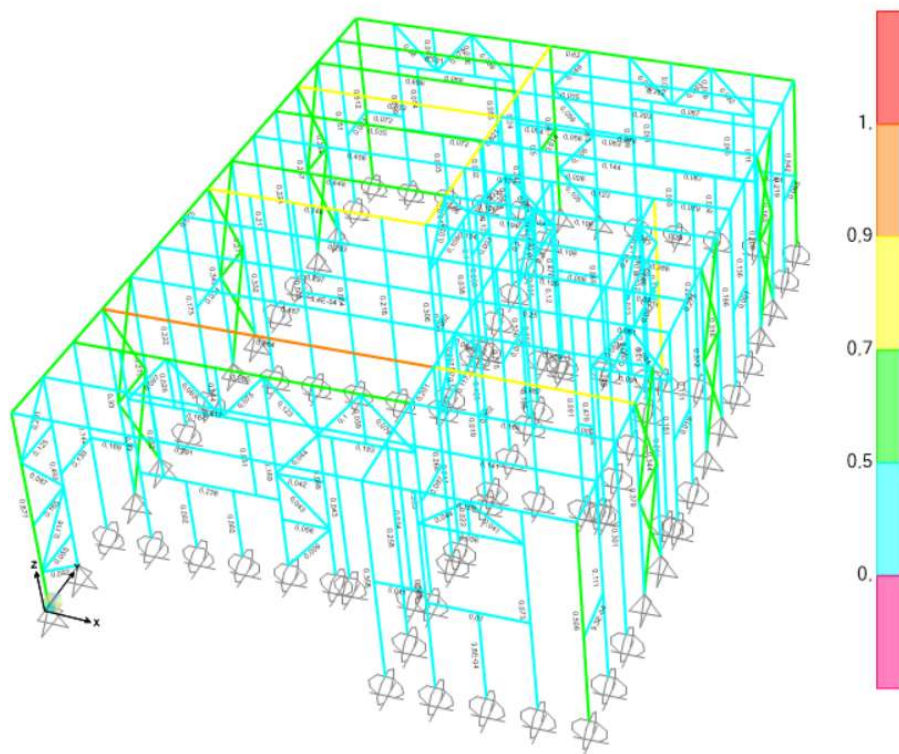
6.1 ANÁLISE TÉCNICA

6.1.1 Desempenho estrutural

Através dos subsistemas constituintes, o sistema trabalha em conjunto, realizando a distribuição dos esforços. Na análise estrutural, foi feito um pré-lançamento dos perfis no *software* SAP2000, permitindo que a análise dos esforços gerados estivesse de acordo com a disposição dos perfis e de suas propriedades físicas.

Com as ações atuantes determinadas e as combinações dos estados limites últimos (ELU) e de serviço (ELS), o *software* SAP2000, realizou primeiro dimensionamento considerando as disposições das peças e suas características e conforme figura 21 apresentada, os perfis formados a frio apresentaram aproveitamento adequado com pouca variabilidade.

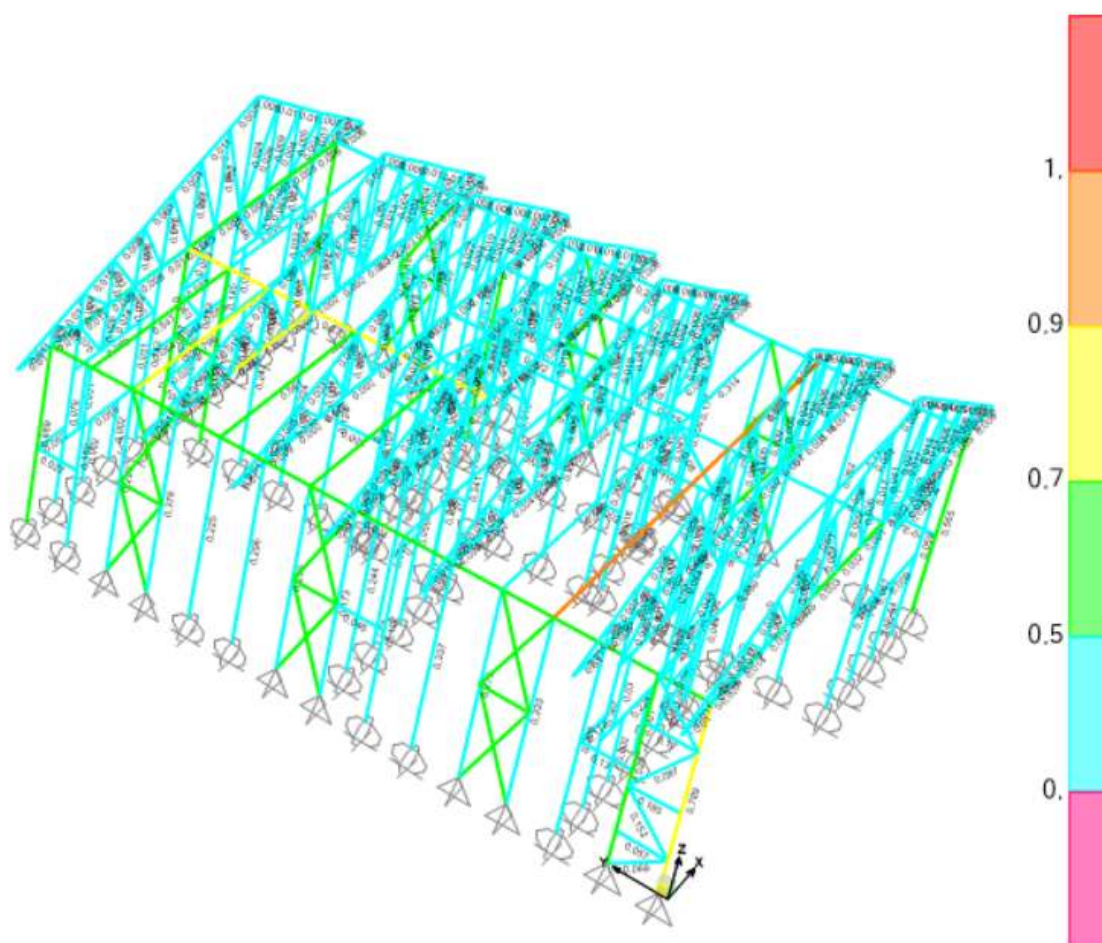
Figura 21 – Esforços normais dispostos na estrutura sem telhado.



Fonte: SAP2000 (2018).

A figura 22 também dispõe as solicitações de primeira ordem com os carregamentos do telhado no software e comprovam o atendimento as cargas solicitantes.

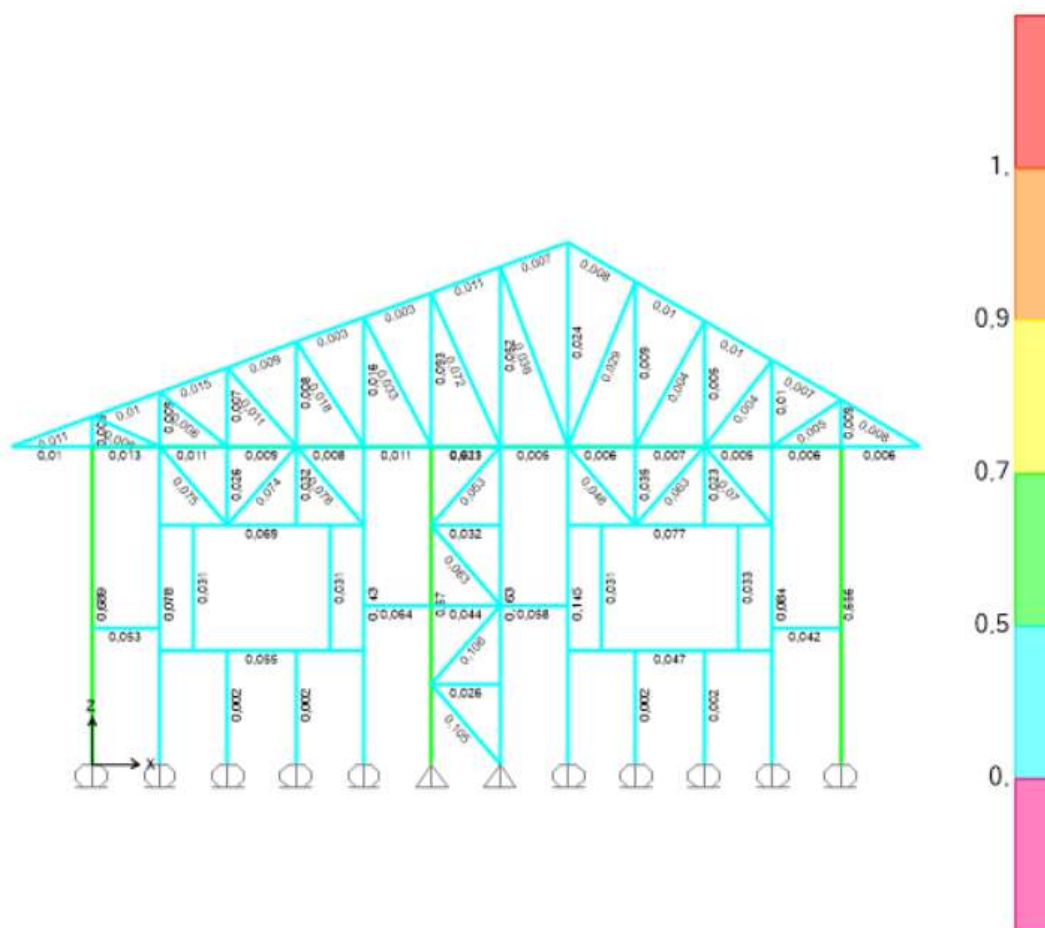
Figura 22 - Análise estrutural no *software* SAP2000 com treliças.



Fonte: SAP2000 (2018).

O corte apresentado na figura 23, apresenta os valores distribuídos em um dos painéis, além dos contraventamentos dispostos no mesmo.

Figura 23 – Corte da análise estrutural no software SAP2000.



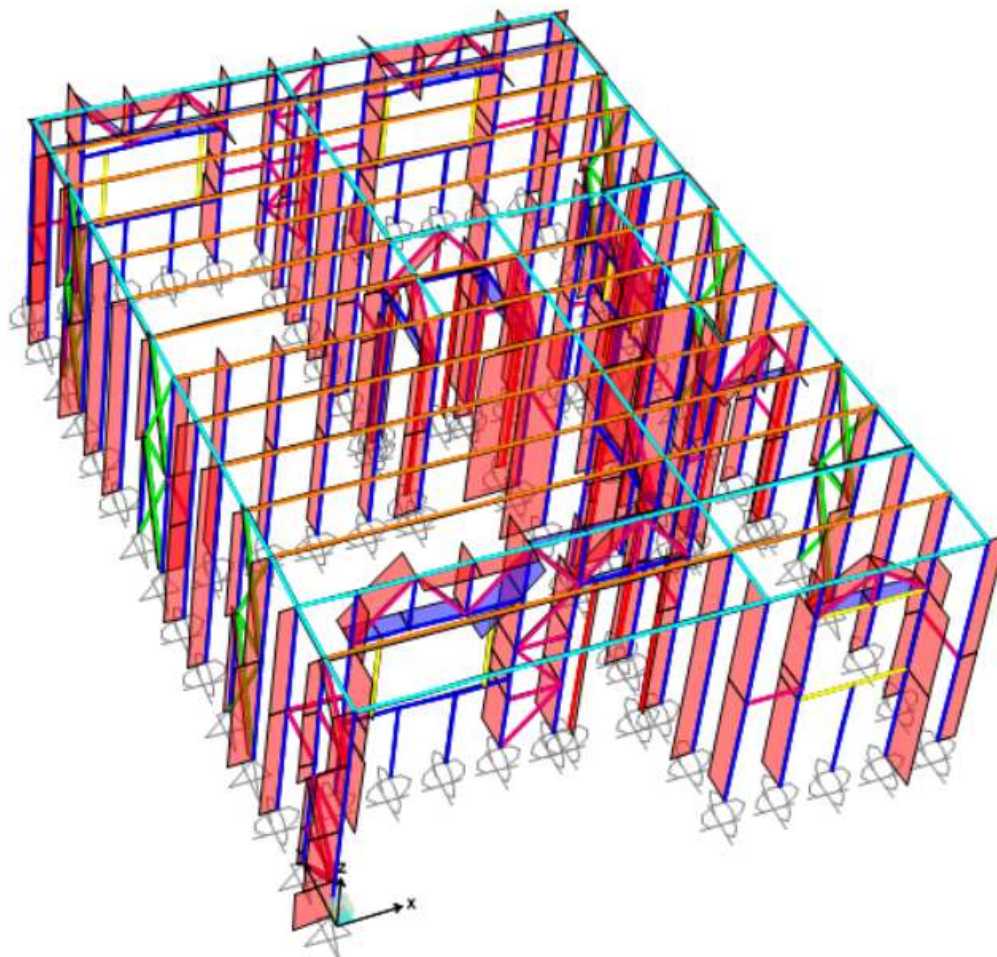
Fonte: SAP2000 (2018).

Posteriormente, como a NBR 14762:2010, determina a necessidade da verificação das deformações causadas pelos esforços solicitantes, além das verificações de estados-limites últimos e de serviço.

Desta forma, o perfil montante U enrijecido, foi definido para dimensionamento conforme a norma considerando o esforço mais solicitante na estrutura.

Os esforços normais foram apresentados em forma de diagramas, conforme figura 24, permitindo uma visão geral da distribuição dos mesmos. Dessa forma, o montante de maior solicitação a compressão foi no valor de 13,52KN e o esforço de maior solicitação a tração verificado foi de 3,36KN.

Figura 24 – Diagramas de esforço normal.



Fonte: SAP2000 (2018).

Para análise do perfil definido, obteve-se as propriedades físicas do mesmo, conforme tabela 9.

Tabela 9 – Dados Iniciais

Ue90 x 40 x 12 x 1,25		
	Dados Iniciais:	
	Altura (H) - mm	90
	Largura (B) - mm	40
	Enrijecedor (d) mm	12
	Espessura (t) - mm	1,25
	Relação r/t	2,09

Fonte: Autoral (2018).

Ainda, considerou-se todas as propriedades físicas, as quais estão demonstradas na tabela 10.

Tabela 10 – Propriedade Geométricas do perfil.

Propriedades Geométricas da Seção	
Área da seção (cm ²)	2,30
Área líquida da seção (cm ²)	1,26
Momento de Inércia (Ix) – (cm ⁴)	22,59
Momento de Inércia (Iy) – (cm ⁴)	29,42
Raio de giração (rx) – (cm)	3,57
Raio de giração (ry) – (cm)	1,54
Raio de giração (rz) – (cm)	3,58
Cte de empenamento (Cw) - (cm ⁶)	92,49
It –(cm ⁴)	0,01
xo – (cm)	3,28
yo – (cm)	0,00
ro	3,87
v	0,30

Fonte: Autoral (2018).

Todas as características do aço foram consideradas e estão dispostas na tabela. 11.

Tabela 11 – Características do Aço.

Características do Aço	
Chapa	ZAR250
Tensão Escoamento (fy)	250
Tensão Última (fu)	360
Módulo Elasticidade (E) - MPa	200.000
Módulo Elasticidade (G) - MPa	77000

Fonte: Autoral (2018)

O comprimento da barra, de acordo com a norma NBR 8800:2008, especifica conforme tabela 12 que para apoios livres o valor a ser adotado para o coeficiente de flambagem por flexão dos elementos isolados é 1.

Tabela 12– Comprimento da barra.

Comprimento da barra	
Kx e Ky	1
Lx (cm)	280
Ly (cm)	280
Lz (cm)	280
Lb (cm)	280
KxLx (cm)	280
KyLy (cm)	280
KzLz (cm)	280

Fonte: Autoral (2018)

Desta forma, realizou-se verificação da barra conforme memorial de cálculo da tabela 13.

Tabela 13 – Cálculo à tração no perfil.

CÁLCULO DA TRAÇÃO	
Ct	1
$N_{t,Rd1}$ (KN)	52,27
$N_{t,Rd2}$ (KN)	27,49
$N_{t,Rd}$ (KN)	27,49
$N_{t,Sd}/N_{t,Rd}$	0,12
VERIFICAÇÃO (<1,00)	OK

Fonte: Autoral (2018).

Com os dados levantados do perfil U enrijecido, realizou-se análise do mesmo para compressão, conforme tabela 14.

Tabela 14-Cálculo à compressão no perfil.

CÁLCULO DA COMPRESSÃO	
Ney (KN)	74,08
Nex (KN)	56,88
Net (KN)	21,72
H	0,28
Next (KN)	35,15
Ne (KN)	21,72
λ_0	1,63
χ	0,33

Cálculo da Área Efetiva - MSE		
η		0,44
κ_l		4,85
N_l		38,90
λ_p		0,70
Aef		2,30 < A
$N_{c,Rd}$ (KN)		15,87
$N_{c,Sd}/N_{c,Rd}$		0,85
VERIFICAÇÃO <1,00		OK

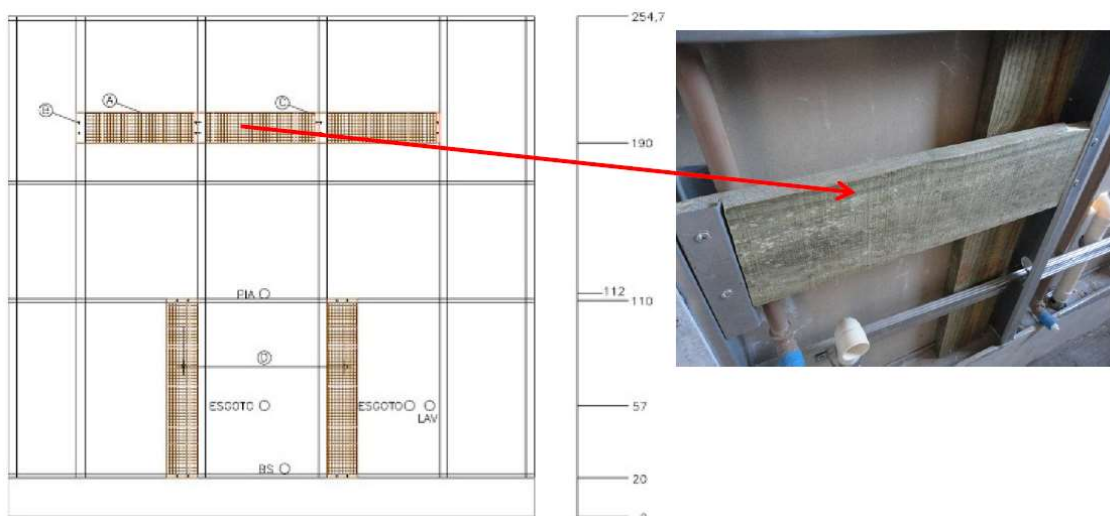
Fonte: Autoral (2018).

A análise da deformação horizontal considera o valor de deslocamento máximo aceito para evitar destacamentos e fissuras. Conforme quadro 6, o máximo valor permitido a fim de evitar destacamentos e fissuras foi de 0,93cm e o deslocamento horizontal máximo orientado é de 0,7cm. Desta forma, a estrutura atende ao deslocamento máximo permitido apresentado deslocamento limite de 0,65 cm e 0,05cm na horizontal.

Conforme citado na metodologia, as análises de corpo mole e corpo duro foram dispensadas, pois conforme orientação da norma, a estrutura foi projetada através da. NBR 14762:2010.

Para o ensaio das peças suspensas, o qual foi aplicado cargas dispostas no quadro 7 para dispositivo de fixação padrão tipo mão-francesa, os resultados atenderam as premissas de projeto, apresentando cargas de uso limitadas por peça em 23kgf e 11,5 por ponto de fixação. Para cargas que superem os valores estabelecidos preveem-se reforços de madeira da espécie Pinus tratadas em autoclave com CCA e dimensões em 200x20mm, conforme figura 25.

Figura 25 - Reforços para fixação de peças suspensas (pia e armários).



Fonte: DATec 014b (2018).

As considerações do fechamento brusco da porta e o impacto de corpo mole, considerou o atendimento mínimo à classe 1 de portas em função dos esforços mecânicos, conforme quadro 8, caracterizando no estudo de caso como satisfatórios

6.1.2 Desempenho térmico

O nível de desempenho ficou em função das cores dos acabamentos externos e a espessura do isolante usado no forro, o qual foi definido a lã de vidro de 50mm, conforme demonstrado no quadro 16.

Quadro 16 – Resumo das cores dos acabamentos para as diversas zonas climáticas.

Zonas Bioclimáticas	Camada de isolante sobre forro (mm) ⁽²⁾	Cor do acabamento externo das paredes ⁽¹⁾			
		Condição padrão ⁽³⁾	Com sombreamento ⁽⁴⁾	Com ventilação ⁽⁵⁾	Com sombreamento e ventilação ⁽⁶⁾
1	50	Não atende	Claras ou Médias	Não atende	Claras ou Médias
2	50	Não atende	Claras ou Médias	Não atende	Claras ou Médias
3	50	Não atende	Claras ou Médias	Não atende	Claras ou Médias
4	50	Claras	Qualquer cor	Claras ou Médias	Qualquer cor
5	50	Não atende	Claras ou Médias	Não atende	Claras ou Médias
6	50	Não atende	Claras ou Médias	Não atende	Claras ou Médias
7	50	Qualquer cor	Qualquer cor	Qualquer cor	Qualquer cor
8	100	Não atende	Claras	Não atende	Claras

Fonte: DATec 014b (2018).

Desta forma, o estudo de caso se caracteriza na zona climática 4, e cumpre todos os requisitos para comprovação do desempenho térmico.

6.1.3 Desempenho acústico

O ensaio realizado pelo IPT considerou a verificação do índice de isolamento sonora, obtendo-se assim uma redução sonora (R_w) de 50dB na parede de fachada e índice de redução sonora (R_w) de 51 dB nas paredes de germinação, dos quais os resultados são apresentados no quadro 17.

Quadro 17 – Síntese dos critérios de desempenho e do resultado do ensaio de isolamento sonora.

Elemento	Critério de desempenho: valor mínimo (R_w em dB), exposto na ABNT NBR 15575-4:2013	Valor de R_w determinado em laboratório (dB)
Parede entre unidades	Parede de germinação nas situações onde não haja ambiente dormitório – 45 dB Parede de germinação no caso de pelo menos um dos ambientes ser dormitório – 50 dB	51
Parede de fachada	Classe I – 25 dB Classe II - 30 dB Classe III – 35 dB (valores expressos em função da classe de ruído)	50

Fonte: DATec 014b (2018).

Os resultados identificados concluem que o nível de desempenho é atendido estando acima dos valores mínimos de desempenho (M), enquadrando-se em um nível de desempenho superior (S).

Para as medições em campo, considerou-se as conclusões dispostas no DATec 14b, o qual analisou considerando a isolamento a ruídos aéreos da envoltória de unidades térreas, com janela de alumínio de duas folhas de correr de vidro e cobertura formada por forro em placa de gesso para *drywall*, obtendo resultado de 27dB e de acordo com valores mínimos (M), apresentados no quadro 18.

Quadro 18 - Síntese dos critérios de desempenho mínimos para fachadas.

Classe de Ruído	Critério de desempenho mínimo, para valores de campo $D_{2m,nTw}$ (dB)	Resultado da medição em campo $D_{2m,nTw}$ (dB)
I	20	27
II	25	
III	30	

Fonte: DATec 014b (2018).

6.2 ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA

Buscando analisar a viabilidade econômica da habitação popular do presente estudo, realizou-se levantamento de todos os componentes constituintes do projeto e obteve-se os seguintes quantitativos demonstrados na tabela 15.

Tabela 15 – Planilha orçamentária.

Item	Referência	Descrição	Und	Quant	Valor Unit	Total
1.0		SERVIÇOS PRELIMINARES				8.495,08
1.1	TCPO	Limpeza do terreno com capina e remoção	m2	58,00	1,41	81,78
1.2	TCPO	Ligação provisória de água e instalação provisória de luz	und	1,00	1.777,01	1.777,01
	TCPO	Ligação provisória de luz e força para obra	und	1,00	1.930,17	1.930,17
1.3	TCPO	Tapume de chapa de madeira compensada 6mm com montagem	m2	58,00	74,27	4.307,66
1.4	TCPO	Locação da obra e execução de gabarito	m2	58,00	6,87	398,46
2.0		SUPERESTRUTURA				13.920,38
2.1		Estrutura Light Steel Framing - Paredes e cobertura				
2.1.1	TCPO	Steel frame para parede interna, fechamento em gesso acartonado entre ambientes secos e úmidos, espaçamento entre os perfis verticais de 60cm - pavimento de cobertura (Perfis 140 x 0,8)	m2	50,40	60,11	3029,544
2.1.2	COMP	Painel estrutural externo em steel frame com fechamento em OSB, mais placa de gesso acartonada ou placa cimentícia, incluindo montagem	m2	42,00	57,93	2433,06
2.1.3	COMP	Painel estrutural interno em steel frame com fechamento em OSB, mais placa de gesso acartonada ou placa cimentícia, incluindo montagem	m2	146,0	57,93	8457,78
3.0		PAREDES E PAINÉIS				11.047,26
3.1		Painéis e fechamento				

3.1.1	COMP	Painel interno e externo de fechamento - OSB - 1,20 x 2,40m	unid	48,00	125,2	6.009,60
3.1.2	SINAPI	Chapa de gesso acartonado, standard (ST), cor branca, E=12,5mm, 1200 X 2400mm	m ²	146,00	16,41	2.395,86
3.1.3	COMP	Chapa de gesso acartonado, standard (RU), E=12,5mm, 1200 X 2400mm	m ²	26,88	23,00	618,24
3.1.4	SINAPI	Placa cimentícia lisa E=10mm, DE 1,20 X 3,00m (sem amianto)	m ²	42,00	48,18	2.023,56
4.0		COBERTURA				7.958,18
4.1		Estrutura metálica				
4.1.1	COMP	Estrutura metálica em tesoura ou treliça, vão livre de 8,4m, fornecimento e montagem.	m ²	48,03	60,11	2.887,08
4.2		Cobertura				
4.2.1	SINAPI	Telha de fibrocimento 1 aba, de 0,45 x 1,53m	und	70	71,18	4.982,60
4.2.2	SINAPI	Calha para água furçada de chapa de aço galvanizada nº26, corte 33cm	m	2,00	21,07	42,14
4.2.3	SINAPI	Suporte para calha de 150mm em ferro galvanizado	und	2,00	3,66	7,32
4.2.4	SINAPI	Rufo em chapa de aço galvanizada nº24, desenv.25cm.	m	1,00	15,73	15,73
4.2.5	SINAPI	Cumeeira articulada (aba interna ou externa superior) para telha de fibrocimento, e=6mm, aba 350M, comprimento 1100MM (sem amianto)	m	1,00	23,31	23,31
4.2.6	SINAPI	Parafuso zincado rosca soberba 5/16" x 120mm para telha de fibrocimento	und	200,0	0,74	148,00
5.0		IMPERMEABILIZAÇÃO E ISOLAÇÃO TÉRMICA				514,94
5.1		Impermeabilização e isolamento térmico para light steel framing				
5.1.1	COMP	Impermeabilização com membrana hidrófuga tyvek homewrap	unid	2	257,47	514,94
5.1.2	SINAPI	Painel de lã de vidro sem revestimento PSI 20, E = 50mm, de 1200 X 600mm	m ²	94,00	16,07	1.510,58
5.1.3	SINAPI	Manta em PVC para laje de cobertura	m ²	55,44	18,75	1.039,50
6.0		ESQUADRIAS				3.579,90
6.1		Esquadrias de Madeira				

6.1.1	SINAPI	Porta de madeira, folha leve (NBR 15930) de 80 X 210 CM, e = *35* MM, núcleo sarrafeado, capa frisada em HDF, acabamento melaminico em padrão madeira	Unid.	5,00	206,40	1.032,00
6.2		Esquadrias de Alumínio				
6.2.1	SINAPI	Janela de correr em alumínio, 120 X 120 cm (A X L), 2 fls, sem bandeira, acabamento acet ou brilhante, batente/requadro de 6 a 14cm, com vidro, sem guarnição/alizar	Unid.	4,00	535,10	2.140,40
6.2.2	SINAPI	Janela fixa em alumínio 60 x 80 cm (A X L), batente/requadro de 3 a 14 cm, com vidro, sem guarnição/alizar	Unid.	1,00	407,50	407,50
7.0		INSTALAÇÕES ELÉTRICAS				2.459,34
7.1		Eletrodutos/ conexões				
7.1.1	TCPO	Entrada de energia em poste particular da edificação potência instalada até 5KW	Und	1,00	727,59	727,59
7.1.2	TCPO	Eletroduto de pvc flexivel corrugado 25mm (3/4")	m	2,00	3,87	7,74
7.1.3	TCPO	Eletroduto de pvc flexivel corrugado 32 mm (1")	m	2,00	4,31	8,62
7.2		Quadros Elétricos				
7.2.1	TCPO	Quadro de distribuição de luz em PVC de embutir, até 8 divisões modulares, dimensões externas 160 x 2,40 x 89mm	Und	1,00	146,44	146,44
7.2.2	TCPO	Caixa de ligacao 4" x 4" em chapa estampada, quadrada	Und	2,00	8,42	16,84
7.3		Disjuntores				
7.3.1	TCPO	Disjuntor termomagnetico monopolar 16 a	Und	1,00	11,70	11,70
7.3.2	TCPO	Disjuntor termomagnetico monopolar 20 a	Und	2,00	14,60	29,20
7.3.3	TCPO	Disjuntor termomagnetico monopolar 25 a	Und	2,00	14,64	29,28
7.3.4	TCPO	Disjuntor termomagnetico bipolar 16 a	Und	3,00	51,88	155,64

7.3.5	TCPO	Disjuntor termomagnético bipolar 20 a	Und	1,00	52,04	52,04
7.3.6	TCPO	Disjuntor termomagnético bipolar 40 a	Und	2,00	85,19	170,38
7.3.7	TCPO	Disjuntor termomagnético tripolar 50 a	Und	1,00	67,65	67,65
7.4		Alimentadores				
7.4.1	TCPO	Tubo de cobre com isolamento térmico (1/2")	m	2,00	20,50	41,00
7.4.2	TCPO	Tubo de cobre com isolamento térmico (5/8")	m	1,00	24,57	24,57
7.4.3	TCPO	Tubo de cobre com isolamento térmico (1 1/8")	m	1,00	44,25	44,25
7.5		Tomadas/Interruptores				
7.5.1	TCPO	Interruptor, duas teclas simples 10A-250V	unid.	4,00	16,71	66,84
7.6.2	TCPO	Interruptor, uma tecla simples e duas teclas paralelo 10A- 250V	unid.	2,00	35,64	71,28
7.6.3	TCPO	Interruptor, duas teclas simples e uma tecla paralelo 10A- 250V	unid.	1,00	31,64	71,28
7.6.4	TCPO	Tomada de 2 polos e terra com espelho 20A - 250V	unid.	10,00	13,62	136,20
7.6.5	TCPO	Tomada para telefone com 4 polos, padrão telebras	unid.	3,00	17,00	51,00
7.6.6	COMP	Caixa plástica fixada em painel drywall para interruptor e tomadas 4" x 2"	unid.	20,00	26,49	529,80
8.0		INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS				7.310,07
8.1		Entrada de água				
.1.1	SINAPI	Kit cavalete PVC com registro 1/2" completo	Und	1	58,85	58,85
8.2		Rede de água fria - Tubos e conexões				
8.2.1	SINAPI	Cotovelo/joelho 90 graus, em polipropileno, PN 16, para tubos PEA, 20 X 20 mm ligação predial de água	Und	4	2,56	10,24
8.2.2	SINAPI	Joelho 90° de pvc soldável para água fria 25mm	Und	1	1,24	1,24
8.2.3	SINAPI	Cotovelo/joelho 90 graus, em polipropileno, PN 16, para tubos PEA, 32 X 32 mm ligação predial de água	Und	1	3,68	3,68

8.2.4	SINAPI	Te de redução, PVC, soldável, 90 graus, 25mm x 20mm, para água fria	Und	2	1,98	3,96
8.2.5	SINAPI	Te de redução, PVC, soldável, 90 graus, 32mm x 25mm, para água fria	Und	1	3,86	3,86
8.2.6	SINAPI	Te de redução, PVC, soldável, 90 graus, 40mm x 32mm, para água fria	Und	2	5,27	10,54
8.2.7	SINAPI	Te de redução, PVC, soldável, 90 graus, 75mm x 50mm, para água fria	Und	2	27,21	54,42
8.2.8	SINAPI	Joelho, PVC soldável, 45 graus, 20mm, para água fria	Und	2	0,51	1,02
8.2.9	SINAPI	Joelho, PVC soldável, 45 graus, 25mm, para água fria	Und	1	0,89	0,89
8.2.10	SINAPI	Joelho, PVC soldável, 45 graus, 32mm, para água fria	Und	2	2,37	4,74
8.2.11	SINAPI	Tubo de pvc soldável para água fria 20mm sem conexões	m	20	0,94	18,80
8.2.12	SINAPI	Tubo de pvc soldável para água fria 25mm sem conexões	m	20	1,18	23,60
8.2.13	SINAPI	Tubo de pvc soldável para água fria 32mm sem conexões	m	12	1,82	21,84
8.2.14	SINAPI	Tubo de pvc soldável para água fria 50mm sem conexões	m	4	3,29	13,16
8.3		Rede de água fria - Registros e válvulas				
8.3.1	SINAPI	Registro gaveta com acabamento e canopla cromados, simples, bitola 1" (REF1509)	Und	2	67,69	135,38
8.3.2	SINAPI	Registro gaveta com acabamento e canopla cromados, simples, bitola 1 1/4" (REF1509)	Und	2	94,12	188,24
8.3.3	SINAPI	Registro gaveta com acabamento e canopla cromados, simples, bitola 3/4" (REF1509)	Und	2	55,30	110,60
8.3.4	SINAPI	Válvula de descarga metálica, base 1 1/4" e acabamento metálico cromado	Und	2	106,17	212,34
8.3.5	SINAPI	Caixa d'água em polietileno 500 litros, com tampa	Und	1	165,80	165,80
8.4		Rede de esgoto - Tubos, conexões e acessórios				
8.4.1	SINAPI	Tubo PVC serie normal, DN 40mm, para esgoto predial (NBR 5688)	m	1	2,40	2,40

8.4.2	SINAPI	Tubo de pvc branco diametro 50 mm (2") ponta e bolsa	m	5		0,00
8.4.3	SINAPI	Tubo PVC serie normal, DN 100mm, para esgoto predial (NBR 5688)	m	22	8,99	197,78
8.4.4	SINAPI	Junção de redução invertida, PVC soldável, 100 x 50mm, serie normal para esgoto predial	unid.	2	9,56	19,12
8.4.5	SINAPI	Redução excentrica PVC para esgoto predial DN 100 x 50mm	unid.	2	2,90	5,80
8.4.6	SINAPI	Joelho PVC, roscavel, 90 graus 1/2", para água fria predial	unid.	2	1,24	2,48
8.4.7	SINAPI	Joelho PVC, roscavel, 90 graus, DN 50mm, para esgoto predial	unid.	10	1,54	15,40
8.4.8	SINAPI	Joelho PVC, roscavel, 90 graus, DN 40mm, para esgoto predial	unid.	2	1,64	3,28
8.4.9	SINAPI	Te sanitário, PVC, DN 100 x 100mm, serie normal, para esgoto predial	unid.	2	9,75	19,50
8.4.10	SINAPI	Te de redução PVC, roscavel, 90 graus. 1 1/2" x 3/4", para água fria predial	unid.	2	12,06	24,12
8.5		Rede de esgoto - Caixas e ralos				
8.5.1	SINAPI	Caixa sifonada PVC 150 x 150 x 50mm com tampa cega quadradra branca	unid.	1	21,71	21,71
8.5.2	SINAPI	Caixa sifonada PVC, 100 x 100 x 50mm, com grelha redonda branca	unid.	4	9,40	37,60
8.5.3	SINAPI	Caixa de inspeção, concreto pré-moldado, circular, com tampa, D=40*cm	unid.	1	5.266,0	5.266,00
8.6		Aparelhos e metais				
8.6.1	SINAPI	Lavatório de louça branca com coluna 44 x 35,5cm	unid.	2	115,08	230,16
8.6.2	SINAPI	Bancada de marmora sintético com uma cuba, 1,20 x 60cm	m	2	136,34	272,68
8.6.3	SINAPI	Tanque simples em marmore sintético de fixar na parede, capacidade de 22 Litros, 60 x 46cm	unid.	1	133,61	133,610
8.6.4	SINAPI	Torneira cromada curta sem bico para tanque, padrão popular, 1/2" ou 3/4" (REF 1140)	unid.	1	15,23	15,23
9.0		REVESTIMENTOS DE PAINÉIS				559,29

9.1		Revestimentos de painéis para ambientes úmidos					
9.1.1	SINAPI	Ceramica parede	m ²	10,00	15,15	151,50	
9.1.2	SINAPI	Rejunte branco, cimentício	Kg	5,38	2,57	13,83	
9.2		Revestimentos de painéis externos					
9.2.1	TCPO	Estucagem de superfície de concreto	m ²	42,00	6,18	259,56	
9.2.2	TCPO	Polimento de estuque por lixamento manual da superfície	m ²	42,00	3,20	134,40	
10		PINTURAS				2.393,13	
10.1		Pinturas em forros e painéis					
10.1.1	TCPO	Pintura com tinta latex PVA em parede interna, com duas demãos, sem massa corrida	m ²	42,00	8,44	354,48	
10.1.2	TCPO	Emassamento de parede externa com massa acrílica com duas demões, para pintura látex	m ²	42,00	9,01	378,42	
10.1.3	TCPO	Emassamento de parede interna com massa corrida à base de PVA, com duas demões, para pintura látex.	m ²	42,00	9,01	378,42	
10.2		Pinturas em esquadrias de madeira					
10.2.1	TCPO	Pintura com verniz em esquadria de madeira com 3 demãos	m ²	8,40	12,69	106,60	
11		PISOS					
11.1		Revestimentos e pisos					
11.1.1	SINAPI	Piso em cerâmica esmaltada, comercial (padrão popular), PEI maior ou igual a 3, formato maior ou menor menor ou igual a 2025cm ²	m ²	50,40	15,15	763,56	
11.1.3	TCPO	Rejuntamento de piso cerâmico com argamassa pré-fabricada junta: 6mm	m ²	20,16	3,29	66,33	
11.2		Rodapés/ soleiras					
11.2.1	TCPO	Rodapé de madeira macica cumaru/ipe champanhe ou equivalente da região	m	33,56	10,29	345,33	
12		SERVIÇOS COMPLEMENTARES				323,24	
12.1		Pavimentação externa					
12.1.1	TCPO	Passeio em concreto fck 15 MPa, formando quadrados ripados de 1,2 x 1,2m, e=7cm	m ²	2,00	47,07	94,14	
12.2		Limpeza Geral					

12.2.1	TCPO	Limpeza geral e final da obra	m ²	58,00	3,95	229,10
TOTAL CONSTRUÇÃO						59.909,86

Fonte: Autorial (2018)

Desta forma, conclui-se que a habitação em questão, considerando os materiais utilizados, se enquadra nos valores estipulados pela Caixa Econômica Federal no que tange a parte estrutural e de instalações, conforme valores estabelecidos para financiamento dispostos no quadro 13.

A análise do custo do estudo de caso em questão, do qual não orçou o custo das fundações, permaneceu dentro dos valores estipulados no CUB.

6.2.1 Produção em grande escala

O objeto de estudo refere-se a uma residência situado em um condomínio constituído de 86 habitações populares. Por se tratar de habitações sociais tem a preocupação para execução em grande escala visto o melhor aproveitamento dos recursos.

Dessa forma, o sistema apresenta uma maior vantagem para a execução em grande escala devido a fatores como transporte e mão de obra, além da redução do tempo de execução pelo caráter de industrialização que o sistema apresenta.

7 CONCLUSÕES

O sistema construtivo Light Steel Framing, através de suas especificações construtivas, apresenta diversas vantagens, os quais permite uma construção a seco com grande rapidez de execução.

O estudo de caso permitiu o aprofundamento do conhecimento no processo construtivo Light Steel Framing e das considerações de desempenho que a estrutura deve apresentar para atender ao um nível adequado ao uso de acordo com as normas brasileiras.

Apesar de não ser difundido no Brasil, o sistema vem apresentando considerável representatividade de engenheiros no mercado, que buscam difundir o conhecimento.

Desta forma, o estudo em questão permitiu uma análise mais aprofundada dos sistemas estruturais, além dos sistemas de vedações, os quais comprovam por meio dos documentos técnicos e normas de referência que o processo construtivo é uma das alternativas para construções sustentáveis que garantem um completo desempenho.

Para o enquadramento em habitações sociais, o sistema construtivo se mostrou economicamente viável para os financiamentos realizados pela Caixa Econômica Federal, além das diversas alternativas que o mesmo pode apresentar, dentre elas, a especialização do comprador para que o mesmo possa arcar apenas com os recursos, com conseqüente redução no custo do financiamento, e se especialize nas técnicas de manipulação do sistema.

O estudo em questão foi enriquecedor para o crescimento profissional e pessoal pois permitiu uma visão ampla de como um sistema construtivo pode impactar de forma positiva se implementado visando atender e tornar viável a todas as pessoas.

8 ESTUDOS FUTUROS

Por se tratar de um sistema construtivo que vêm ganhando espaço no Brasil, diversos estudos são de grande valia para a difusão do mesmo.

De acordo com o estudo em questão, segue sugestões para estudos futuros:

- Analisar estrutura em Light Steel Framing considerando os efeitos de temperatura, e demonstrar o impacto a edificação;
- Analisar comparativo orçamentário da construção utilizando apenas perfis padronizados por perfiladeiras e perfis usualmente comercializados, para fins comparativos.
- Realizar estudo econômico para condomínios habitacionais em Light Steel Framing e alvenaria.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AÇOS CURITIVA. Disponível em: < <http://www.acoscuritiba.com.br/perfil-estrutural/>>. Acesso em: 09 set. 2018.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 8800:2008 – **Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios**. Rio de Janeiro, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 6120:1980 – **Cargas para o cálculo de estruturas de edificações**. Rio de Janeiro, 1980.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 6123: 1988 – **Forças devidas ao vento em edificações**. Rio de Janeiro, 1988.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 15253: 2014 – **Perfis de aço formados a frio, com revestimento metálico, para painéis estruturais reticulados em edificações — Requisitos gerais**. Rio de Janeiro, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 6355:2012- **Perfis estruturais de aço formados a frio — Padronização**. Rio de Janeiro, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 15217:2018 – **Perfis de Aço para Sistemas de Gesso Acartonado – Requisitos**. Rio de Janeiro, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 14715:2010 – **Chapas de Gesso Acartonado – Requisitos**. Rio de Janeiro, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 14717:2001 – **Chapas de Gesso Acartonado – Determinação das Características Físicas**. Rio de Janeiro, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 15498:2014 – **Placa Plana Cimentícia sem Amianto – Requisitos e Métodos de Ensaio**. Rio de Janeiro, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 15575:2013 – **Edificações habitacionais– Desempenho**. Rio de Janeiro, 2013.

AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL. **Manual da Construção Industrializada**, V. 1. Brasília, p. 09, 2015.

BLOG LIGHT STEEL FRAME. 7 casa light Steel framing. 11 nov. 2012. Disponível em: < <http://arquitetandocomafabi.blogspot.com/2012/11/residencia-pinhais07-instalacao-dos.html> >. Acesso em: 28 nov. 2018.

BROLLO, F. **Crédito imobiliário e déficit de moradias: uma investigação dos fatores econômicos e institucionais do desenvolvimento habitacional no Chile e no Brasil**. 2004. Disponível em: < <https://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/bitstream/handle/10438/1814/FernandaBrollo2004.pdf> >. Acesso em 12 Out. 2018.

BUONFIGLIO, L. V. **Habitação de interesse social**. Universidade Federal do Ceará. p.8, 2002.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. **Programa Minha Casa Minha Vida 2017: Entenda o que muda no programa**. Disponível em: < <http://www20.caixa.gov.br/Paginas/Noticias/Noticia/Default.aspx?newsID=4550> > Acesso em: 29 nov. 2018.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. **Programa Minha Casa Minha Vida- Habitação Urbana**. <<http://www.caixa.gov.br/voce/habitacao/minha-casa-minha-vida/urbana/Paginas/default.aspx>>. Acesso em: 15 nov. 2018.

CALDEIRA, R. C. S. R. **Contribuição ao estudo das possibilidades permitidas pelo sistema estrutural em aço nos edifícios brasileiros: um estudo de caso**. Dissertação para mestrado. São Paulo: FAUUSP, Departamento de Tecnologia, 2001.

CAMPOS, P. F. **Light Steel Framing- uso em construções habitacionais empregando a modelagem virtual como processo de projeto e planejamento**. São Paulo, 2014.

CARVALHO, P. R. M. de. GRIGOLETTI, G. BARBOSA, G. D. **Curso básico de perfis de aço formados a frio**. 3ª Edição. Porto Alegre. 2014.

Catalogo Eternit Fibrocimento CFRS. Disponível em:
<<https://www.eternit.com.br/downloads/CATALOGO%20ETERNIT%20FIBROCIMENTO%20CRFS%20WEB.pdf>> Acesso em 26 jul. 2018.

CÉSAR, A.A.S. **Arquitetura e tecnologia em sistemas construtivos industrializados: Light Steel Framing**. Lavras – MG. 2011.

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

CRASTO, R.C.M. **Arquitetura e tecnologia em sistemas construtivos industrializados: light steel framing**. Ouro Preto. 2005.

CRASTO, R. C. M. FREITAS, A. M. S. **Construções em Light Steel Frame**. São Paulo: Revista Técnica, Pini, 2006. 5 p. Disponível em: Acesso em: 16 julho 2018.

FITTIPALDI, Mônica. **Habitação social e arquitetura sustentável em Ilhéus/BA**. 2008. Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus.

GALVAN, I. C. G. **Habitação popular no brasil para a melhoria da qualidade de vida da população**. 2013. Disponível em: < http://cac.php.unioeste.br/eventos/conape/anais/ii_conape/Arquivos/direito/Expandido2_6.pdf> Acesso em 11 out. 2018.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Disponível em:
<<https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/sociais/habitacao.html>> Acesso em 11 de out. 2018.

JUNIOR, João Kaminski. **Construções de light steel frame**. Revista Técnica, São Paulo, edição 112, jul. 2006, texto digital. Disponível em: < http://coral.ufsm.br/decc/ECC8058/Downloads/Construcoes_de_Light_Steel_Frame_Techne_n_112_2006.pdf > Acesso em: 13 out. 2018.

LORENZETTI, Maria Sílvia Barros. **A questão Habitacional no Brasil**. Consultoria Legislativa, Brasília. Jul. 2001.
file:///D:/Users/larissa.neves/Downloads/questao_habitacional_lorenzetti.pdf

PRAVIA, Z. M. C.; CHIARELLO, J.A. **O programa visualventos: determinação de forças devidas ao vento em edificações de base retangular e cobertura a duas águas segundo a nbr 6123. 2003.** Disponível em: <<http://www.abenge.org.br/cobenge/arquivos/16/artigos/NMT542.pdf>> Acesso em 21 out. 2018.

PEREIRA, A. G. **Técnicas de construção** 4ª ed.. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica. Cuiabá: Universidade Federal de Mato Grosso, 2013.

PEDROSO, S. P. FRANCO, G. A. BASSO, G. L. BOMBONATO, F. A. **12º encontro científico.** 2014. Disponível em: <<https://www.fag.edu.br/upload/ecci/anais/559532ca64bc5.pdf>> Acesso em: 04 Out. 2018.

Programa Brasileiro da qualidade e produtividade do Habitat – PBQP-H. Disponível em <http://pbqp-h.cidades.gov.br/projetos_sinat.php> Acesso em 15 nov.2018.

RODRIGUES, F. C. **Steel Framing: Engenharia.** Centro Brasileiro de Construção em Aço (CBCA). Rio de Janeiro, 2006.

SANTIAGO, A. K. **O uso do sistema Light Steel Framing associado a outros sistemas construtivos como fechamento vertical externo não estrutural.** Ouro Preto. 2008.

SANTIAGO, A.K. **Steel framing: arquitetura.** 2ª ed. Centro Brasileiro de Construção em Aço (CBCA). Rio de Janeiro. 2012.

SCHARFF, R. **Residential steel framing handbook.** New York: McGraw Hill, 1996. 429 p. SHULL, M.; ZAGER, L. Monthly Labor Review. Factors affecting the international softwood lumber market, 1987-93, February 1994. 21-29.

TAKÊ INCORPORADORA. 25 mai 2018. Disponível em: <<http://takeincorp.com.br/light-steel-frame/>>. Acesso em: 09 ago. 2018.

REVISTA GESTÃO E DESENVOLVIMENTO EM CONTEXTO- GEDECON. Rio Grande do Sul: Universidade de Cruz .Disponível em: <<http://revistaeletronica.unicruz.edu.br/index.php/GEDECON/article/viewFile/861/577>> Acesso em 10 out. 2018.

RODRIGUES, F. C. CALDAS, R. B. **Steel Framing: Engenharia** 2ª ed. revisada. Instituto aço Brasil centro brasileiro da construção em aço. Rio de Janeiro. 2016.

Disponível em:

<http://www.skylightestruturas.com.br/downloads/101497_manual_lsf_engenharia_2016.pdf> Acesso em 14 nov. 2018.

ANEXO – Tabelas de pré-dimensionamento

Observação: Para a largura da mesa igual a 40 mm deve-se adotar um comprimento mínimo do enrijecedor, D_{min} , igual a 12 mm.

Tabela 1 - Vãos máximos para vigas de piso.

Vãos simples com enrijecedores de alma
(Peso próprio do piso = 0,479 kN/m²)

Designação	SOBRECARGA DE 1,437 kN/m ²				SOBRECARGA DE 1,916 kN/m ²			
	Espaçamento entre vigas (mm)				Espaçamento entre vigas (mm)			
	304	406	487	609	304	406	487	609
M140x40-0,95	3530	3225	3022	2768	3225	2921	2743	2463
M140x40-1,25	3860	3505	3302	3048	3505	3175	2997	2768
M140x40-1,55	4140	3759	3530	3276	3759	3403	3200	2971
M140x40-2,25	4445	4038	3784	3505	4038	3657	3454	3200
M140x40-2,46	4927	4495	4216	3911	4495	4064	3835	3556
M200x40-0,95	4775	4089	3733	3352	4267	3657	3352	2794
M200x40-1,25	5207	4724	4445	4140	4724	4292	4038	3733
M200x40-1,55	5588	5080	4800	4445	5080	4622	4343	4038
M200x40-2,25	5994	5461	5130	4749	5461	4953	4673	4318
M200x40-2,46	6705	6096	5740	5308	6096	5537	5207	4826
M250x40-1,25	6248	5689	5181	4648	5689	5080	4648	4140
M250x40-1,55	6731	6121	5740	5334	6121	5562	5232	4851
M250x40-2,25	7213	6553	6172	5740	6553	5969	5613	5207
M250x40-2,46	8077	7340	6908	6400	7340	6654	6273	5816
M300x40-1,25	7137	6172	5638	5054	6375	5537	5054	4064
M300x40-1,55	7848	7112	7213	5969	7112	6477	6553	5334
M300x40-2,25	8432	7645	7213	6680	7645	6959	6553	6070
M300x40-2,46	9423	8559	8051	7467	8559	7772	7315	6781

Tabela 2 - Vãos máximos para vigas de piso.
 Vãos múltiplos com enrijecedores de alma
 (Peso próprio do piso = 0,479 kN/m²)

Designação	SOBRECARGA DE 1,437 kN/m ²				SOBRECARGA DE 1,916 kN/m ²			
	Espaçamento entre vigas (mm)				Espaçamento entre vigas (mm)			
	304	406	487	609	304	406	487	609
M140x40-0,95	3911	3403	3098	2768	3505	3022	2768	2413
M140x40-1,25	4775	4114	3759	3352	4267	3683	3352	2997
M140x40-1,55	5359	4648	4241	3784	4800	4165	3784	3403
M140x40-2,25	5943	5232	4775	4267	5384	4673	4267	3810
M140x40-2,46	6629	6019	5664	5080	6019	5461	5130	4572
M200x40-0,95	4394	3556	3098	2616	3733	2997	2616	2184
M200x40-1,25	5918	5080	4673	3810	5308	4343	4191	3251
M200x40-1,55	7010	6070	5537	4953	6248	5410	4953	4419
M200x40-2,25	7874	6832	6223	5562	7061	6096	5562	4978
M200x40-2,46	8991	8178	7518	6705	8178	7366	6705	5994
M250x40-1,25	6553	5461	4800	4089	5715	4673	4089	3454
M250x40-1,55	7772	6731	6146	5486	6959	6019	5486	4724
M250x40-2,25	9296	8051	7975	6578	8331	7213	5613	5867
M250x40-2,46	10820	9728	8864	7924	9829	8686	7924	7086
M300x40-1,25	6502	5257	4597	3860	5537	4445	3860	3225
M300x40-1,55	8432	7239	6654	5435	7543	6197	5842	4622
M300x40-2,25	9931	8610	7848	7010	8890	7696	7035	6273
M300x40-2,46	12573	11176	10210	9144	11480	10007	9144	8178

Tabela 3 - Vãos máximos para vigas de piso.
 Vãos simples sem enrijecedores de alma
 (Peso próprio do piso = 0,479 kN/m²)

Designação	SOBRECARGA DE 1,437 kN/m ²				SOBRECARGA DE 1,916 kN/m ²			
	Espaçamento entre vigas (mm)				Espaçamento entre vigas (mm)			
	304	406	487	609	304	406	487	609
M140x40-0,95	2489	1879	1549	1244	1981	1498	1244	990
M140x40-1,25	3860	3505	3302	2413	3505	2921	2413	1930
M140x40-1,55	4140	3759	3276	3530	3759	3403	3200	2971
M140x40-2,25	4445	4038	3784	3505	4038	3657	3454	3200
M140x40-2,46	4927	4495	4216	3911	4495	4368	3835	3556
M200x40-0,95	-	-	-	-	-	-	-	-
M200x40-1,25	4216	3175	2641	2108	3378	2540	2108	1676
M200x40-1,55	5588	5080	4470	3556	5080	4470	3708	2971
M200x40-2,25	5994	5461	5130	4749	5461	4953	4673	4318
M200x40-2,46	6705	6096	5740	5308	6096	5537	5207	4826
M250x40-1,25	-	-	-	-	-	-	-	-
M250x40-1,55	6527	4902	4064	3251	5207	3911	3251	2590
M250x40-2,25	7239	6553	6172	5588	6553	5969	5613	4470
M250x40-2,46	8077	7340	6908	6400	7340	6654	6273	5816
M300x40-1,25	-	-	-	-	-	-	-	-
M300x40-1,55	-	-	-	-	-	-	-	-
M300x40-2,25	8432	7645	6502	5207	7645	6248	5207	4165
M300x40-2,46	9423	8559	8051	7467	8559	7772	7315	6781

Tabela 4 - Vãos máximos para vigas de piso.
 Vãos múltiplos sem enrijecedores de alma
 (Peso próprio do piso = 0,479 kN/m²)

Designação	SOBRECARGA DE 1,437 kN/m ²				SOBRECARGA DE 1,916 kN/m ²			
	Espaçamento entre vigas (mm)				Espaçamento entre vigas (mm)			
	304	406	487	609	304	406	487	609
M140x40-0,95	2514	2006	1727	1422	2108	1676	1422	1168
M140x40-1,25	3556	2870	2489	2082	3022	2413	2082	1752
M140x40-1,55	4470	3657	3225	2743	3835	3124	2743	2311
M140x40-2,25	5588	48234	4114	3530	4826	3987	3530	3022
M140x40-2,46	6629	6019	5664	4953	6019	5461	4953	4292
M200x40-0,95	-	-	-	-	-	-	-	-
M200x40-1,25	3759	2997	2565	2133	3149	2489	2133	1752
M200x40-1,55	5105	4114	3556	2997	4318	3454	2997	2489
M200x40-2,25	6578	5384	4724	4013	5638	4597	4013	3403
M200x40-2,46	8991	7747	6883	6578	8051	6705	5969	5130
M250x40-1,25	-	-	-	-	-	-	-	-
M250x40-1,55	5156	4114	3556	2946	4343	3429	2946	2438
M250x40-2,25	7137	5791	5029	4241	6070	4876	4241	3556
M250x40-2,46	10414	8636	7670	6578	9017	7467	6578	5638
M300x40-1,25	-	-	-	-	-	-	-	-
M300x40-1,55	-	-	-	-	-	-	-	-
M300x40-2,25	7239	5816	5054	4241	6121	4902	4241	3530
M300x40-2,46	11379	9398	8280	7086	9804	7747	7086	6019

Tabela 5 - Montantes para pé-direito de 2450mm, suportando somente telhado e forro.

(Residência de um pavimento ou o segundo andar de uma residência de dois pavimentos)

Aço 230 MPa

Velocidade básica do Vento V_0 (m/s)		Designação	Espaçamento (mm)	Espessura dos perfis (mm)			
				Largura da edificação (mm)			
III e IV	II			7250	8500	9750	11000
30		Ue 90 x 40	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	0,95	0,95	0,95	0,95
		Ue 140 x 40	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	0,95	0,95	0,95	0,95
35	30	Ue 90 x 40	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	0,95	0,95	0,95	0,95
		Ue 140 x 40	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	0,95	0,95	0,95	0,95
40	35	Ue 90 x 40	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	0,95	0,95	0,95	1,25
		Ue 140 x 40	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	0,95	0,95	0,95	0,95
45	40	Ue 90 x 40	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	1,25	1,25	1,25	1,25
		Ue 140 x 40	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	0,95	0,95	0,95	0,95
50	45	Ue 90 x 40	400	0,95	0,95	1,25	1,25
			600	1,55	1,55	1,55	1,55
		Ue 140 x 40	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	0,95	0,95	0,95	0,95
	50	Ue 90 x 40	400	1,25	1,25	1,25	1,25
			600	2,25	2,25	2,25	2,25
		Ue 140 x 40	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	0,95	1,25	1,25	1,25

Tabela 6 - Montantes para pé-direito de 2450mm, suportando um pavimento, telhado e forro.

(Primeiro pavimento de uma residência de dois pavimentos)

Aço 230 MPa

Velocidade Básica do Vento V_0 (m/s)		Designação	Espaçamento (mm)	Espessura dos perfis (mm)			
				Largura da edificação (mm)			
III e IV	II			7250	8500	9750	11000
30		M90x40	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	1,25	1,25	1,25	1,25
		M140x40	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	0,95	0,95	0,95	0,95
35	30	M90x40	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	1,25	1,25	1,55	1,55
		M140x40	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	0,95	0,95	0,95	1,25
40	35	M90x40	400	0,95	0,95	1,25	1,25
			600	1,55	1,55	1,55	1,55
		M140x40	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	0,95	0,95	1,25	1,25
45	40	M90x40	400	1,25	1,25	1,25	1,25
			600	1,55	1,55	2,25	2,25
		M140x40	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	0,95	1,25	1,25	1,25
50	45	M90x40	400	1,25	1,25	1,55	1,55
			600	2,25	2,25	2,46	2,46
		M140x40	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	1,25	1,25	1,25	1,25
	50	M90x40	400	1,55	1,55	1,55	1,55
			600	2,46	2,46	2,46	2,46
		M140x40	400	0,95	0,95	0,95	1,25
			600	1,25	1,55	1,55	1,55

Tabela 7 - Montantes para pé-direito de 2700mm, suportando
somente telhado e forro.

(Residência de um pavimento ou o segundo andar de uma residência de
dois
pavimentos)

Aço 230 MPa

Velocidade Básica do Vento V_0 (m/s)		Designação	Espaçamento (mm)	Espessura dos perfis (mm)			
				Largura da edificação (mm)			
III e IV	II			7250	8500	9750	11000
30		M90x40	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	0,95	0,95	0,95	0,95
		M140x40	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	0,95	0,95	0,95	0,95
35	30	M90x40	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	0,95	0,95	0,95	1,25
		M140x40	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	0,95	0,95	0,95	0,95
40	35	M90x40	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	1,25	1,25	1,25	1,25
		M140x40	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	0,95	0,95	0,95	0,95
45	40	M90x40	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	1,55	1,55	1,55	1,55
		M140x40	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	0,95	0,95	0,95	0,95
50	45	M90x40	400	1,25	1,25	1,25	1,25
			600	2,25	2,25	2,25	2,25
		M140x40	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	0,95	1,25	1,25	1,25
	50	M90x40	400	1,55	1,55	1,55	1,55
			600	2,46	2,46	2,46	2,46
		M140x40	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	1,25	1,25	1,25	1,25

Tabela 8 - Montantes para pé-direito de 2700mm, suportando um pavimento, telhado e forro.

(Primeiro pavimento de uma residência de dois pavimentos)

Aço 230 MPa

Velocidade Básica do Vento V_0 (m/s)		Designação	Espaçamento (mm)	Espessura dos perfis (mm)			
				Largura da edificação (mm)			
III e IV	II			7250	8500	9750	11000
30		M90x40	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	1,25	1,25	1,25	1,55
		M140x40	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	0,95	0,95	0,95	0,95
35	30	M90x40	400	0,95	0,95	0,95	1,25
			600	1,25	1,55	1,55	1,55
		M140x40	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	0,95	0,95	0,95	1,25
40	35	M90x40	400	1,25	1,25	1,25	1,25
			600	1,55	1,55	1,55	1,55
		M140x40	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	0,95	1,25	1,25	1,25
45	40	M90x40	400	1,25	1,25	1,25	1,55
			600	2,25	2,25	2,25	2,25
		M140x40	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	1,25	1,25	1,25	1,25
50	45	M90x40	400	1,55	1,55	1,55	1,55
			600	2,46	2,46	2,46	2,46
		M140x40	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	1,25	1,55	1,55	1,55
	50	M90x40	400	2,25	2,25	2,25	2,25
			600	2,46	2,46	2,46	-
		M140x40	400	0,95	1,25	1,25	1,25
			600	1,55	1,55	1,55	1,55

Tabela 9 - Montantes para pé-direito de 3000mm, suportando somente telhado e forro.

(Residência de um pavimento ou o segundo andar de uma residência de dois pavimentos)

Aço 230 MPa

Velocidade Básica do Vento V_0 (m/s)		Designação	Espaçamento (mm)	Espessura dos perfis (mm)			
				Largura da edificação (mm)			
III e IV	II			7250	8500	9750	11000
30		M90x40	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	0,95	0,95	0,95	0,95
		M140x40	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	0,95	0,95	0,95	0,95
35	30	M90x40	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	1,25	1,25	1,25	1,25
		M140x40	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	0,95	0,95	0,95	0,95
40	35	M90x40	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	1,55	1,55	1,55	1,55
		M140x40	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	0,95	0,95	0,95	0,95
45	40	M90x40	400	1,25	1,25	1,25	1,25
			600	2,25	2,25	2,25	2,25
		M140x40	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	0,95	0,95	0,95	1,25
50	45	M90x40	400	1,55	1,55	1,55	1,55
			600	2,46	2,46	2,46	2,46
		M140x40	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	1,25	1,25	1,25	1,25
	50	M90x40	400	2,25	2,25	2,25	2,25
			600	2,46	2,46	2,46	2,46
		M140x40	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	1,55	1,55	1,55	1,55

Tabela 10 - Montantes para pé-direito de 3000mm, suportando um pavimento, telhado e forro.

(Primeiro pavimento de uma residência de dois pavimentos)

Aço 230 MPa

Velocidade Básica do Vento V_0 (m/s)		Designação	Espaçamento (mm)	Espessura dos perfis (mm)			
				Largura da edificação (mm)			
III e IV	II			7250	8500	9750	11000
30		M90x40	400	0,95	0,95	1,25	1,25
			600	1,55	1,55	1,55	1,55
		M140x40	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	0,95	0,95	0,95	1,25
35	30	M90x40	400	1,25	1,25	1,25	1,25
			600	1,55	2,25	2,25	2,25
		M140x40	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	0,95	1,25	1,25	1,25
40	35	M90x40	400	1,25	1,25	1,25	1,55
			600	2,25	2,25	2,25	2,46
		M140x40	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	1,25	1,25	1,25	1,55
45	40	M90x40	400	1,55	1,55	1,55	1,55
			600	2,46	2,46	2,46	2,46
		M140x40	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	1,25	1,25	1,25	1,25
50	45	M90x40	400	2,25	2,25	2,25	2,25
			600	2,46	-	-	-
		M140x40	400	1,25	1,25	1,25	1,25
			600	1,55	1,55	1,55	2,25
	50	M90x40	400	2,25	2,46	2,46	2,46
			600	-	-	-	-
		M140x40	400	1,25	1,25	1,25	1,25
			600	2,25	2,25	2,25	2,25

Tabela 11 - Montantes para pé-direito de 2450mm, suportando somente telhado e forro.

(Residência de um pavimento ou o segundo andar de uma residência de dois pavimentos)

Aço 345 MPa

Velocidade Básica do Vento V_0 (m/s)		Designação	Espaçamento (mm)	Espessura dos perfis (mm)			
				Largura da edificação (mm)			
III e IV	II			7250	8500	9750	11000
30		M90x40	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	0,95	0,95	0,95	0,95
		M140x40	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	0,95	0,95	0,95	0,95
35	30	M90x40	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	0,95	0,95	0,95	0,95
		M140x40	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	0,95	0,95	0,95	0,95
40	35	M90x40	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	0,95	0,95	0,95	0,95
		M140x40	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	0,95	0,95	0,95	0,95
45	40	M90x40	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	0,95	0,95	0,95	0,95
		M140x40	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	0,95	0,95	0,95	0,95
50	45	M90x40	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	1,25	1,25	1,25	1,25
		M140x40	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	0,95	0,95	0,95	0,95
	50	M90x40	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	1,25	1,55	1,55	1,55
		M140x40	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	0,95	0,95	0,95	0,95

Tabela 12 - Montantes para pé-direito de 2450mm, suportando um pavimento, telhado e forro.

(Primeiro pavimento de uma residência de dois pavimentos)

Aço 345 MPa

Velocidade Básica do Vento V_0 (m/s)		Designação	Espaçamento (mm)	Espessura dos perfis (mm)			
				Largura da edificação (mm)			
III e IV	II			7250	8500	9750	11000
30		M90x40	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	0,95	0,95	1,25	1,25
		M140x40	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	0,95	0,95	0,95	0,95
35	30	M90x40	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	0,95	1,25	1,25	1,25
		M140x40	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	0,95	0,95	0,95	0,95
40	35	M90x40	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	1,25	1,25	1,25	1,25
		M140x40	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	0,95	0,95	0,95	0,95
45	40	M90x40	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	1,25	1,25	1,55	1,55
		M140x40	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	0,95	0,95	0,95	0,95
50	45	M90x40	400	1,25	1,25	1,25	1,25
			600	1,55	1,55	1,55	2,25
		M140x40	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	0,95	0,95	1,25	1,25
	50	M90x40	400	1,25	1,25	1,25	1,25
			600	1,55	2,25	2,25	2,25
		M140x40	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	1,25	1,25	1,25	1,25

Tabela 13 - Montantes para pé-direito de 2700mm, suportando somente telhado e forro.

(Residência de um pavimento ou o segundo andar de uma residência de dois pavimentos)

Aço 345 MPa

Velocidade Básica do Vento V_0 (m/s)		Designação	Espaçamento (mm)	Espessura dos perfis (mm)			
				Largura da edificação (mm)			
III e IV	II			7250	8500	9750	11000
30		M90x40	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	0,95	0,95	0,95	0,95
		M140x40	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	0,95	0,95	0,95	0,95
35	30	M90x40	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	0,95	0,95	0,95	0,95
		M140x40	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	0,95	0,95	0,95	0,95
40	35	M90x40	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	0,95	0,95	0,95	0,95
		M140x40	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	0,95	0,95	0,95	0,95
45	40	M90x40	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	1,25	1,25	1,25	1,25
		M140x40	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	0,95	0,95	0,95	0,95
50	45	M90x40	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	1,25	1,25	1,55	1,55
		M140x40	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	0,95	0,95	0,95	0,95
	50	M90x40	400	1,25	1,25	1,25	1,25
			600	1,55	1,55	1,55	1,55
		M140x40	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	0,95	0,95	0,95	0,95

Tabela 14 - Montantes para pé-direito de 2700mm, suportando um pavimento, telhado e forro.

(Primeiro pavimento de uma residência de dois pavimentos)

Aço 345 MPa

Velocidade Básica do Vento V_0 (m/s)		Designação	Espaçamento (mm)	Espessura dos perfis (mm)			
				Largura da edificação (mm)			
III e IV	II			7250	8500	9750	11000
30		M90x40	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	0,95	0,95	1,25	1,25
		M140x40	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	0,95	0,95	0,95	0,95
35	30	M90x40	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	1,25	1,25	1,25	1,25
		M140x40	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	0,95	0,95	0,95	0,95
40	35	M90x40	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	1,25	1,25	1,25	1,55
		M140x40	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	0,95	0,95	0,95	0,95
45	40	M90x40	400	0,95	0,95	1,25	1,25
			600	1,55	1,55	1,55	1,55
		M140x40	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	0,95	0,95	0,95	1,25
50	45	M90x40	400	1,25	1,25	1,25	1,25
			600	1,55	2,25	2,25	2,25
		M140x40	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	1,25	1,25	1,25	1,25
	50	M90x40	400	1,25	1,25	1,55	1,55
			600	2,25	2,25	2,25	2,25
		M140x40	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	1,25	1,25	1,25	1,25

Tabela 15 - Montantes para pé-direito de 3000mm, suportando somente telhado e forro.

(Residência de um pavimento ou o segundo andar de uma residência de dois pavimentos)

Aço 345 MPa

Velocidade Básica do Vento V_0 (m/s)		Designação	Espaçamento (mm)	Espessura dos perfis (mm)			
				Largura da edificação (mm)			
III e IV	II			7250	8500	9750	11000
30		M90x40	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	0,95	0,95	0,95	0,95
		M140x40	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	0,95	0,95	0,95	0,95
35	30	M90x40	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	0,95	0,95	0,95	0,95
		M140x40	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	0,95	0,95	0,95	0,95
40	35	M90x40	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	1,25	1,25	1,25	1,55
		M140x40	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	0,95	0,95	0,95	0,95
45	40	M90x40	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	1,25	1,25	1,25	1,55
		M140x40	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	0,95	0,95	0,95	0,95
50	45	M90x40	400	1,25	1,25	1,25	1,25
			600	1,55	1,55	1,55	1,55
		M140x40	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	0,95	0,95	0,95	0,95
	50	M90x40	400	1,25	1,25	1,25	1,55
			600	2,25	2,25	2,25	2,25
		M140x40	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	1,25	1,25	1,25	1,25

Tabela 16 - Montantes para pé-direito de 3000mm, suportando um pavimento, telhado e forro.

(Primeiro pavimento de uma residência de dois pavimentos)

Aço 345 MPa

Velocidade Básica do Vento V_0 (m/s)		Designação	Espaçamento (mm)	Espessura dos perfis (mm)			
				Largura da edificação (mm)			
III e IV	II			7250	8500	9750	11000
30		M90x40	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	1,25	1,25	1,25	1,25
		M140x40	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	0,95	0,95	0,95	0,95
35	30	M90x40	400	0,95	0,95	0,95	1,25
			600	1,25	1,55	1,55	1,55
		M140x40	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	0,95	0,95	0,95	0,95
40	35	M90x40	400	0,95	1,25	1,25	1,25
			600	1,55	1,55	1,55	1,55
		M140x40	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	0,95	0,95	0,95	1,25
45	40	M90x40	400	1,25	1,25	1,25	1,25
			600	1,55	2,25	2,25	2,25
		M140x40	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	1,25	1,25	1,25	1,25
50	45	M90x40	400	1,55	1,55	1,55	1,55
			600	2,25	2,46	2,46	2,46
		M140x40	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	1,25	1,25	1,25	1,25
	50	M90x40	400	1,55	1,55	1,55	1,55
			600	2,46	2,46	2,46	2,46
		M140x40	400	0,95	0,95	0,95	1,25
			600	1,25	1,55	1,55	1,55

Tabela 17- Vãos máximos de vergas sobre aberturas, suportando somente telhado e forro.

Aço 230 MPa

Designação	Vãos máximos (mm)			
	Largura da edificação (mm)			
	7250	8500	9750	11000
2 M90x40x0,95	1193	1117	1041	990
2 M90x40x1,25	1447	1346	1270	1219
2 M90x40x1,55	1625	1524	1447	1371
2 M90x40x2,25	1828	1701	1600	1524
2 M90x40x2,46	2159	2032	1905	1803
2 M140x40x0,95	1193	1041	914	838
2 M140x40x1,25	1955	1524	1727	1651
2 M140x40x1,55	2209	1778	1955	1854
2 M140x40x2,25	2489	2336	2184	2082
2 M140x40x2,46	2971	2768	2616	2489
2 M200x40x0,95	914	812	711	635
2 M200x40x1,25	2032	1778	1574	1422
2 M200x40x1,55	2895	2692	2540	2413
2 M200x40x2,25	3251	3048	2870	2717
2 M200x40x2,46	3911	3632	3429	3251
2 M250x40x1,25	1701	1473	1320	1193
2 M250x40x1,55	3200	2946	2616	2362
2 M250x40x2,25	3835	3581	3378	3200
2 M250x40x2,46	4622	4318	4064	3860
2 M300x40x1,25	1447	1270	1117	990
2 M300x40x1,55	2895	2514	2235	1981
2 M300x40x2,25	4089	3835	3606	3429
2 M300x40x2,46	5308	4953	4368	4445

Tabela 18 - Vãos máximos de vergas sobre abertura, suportando um pavimento, telhado e forro.

Aço 230 MPa

Designação	Vãos máximos (mm)			
	Largura da edificação (mm)			
	7250	8500	9750	11000
2 M90x40x0,95	685	-	-	-
2 M90x40x1,25	1016	939	889	838
2 M90x40x1,55	1143	1066	1016	965
2 M90x40x2,25	1270	1193	1143	1066
2 M90x40x2,46	1498	1422	1346	1270
2 M140x40x0,95	-	-	-	-
2 M140x40x1,25	1270	1143	1016	914
2 M140x40x1,55	1549	1447	1371	1295
2 M140x40x2,25	1727	1625	1549	1473
2 M140x40x2,46	2057	1930	1828	1752
2 M200x40x0,95	-	-	-	-
2 M200x40x1,25	990	863	787	711
2 M200x40x1,55	1955	1727	1244	1397
2 M200x40x2,25	2260	2133	1701	1930
2 M200x40x2,46	2717	2540	2108	2311
2 M250x40x1,25	812	736	660	609
2 M250x40x1,55	1625	1447	1295	1168
2 M250x40x2,25	2667	2514	2387	2260
2 M250x40x2,46	3200	3022	2844	2717
2 M300x40x1,25	711	635	-	-
2 M300x40x1,55	1397	1244	1117	1016
2 M300x40x2,25	2819	2489	2235	2032
2 M300x40x2,46	3683	3479	3276	3124

Tabela 19 - Vãos máximos de vergas sobre aberturas, suportando um pavimento, telhado e forro.
(Primeiro pavimento de uma residência de dois pavimentos, com viga estrutural central)

Aço 230 MPa

Designação	Vãos máximos (mm)			
	Largura da edificação (mm)			
	7250	8500	9750	11000
2 M90x40x0,95	863	762	609	-
2 M90x40x1,25	1143	1066	1016	965
2 M90x40x1,55	1270	1219	1143	1092
2 M90x40x2,25	1422	1346	1270	1219
2 M90x40x2,46	1676	1600	1524	1447
2 M140x40x0,95	736	660	-	-
2 M140x40x1,25	1066	1549	1447	1295
2 M140x40x1,55	1727	1625	1549	1473
2 M140x40x2,25	1955	1828	1752	1676
2 M140x40x2,46	2336	2184	2082	1981
2 M200x40x0,95	-	-	-	-
2 M200x40x1,25	1270	990	990	914
2 M200x40x1,55	2260	2133	1981	1828
2 M200x40x2,25	2540	2413	2286	2159
2 M200x40x2,46	3048	2971	2743	2590
2 M250x40x1,25	1041	914	838	1066
2 M250x40x1,55	2082	1219	1676	1524
2 M250x40x2,25	2997	2844	2717	2565
2 M250x40x2,46	3606	3403	3225	3073
2 M300x40x1,25	889	787	711	635
2 M300x40x1,55	1778	1574	1422	1295
2 M300x40x2,25	3200	3048	2870	2590
2 M300x40x2,46	4165	3911	3708	3556

Tabela 20 - Encabeçamento de aberturas (vergas) em cantoneira dupla, suportando somente telhado e forro.

Designação	Vãos máximos (mm)			
	Largura da edificação (mm)			
	7250	8500	9750	11000
2L150x40x1,25	1422	1320	1244	1193
2L150x40x1,55	1625	1498	1422	1346
2L150x40x2,25	1854	1727	1625	1524
2L200x40x1,25	1879	1727	1625	1549
2L200x40x1,55	2108	1981	1854	1752
2L200x40x2,25	2413	2235	2108	1981
2L250x40x1,25	2057	1930	1803	1701
2L250x40x1,55	2616	2184	2032	1930
2L250x40x2,25	2946	2743	2590	2184

Tabela 21 - Encabeçamento de aberturas (vergas) em cantoneira dupla, suportando um pavimento, telhado e forro.

Designação	Vãos máximos (mm)			
	Largura da edificação (mm)			
	7250	8500	9750	11000
2L150x40x1,25	965	914	838	812
2L150x40x1,55	1092	1016	965	914
2L150x40x2,25	1244	1168	1092	1041
2L200x40x1,25	1270	1168	1117	1041
2L200x40x1,55	1422	1346	1270	1193
2L200x40x2,25	1625	1524	1422	1346
2L250x40x1,25	1397	1295	1219	1168
2L250x40x1,55	1574	1473	1397	1320
2L250x40x2,25	1778	1676	1574	1498