

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL ENGENHARIA CIVIL

RENAN NEGRAES LUNARDI

**ESTUDO COMPARATIVO ENTRE OS SISTEMAS CONSTRUTIVOS
DE ALVENARIA CONVENCIONAL X LIGHT STEEL FRAME**

VITÓRIA
2022

RENAN NEGRAES LUNARDI

**ESTUDO COMPARATIVO ENTRE OS SISTEMAS CONSTRUTIVOS
DE ALVENARIA CONVENCIONAL X LIGHT STEEL FRAME**

Trabalho de Conclusão de Curso em
Engenharia Civil apresentado à
Universidade Federal do Espírito Santo,
sob a orientação do Prof. Dr. Ronaldo Pilar.

Orientador: Dr. Ronaldo Pilar

VITÓRIA
2022

RENAN NEGRAES LUNARDI

**ESTUDO COMPARATIVO ENTRE OS SISTEMAS CONSTRUTIVOS
DE ALVENARIA CONVENCIONAL X LIGHT STEEL FRAME**

Parte manuscrita do Projeto de Graduação do estudante Renan Negraes Lunardi apresentado ao Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do grau de Engenheiro Civil.

Dr. Ronaldo Pilar
Universidade Federal do Espírito Santo
Orientador

Dra. Sayonara M. Pinheiro
Universidade Federal do Espírito Santo
Examinador

Eng. Luis Ernesto da Silva Lampert
Universidade Federal do Espírito Santo
Examinador

RESUMO

O setor da construção civil exerce importante papel nos aspectos econômicos, ambientais e sociais no mundo. Assim, o presente trabalho traz informações históricas e aspectos construtivos relevantes de cada método, a fim de demonstrar suas particularidades e informações pertinentes. Além disso, realiza um estudo comparativo nos parâmetros de desempenho estrutural, durabilidade, isolamento térmico e acústico, sustentabilidade, custo e prazo entre o sistema construtivo de alvenaria convencional, que é o mais utilizado no Brasil, marcado pela improdutividade e grande geração de resíduos, e o sistema construtivo de Light Steel Frame. Sendo que este tem pouca aplicação no mercado nacional, mas se apresenta como uma potencial alternativa para a alvenaria convencional. Por fim, apresenta-se uma conclusão acerca das análises nos parâmetros apresentados.

Palavras-chave: Análise comparativa. Alvenaria Convencional. *Light Steel Frame*. Sistema Construtivo. Estudo comparativo.

ABSTRACT

The civil construction sector plays an important role in economic, environmental and social aspects in the world. This work brings historical information and relevant constructive aspects of each method, in order to demonstrate its particularities and pertinent information. In addition, it carries out a comparative study on the parameters such as: structural performance, durability, thermal and acoustic insulation, sustainability, cost and deadlines between the conventional masonry constructive system, which is the most used in Brazil, marked by unproductiveness and large solid waste generation, and the *Light Steel Frame* constructive system. This last one has little application in the national market but it's a potential alternative to masonry. Lastly, this workpaper presents a conclusion about the analyzes in the parameters presented.

Keywords: Comparative analysis. Conventional masonry. *Light Steel Frame*. Construction system. Comparative study.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Perfis utilizados no sistema LSF.....	15
Figura 2 – Casa em construção em <i>Light Steel Frame</i>	16
Figura 3 – Alguns subsistemas do sistema de LSF.....	17
Figura 4 – Evolução construtiva de uma laje radier.....	19
Figura 5 – <i>Parabolt</i> expansível.....	19
Figura 6 – Etapas da aplicação do <i>flashing</i> (a) base do painel com o <i>flashing</i> aplicado (b) banda acústica sendo aplicada na estrutura (c) aplicação de <i>flashing</i> em esquadrias...	20
Figura 7 – Ancoragem com <i>parabolt</i>	21
Figura 8 – Perfis para LSF.....	21
Figura 9 – Formação do painel.....	22
Figura 10 – Componente de painel estrutural sem abertura.....	22
Figura 11 – Painel de LSF com perfuração nos perfis Ue.....	23
Figura 12 – Laje em LSF vista inferior.....	23
Figura 13 – Laje úmida.....	24
Figura 14 – Laje seca.....	24
Figura 15 – Laje úmida.....	25
Figura 16 – Estrutura de cobertura em LSF.....	25
Figura 17 – Tesouras na cobertura em LSF.....	26
Figura 18 – Cobertura plana em LSF.....	26
Figura 19 – Fachada com instalação de placas de OSB.....	27
Figura 20 – Placa cimentícia.....	28
Figura 21 – Placa cimentícia aplicada.....	28
Figura 22 – Fachada de placa cimentícia.....	29
Figura 23 – Tipos de placas de gesso acartonado.....	30
Figura 24 – Instalação elétrica e hidrossanitária.....	31
Figura 25 – Instalação hidráulica no LSF.....	31
Figura 26 – Instalação hidráulica no painel de LSF: (a) painel (b) detalhe de tubulação de água fria (c) detalhe de eletroduto.....	32
Figura 27 – Ponta broca e ponta agulha.....	32
Figura 28 – Parafusos com cabeças lentilha, sextavada, panela e trombeta.....	33
Figura 29 – Fundação de sapata.....	34
Figura 30 – Laje de concreto armado.....	35
Figura 31 – Pilar.....	35
Figura 32 – Pilar em construção (a) concretagem (b) elemento pronto.....	36
Figura 33 – Desenho esquemático de viga de concreto.....	36
Figura 34 – Exemplos de vigas (a) viga apoiada em outra (b) encontro entre vigas.....	36
Figura 35 – Ilustração de chapisco, emboço e reboco.....	38
Figura 36 – Instalações na alvenaria.....	38
Figura 37 – Aplicação lã de vidro em paredes internas.....	44

Figura 38 – Resultado da avaliação técnica dos relatórios IPT nº 1007 511-203 e nº 1 007 674-203.	45
Figura 39 – Tabela de CTSA para elementos construtivos.	46
Figura 40 – Resultado da avaliação técnica com base no relatório IPT nº 122 991-205.	49
Figura 41 – Resultado da avaliação técnica sem lã de PET no interior das paredes.	50
Figura 42 – Resultado da avaliação técnica com lã de PET no interior das paredes.	50
Figura 43 – Metodologia da pesquisa.	53
Figura 44 – Emissão de CO ₂ em função da distância entre a fábrica do insumo e a obra.	53
Figura 45 – Resultado das emissões de CO ₂ considerando as distâncias dos insumos para as obras.	54
Figura 46 – Planta Baixa da Residência do Pavimento Térreo.	58
Figura 47 – Custo Alvenaria Convencional x <i>Light Steel Framing</i>	62
Figura 48 – Preços de materiais no estado de SP em junho de 2021.	63
Figura 49 – Custos sistemas construtivos para junho 2021.	64
Figura 50 – Histograma da distribuição de funcionários durante a construção das residências.	66
Figura 51 – Prazo para construção das residências, em meses, para cada sistema construtivo.	66
Figura 52 – Profissão dos participantes.	67
Figura 53 – Profissional que já trabalhou com LSF.	68
Figura 54 – Opinião dos profissionais se o LSF é uma boa alternativa para a Alvenaria Convencional.	68
Figura 55 – Custos do LSF em relação a Alvenaria Convencional.	69
Figura 56 – Tempo de construção do LSF em relação a Alvenaria Convencional.	69
Figura 57 – Opção do profissional com liberdade orçamentária.	70
Figura 58 – Dificuldade em encontrar mão de obra especializada para LSF.	70
Figura 59 – Dificuldade em encontrar insumos para a construção de LSF.	71
Figura 60 – Opinião do profissional sobre as vantagens do LSF.	71
Figura 61 – Quais maiores dificuldades do profissional quanto a utilização do LSF.	72
Figura 62 – Existência de procura dos clientes por construir em LSF.	72
Figura 63 – Se o profissional teria alguma objeção em adquirir um imóvel em LSF.	73
Figura 64 – Orçamento Alvenaria Convencional parte 1.	84
Figura 65 – Orçamento Alvenaria Convencional parte 2.	85
Figura 66 – Orçamento Alvenaria Convencional parte 3.	86
Figura 67 – Orçamento Alvenaria Convencional parte 4.	87
Figura 68 – Orçamento Light Steel Frame parte 1.	88
Figura 69 – Orçamento Light Steel Frame parte 2.	89
Figura 70 – Orçamento Light Steel Frame parte 3.	90
Figura 71 – Orçamento Light Steel Frame parte 4.	91

Figura 72 – Questionário sobre LSF 02.....	94
Figura 73 – Questionário sobre LSF 02.....	95
Figura 74 – Questionário sobre LSF 03.....	96
Figura 75 – Questionário sobre LSF 04.....	97

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Placas OSB e suas aplicabilidades.....	27
Tabela 2 – Placas cimentícias e suas aplicações.....	29
Tabela 3 – Resumo dos resultados dos ensaios de compressão excêntrica no painel de LSF.....	41
Tabela 4 – Resumo da análise dos resultados dos ensaios de compressão excêntrica.....	41
Tabela 5 – Configuração dos blocos cerâmicos.....	42
Tabela 6– Resultado dos ensaios de desempenho acústico de blocos cerâmicos.....	46
Tabela 7 – Configuração dos tipos de revestimento.....	47
Tabela 8 – Desempenho térmico em paredes verticais de vedação em blocos cerâmicos.....	48
Tabela 9 – Comparativo para resistência ao fogo entre sistemas construtivos.....	51
Tabela 10 – Tabela Vida Útil de Projeto (VUP).....	56
Tabela 11 – Quantitativo e Custo dos Componentes de LSF.....	59
Tabela 12 – Quantitativo e Custo dos Componentes de Alvenaria Convencional.....	59
Tabela 13 – Quantitativo com os Custos dos Componentes de LSF atualizados.....	60
Tabela 14 – Quantitativo com os Custos dos Componentes de Alvenaria atualizados...	60
Tabela 15 – Produtividade dos Componentes de LSF.....	61
Tabela 16 – Produtividade dos Componentes de Alvenaria Convencional.....	61
Tabela 17 – Total de dias para construção de LSF e Alvenaria Convencional.....	61
Tabela 18 – Cronograma para LSF.....	65
Tabela 19 – Cronograma para alvenaria.....	65
Tabela 20 – Palavras utilizadas na pesquisa.....	93

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CBIC	Câmara Brasileira de Indústria da Construção
CTSA	Ciência-Tecnologia-Sociedade-Ambiente
DAS	Documento de Arrecadação do Simples Nacional
ELS	Estados limites de utilização
ELU	Estados limites últimos
EOR	<i>Enhanced Oil Recovery</i>
FJP	Fundação João Pinheiro
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IBRACON	Instituto Brasileiro do Concreto
IPT	Instituto de Pesquisa Tecnológica
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
LEED	<i>Leadership in Energy and Environmental Design</i>
LSF	<i>Light Steel Framing</i>
LTDA	Limitada
NBR	Norma Brasileira
OSB	<i>Oriented Strand Board</i>
PBQP-H	Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade no Habitat
PET	Politereftalato de etileno
PEX	Polietileno reticulado
PFF	Perfil Formado à Frio
SINAPI	Sistema Nacional de Pesquisa de Custo e Índices da Construção Civil
SINAT	Sistema Nacional de Avaliação Técnica
VUP	Vida Útil do Projeto

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1. JUSTIFICATIVA.....	13
1.2. OBJETIVOS.....	14
1.2.1 Objetivos específicos	14
2 REFERENCIAL TEÓRICO	15
2.1 LIGHT STEEL FRAME.....	15
2.1.2 Painéis	21
2.1.3 Lajes	23
2.1.4 Coberturas	25
2.1.5 Fechamento Vertical	26
2.1.6 Instalações elétricas e hidrossanitárias.....	30
2.1.7 Parafusos.....	32
2.2 ALVENARIA CONVENCIONAL.....	33
2.2.1 Fundação	34
2.2.2 Estrutura	34
2.2.3 Lajes	34
2.2.4 Pilar.....	35
2.2.5 Viga.....	36
2.2.6 Coberturas	37
2.2.7 Alvenaria.....	37
2.2.8 Instalações elétricas e hidrossanitárias.....	38
3 PROGRAMA EXPERIMENTAL	39
3.1 ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA	39
4 RESULTADOS	40
4.1 DESEMPENHO ESTRUTURAL	40
4.2 DESEMPENHO TÉRMICO E ACÚSTICO.....	44
4.3 QUALIDADE	51
4.4 RESISTÊNCIA AO FOGO	51
4.5 SUSTENTABILIDADE	52
4.6 DURABILIDADE E MANUTENÇÃO.....	55
4.7 CUSTO E PRAZO	57
5 PROCEDIMENTO DE PESQUISA E ANÁLISE DOS DADOS	67
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÃO	74

REFERÊNCIAS.....	76
ANEXOS	83
APÊNDICES	92

1 INTRODUÇÃO

Com o passar dos anos, a indústria da construção civil precisou se adaptar e se adequar às novas demandas da sociedade, que apresenta um número maior de pessoas a cada nova geração. Por consequência a partir de metodologias desenvolvidas por entidades e pesquisa e dados do IBGE, estima-se que há um número expressivo de pessoas sem habitações ou em habitações em péssimas condições, por exemplo, em 2019 o déficit habitacional total no Brasil era superior a cinco milhões e oitocentos mil habitações (FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO, 2021).

Baseado nesse pretexto, alguns sistemas construtivos industrializados, que possuem maior eficiência na execução e velocidade construtiva, como o de *Light Steel Frame*, são pensados como possíveis soluções para suprir esse déficit habitacional.

Segundo Rodrigues (2006), em países desenvolvidos, como nos Estados Unidos, Inglaterra, Austrália, Japão e Canadá, o sistema de *Light Steel Frame* vem sendo utilizado intensamente por mais de quarenta anos. Apesar desse fato, a história do Framing começou muito antes, em meados do século XIX, quando houve um aumento de dez vezes da população americana e, para resolver o problema da demanda habitacional, recorreu-se primeiramente à utilização de madeira, que era o material mais disponível no local. Baseado nos preceitos de velocidade, praticidade e alta produtividade desenvolvida na Revolução Industrial.

O sistema construtivo de *Light Steel Frame* é um método de Framing, que apesar de amplamente utilizado em países desenvolvidos, e ter suprido uma demanda populacional importante na história da humanidade, no Brasil praticamente não se utiliza. O sistema construtivo predominante das edificações continua sendo o de alvenaria convencional, que segundo o IBGE (2018), estima-se que cerca de 95,1% das moradias são de alvenaria, enquanto construções de madeira apropriada representam 4,4%, e somente 0,5% das edificações utilizam outros sistemas construtivos.

1.1. JUSTIFICATIVA

Tendo o contexto das problemáticas habitacionais em vista, e almejando ampliar o entendimento e a aceitação de métodos construtivos que possuem capacidade de atuar de forma significativa no déficit habitacional, o presente trabalho se apresenta como um estudo comparativo entre os métodos construtivos de alvenaria convencional e de *Light Steel Frame*, com objetivo central de ressaltar os principais pontos, positivos e negativos, nos parâmetros de maior relevância a serem estudados, presentes em cada sistema.

1.2 OBJETIVOS

O objetivo geral do presente projeto de graduação é analisar dois métodos construtivos por meio de um estudo comparativo entre o sistema de alvenaria convencional e o de *Light Steel Frame* para a construção habitacional.

1.2.1 Objetivos específicos

1. Realizar o Levantamento bibliográfico dos sistemas construtivos em *Light Steel Frame* e em Alvenaria Convencional
2. Analisar de forma comparativa os sistemas construtivos de *Light Steel Frame* e de Alvenaria Convencional, no que se refere ao Desempenho estrutural; Desempenho Térmico e Acústico; Qualidade; Resistência ao fogo; Sustentabilidade; Durabilidade e Manutenção; Custo de execução e prazo de execução.
3. Avaliar por meio de questionário qual é a visão dos profissionais que já trabalharam com os sistemas construtivos em *Light Steel Frame* e em Alvenaria Convencional, de modo a avaliar questões como prazo, custo, dificuldades presentes nos sistemas construtivos, dentre outros.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

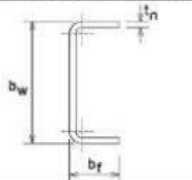
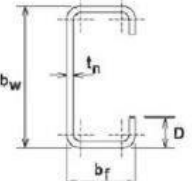
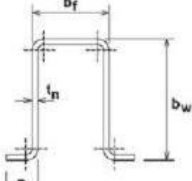
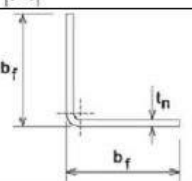
2.1 LIGHT STEEL FRAME

O *Light Steel Frame (LSF)* é um sistema construtivo que tem como principais elementos estruturas em aço leve por laminação a frio que são pré-fabricadas em painéis, módulos ou ainda montadas in loco na obra, utilizando conexões. Nesse sistema são utilizadas seções de aço em diversos formatos e espessuras protegidas contra corrosão por galvanização (YANDZIO, L, W 2015).

O aço formado a frio, principal componente do LSF, consiste em uma chapa de aço formada em diversas configurações e tamanhos. As estruturas em aço são fabricadas por um processo chamado “*roll forming*”, no qual uma chapa de aço passa através de uma série de rolos para desenvolver as curvas, que são responsáveis pelos formatos de C, U, Ue, etc. O aço é formado a frio, pois, este processo é feito sem calor (também chamado de “laminação a frio”) e, pelo fato de o processo não ser realizado com calor, as vigas e perfis são considerados mais resistentes do ponto de vista mecânico do que a chapa de aço original (*Steel Framing Guide*, 2007).

Além dos perfis C, U e Ue são utilizadas cantoneiras. Os modelos de perfis e suas utilizações podem ser observados no quadro da Figura 1:

Figura 1 – Perfis utilizados no sistema LSF.

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

Fonte: Ministério das Cidades (2016).

O LSF trata-se de um sistema autoportante de construção a seco, já que permite a mínima utilização de água em sua montagem, em que a utilização da água se limita à fundação e ao assentamento de revestimentos cerâmicos (CAMPOS, 2014). Consequentemente, proporciona relevante rapidez de execução por ser um sistema construtivo industrializado e possibilitar um maior controle sobre o processo construtivo. Na Figura 2 é possível observar um exemplo de uma casa na fase de construção em que é utilizado o sistema construtivo *Light Steel Frame*. Nota-se a ausência de pilares e vigas tradicionais como elementos estruturais.

Figura 2 – Casa em construção em *Light Steel Frame*.



Fonte: Autor (2022)

Segundo Rodrigues (2016), há dois conceitos básicos em relação ao Sistema Construtivo de *Light Steel Frame*, o *Frame* e o *Framing*, conforme explana o autor:

Frame é o esqueleto estrutural projetado para dar forma e suportar a edificação, sendo constituído por componentes leves – os perfis formados a frio (PFF) e Framing é o processo pelo qual se unem e vinculam esses elementos. Assim, podemos encontrar na bibliografia internacional as expressões *Light Steel Frame Housing* na Europa e *Residential Cold-Formed Steel Framing* nos Estados Unidos, referindo às residências construídas com painéis estruturais reticulados com perfis de aço formados a frio, com revestimento metálico. (RODRIGUES, 2016, p 12).

O conceito de *framing* pode ser observado na Figura 3 em que se tem a união e a vinculação de todo o esqueleto estrutural. Na imagem também é possível observar que o sistema de LSF não se resume ao seu esqueleto estrutural, mas sim ao conjunto de sua estrutura, todos os subsistemas e alguns componentes.

Figura 3 – Alguns subsistemas do sistema de LSF.



Fonte: Usiminas (2005)

O LSF, de acordo com Rodrigues (2016), tem aspectos diferentes em relação a outros métodos tradicionais, como a sua composição de elementos e subsistemas (estruturais, de isolamento, de acabamentos exteriores e interiores, de instalações, etc.) funcionando em conjunto. Dessa forma, é possível afirmar que o *Light Steel Framing* é composto por diversos subsistemas, que formam o conjunto. Dentre esses subsistemas, podemos citar a fundação, a estrutura, instalações hidráulicas e elétricas, isolamentos térmico e acústico, fechamento interno e externo, horizontal e vertical. Esses subsistemas serão abordados de maneira mais aprofundada no decorrer deste texto. O autor ressalta também diversas vantagens construtivas do LSF em relação ao método convencional e quanto à construção com madeiras, conforme se observa:

Redução no prazo de execução da obra; componentes estruturais mais leves em aço e com maior resistência à corrosão; durabilidade; maior precisão na montagem de paredes e pisos; desperdício e perda de material reduzidos; custo reduzido; material 100% reciclável e incombustível; qualidade do aço garantida pelas siderúrgicas nacionais. (RODRIGUES, 2016, p 12).

Apesar de ser difundido e utilizado em países onde a construção civil é predominantemente industrializada, como: Estados Unidos, Japão, Canadá, Inglaterra, e Austrália, no Brasil, onde o sistema construtivo que prevalece é o método

artesanal de construção, o *Light Steel Framing* ainda é pouco utilizado e conhecido (CAMPOS, 2014). Isso se deve a diversos fatores, dentre os quais podemos citar a ausência de mão de obra especializada, questões culturais, falta de conhecimento específico pelos profissionais da construção civil e pouca divulgação de informações acerca desse método construtivo.

Dessa maneira, o estudo comparativo e a divulgação do método construtivo de *Light Steel Frame* se faz relevante e necessário para que o método possa se difundir cada vez mais, tornando possível que, com o passar do tempo, esse método construtivo possa ser utilizado em maior escala, proporcionando obras mais céleres, limpas e organizadas.

A seguir, serão abordados os subsistemas que formam o conjunto do LSF, trazendo informações pertinentes a respeito de cada etapa que envolve esse sistema construtivo.

2.1.1 Fundação

Ao se utilizar a estrutura de *Light Steel Framing* e seus devidos elementos de fechamento, exige-se bem menos da fundação do que outros sistemas construtivos, isso porque o sistema de LSF se caracteriza pelo baixo peso de sua estrutura. Porém, como a carga da estrutura é distribuída de forma uniforme pelos painéis estruturais, a fundação deve ser contínua para suportá-los por toda a sua extensão (SANTIAGO; FREITAS; CRASTO 2012).

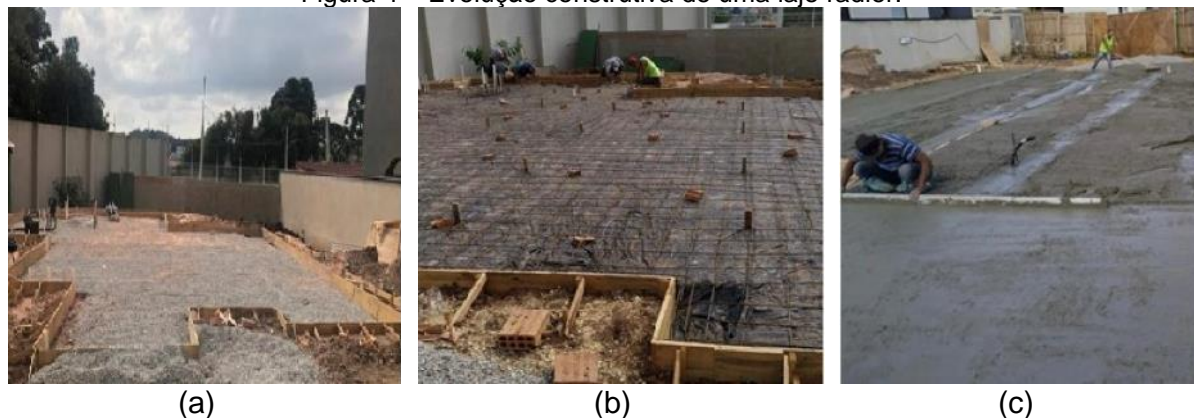
Conforme Crasto (2012), apesar de serem estruturas mais leves, quando comparadas com estruturas de concreto armado, a fundação para o LSF é executada conforme o processo convencional de construção, se atentando, como em qualquer outro método construtivo, para fatores como o controle contra umidade, a topografia do terreno, o tipo de solo, nível de solo firme, lençol freático. Esses dados são obtidos por meio da sondagem do terreno, a ser realizada por profissionais especializados.

Os tipos de fundações mais utilizados em LSF são as superficiais, como: radier, sapata corrida ou viga baldrame, sendo a radier a mais predominante. Sendo a fundação radier um tipo de fundação rasa em que as cargas da estrutura são transmitidas para o solo. É formada por uma laje contínua de concreto, vigas nos limites da laje e nos locais que existam colunas ou paredes estruturais (SANTIAGO; FREITAS; CASTRO, 2012).

A principal diferença entre a fundação para LSF e alvenaria convencional é em relação as dimensões e ao custo, pois o peso da estrutura do *Light Steel Frame* é muito inferior ao sistema de construção convencional. Porém as etapas construtivas são as mesmas, como é possível observar na Figura 4, em que se tem a fase de

montagem das formas (Figura 4a), montagem das armaduras (Figura 4b) e a concretagem (Figura 4c).

Figura 4 – Evolução construtiva de uma laje radier.



Fonte: Autor (2022)

Após a realização da fundação, os painéis são fixados na fundação por meio de ancoragem. Existem dois tipos de ancoragem, a primeira é a ancoragem química em que é realizado um furo na fundação, aplicação da resina química e a colocação do *parabolt*. Outro método, que é o mais utilizado, é a ancoragem mecânica com *parabolts* expansíveis. (Figura 5). A escolha do tipo de ancoragem, das suas dimensões e dos espaçamentos tem como base a carga a ser suportada, definida através do cálculo estrutural (CRASTO 2005).

Figura 5 – *Parabolt* expansível.



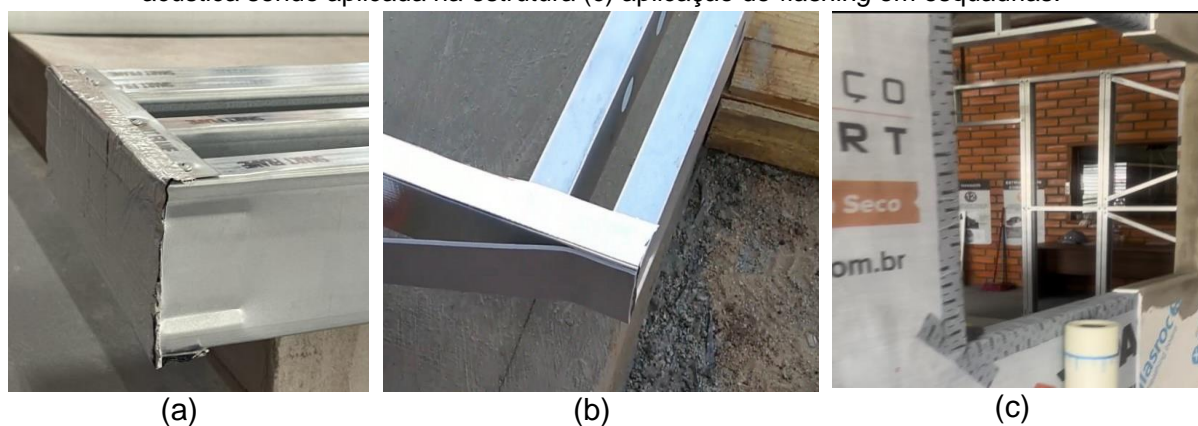
Fonte: GREEN LAR (2021)

Para a fixação do painel na fundação deve ocorrer a colocação da banda acústica e da fita de vedação na base do painel de LSF. A banda acústica é uma fita autocolante, composta por uma espuma de polietileno de baixa densidade, com função de isolamento acústico e hidráulico. É um dos acessórios mais utilizados nas construções a seco, sendo fundamental sua aplicação entre os perfis guia e a

fundação, ou entre perfis e outras estruturas que necessitem de menor absorção de vibrações ou de evitar a passagem de som, ar ou água. (BARBIERI, 2021)

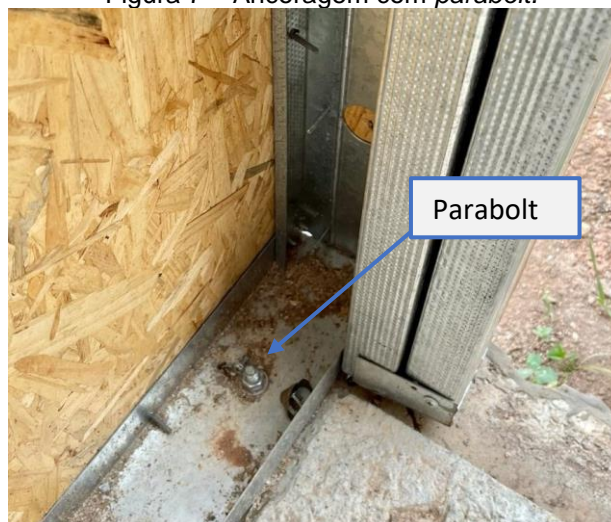
A fita de vedação, também conhecida como *flashing*, é uma fita adesiva asfáltica que garante a proteção contra água, umidade, calor, além de proporcionar a vedação e estanqueidade do perfil na região aplicada. É composta por uma membrana facetadora de alumínio, que possui alta durabilidade e moldabilidade, resistência aos raios UV, além de excelentes propriedades para atuar como barreira à umidade e ao ar. Também é composta por uma camada asfáltica modificada que garante a vedação e estanqueidade na região de aplicação da fita. Na Figura 6a é possível observar a base do painel com o *flashing* aplicado. A fita deve ser aplicada nas interfaces entre os subsistemas, como entre a base dos painéis estruturais e a fundação, onde a fita atua em conjunto com banda acústica. É possível observar na Figura 6b a banda acústica sendo aplicada, após o *flashing* já ter sido aplicado na estrutura. A aplicação do *flashing* também é imprescindível entre as paredes e as esquadrias como é demonstrado na Figura 6c. Nesta situação, a fita atua em conjunto com a membrana resistente à umidade, promovendo a vedação e a estanqueidade do sistema, garantindo que a umidade não atinja a estrutura metálica.

Figura 6 – Etapas da aplicação do *flashing* (a) base do painel com o *flashing* aplicado (b) banda acústica sendo aplicada na estrutura (c) aplicação de *flashing* em esquadrias.



Fonte: Autor (2022)

Após a preparação supracitada, a estrutura é fixada na fundação por meio do *parabolt* expansível, aplicado no meio da alma do perfil guia, como mostrado na Figura 7.

Figura 7 – Ancoragem com *parabolt*.

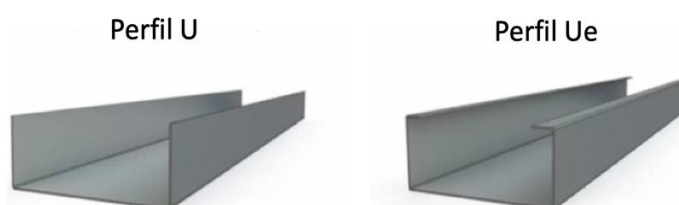
Fonte: Autor (2022)

2.1.2 Painéis

No sistema construtivo de *Light Steel Framing*, os painéis são compostos de perfis de aço formados a frio com revestimento metálico. Segundo Santiago, Freitas e Crastro (2012), os painéis no LSF podem cumprir o papel de componentes do sistema estrutural, suportando as cargas da edificação e exercendo função estrutural da edificação e, quando associados aos elementos de fechamento, cumprem a função de vedação, fazendo o papel de vedação externa ou de divisórias.

Os dois perfis comumente utilizados são o perfil U, que é utilizado como guia estrutural, e o perfil U enrijecido (Ue), o qual é utilizado de montante estrutural, como é ilustrado na Figura 8. Nota-se que a única diferença entre eles são as dobras internas, tornando o tipo enrijecido bem mais resistente a deformações. A utilização dos perfis Ue, como citado anteriormente, se dá a montante estrutural e é o principal componente para resistir às cargas verticais da estrutura, sendo ideais para utilização no sistema de LSF.

Figura 8 – Perfis para LSF.



Fonte: ESPACOSMART (2021).

A formação dos painéis se dá pela junção dos diversos tipos de perfis. Na Figura 9 é possível observar a formação de um painel pela junção de um perfil U com função de guia e um perfil Ue com a função de montante.

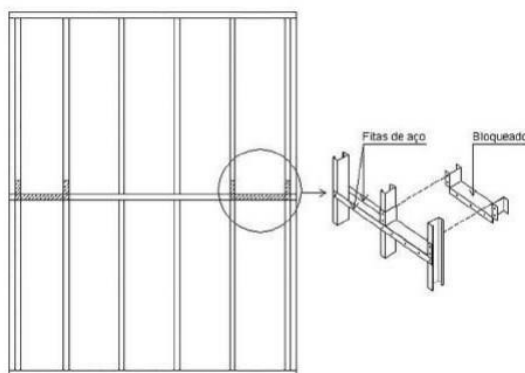
Figura 9 – Formação do painel.



Fonte: Autor (2022)

Na Figura 10 é possível observar um painel formado por perfis U e Ue com bloqueador e fita de aço. Os bloqueadores são utilizados para travamento horizontal entre montantes, e devem ser utilizados também entre vigas. As fitas metálicas são de aço galvanizado e utilizadas como contraventamento de painéis, lajes e coberturas. Quando utilizada em conjunto com os bloqueadores na horizontal, são responsáveis por diminuir a altura de flambagem dos montantes (SILVA JUNIOR, 2019).

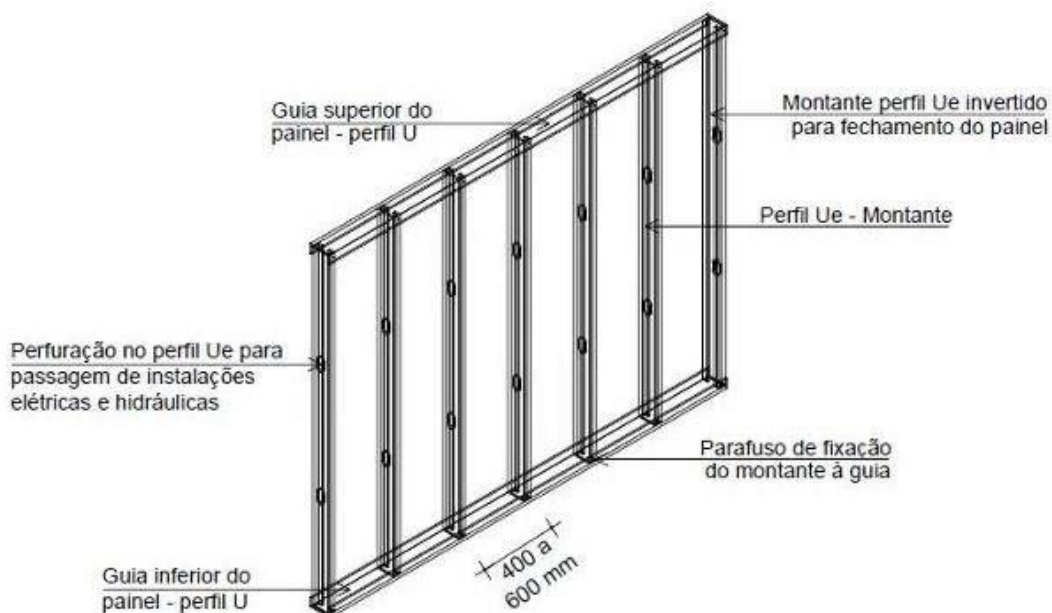
Figura 10 – Componente de painel estrutural sem abertura.



Fonte: RODRIGUES (2006).

Os painéis são elementos estruturais, e o cálculo estrutural é o que determina o espaçamento entre os perfis a montante. Os espaçamentos comumente utilizados são de 400mm e 600mm, quanto menor o espaçamento, maior será a carga a ser suportada. Além disso, vale ressaltar que os furos nos perfis, à montante, realizados para a passagem de instalações hidráulicas e elétricas são previamente calculados para não prejudicar a função estrutural do painel. Os detalhes citados anteriormente são observados na Figura 11.

Figura 11 – Painel de LSF com perfuração nos perfis Ue.



Fonte: SANTIAGO (2012).

2.1.3 Lajes

No sistema de LSF as lajes seguem o mesmo princípio estrutural dos painéis. Elas são formadas por perfis de aço galvanizado com espaçamento seguindo o formato em função das cargas aplicadas da estrutura. As vigas do piso, além de servirem de apoio ao contrapiso, transmitem as cargas da própria laje e das cargas em que a laje está sujeita para os painéis estruturais (SANTIAGO, 2008). Um exemplo de laje em LSF do tipo treliçada pode ser observada na Figura 12.

Figura 12 – Laje em LSF vista inferior.

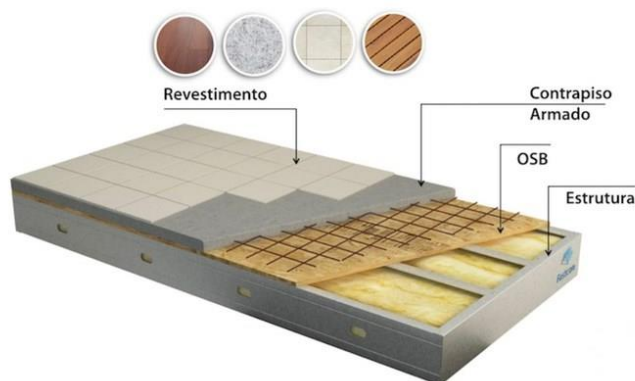


Fonte: Autor (2022)

Outra tipologia, é a laje úmida, composta por uma estrutura leve metálica, juntamente com a lã de vidro (que tem como principal função o desempenho acústico da estrutura), pelas placas de OSB (*Oriented Standard Board*), e recebe também a

aplicação de um contrapiso armado, finalizando com o devido acabamento e revestimentos (GOUVEA, 2015), conforme pode ser observado na Figura 13.

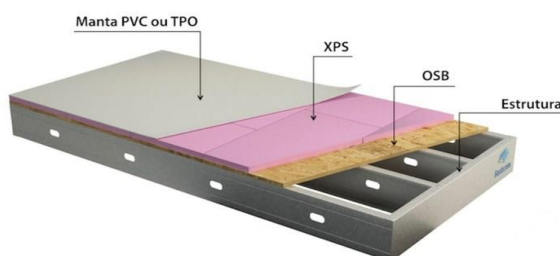
Figura 13 – Laje úmida.



Fonte: Fastcon (2021)

A laje seca é composta por três componentes principais, a placa OSB, que fica em contato com a estrutura, a camada de poliestireno extrudado (XPS), que é um polímero termoplástico (que tem como principal função o desempenho termoacústico da estrutura), e para finalizar, a manta de PVC ou TPO, que cumpre o papel de impermeabilização. Na Figura 14 é ilustrado um sistema de laje seca (FASTCON, 2021).

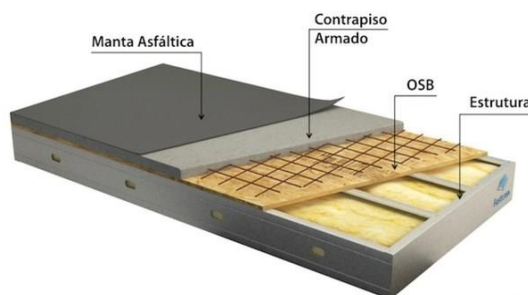
Figura 14 – Laje seca.



Fonte: Fastcon (2021)

Já a laje mista, consiste na estrutura da laje com lã de vidro com a função citada acima, a placa OSB, e a aplicação de um contrapiso armado com finalização em manta asfáltica (FASTCON, 2021), como pode-se exemplificar na Figura 15.

Figura 15 – Laje úmida.



Fonte: Fastcon (2021)

2.1.4 Coberturas

As coberturas em *Light Steel Frame* possibilitam a execução tanto de coberturas inclinadas, semelhante aos telhados usuais de madeira que fazem uso de telhas cerâmicas, asfálticas, concreto ou até metálicas, como de coberturas planas com lajes úmidas impermeabilizadas. A cobertura em LSF utiliza os mesmos tipos de perfil de aço galvanizado do restante do sistema, formando treliças, tesouras ou coberturas planas. Pode haver, dependendo da cobertura, a utilização de OSB entre os perfis da estrutura e as telhas, com função de substrato da cobertura (SANTIAGO 2008). Na Figura 16 é possível observar a estrutura da cobertura em aço galvanizado.

Figura 16 – Estrutura de cobertura em LSF.



Fonte: Autor (2022)

Como o autor supracitado comenta, o OSB pode ser utilizado entre os perfis de aço galvanizado em alguns tipos de coberturas. É recomendado a utilização em telhados *shingle*. Na Figura 17 podemos notar a utilização do OSB.

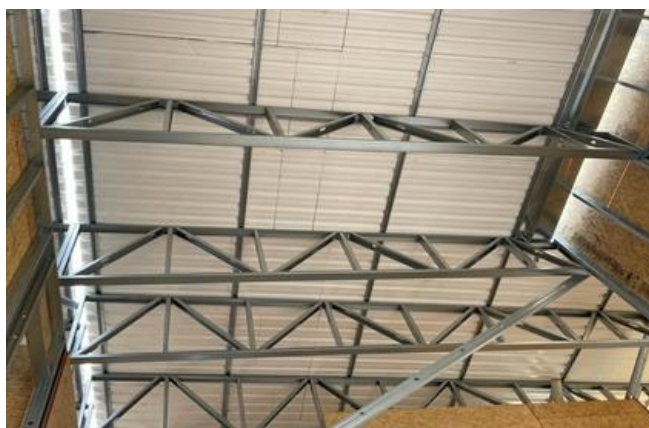
Figura 17 – Tesouras na cobertura em LSF.



Fonte: Autor (2022)

A utilização de telhas termoacústica, também chamada de telha sanduíche, é comum nas coberturas de *Light Steel Frame*. É uma telha de aço galvanizado ou galvanizado, com material isolante no interior, que pode ser lã de rocha, poliuretano ou poliestireno (GALVAMINAS, 2021). A Figura 18 demonstra a utilização de telhas termoacústicas em cobertura de LSF.

Figura 18 – Cobertura plana em LSF.



Fonte: Autor (2022)

2.1.5 Fechamento Vertical

Para fechamento vertical no sistema construtivo de LSF no Brasil, segundo CRASTO (2005), são utilizados basicamente três elementos, que são o OSB (*Oriented Standard Board*), a placa cimentícia e o gesso acartonado, pois são os materiais que mais se adequaram à realidade nacional, em relação ao custo e a mão de obra disponível. Visto que a instalação desses elementos tem similaridade com a instalação de sistemas *drywall*, que é amplamente utilizada no Brasil.

A placa ou “painel de OSB é um painel estrutural de tiras de madeira orientadas perpendicularmente, em diversas camadas, o que aumenta sua resistência mecânica e rigidez. Essas tiras são unidas com resinas aplicadas sob altas temperaturas e pressão”. (ESPLANE, 2021). As placas de OSB, no sistema de LSF, atuam no funcionamento e como auxílio no desempenho estrutural, e podem ser utilizadas tanto como fechamento interno e externo dos painéis, em pisos, forros, e como base para

a cobertura do telhado. Na Figura 19 é mostrado a montagem dos painéis de LSF com as placas de OSB. Na Tabela 01 é mostrado algumas especificações de placas de OSB e suas aplicações, em que varia principalmente a espessura e o peso da placa para cada aplicação. As placas de OSB devem sempre ter proteção externa contra umidade e água, que é obtida por meio de revestimentos impermeáveis (mantas ou membranas de polietileno de alta densidade) garantindo a estanqueidade das paredes, evitando a entrada de água para dentro, porém permitindo a passagem da umidade e de vapores de dentro para fora dos painéis (SANTIAGO, 2008).

Figura 19 – Fachada com instalação de placas de OSB.



Fonte: Autor (2022)

Tabela 1 – Placas OSB e suas aplicabilidades.

Espessura (mm)	Dimensão (mm)	Peso (kg)	Aplicação
9,5	1200x2400	17,5	Para paredes e telhados com perfis espaçados a no máximo 400mm
11,1	1200x2400	20,4	Para paredes e telhados com perfis espaçados a no máximo 600mm
15,1	1200x2400	27,8	Perfis espaçados em paredes a no máximo 600mm, telhados espaçados 800mm, pisos e lajes secas espaçados 400mm
18,3	1200x2400	33,7	Para pisos e lajes secas com perfis espaçados a no máximo 600mm

Fonte: Adaptado ESPAÇOSMART (2021)

As placas cimentícias, segundo Crasto (2005), são todas as chapas delgadas que contenham cimento em sua composição. Elas são utilizadas no fechamento

externo ou internamente nos painéis de LSF, sendo frisado pelo autor que são utilizadas principalmente em áreas molhadas, nas quais se substitui o gesso acartonado e quando há o contato com intempéries. Na figura 20 é possível observar a placa cimentícia isolada em diferentes tamanhos para serem utilizadas e na Figura 21 podemos observar a placa cimentícia aplicada na estrutura na face externa da edificação.

Figura 20 – Placa cimentícia.



Fonte: Autor (2022)

Figura 21 – Placa cimentícia aplicada.



Fonte: Autor (2022)

Segundo a fabricante de placas cimentícias Brasilit (2021), suas placas cimentícias impermeabilizadas são produzidas a partir de uma mistura homogênea de cimento Portland, agregados naturais e celulose com fios sintéticos de polipropileno. Elas recebem ainda tratamento adicional de impermeabilização na massa, o que deixa a placa totalmente protegida. Suas aplicações para exteriores são para paredes externas, fachadas, *sidings*, platibandas e beiras. Enquanto suas aplicações para interiores são para paredes internas, revestimentos, áreas molháveis, dutos e *shafts*.

A fabricante Brasilit (2021) ainda disponibiliza as aplicações para cada espessura, similar ao observado anteriormente, para as placas OBS, conforme pode ser observado na Tabela 2.

Tabela 2 – Placas cimentícias e suas aplicações.

Espessura da placa	Aplicações
6mm	Divisórias leves, forros e dutos de ar-condicionado
8mm	Paredes internas em áreas secas e úmidas, revestimentos de paredes comuns ou em subsolos.
10mm	Utilizadas para áreas secas e úmidas, internas e externas. Ideais no fechamento externo em Sistema Steel ou Wood Framing e isolamentos termo-acústicos.
12mm	Para uso interno na compatibilização com o Drywall ou em fechamentos internos, ou externos que necessitem de maior espessura por questões estéticas, ou físicas específicas.

Fonte: Adaptado de Brasilit (2021)

Para fechamento externo, segundo a Gouvea (2015), as placas cimentícias recebem ainda um acabamento de argamassa denominado de *base coat*, que consiste em uma massa a base de liga cimentícia, aditivos e componentes impermeabilizantes, a qual é aplicada em toda a extensão da parede, dando aspecto monolítico e sendo responsável também pela impermeabilização da placa. Após a aplicação da massa, a parede é tratada de modo tradicional, recebendo todos os tipos de revestimentos, textura ou pintura. A Figura 22 ilustra a etapa em que a estrutura está pronta para receber a *base coat*.

Figura 22 – Fachada de placa cimentícia.



Fonte: Autor (2022)

Segundo Santiago (2012), as placas de gesso acartonado no LSF são idênticas às utilizadas no sistema de *Drywall*, e não possuem função estrutural. São formadas

por meio de um processo industrial de laminação contínua, em que são misturados água, gesso e aditivos, esse processo é realizado entre duas lâminas de cartão, que garantem ao gesso resistência à flexão e tração. São normalmente utilizadas em áreas internas, protegidas de quaisquer intempéries.

No Brasil, de acordo com Pllacar (2021), são comercializadas três principais categorias de placas de gesso acartonado que são ilustrados na Figura 23 , em que :

- Placa Standard (ST) Branco, para aplicação em ambientes secos
- Placa Resistente ao Fogo (RF) Rosa, para aplicação em áreas secas que requeiram resistência ao fogo, contém presença de fibra de vidro na mistura do gesso.
- Placa Resistente a Umidade (RU) Verde, para aplicação em ambientes úmidos, contém silicone e aditivos fungicidas na mistura do gesso.

Figura 23 – Tipos de placas de gesso acartonado.



Fonte: Pllacar (2021)

2.1.6 Instalações elétricas e hidrossanitárias

As instalações elétricas e hidrossanitárias no sistema de LSF são parecidas com as utilizadas no sistema construtivo de alvenaria e o desempenho em todas as instalações não é alterado. Os materiais e formas para instalações continuam os mesmos utilizado na alvenaria convencional. Entretanto, somente é requisitado alguns cuidados específicos na execução, pois as paredes de LSF não possuem preenchimento no interior, e necessitam de suportes e montagens para a fixação das instalações (SANTIAGO; FREITAS; CRASTO 2012).

Para as instalações elétricas, devem ser utilizados materiais isolantes, a fim de proteger a estrutura de eventuais descargas elétricas dos fios e cabos. Para isso, são utilizados anéis de borracha e eletrodutos flexíveis em todo o cabeamento, conforme pode ser observado na Figura 23, em que é demonstrada a instalação elétrica e hidrossanitária realizada no sistema LSF.

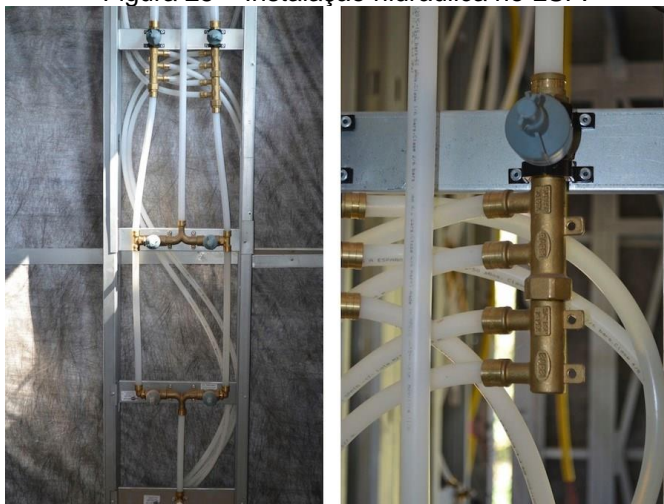
Figura 24 – Instalação elétrica e hidrossanitária.



Fonte: Habitissimo (2021)

As passagens das instalações são feitas nos furos nos perfis de LSF, seguindo todos os parâmetros estabelecidos na ABNT NBR 15253. Além disso, os furos nos perfis devem ser considerados para o cálculo estrutural da edificação. Na fase de execução da passagem de tubulações, o resíduo gerado é mínimo e a velocidade é aumentada para instalação em comparação a mesma etapa no sistema construtivo tradicional, em que se tem uma grande geração entulho, visto que há necessidade de quebrar a parede para a realização desta etapa (SANTIAGO; FREITAS; CRASTO 2012). Na Figura 25 é mostrado uma instalação hidráulica no sistema LSF.

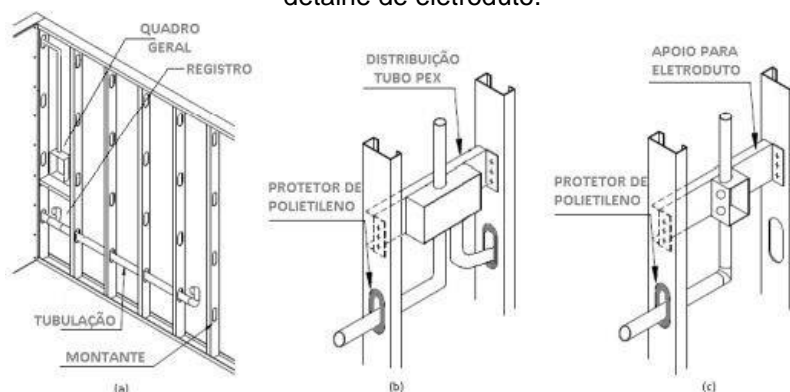
Figura 25 – Instalação hidráulica no LSF.



Fonte: Fastcon (2021)

Segundo Rondiely (2013), no projeto de instalações hidráulicas do sistema de *Light Steel Frame* é recomendada a utilização tubulações PEX, por proporcionar uma rápida instalação e pouca interferência na estrutura. Ainda, segundo o autor, o uso de tubulações rígidas demanda uma maior coordenação e racionalização da instalação, para evitar perfurações excessivas nos montantes, como é ilustrado na Figura 26.

Figura 26 – Instalação hidráulica no painel de LSF: (a) painel (b) detalhe de tubulação de água fria (c) detalhe de eletroduto.



Fonte: Rondinely (2013)

Para realizar a fixação das instalações elétricas e hidrossanitárias existem componentes que precisam ser utilizados, como o protetor de polietileno usado nas bordas dos furos do perfil para a proteção das instalações, e a utilização de apoios para as instalações por meio de perfis metálicos. Também são utilizadas fitas perfuradas para fixação dos eletrodutos e das tubulações.

2.1.7 Parafusos

De acordo com Crasto (2005), existem diversos tipos de conexões e ligações nas estruturas metálicas e seus componentes, apesar de que não são todas que são utilizadas. Por mais que não se dê a devida importância para as ligações, são de extrema relevância e podem impactar no custo final da obra e no desempenho da edificação.

Sendo assim, Crasto (2005) ressalta que no sistema de LSF as ligações mais utilizadas são por parafusos, tanto pela eficiência quanto por permitir a ligação dos mais diversos componentes da construção. Entres os parafusos existentes, os mais utilizados são os auto-atarraxantes e auto-perfurantes. Sendo que cada subtipo de parafuso possui uma função. A Figura 25 ilustra os dois tipos de parafusos mais utilizados, citados anteriormente.

Figura 27 – Ponta broca e ponta agulha.



Fonte: Crasto (2005)

Parafusos com a ponta broca têm sua utilização para chapas metálicas com espessura mínima de 0,84 mm, já os parafusos com a ponta agulha são utilizados em

drywall ou também em chapas metálicas com espessura de no máximo 0,84 mm (ELHAJJ et al, 2000). Na Figura 28 é possível observar os parafusos citados.

Figura 28 – Parafusos com cabeças lenticla, sextavada, panela e trombeta.



Fonte: Elhajj et al.(2000)

Segundo Crastro (2005), parafusos cabeça lenticla (Figura 28a) são mais utilizados para ligações de metal/metal ou entre perfis. Os parafusos cabeça sextavada e panela (Figura 28b e 28c) são conhecidos como parafusos estruturais, pois são utilizados na ligação entre os perfis metálicos ou painéis, nos enrijecedores de alma em vigas dos pisos, perfis em tesouras, e em componentes de apoio das tesouras. Já os de cabeça trombeta (Figura 28d) são utilizados na fixação de placas de OSB e também de gesso. E, por isso, a parafusadeira é uma das ferramentas mais utilizadas nesse sistema construtivo.

2.2 ALVENARIA CONVENCIONAL

Primeiramente, cabe esclarecer que para o presente trabalho, considera-se o termo alvenaria convencional como a construção com estrutura em concreto armado e com vedação em blocos cerâmicos vazados.

O concreto armado, segundo Bastos (2006), é um material composto de concreto e armadura/barras de aço no qual o concreto é o material que desempenha a função de resistir às tensões de compressão, enquanto as barras da armadura absorvem as tensões de tração. Ademais, o referido autor ainda vai além, afirmando que o conceito de concreto armado envolve também o fenômeno da aderência, já que, segundo ele, é necessário haver uma real solidariedade entre ambos o concreto e o aço, e que o trabalho seja realizado de forma conjunta (BASTOS, 2006).

O concreto, segundo Gonçalves (2015), é um material que tem na sua composição: cimento, água, agregados miúdos e graúdos (areia e pedra/brita), e ar. O autor ressalta que possa haver adições como cinza volante, sílica ativa, pozolanas, entre outros, e podem conter também outros aditivos químicos com a função de modificar ou melhorar as propriedades básicas do material.

De acordo com Nascimento (2004), a principal função da alvenaria é a separação entre ambientes, em especial a separação entre ambientes externos e internos, atuando como uma barreira ou filtro seletivo, capaz de controlar ações e movimentos externos.

2.2.1 Fundação

A fundação na construção civil, segundo Gonzaga (2021) consiste no elemento responsável por receber todas as cargas advindas da edificação e transferi-las para o solo de maneira segura. Por existem muitos tipos de fundações, a escolha adequada e a execução correta da fundação é imprescindível para uma obra exemplar e econômica.

Apesar de existir possibilidade de escolher entre as mais diversas fundações, em terrenos planos e em construções menores utilizam-se normalmente as fundações rasas. Essa escolha costuma levar em consideração a simplicidade, facilidade e custo-benefício. Como exemplos de fundações rasas, temos a de radier e as sapatas (GONZAGA, 2021). Na Figura 29 podemos observar uma fundação do tipo sapata.

Figura 29 – Fundação de sapata



Fonte: Pereira (2019)

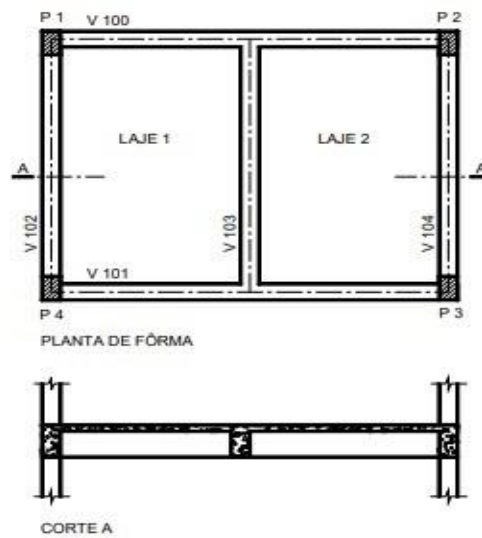
2.2.2 Estrutura

A estrutura das construções de concreto armado, independentemente do tamanho, é composta de três principais e usuais elementos estruturais, são eles: as lajes, os pilares e as vigas. São elementos responsáveis por receber e transmitir as diversas ações da estrutura, e que na fundação serão transmitidas ao solo. Além de fazerem parte da estrutura de contraventamento, que tem como função assegurar a estabilidade global da edificação às ações horizontais e verticais (BASTOS,2006).

2.2.3 Lajes

As lajes, conforme definição de Bastos (2006), são “elementos planos que se destinam a receber a maior parte das ações aplicadas numa construção” sejam elas advindas de paredes, pisos, pessoas, dentre outros tipos de carga. Como podemos observar na figura a seguir, essas ações são normalmente perpendiculares ao plano da laje, e a carga total desta é transmitida para as vigas de apoio nas bordas da laje, porém ocasionalmente podem ser transmitidas diretamente aos pilares, como ilustra a Figura 30.

Figura 30 – Laje de concreto armado.



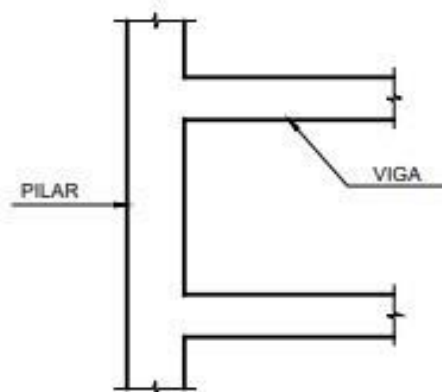
Fonte: Bastos (2006)

2.2.4 Pilar

Os pilares, segundo a Norma 6118/14 (item 14.4.1.2), são definidos como “elementos lineares de eixo reto, usualmente dispostos na vertical, em que as forças normais de compressão são preponderantes” (ABNT, 2014, p. 84).

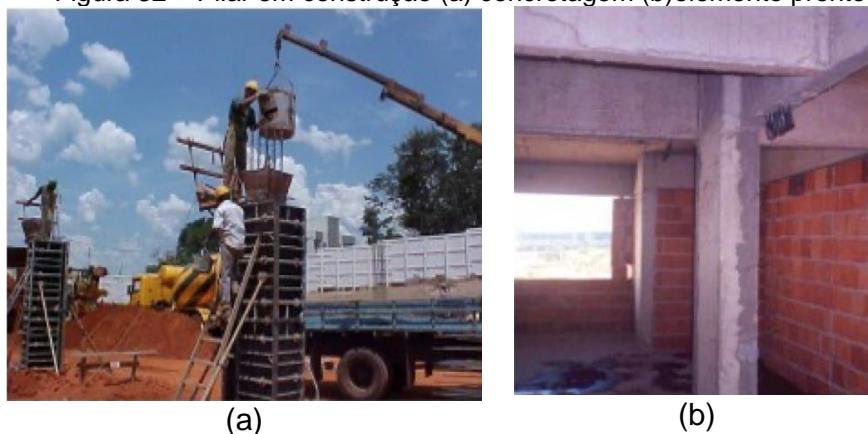
De acordo com Bastos (2006), os pilares são os elementos mais importantes nas estruturas, os motivos citados pelo autor são de garantir a segurança, pela capacidade de resistir aos esforços solicitados nas edificações, além da função de transmitir as cargas verticais recebidas para os elementos de fundação. A Figura 31 ilustra a estrutura do pilar atuando juntamente com as vigas. Na Figura 32a é possível observar a concretagem do pilar e a Figura 32b é demonstrado o pilar pronto.

Figura 31 – Pilar.



Fonte: Bastos (2006)

Figura 32 – Pilar em construção (a) concretagem (b) elemento pronto.



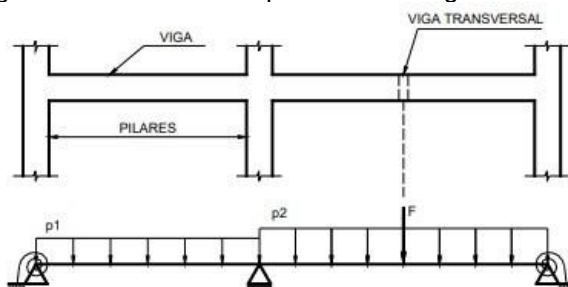
Fonte: Bastos (2006)

2.2.5 Viga

As vigas, segundo a Norma 6118/14 (item 14.4.1.1), são definidas como “elementos lineares em que a flexão é preponderante” (ABNT, 2014, p. 83).

Para Bastos (2006), as vigas podem ser classificadas como barras e são frequentemente retas e horizontais, sendo responsáveis por receber as paredes, outras vigas, as ações das lajes e também ocasionalmente de pilares. Sua principal função é vencer vãos e também garantir a transmissão das ações recebidas para os apoios, que normalmente são os pilares, como é ilustrado na Figura 33 e exemplificados das Figura 34a e 34b.

Figura 33 – Desenho esquemático de viga de concreto.



Fonte: Bastos (2006)

Figura 34 – Exemplos de vigas (a) viga apoiada em outra (b) encontro entre vigas.



Fonte: Bastos (2006)

2.2.6 Coberturas

A cobertura do sistema construtivo de alvenaria convencional é composta basicamente por uma estrutura de madeira, que conta normalmente com três principais elementos estruturais, são eles: ripas, terças e caibros, podendo também, dependendo do modo como será construída, serem utilizadas tesouras de madeira. Esses elementos suportam o peso das telhas, que normalmente são de cerâmica e que transmitem as cargas para cintas superiores, que transmitem para as paredes e posteriormente para cintas inferiores, e que, finalmente, chegam até as fundações que descarregam as cargas no solo (OLIVEIRA, 2012).

As telhas cerâmicas, apesar de serem o tipo de cobertura mais popular no Brasil, não são exclusividade. Além delas podemos encontrar também coberturas para alvenaria convencional dos mais diversos tipos, como por exemplo, telhas de concreto, telhados embutidos, telhas de fibrocimento, telhados verdes, lajes impermeabilizadas, entre outros.

2.2.7 Alvenaria

De acordo com Nascimento (2004), a alvenaria tem como principal função a separação entre ambientes, em especial a separação entre ambientes externos e internos, atuando como uma barreira ou filtro seletivo, capaz de controlar ações e movimentos externos. O autor ainda cita em seu trabalho as principais propriedades das alvenarias, quais sejam:

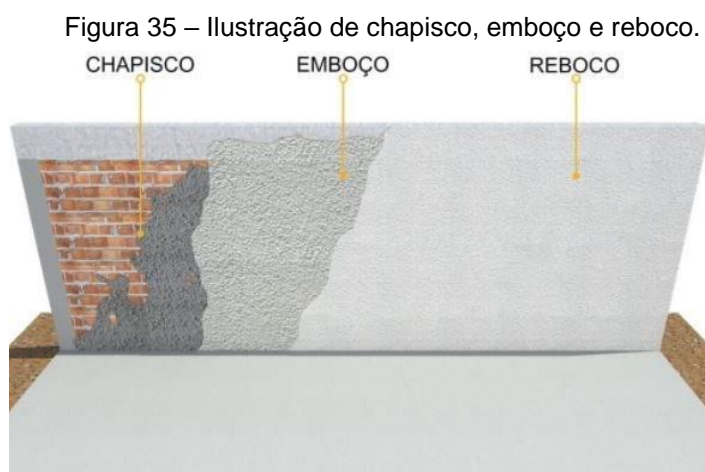
- Resistência à umidade e aos movimentos térmicos;
- Resistência à pressão do vento;
- Isolamento térmico e acústico;
- Resistência à infiltração de água pluvial;
- Controle da migração de vapor de água;
- Base ou substrato para revestimentos em geral;
- Segurança para usuários e ocupantes;
- Adequar e dividir ambientes;

A alvenaria tem uma particularidade de revestimento que é encontrado na grande maioria das construções no país, que são os revestimentos de argamassa. Normalmente são utilizados três tipos com funções distintas, que são: as argamassas de aderência para o chapisco, argamassa de regularização da parede para o emboço e a argamassa de acabamento para o reboco.

O chapisco é realizado com uma argamassa de aderência na parede, a argamassa é composta de cimento, areia grossa e água. Sua aplicação na alvenaria é realizada de forma irregular diretamente nos tijolos. É responsável por tornar a superfície áspera e porosa, e também auxilia na aderência das camadas seguintes.

O emboço é realizado com uma argamassa de regularização da parede, e tem como objetivo, preparar a parede para o assentamento dos revestimentos cerâmicos ou então para a execução do reboco, tornando-se uma etapa intermediária do acabamento. É composta de cimento, cal, água e areia média ou grossa.

O reboco é realizado por uma argamassa de acabamento, que é composta por cimento, cal, água e areia fina, podendo ou não conter outros aditivos. É responsável por deixar a superfície plana e lisa para a realização do acabamento final. A figura 35 ilustra os três tipos de revestimentos utilizados em conjunto.



Fonte: Retondo (2020)

2.2.8 Instalações elétricas e hidrossanitárias

A instalação elétrica e hidrossanitária, no sistema construtivo de alvenaria convencional, segundo Oliveira (2012), é realizada através de cortes e rasgos nas paredes de alvenaria, aumentando o desperdício de material, geração de resíduos, aumentando também a mão de obra e os custos. Além de afetar diretamente a velocidade construtiva, pois se toma tempo para abrir o rasgo, para fechá-lo, e em futuras manutenções o processo é o mesmo, gerando transtorno aos usuários, como é demonstrado na Figura 36.

Figura 36 – Instalações na alvenaria.



Fonte: PRONTOMIX (2013)

3 PROGRAMA EXPERIMENTAL

O presente trabalho trata-se de um estudo comparativo entre os sistemas construtivos em *Light Steel Frame* e em Alvenaria Convencional, por meio de uma revisão de literatura.

3.1 ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA

Para realização deste trabalho, foi realizada uma análise bibliométrica sobre os sistemas construtivos em alvenaria convencional e *Light Steel Frame*, para que fosse possível um estudo comparativo entre ambos. Para tanto, as seguintes etapas foram executadas:

- a) Definição da base de dados: foi realizada uma análise preliminar das bases Web of Science e o Scopus, Google Scholar, dentre outras. Optou-se por não restringir a apenas um banco de dados.
- b) Definição dos parâmetros de busca: foram definidas as palavras chaves utilizadas e os filtros que seriam aplicados durante a busca. 48 palavras chaves utilizadas, conforme indicado na Tabela 20 no Apêndice 1. Com relação aos filtros, estes ficaram definidos com qualquer documento científico publicado entre 2000 e 2021. Não foi adotado este filtro quando se tratou de livros.
- c) Buscas: uma vez definidos os parâmetros de busca e a base de dados, a busca em si pode ser realizada.
- d) Processamento da informação: esta etapa consistiu em separar os documentos por temas, tipo (artigo científico, dissertação e teses, livros), data de publicação.
- e) De posse do banco de documento organizados, traçou-se os seguintes subtemas para ser feito o estudo comparativo:
 - Desempenho estrutural;
 - Desempenho Térmico e Acústico;
 - Qualidade;
 - Resistência ao fogo;
 - Sustentabilidade;
 - Durabilidade e Manutenção;
 - Custo e prazo.

Por fim, foi realizando um questionário online com profissionais que já executaram ambas as técnicas construtivas, conforme mostrado no Apêndice 2.

4 RESULTADOS

4.1 DESEMPENHO ESTRUTURAL

O sistema construtivo de *Light Steel Frame* tem o seu trabalho estrutural distribuído continuamente, realizado pelas paredes estruturais, chamadas também de painéis estruturais, que recebem as cargas das lajes e coberturas, e as distribuem para a fundação. O que difere da alvenaria convencional que tem suas cargas distribuídas de forma pontual em vigas e pilares (ESPAÇOSMART, 2021).

Em relação ao desempenho estrutural, Ferreira (2015) ressalta que, por ser um sistema de baixo peso e de rápida montagem, o LSF tem seu desempenho questionado. Já a alvenaria de blocos cerâmicos, por ser utilizada na construção há mais tempo, tem seu desempenho menos discutido.

De acordo com Bevilaqua (2005), em estudo comparativo do desempenho estrutural entre prédios utilizando sistema aporticado de e *Light Steel Frame*, foi possível observar que, quando projetado de forma adequada, o sistema de LSF possui um ótimo desempenho estrutural, garantindo a segurança da estrutura, resistindo a todos os esforços solicitantes verticais e horizontais, além de obter deslocamentos horizontais e verticais até menores que ao sistema aporticado.

No Documento de Avaliação Técnica Nacional Nº 041 submetido ao Sistema Nacional de Aprovação Técnica de Produtos Inovadores (SINAT) concedido pela Coordenação Geral do Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-H) da Secretaria Nacional de Habitação para o produto da Tego Frame, destinado a construções habitacionais nas condições expressas no documento, pode-se observar o desempenho estrutural pelas seguintes análises: do projeto estrutural, resultados de ensaios das paredes e da memória de cálculo nos parâmetros de resistência a cargas verticais (compressão excêntrica e resistência a impactos de corpo mole e corpo duro).

Para resistência de cargas verticais com compressão excêntrica foram feitos ensaios, que constam no Relatório de Ensaio IPT nº 158 845-205, em que foi possível avaliar a resistência das paredes para cargas verticais para Estado Limite Último – ELU e para Estado Limite de Serviço – ELS. Os dados foram resumidos nas Tabelas 3 e 4.

Tabela 3 – Resumo dos resultados dos ensaios de compressão excêntrica no painel de LSF.

Corpo-de-prova ensaiado	Carga do primeiro dano (kN/m)	Carga de ruptura (kN/m)
CP-1	112,5	152,4
CP-2	100,0	137,8
CP-3	112,5	142,2

Fonte: Adaptado de SINAT (2020)

Tabela 4 – Resumo da análise dos resultados dos ensaios de compressão excêntrica.

R_{ud}	$S_{d,u}$	R_{sd}	$S_{d,s}$
48,2 kN/m	27,3 kN/m	35,0 kN/m	25,4 kN/m

Fonte: Adaptado de SINAT (2020)

O relatório ressalta que a resistência última de projeto (R_{ud}) e a resistência de serviço (R_{sd}), resumidas na Tabela 04, foram obtidas com a aplicação de equações previstas na norma ABNT NBR 15575-2 utilizando os valores obtidos da Tabela 03. Além disso, para esse resultado da Tabela 04, foi utilizada a maior carga prevista no projeto do sobrado analisado, que foi com $S_k = 15\text{ kN/m}$, e as solicitações de projeto para ELU e ELS foram calculadas respectivamente a partir de $S_{d,u}$ com $\gamma_f = 1,4$ e $S_{d,s}$ com $\gamma_f = 1,3$.

Os resultados obtidos demonstram que as condições de $S_{u,d} \leq R_{ud}$ ficam confirmadas para o Estado Limite Último, e $S_{s,d} \leq R_{sd}$ para o Estado de Limite de Serviço. Desse modo, o sistema de *Light Steel Frame* da Tego Frame para paredes consegue resistir adequadamente às cargas verticais solicitadas pela edificação. Além disso, os resultados do relatório técnico em questão obedecem aos deslocamentos limites especificados pela ABNT NBR 15575-2, pois demonstram que nenhum dos valores de deslocamentos foi superior a $H/300$ para limitação visual e a $H/400$ para limitação de destacamentos e fissuras em vedações.

Para a resistência à impactos de corpo mole e corpo duro o Documento nº41 do SINAT descreve que “as paredes foram submetidas a ensaios de corpo mole com as energias de 120, 180, 240, 360, 480, 720 J nas faces externas e de 120, 180, 240 e 320 J nas faces internas”, concluindo que resultados dos ensaios nos Relatórios de Ensaio IPT nº 115 331-203 e Relatório de Ensaio IPT nº 115 344-203 foram apontados como satisfatórios. Para os ensaios de corpo duro, as paredes externas com placas cimentícias foram ensaiadas com impacto de corpo duro com energias de 3,75 J e 20

J, conforme consta no Relatório de Ensaio IPT nº 1 115 331-203, e demonstraram que estão em conformidade com as exigências da Diretriz SiNAT nº003, revisão 2 e da ABNT 15.575-4.

O resultado do ensaio de resistência a solicitações de peças suspensas foi descrito no Relatório de Ensaio IPT nº 1 115 331-303, em que mãos francesas foram fixadas com bucha Sforbolt ¼” e parafuso de Ø 6,1 mm e 66 mm de comprimento com os de fenda cruzada e cabeça de panela. No ensaio, foram realizadas aplicando cargas de 80 kg, 100 kg e 120 kg, durante 24 horas para cada solicitação de carga. No ensaio não houve rompimentos, fissuras, destacamentos ou outras alterações, demonstrando que os resultados atenderam os requisitos previstos na ABNT NBR 15.575-4 e a Diretriz SiNAT nº003 revisão 2.

Em relação as ações transmitidas por portas, os resultados estão no Relatório de Ensaio IPT Nº 1 115 344-203 em que foi realizado em uma parede de uma casa térrea em que foi feita um protótipo na localidade de Guapiaçu-SP. A porta do ensaio foi fixada com espuma expansiva de poliuretano com completo preenchimento entre o marco da porta e o perfil a montante. O resultado do ensaio é que foi que o ensaio cumpriu todas os requisitos previstos na ABNT NBR 15.575-4 e a Diretriz SiNAT nº 003 revisão 2.

O desempenho estrutural para alvenaria convencional a ser analisado tem como embasamento os resultados de avaliações apresentados por Pauluzzi (2017). O documento é relativo ao desempenho do sistema de alvenaria com vedações com blocos cerâmicos seguindo os requisitos e critérios de desempenho previstos na norma ABNT NBR 15575 (ABNT, 2013). As paredes em alvenaria foram analisadas nos parâmetros relativos à resistência a impactos de corpo mole e a impactos de corpo duro, ações transmitidas por porta, e resistência a solicitações de peças suspensas.

A presente análise é composta somente pelas paredes de alvenaria com dimensão de 4,12 x 3,20, composta pelos blocos cerâmicos mostrados na Tabela 5.

Tabela 5 – Configuração dos blocos cerâmicos.

Corpo-de-prova	Dimensão (cm)	Fbk (MPa)	Argamassa de assentamento estrutural (MPa)	Peso aproximado (Kg/m ²)
CP-1	14x19x29	1,5	4MPa	163
CP-2	19x19x29			191

Fonte: Autor (2022) com dados de Pauluzzi (2017)

O primeiro resultado foi obtido no Ensaio Nº 92.797 com medições realizadas no dia 13 de janeiro de 2015 no LMCC/UFSM. A parede do ensaio do bloco cerâmico do CP-1 foi ensaiada com revestimento de 1,5 cm de reboco médio em ambos os

lados. A parede foi submetida a impactos de até 720J e não foram observados danos visíveis.

Para resultado de impacto de corpo duro do CP-1, nas mesmas condições do ensaio anterior, ou seja, as mesmas configurações de revestimento. Então a parede foi submetida a impactos de corpo duro com 10 repetições para 20J com esfera de 1kg, e de 3,75J com esfera de 0,5kg. O corpo de prova apresentou somente mossas com profundidades inferiores a 2,0mm.

O resultado para o CP-2 foi obtido no Ensaio Nº 93.627 com medições realizadas no dia 26 de fevereiro de 2015 no LMCC/UFSM. A parede do ensaio do bloco cerâmico do CP-2 foi ensaiada com revestimento de reboco grosso na parte externa com espessura de 2,5cm e com reboco médio na parte interior com espessura de 1,0cm. Então a parede foi submetida a impactos de corpo mole de até 720J e não foram observados danos visíveis.

Para resultado para impacto de corpo duro do CP-2 no mesmo ensaio anterior com as mesmas configurações de revestimento. Então a parede foi submetida a impactos de corpo duro com 10 repetições para 20J com esfera de 1kg e de 3,75J com esfera de 0,5kg e o corpo de prova apresentou somente mossas com profundidades inferiores a 2,0mm.

Em relação as ações transmitidas por portas, os resultados estão no Relatório de Ensaio Nº 0725/2015 com medições realizadas no dia 27 de abril de 2015 no ITT Performance – Unisinos. O ensaio foi realizado para uma parede de alvenaria com dimensão total de 2,92x3,66m e formada por blocos cerâmicos com dimensões de 9x19x29cm, assentadas, e revestidas com argamassa de reboco médio de 1,5cm em ambos os lados. A porta de madeira instalada foi da marca Sincol, com dimensão de 2,10 x 0,8m. No ensaio realizado, a porta foi submetida a dez ações de fechamento brusco e a amostra não apresentou falhas na interface de instalação da esquadria com a parede ensaiada. A porta também foi submetida ao impacto de corpo mole de 240J no centro geométrico e não apresentou danos na interface que comprometessem o desempenho.

O resultado da resistência para peças suspensas do CP-1 foi obtido no Ensaio Nº 92.797 com medições realizadas no dia 13 de janeiro de 2015 no LMCC/UFSM. A parede do ensaio do bloco cerâmico do CP-1 foi ensaiada com revestimento de 1,5cm de reboco médio em ambos os lados. Foi utilizada a fixação de mão francesa padrão e foi realizada utilizando buchas plásticas da marca Fisher SX10 e parafuso 6-8. A peça na parede foi submetida a solicitação a carga máxima de 1,2kN e mantida constante por 24 horas, e não foram observadas alterações.

O resultado da resistência para peças suspensas do CP-2 foi obtido no Ensaio Nº 92.797 com medições realizadas no dia 26 de fevereiro de 2015 no LMCC/UFSM.

A parede do ensaio do bloco cerâmico do CP-2 foi ensaiada com revestimento de reboco grosso na parte externa com espessura de 2,5cm e com reboco médio na parte interna (espessura de 1,0cm). Foi utilizada a fixação de mão francesa padrão e foi realizada utilizando buchas plásticas da marca Fisher SX10 e parafuso 6-8. A peça na parede também foi submetida a solicitação a carga máxima de 1,2kN e mantida constante por 24 horas, e também não foram observadas alterações.

No sistema construtivo de alvenaria convencional a execução de edificações que tiverem em conformidade com a ABNT NBR 6118 e que respeitem todos os procedimentos e limites normativos, vão atender a todos os requisitos de desempenho estrutural.

Os resultados obtidos de todos os ensaios realizados, em ambos os sistemas construtivos, demonstraram que estão de acordo com os requisitos e critérios especificados nas normas ABNT NBR 15575-2 e ABNT NBR 15575-4 (ABNT, 2013).

4.2 DESEMPENHO TÉRMICO E ACÚSTICO

De acordo com os ensinamentos de Crasto (2005), o isolamento termoacústico é uma maneira de evitar que as condições externas influenciem nas internas, permitindo controlar melhor a qualidade do conforto dentro de determinado ambiente, seja evitando perdas ou ganhos de calor ou então impedindo a transmissão de sons entre os meios.

O sistema de LSF, se baseia na isolação multicamada, que, de acordo com ela, consiste em combinar placas leves de fechamento afastadas, formando um espaço entre os mesmos, preenchido por material isolante (CRASTO, 2005). Assim, é possível otimizar o desempenho termoacústico aumentando a espessura do isolante ou adicionando mais camadas de placas. As lãs minerais, constituídas de lã de vidro ou de lã de rocha, são os materiais mais utilizados como isolantes no sistema de LSF, sendo aplicadas nas paredes entre as chapas, conforme demonstra a Figura 37.

Figura 37 – Aplicação lã de vidro em paredes internas.



Fonte: Crasto (2005)

Para o sistema construtivo de *Light Steel Frame*, o desempenho acústico considerado para análise comparativa foi a avaliação técnica coordenada pela ITA IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas) e decisão dos Especialistas do SiNAT do sistema Saint-Gobain conduzida conforme a Diretriz SINAT nº 003 – Revisão 02, de maio de 2016, e a ABNT NBR 15.575-4 (2013). O Documento de Avaliação Técnica foi restrita para uso do sistema de LSF em casas térreas e sobrados, isolados ou germinados e nas certas condições e especificidades expressas na avaliação técnica. Foram realizados ensaios com o objetivo de verificar o índice de isolamento sonora do sistema Saint-Gobain para as paredes de fachada, observado no Relatório de Ensaio IPT nº 1007 511-203, e das paredes de geminação, observado no Relatório de Ensaio nº 1 007 674-203.

Os resultados dos ensaios foram que as paredes de fachada apresentam o índice de redução sonora em R_w igual a 50dB, e a parede de geminação, o índice de redução sonora (R_w) de 51 dB como ilustram os resultados na Figura 38.

Figura 38 – Resultado da avaliação técnica dos relatórios IPT nº 1007 511-203 e nº 1 007 674-203.

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 geminação nas situações onde não haja ambiente dormitório – 45 dB Parede de geminação 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: IPT (2021)

Foi possível observar que o sistema de *Light Steel Frame* da avaliação técnica cumpre os requisitos mínimos previstos na norma ABNT NBR 15575-4:2013.

Para verificar o desempenho acústico do sistema de alvenaria convencional utilizou-se os ensaios de laboratório demonstrados por Pauluzzi (2017), no qual foi obtido os dados de desempenho acústico a partir de amostras de paredes de alvenaria com blocos cerâmicos construídas na abertura interna de uma câmara reverberante. Para o estudo comparativo utilizou-se os dados de duas configurações de paredes constituídas com diferentes dimensões dos blocos, mas ambas foram ensaiadas com a configuração de argamassa de assentamento estrutural 4Mpa e revestimento de 1,5 cm na parte interna e externa. As dimensões dos blocos utilizados no estudo foram os de 19x19x29 cm e 14x19x29 cm, com F_{bk} de 1,5Mpa e com dimensão da parede total de 4,12 x 3,20 metros. As medições dos blocos cerâmicos foram realizadas na câmara reverberante do Laboratório de acústica da UFSM, e constam nos Relatórios de Ensaio Nº 92.009 e Nº 88.064. Os resultados são apresentados na Tabela 6.

Tabela 6– Resultado dos ensaios de desempenho acústico de blocos cerâmicos.

Dimensão (cm)	Peso (kg/m ²)	Espessura total parede (cm)	Valor de R _w determinado em laboratório (dB)
14x19x29	163	17	39
19x19x29	191	22,5	41

Fonte: Adaptado de Pauluzzi (2017)

Em estudo de Crasto (2005), afirma-se que o desempenho acústico de um material pode ser definido através da Classe de Transmissão de Som Aéreo, ou CTSA, que aponta a capacidade do material de diminuir o nível sonoro entre ambientes.¹ A tabela, adaptada por Crasto, baseada em estudos de Kinsler et al (1982), apresenta o CTSA para alguns componentes utilizados do LSF e na alvenaria convencional, como é possível observar na Figura 39.

Figura 39 – Tabela de CTSA para elementos construtivos.

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

Fonte: Crasto (2005)

¹ De acordo com Crasto (2005), o classificador CTSA vem sendo substituído por outra unidade de medida, o Índice de Redução Acústica, ou R_w.

Através da análise da Tabela 39, acima, é possível observarmos que ambos os sistemas construtivos – LSF e alvenaria convencional – apresentam bons resultados de isolamento acústico. Entretanto, se levarmos em consideração que as paredes de LSF podem ser feitas com mais camadas de placas ou então preenchidas com materiais isolantes eficientes, sua capacidade acústica pode ser aumentada e, portanto, ser mais eficaz quando comparada à alvenaria convencional, já que, nesta última, o único fator que contribui para o isolamento costuma ser a espessura do revestimento, que usualmente consiste em reboco, emboço, massa corrida e pintura.

Em relação ao desempenho térmico, a norma NBR 15575 (ABNT, 2013) estabelece que uma edificação habitacional deve cumprir diversos critérios para que atendam às exigências mínimas. A norma considera a região da construção, características bioclimáticas, assim como o desempenho térmico da edificação, que depende do comportamento entre fachada, piso e cobertura. Além disso, a norma ainda estabelece um procedimento normativo, que é o procedimento simplificado no qual deve-se determinar o valor de alguns parâmetros térmicos e verificar se são cumpridos. Além de dois procedimentos em que ocorre uma avaliação global com função informativa. Que são realizados por meio de simulação computacional ou com medições em edificações e protótipos, no qual se compara a temperatura externa com a interna.

A análise do desempenho térmico do método construtivo de alvenaria convencional para o presente trabalho será com base no método simplificado que foi utilizado por Pauluzzi (2017), o qual foi realizado pela avaliação do desempenho térmico de amostras de paredes de alvenaria com blocos cerâmicos. As paredes foram ensaiadas em diversas configurações e com diferentes dimensões dos blocos. As dimensões dos blocos utilizados foram os de 19x19x29 cm e 14x19x29 cm e configurações de revestimentos serão apresentados na Tabela 7.

Tabela 7 – Configuração dos tipos de revestimento.

Configuração	Tipo de Revestimento
PA - 1	Junta de 1cm de argamassa + em uma face revestimento de 2,5cm (5mm de chapisco + 2cm reboco) e 1cm na outra face
PA - 2	Junta de 1cm de argamassa + em uma face revestimento de 2,5cm (5mm de chapisco + 2cm reboco) e 2cm na outra face
PA - 3	Junta de 1cm de argamassa + em uma face revestimento de 2,5cm (5mm de chapisco + 2cm reboco) e revestimento interno de argamassa de gesso 1cm.

Fonte: Autor (2022) com dados de Pauluzzi (2017)

Os resultados obtidos na capacidade térmica, transmitância térmica e nível de desempenho atingido estão organizados na Tabela 8.

Tabela 8 – Desempenho térmico em paredes verticais de vedação em blocos cerâmicos.

Revestimento por tipo	Dimensão do bloco	U [W/(m ² K)]	CT[kJ/(m ² K)]	Nível de Desempenho
PA - 1	14x19x29	2,1	156	M
PA - 2		2,1	176	M
PA - 3		2,1	147	M
PA - 1	19x19x29	1,7	157	M
PA - 2		1,7	177	M
PA - 3		1,7	148	M

Fonte: Autor (2022) com dados de Pauluzzi (2017)

Sendo assim, verifica-se que o nível de desempenho mínimo previsto em norma é confirmado e alcançado o valor mínimo admitido pela NBR 15575 (ABNT, 2013) para capacidade térmica (CT) que deve ser superior ou igual a 130 kJ/(m²K). Ou seja, o sistema de alvenaria convencional cumpre todos os requisitos de desempenho térmico requeridos por norma.

Para o sistema construtivo de *Light Steel Frame*, o desempenho térmico considerado para análise comparativa foi a avaliação técnica coordenada pela ITA IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas) encontrado na publicação DATec Nº 041 e decisão dos Especialistas do SiNAT do sistema Saint-Gobain conduzida conforme a Diretriz SINAT nº 003 – Revisão 02, de maio de 2016, e a ABNT NBR 15.575-4 (ABNT, 2013). O Documento de Avaliação Técnica foi restrita para uso do sistema de LSF em casas térreas e sobrados, isolados ou germinados e nas certas condições e especificidades expressas na avaliação técnica.

Para o desempenho térmico no sistema de LSF foi feita uma avaliação técnica baseada em simulações computacionais de habitações térreas isoladas no qual empregam o sistema de estudo do DATec (paredes e cobertura) conforme consta no Relatório de Ensaio IPT nº 122 991-205.

As simulações foram feitas para todas as zonas bioclimáticas que constam na ABNT NBR 15.220 (ABNT, 2005). Na avaliação também foram considerados

parâmetros de absorvância de radiação solar na superfície externa das paredes de 0,3 para cores claras, 0,5 para cores médias e 0,7 para cores escuras.

Para as condições de zona climáticas de 1 a 7 também são considerados isolante térmico (manta de lã de vidro) de 50 mm de espessura no interior das paredes por todo o perímetro da construção e para a zona climática 8 foi considerado a manta de lã de vidro com 100 mm de espessura, e uma projeção horizontal do beiral de 600 mm para todas as condições. Na avaliação foi possível observar os resultados contidos na Figura 40.

Figura 40 – Resultado da avaliação técnica com base no relatório IPT nº 122 991-205.

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: IPT (2021)

As considerações elencadas pela tabela acima dos resultados da avaliação técnica do IPT (2021), foram que:

(1)Em todas as condições, considerou-se projeção horizontal do beiral de 600 mm e isolante térmico de 50 mm no interior das paredes, em todo o perímetro externo da habitação;

(2)Lã de vidro com 10 kg/m³, com condutividade térmica da ordem de 0,04 W/m.K;

(3)Ambiente com ventilação somente por infiltração através de frestas em janelas e portas, a uma taxa de 1,0 Ren/h (uma renovação do volume de ar do ambiente por hora) e janelas sem sombreamento;

(4)Janelas com proteção solar externa ou interna, como brises, cortinas, ou outros elementos, que impeçam a entrada de radiação solar direta ou reduzam em 50% a incidência da radiação solar global no ambiente;

(5)Ambiente ventilado a uma taxa de 5,0 Ren/h (cinco renovações do volume de ar do ambiente por hora);

(6)Com as duas opções anteriores.

Em outro estudo de avaliação técnica do IPT, que consta detalhado no Relatório Técnico IPT nº 158 726-205, Relatório Técnico IPT nº159 243-205 e Relatório Técnico IPT nº 160 376-205, também realizado por meio de simulações computacionais, foi feito uma avaliação térmica para um projeto de casa térrea padrão utilizando o sistema construtivo de Light Steel Frame da Tego Frame, placa de gesso para *drywall* com

espessura de 12,5 mm, cobertura de telha cerâmica e lã de PET com espessura de 100 mm sobre o forro. Nesse estudo foi realizada simulação térmica somente para as Zonas Bioclimáticas 3 e 6, para dormitório e sala. E foram obtidos resultados para duas situações específicas, uma em que havia a presença de lã de PET no interior das paredes da edificação, e outra sem lã de PET. Os resultados obtidos são expostos nas Figuras 41 e 42.

Figura 41 – Resultado da avaliação técnica sem lã de PET no interior das paredes.

Zona Bioclimática	Cores do acabamento externo das paredes ⁽¹⁾			
	Condição padrão ⁽²⁾	Com sombreamento ⁽³⁾	Com ventilação ⁽⁴⁾	Com sombreamento e ventilação ⁽⁵⁾
Zona Bioclimática 3 – Verão	Não atende	Cores claras	Não atende	Cores claras
Zona Bioclimática 3 – Inverno	Qualquer cor	Qualquer cor	Qualquer cor	Qualquer cor
Zona Bioclimática 6 – Verão ⁽⁶⁾	Não atende	Cores claras	Não atende	Cores claras

Fonte: IPT (2020)

Figura 42 – Resultado da avaliação técnica com lã de PET no interior das paredes.

Zona Bioclimática	Cores do acabamento externo das paredes ⁽¹⁾			
	Condição padrão ⁽²⁾	Com sombreamento ⁽³⁾	Com ventilação ⁽⁴⁾	Com sombreamento e ventilação ⁽⁵⁾
Zona Bioclimática 3 – Verão	Não atende	Qualquer cor	Não atende	Qualquer cor
Zona Bioclimática 3 – Inverno	Qualquer cor	Qualquer cor	Qualquer cor	Qualquer cor
Zona Bioclimática 6 – Verão ⁽⁶⁾	Não atende	Qualquer cor	Não atende	Qualquer cor

Fonte: IPT (2020)

As considerações descritas pelas duas tabelas acima, dos resultados da avaliação técnica do IPT (2020), foram que:

- (1) Absortância à radiação solar da superfície externa das paredes igual a: 0,3 (cores claras), 0,5 (cores médias) e 0,7 (cores escuras);
- (2) Ambiente com ventilação somente por infiltração através de frestas em janelas e portas, a uma taxa de 1,0 Ren/h (uma renovação do volume de ar do ambiente por hora) e janelas sem sombreamento;
- (3) Janelas com proteção solar externa ou interna, como brises, cortinas, ou outros elementos, que impeçam a entrada de radiação solar direta ou reduzam em 50% a incidência da radiação solar global no ambiente;
- (4) Ambiente ventilado a uma taxa de 5,0 Ren/h (cinco renovações do volume de ar do ambiente por hora);
- (5) Com as duas opções anteriores;
- (6) Na zona bioclimática 6 existe somente a condição de verão.

Com os resultados das avaliações técnicas relativas ao sistema construtivo de *Light Steel Frame* supracitados, além dos dados e resultados também anteriormente citados, é possível observar que com diferentes configurações construtivas teremos resultados distintos, como a alteração do tipo de isolante de lã de vidro para lã de pet ou rocha, podendo melhorar o desempenho térmico. E, embora o sistema não apresente o desempenho térmico “superior” que é encontrado no sistema construtivo de alvenaria convencional, o sistema de LSF dispõe de diversas opções de

revestimentos e isolantes térmicos para suprir as necessidades de desempenho térmico demandadas pelo consumidor.

4.3 QUALIDADE

Em relação a qualidade, o *Light Steel Framing* é um sistema construtivo industrializado no qual os componentes utilizados no sistema são padronizados e fabricados com rigorosos processos industriais, o que tornam suas execuções mais seguras e eficazes a quaisquer submissões a controles de qualidade que as normas exigirem. Por outro lado, no sistema construtivo convencional o processo é artesanal e deve ter todos os procedimentos cuidadosamente realizados conforme as Normas Técnicas para que seja garantida a qualidade e segurança das edificações em alvenaria.

4.4 RESISTÊNCIA AO FOGO

Quando consideramos a capacidade de um material de resistir ao fogo, devemos levar em conta duas características, quais sejam: a resistência ao fogo e a incombuscibilidade.

De acordo com Oliveira (2021), esta última se refere à capacidade de determinado material em, quando exposto ao fogo, preservar sua integridade e evitar a propagação das chamas. Cabe salientar que os materiais utilizados nos revestimentos, tanto no sistema de LSF quanto na alvenaria convencional, são incombuscíveis e não propagam chama e fumaça (Ferreira, 2015). Já a resistência ao fogo, diz respeito à capacidade de um sistema, composto ou não por materiais incombuscíveis, de transferir calor.

Quanto ao critério de resistência ao fogo, podemos utilizar como exemplo a análise realizada por Ferreira (2015), na qual a autora comparou resultados obtidos de seus estudos com dados de ensaios realizados por Silva (2015), de acordo com as exigências da NBR 15575 (ABNT, 2013), cujos dados estão expressos na Tabela 9.

Tabela 9 – Comparativo para resistência ao fogo entre sistemas construtivos.

RESISTÊNCIA AO FOGO	
<i>Light Steel Framing</i>	Alvenaria de blocos cerâmicos
Atende ao requisito de resistência ao fogo com um TRRF de no mínimo 30 minutos.	É resistente ao fogo, com um TRRF de 4 horas, atendendo o TRRF mínimo de 30 minutos.

Fonte: Adaptado de Ferreira (2015)

Como podemos perceber, ambos os sistemas construtivos cumprem com o requisito de resistência ao fogo por no mínimo trinta minutos, contido na NBR 15575 (ABNT, 2013). Entretanto, fica evidenciada a vantagem do sistema de alvenaria convencional, que apresentou no referido ensaio uma resistência de quatro horas de Tempo Requerido de Resistência ao Fogo (ou TRRF). Este Tempo Requerido de

Resistência ao Fogo é medido em minutos e diz respeito ao tempo mínimo de resistência ao fogo que um material ou estrutura precisa resistir, assegurando a integridade, isolamento e estanqueidade, quando sujeito a um incêndio, conforme encontrado na ABNT NBR 15200 (ABNT, 2012).

4.5 SUSTENTABILIDADE

Atualmente a preservação do meio ambiente é um dos principais tópicos do mundo moderno. O conceito da sustentabilidade está ligado ao conceito de desenvolvimento sustentável, propagado a partir dos anos 1970, e que ganhou força e foco entre empresas e principalmente em órgãos públicos. O conceito consiste em que o desenvolvimento sustentável é aquele que promove o desenvolvimento no momento presente, preservando os recursos naturais e atendendo as necessidades atuais, garantindo que as próximas gerações também consigam atender as suas necessidades no futuro (CAMPOS, 2014).

Nesse contexto, o *Light Steel Framing* pode ser considerado um sistema mais limpo, visto que, segundo Campos (2014), é um método considerado seco, pois a utilização de água nesse sistema se restringe às fundações da edificação. Ainda, devido ao peso da estrutura ser muito inferior ao de alvenaria, as fundações da estrutura de LSF são mais econômicas e menores e, conseqüentemente, a utilização de água também é reduzida.

Outro fator que corrobora com a sustentabilidade para o sistema de LSF em contraponto ao sistema de alvenaria convencional é o uso mínimo de cimento, já que a produção do cimento em 2019 foi responsável por cerca de 7% das emissões mundiais de CO₂. Sendo o Brasil o 12º maior produtor e o 8º maior consumidor de cimento mundial (SNIC, 2019).

Para quantificar esse impacto, avaliou-se os sistema por meio do trabalho publicado por Lima, Buligon e Azolim (2018), o qual teve como objetivo comparar, por meio da Avaliação do Ciclo de Vida Modular, a emissão de dióxido de carbono de construções que utilizam o sistema convencional de tijolos cerâmicos e o *Light Steel Framing* (LSF)". No trabalho foi possível observar que além da emissão de CO₂ na fabricação dos insumos, a distância de transporte dos insumos para a obra impacta consideravelmente na emissão de gás carbônico. A metodologia utilizada pelos autores foi explicitada na Figura 43.

Figura 43 – Metodologia da pesquisa.

Item	Etapa	Processo
1	Quantificação dos insumos para a construção das paredes em ambos os sistemas construtivos	Cálculo de volume de materiais empregados para a construção de 1 m ² de superfície de parede
2	Estimativa das distâncias dos polos industriais de cada insumo até as cidades objeto de estudo	Utilização da ferramenta do Google Maps para a determinação da menor distância entre as fábricas e os locais de suposta execução das obras
3	Levantamento de dados para o cálculo de emissões de CO ₂	Revisão bibliográfica em Costa (2012) e CBCS (2014)
4	Cálculo da emissão de gás carbônico por metro quadrado de parede (em kgCO ₂ /m ²) para cada sistema construtivo	Utilização do método de cálculo apresentado por Costa (2012)

Fonte: Lima, Buligon, Azolim (2018)

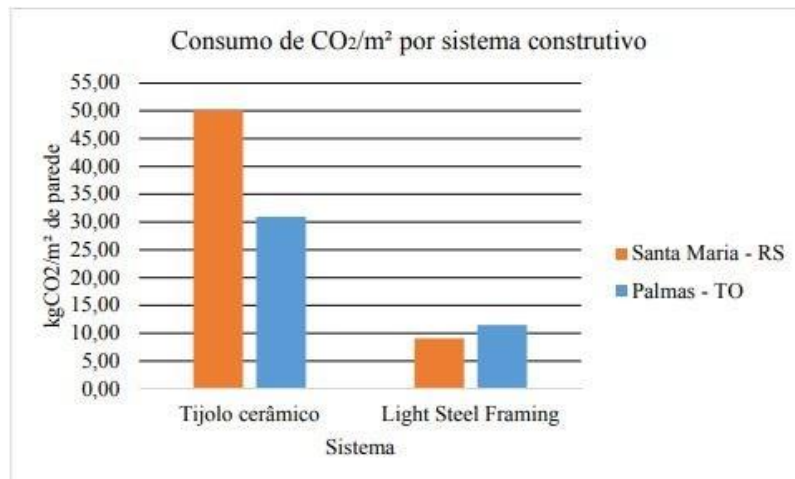
Ainda, a determinação da composição das paredes, segundo a autora, foi sendo a parede de alvenaria convencional “composta por tijolo de dimensões 14x19x29 cm, com argamassa de assentamento horizontal e vertical de 1 cm de espessura;”. Sendo a parede de LSF “composta por uma placa cimentícia de 10 mm de espessura, uma placa de OSB, também de 10 mm, uma camada de lã de vidro de 50 mm, outra placa de OSB de 10 mm e, por fim, uma placa de gesso acartonado de 10mm.” (Lima, Buligon, Azolim, 2018). Os resultados dos cálculos da emissão de CO₂ para cada componente, em função da distância entre a fábrica do insumo para a obra é ilustrado na Figura 44.

Figura 44 – Emissão de CO₂ em função da distância entre a fábrica do insumo e a obra.

Local	Insumo	Distância Adotada (km)	Emissão de dióxido de carbono (t de CO ₂ /t de insumo)
Palmas - TO	Bloco	280,00	0,1756
	Cimento	994,00	0,6234
	Cal	604,00	0,3788
	Areia	17,00	0,0107
	Placa Cimentícia	3290,00	2,0635
	Placa de OSB	3864,00	2,4235
	Lã de Vidro	3476,00	2,1801
	Gesso Acartonado	3500,00	2,1952
Santa Maria - RS	Bloco	592,00	0,3713
	Cimento	560,00	0,3512
	Cal	218,00	0,1367
	Areia	560,00	0,3512
	Placa Cimentícia	2690,00	1,6872
	Placa de OSB	1590,00	0,9972
	Lã de Vidro	2564,00	1,6081
	Gesso Acartonado	2590,00	1,6244

Fonte: Lima, Buligon, Azolim (2018)

Foi observada a diferença de emissão de CO₂ entre os métodos construtivos, considerando também as distâncias dos insumos para construção nas cidades de Palmas e Santa Maria no Rio Grande do Sul, como pode ser visto no gráfico da Figura 45.

Figura 45 – Resultado das emissões de CO₂ considerando as distâncias dos insumos para as obras.

Fonte: Lima, Buligon, Azolim (2018)

É possível notar a diferença de geração de CO₂ para o fechamento vertical de cada método construtivo e observar que a distância da fábrica de insumos pesados para a construção (local da obra) tem muita relevância na emissão de CO₂ e consequentemente para a sustentabilidade da edificação. Os autores Lima, Buligon e Azolim (2018) citaram alguns tópicos das conclusões do estudo, são alguns deles:

- Em Santa Maria, a utilização de Light Steel Framing no lugar de alvenaria de tijolo maciço resultaria na redução de 81,94% de emissão de CO;
- Em Palmas, a utilização de Light Steel Framing no lugar de alvenaria de tijolo maciço resultaria na redução de 62,99% de emissão de CO;
- Apesar da emissão de CO em função do transporte de insumos de parede com tijolos cerâmicos ser 79,54% menor em Santa Maria em relação ao Light Steel Framing, o gasto energético com a produção torna esse sistema construtivo mais poluente que o Light Steel Framing;
- Algo de mesma grandeza ocorre em Palmas, onde a emissão de CO em função do transporte é 62,99% menor em construções de tijolos cerâmicos do que em *Light Steel Framing*, mas não obstante a isso, o primeiro sistema emite mais CO em função da produção dos insumos.

O principal material da composição estrutural do sistema de alvenaria convencional é o concreto, sendo o cimento o seu insumo fundamental, e segundo o relatório da Chatham House (2018), os processos de combustão química e térmica envolvidos na produção do cimento são responsáveis por cerca de 8% das emissões globais anuais de CO₂. O relatório ainda ressalta que o processo com maior emissão de gases é devido a produção do clínquer. O cimento Portland, que é usado em cerca de 98% do concreto produzido para o mundo hoje, chega a conter mais de 75% da composição. Das emissões da produção do clínquer Portland, mais de 50% são liberadas na calcinação do calcário, e os outros 40% são relativos à queima de combustíveis fósseis para aquecer os fornos do cimento para altas temperaturas para a realização da produção.

Já no sistema de *Light Steel Frame* o principal componente é o aço, e segundo artigo publicado por AISC (*American Institute Of Steel Construction*), é considerado um

material de construção verde, devido à alta capacidade de reciclagem. Os dados fornecidos pelo artigo do AISC constam que foram reduzidas as emissões totais de carbono em 36% desde 1990, que a produção de aço tem uma taxa de reciclagem de água de 95%, e cerca de 81% de todos os produtos siderúrgicos são recuperados para a reciclagem ao final da vida útil. Ainda segundo o AISC, o aço além de ser o material mais reciclado no mundo, com usinas dos EUA reciclando mais de 70 milhões de toneladas, o aço estrutural inclui 93% do conteúdo reciclado pela indústria. E devido aos aspectos supracitados, como grande parte do conteúdo reciclado, taxa de reciclagem, além de transparência na indústria, o aço estrutural recebe o crédito máximo sob os critérios LEED 2009 na classificação LEED Green Building Rating System, desenvolvido pela US Green Building Council (AISC, 2021). Sendo assim, considerado um material que contribui para sustentabilidade do método construtivo do *Light Steel Frame*.

4.6 DURABILIDADE E MANUTENÇÃO

Segundo os ensinamentos de Isaia (2001), “a durabilidade dos materiais está ligada à sua capacidade de se conservar em determinado estado, com a mesma qualidade ao longo de um dado tempo”. Em outras palavras, a durabilidade está diretamente ligada à resistência de determinado material à degradação ou deterioração.

Logo, a durabilidade de um material sofre influência direta pela atividade de manutenção da estrutura e pelo ambiente ao qual está submetido (BORGES, 2009). Sendo assim, nos sistemas construtivos, utiliza-se o indicador de vida útil para mensurar a durabilidade.

Em uma estrutura de concreto armado, a vida útil depende de diversos fatores e, por isso, não há um valor mínimo fixo explicitado em norma. Por exemplo, de acordo com a NBR 15575 (2013), a Vida Útil de Projeto (VUP) mínima para edifícios e outras estruturas comuns são de 50 anos, enquanto a de partes estruturais substituíveis é de 20 a 23 anos. Já segundo a ISO 2394 (1998) a VUP mínima para estruturas temporárias é de 1 a 5 anos, enquanto a edifícios monumentais, pontes e outras estruturas de engenharia civil é igual ou superior a 100 anos. Isso demonstra que inclusive a finalidade da estrutura nesse sistema construtivo influencia diretamente na Vida Útil de Projeto mínima exigida.

Segundo a NBR 6118/14 no item 6.1, relativo à durabilidade das estruturas de concreto, temos que:

“As estruturas de concreto devem ser projetadas e construídas de modo que sob as condições ambientais previstas na época do projeto e quando utilizadas conforme preconizado em projeto conservem sua segurança, estabilidade e aptidão em serviço durante o período correspondente à sua vida útil”

Conforme Santos (2013), as paredes de alvenaria em bloco cerâmico apresentam durabilidade superior a um século sem a necessidade de manutenção ou de proteção.

Portanto, o que se percebe é que as construções que utilizam o sistema de alvenaria convencional, ainda que com pouca manutenção, conseguem facilmente atingir a VUP estabelecidas nas normas.

O sistema construtivo de *Light Steel Frame*, por sua vez, é constituído por materiais que possuem diferentes especificidades e diferentes vidas úteis entre si. Segundo a ABNT NBR 15575 (ABNT, 2013), a VUP nesses casos, deve ser no mínimo a dos valores apresentados na Tabela 10 (considerando periodicidade e processos de manutenção):

Tabela 10 – Tabela Vida Útil de Projeto (VUP).

SISTEMA	VUP mínima (em anos)
Estrutura	50
Pisos Internos	13
Vedação vertical externa	40
Vedação vertical interna	20
Cobertura	20
Hidrossanitário	20

Fonte: ABNT NBR 15575 (2013)

Vale ressaltar que, de acordo com estudos realizados pela Steel Framing Alliance², com a proteção fornecida pela galvanização, os perfis de aço podem apresentar vida útil superior a 350 anos.

Nesse tipo de elementos, é realizado a galvanização, sendo que os valores mínimos para os perfis são especificados pela norma NBR 14.762/2010 (ABNT, 2010), sendo Z-275 para ambientes urbanos e rurais e Z-350 para ambientes agressivos e marinhos (distâncias menores que 2000 metros do mar).

Segundo Campos (2014), as placas cimentícias, painéis de fechamento, gesso acartonado e OSB, quando bem protegidos da água em contato direto, da umidade e do calor podem apresentar VUP superior à exigida pela norma de desempenho. Ainda de acordo com a autora, outros componentes como conexões, tubulações hidrossanitárias e elétricas e os revestimentos são os mesmos utilizados para os dois

² Estudo disponível em: <<https://www.steel framing.org/>>. Acesso em 28 de agosto de 2021.

tipos de sistemas construtivo alvos de comparação no presente trabalho e devem cumprir os prazos mínimos estabelecidos pela norma.

Além disso, vale ressaltar que a durabilidade descrita pelas fabricantes para os dois sistemas construtivos depende tanto das manutenções quanto ao uso e operação corretos, e devem ser realizadas estritamente conforme consta no manual de operação, uso e manutenção dos materiais.

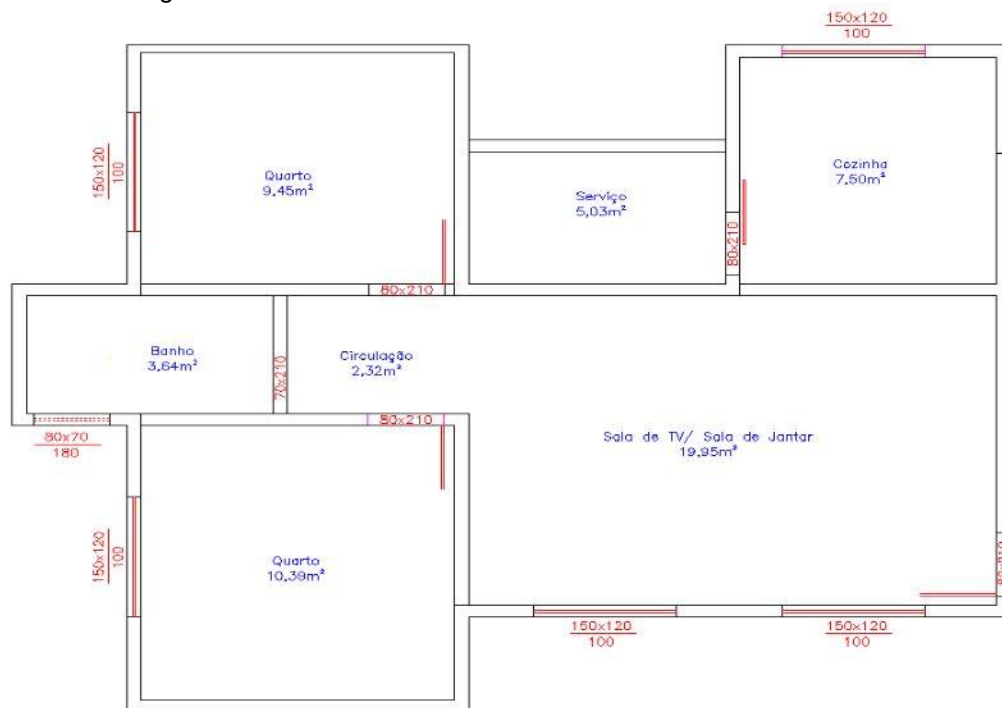
A Diretriz do SiNAT nº 003, sobre a manutenibilidade dos elementos de LSF, determina que deve ser estabelecido em manual de uso e manutenção do sistema construtivo, os prazos de VUP das diversas partes ou elementos construtivos, descrevendo os procedimentos necessários, o programa de manutenção que deve ser adotado, materiais que devem ser utilizados nas limpezas, reparos ou substituições de componentes e materiais, além de serviços de manutenção preventiva. Ademais, descreve também que deve existir informações pertinentes sobre as condições de uso, como localização de instalações elétricas e hidráulicas, formas de realização de inspeções, manutenção nesses tipos de instalações, formas de fixação de peças suspensas, cuidados necessários com ações da água nas fachadas e paredes internas em áreas molhadas, eventuais restrições ao uso, entre outros.

4.7 CUSTO E PRAZO

Para o desenvolvimento do estudo comparativo nos parâmetros de custo e prazo serão analisados os dados obtidos por estudo bibliográficos sobre o tema para os dois sistemas construtivos, através dos quais será possível apresentar seus resultados.

O primeiro trabalho, de autoria de Salomão et al. (2019), realizou um estudo comparativo orçamentário e de produtividade entre o sistema construtivo de alvenaria convencional e *Light Steel Frame* para uma residência unifamiliar, com área construída de 65,08 m². O estudo desconsiderou alguns subsistemas de ambos os sistemas construtivos, pois não teria diferença de um método para o outro, como: fundação, cobertura, serviços preliminares, instalações elétricas e hidráulicas, revestimentos, pinturas e esquadrias. Para a alvenaria convencional, foi levado em conta os custos dos insumos do SETOP (Secretaria de Estado de Transporte e obras públicas de Minas Gerais), que foi publicado em janeiro de 2019. Para o método de LSF, realizou-se um levantamento em lojas especializadas na cidade de Ipatinga em Minas Gerais. A planta baixa da residência realizada pelo autor é ilustrada na Figura 46.

Figura 46 – Planta Baixa da Residência do Pavimento Térreo.



Fonte: Salomão et al. (2019)

A partir da planta baixa, Salomão et al. (2019) realizou o projeto estrutural de alvenaria convencional, dimensionou os elementos estruturais como pilares, vigas e lajes, quantificou e dimensionou os materiais, também determinou que seriam as bitolas utilizadas para barras de aço do tipo CA 50 e CA 60 e que a classe de concreto seria o C20. Para a alvenaria foram dimensionados 17 pilares com 15 x 24 cm e altura de 3 m, vigas de 15 x 40 cm e 64,20 metros linear, e laje pré-moldada de 66,12 m² com 10 cm de espessura. Para o fechamento das paredes externas e divisórias internas, utilizou-se 186m² de blocos cerâmicos de 14x19x29 cm, com chapisco e reboco de 2 mm para parte externa e interna.

Para a formulação do projeto estrutural de LSF, o autor utilizou informações obtidas em documentos, teses, manuais e artigos. Os cálculos estruturais e dimensionamentos foram preparados manualmente e por meio de planilhas eletrônica, se baseando principalmente no Manual de Engenharia para LSF da CBCA. Para a estrutura foram determinada a utilização de perfis de aço galvanizados formados a frio, sendo 200 perfis do tipo Ue com dimensões de 90x40x12x0,95 mm e 3 metros para montantes, 20 perfis U de 92x40x0,95 de 6 metros para as guias, e 40 vigas de cobertura espaçadas horizontalmente do tipo perfil montante de 140x40x12x0,95 mm com 6 metros. Para fechamento foram utilizados componentes industrializados como placas de gesso acartonado, chapas de OSB, membranas hidrófugas, banda acústicas, lã de vidro e placas cimentícias. Os resultados dos dois quantitativos e preços obtidos são apresentados nas Tabelas 11 e 12.

Tabela 11 – Quantitativo e Custo dos Componentes de LSF.

DESCRIÇÃO	Unidade	Quantidade	valor Unitário	Total Parcial
ESTRUTURA				
Guia 90 mm Estrutural #0.95 C/ 6,00 m	PC	30.00	76.38	2291.40
Montante 90 mm Estrutural #0.95 C/ 3.00 m	PC	210.00	43.75	9187.50
Banda Acústica rolo de 10m x 90mm	ROLO	7.00	36.58	256.06
Montante 140 mm Estrutural #0.95 C/ 6,00 m	PC	35.00	80.21	2807.35
FECHAMENTO				
Chapa OSB para Laje Seca 1200X2400mm	un	25.00	115.00	2875.00
Chapa OSB para fechamento externo 1200X2400mm	un	53.00	63.90	3386.70
Chapa Cimentícia fechamento externo 1200X2400mm	un	53.00	135.00	7155.00
Placa de Gesso Acartonada para forro 1200X2400	un	21.00	34.19	717.99
Placa de Gesso Acartonado fechamento interno 1200X2400	un	69.00	34.19	2359.11
Lã De Vidro 1.2 X 12,50m X 50mm	un	14.00	119.00	1666.00
Membrana Tyvek 0,91x 30,5m	Rolo	8.00	192.01	1536.08
			TOTAL	34238.19

Fonte: Salomão et al. (2019)

Tabela 12 – Quantitativo e Custo dos Componentes de Alvenaria Convencional.

DESCRIÇÃO	Unidade	Quantidade	valor Unitário	Total Parcial
ESTRUTURA				
EST-CON-030 Concreto estrutural FcK 20Mpa, virado em obra	m ³	5.64	390.01	2199.66
EST-FOR-005 Forma e desforma de tábuas de pinho (aproveitamento 5x)	m ²	101.58	38.84	3945.37
ARM-AÇO005 Armação aço CA 50A Vide projeto estrutural	Kg	242.36	7.41	1795.89
LAJ-APA-005 Laje pré-fabricada	m ²	67.12	60.74	4076.87
FECHAMENTO				
ALV-TIJ-025 Alvenaria de tijolo cerâmico furado e=15cm a revestir	m ²	186.00	29.87	5555.82
REVESTIMENTO				
REV-CHA-005 Chapisco de aderencia a colher	m ²	420.25	5.57	2340.79
REV-REB-015 Reboco com argamassa cimento/cal e areia 1:2:8	m ²	420.25	21.60	9077.40
			TOTAL	28991.79

Fonte: Salomão et al. (2019)

O estudo demonstrou que o custo do sistema de *Light Steel Frame* em comparação ao de alvenaria convencional, quando desconsiderados os subsistemas citados anteriormente, apresenta um custo de 18,10% maior.

Para efeito de comparação com valores de 2019 foi realizado um novo orçamento com valores atualizados dos mesmos quantitativos do estudo de Salomão et al. (2019). Com base nas planilhas disponibilizadas pelo SETOP (Secretaria de Estado de Transporte e obras públicas de Minas Gerais) em janeiro de 2022, e materiais para *Light Steel Frame* vendidos online entre os meses de janeiro e fevereiro, foram obtidos os resultados apresentados nas Tabelas 13 e 14.

Tabela 13 – Quantitativo com os Custos dos Componentes de LSF atualizados.

Descrição	Unidade	Quantidade	Valor Unitário	Total Parcial
ESTRUTURA				
Guia 90 mm Estrutural #0.95 com 6,00 m	PC	30,00	135,86	4075,80
Montante 90 mm Estrutural #0.95 com 3,00 m	PC	210,00	73,90	15519,00
Banda Acústica rolo de 10m x 90mm	ROLO	7,00	34,01	238,07
Montante 140 mm Estrutural #0.95 com 6,00 m	PC	35,00	218,45	7645,75
FECHAMENTO				
Chapa OSB P/ Laje Seca 1200x2400mm	UN	25,00	372,06	9301,50
Chapa OSB P/ fechamento externo 1200x2400mm	UN	53,00	225,65	11959,45
Placa Cimentícia P/ fechamento externo 1200x2400mm	UN	53,00	166,69	8834,57
Placa Gesso Acartonada P/ forro 1200x2400mm	UN	21,00	51,27	1076,67
Placa Gesso Acartonada P/ fechamento interno 1200x2400mm	UN	69,00	51,27	3537,63
Lã de Vidro 1,2x12,5mmx50mm	UN	14,00	192,74	2698,36
Membrana Typar 0,91x30,5m	ROLO	8,00	353,17	2825,36
			TOTAL	67712,16

Fonte: Autor (2022)

Tabela 14 – Quantitativo com os Custos dos Componentes de Alvenaria atualizados.

	Descrição	Unidade	Quantidade	Valor Unitário	Total Parcial
ESTRUTURA					
EST-CON-030	Concreto estrutural, preparado em obra, com Fck 20 Mpa	m ³	5,64	521,27	2939,96
EST-FOR-005	Forma e desforma de tábua e sarrafo	m ²	101,58	49,08	4985,55
ARM-AÇO-005	Armação de Aço CA-50	Kg	242,36	12,13	2939,83
LAJ-APA-005	Laje pré-moldada	m ²	67,12	96,57	6481,78
FECHAMENTO					
ALV-TIJ-025	Alvenaria de vedação com tijolo cerâmico furado	m ²	186,00	37,25	6928,50
REVESTIMENTO					
REV-CHA-005	Chapisco com argamassa, de concreto com colher	m ²	420,25	6,79	2853,50
REV-REB-015	Reboco com argamassa, traço 1:2:8 (cimento, cal e areia)	m ²	420,25	25,06	10531,47
				TOTAL	37660,59

Fonte: Autor (2022)

Observa-se que os preços dos insumos das etapas propostas no trabalho para o sistema de alvenaria convencional aumentaram de R\$ 28991,79 para R\$ 37660,59, o que representa uma alta de apenas 30%, enquanto os preços para o *Light Steel Frame* aumentaram de R\$ 34238,19 para R\$ 67712,16, representando uma alta de 97,79%. A diferença de custo em 2022 para as etapas construtivas previstas no comparativo orçamentário é de R\$ 30051,57, o que representa um custo de 79,80% maior para o LSF.

O estudo de Salomão et al. (2019) também realizou um comparativo de tempo de construção, baseado na produtividade construtiva descrita por Domarascki e Fagiani (2009), em que se utiliza a produtividade individual de cada item dos sistemas, como é demonstrado nas Tabelas 15 e 16.

Tabela 15 – Produtividade dos Componentes de LSF.

SISTEMA LSF			
DESCRIÇÃO	PRODUTIVIDADE (HORA/m ²)	QUANTIDADE(m ²)	TOTAL(HORAS)
MONTAR PAINÉIS	0,25	179,4	44,85
FECHAMENTO EXTERNO COM PLACA CIMENTÍCIAS	0,22	112,65	24,78
FECHAMENTO EXTERNO COM OSB	0,22	112,65	24,78
FECHAMENTO DO FORRO	0,22	58,31	12,83
FECHAMENTO INTERNO COM GESSO ACARTONADO	0,22	197,64	43,48
ISOLOAR COM LÃ DE VIDRO	0,06	197,64	43,48
INSTALAR MEMBRANA HIDRÓFUGA	0,06	112,65	6,76
		TOTAL DE HORAS	169,31
		ÁREA DA CASA(m ²)	65,08
		PRODUTIVIDADE (m ²)	2,586

Fonte: Salomão et al. (2019)

Tabela 16 – Produtividade dos Componentes de Alvenaria Convencional.

ALVENARIA CONVENCIONAL			
DESCRIÇÃO	PRODUTIVIDADE (HORA/m ²)	QUANTIDADE(m ²)	TOTAL(HORAS)
MONTAR ARMADURA (METRO CORRIDO)	0,4	112,32	44,93
FORMA	0,042	101,58	4,26
FECHAMENTO COM BLOCO CERÂMICO	2,1	186,00	390,6
CHAPISCO	0,5	430,25	215,12
REBOCO	1,71	430,25	735,73
		TOTAL DE HORAS	1390,64
		ÁREA DA CASA(m ²)	65,08
		PRODUTIVIDADE (m ²)	21,36

Fonte: Salomão et al. (2019)

A partir da análise dos resultados, foi possível perceber que o sistema de LSF é consideravelmente mais rápido do que o de alvenaria convencional quando desconsideramos os subsistemas semelhantes. O autor Salomão et al. (2019) calculou também o prazo para a conclusão da edificação, em que cada obra teria uma equipe composta por um especialista de montagem ou pedreiro, e mais dois ajudantes de obra, e trabalhando 8,8 horas por dia. A quantidade de dias para a conclusão das etapas propostas no trabalho é exposta na Tabela 17.

Tabela 17 – Total de dias para construção de LSF e Alvenaria Convencional.

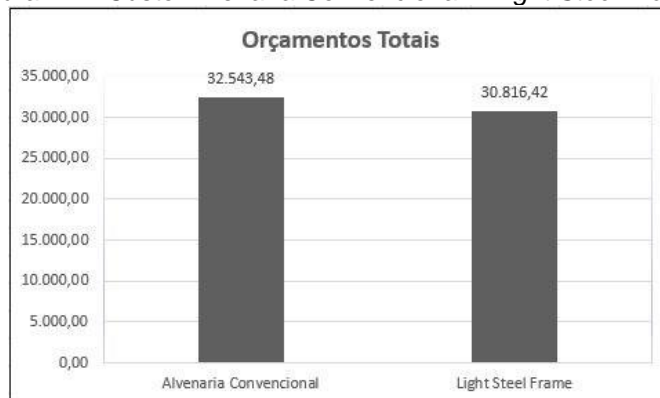
Sistema Construtivo	Total de horas necessárias	Total de horas pessoas/dia	Quantidade de dias
LSF	169,31	26,4	6,41
Alvenaria Convencional	1390,64	26,4	52,67

Fonte: Salomão et al. (2019)

O estudo demonstra que, para as etapas propostas na análise, o sistema de *Light Steel Frame* foi cerca de 8 vezes mais rápido que o sistema de alvenaria convencional se for realizado com o mesmo contingente de pessoas.

Em outro trabalho, Firmino (2019) realizou um estudo comparativo orçamentário entre diferentes sistemas construtivos para uma residência unifamiliar com área construída de 35,12 m², levando em conta os custos dos insumos no SINAPI, ORSE e, para composições que não constam nas referências anteriores, foram utilizados preços do mercado. O detalhamento do estudo está no Apêndice A. O resultado do estudo foi que o orçamento de alvenaria convencional ficou maior que o de LSF, como é possível verificar no gráfico da Figura 47.

Figura 47 – Custo Alvenaria Convencional x *Light Steel Framing*.



Fonte: Firmino (2019)

É interessante observar que o estudo em questão é do ano de 2019, anterior ao aumento recente nos preços dos insumos ocorridos nos anos de 2020 e 2021. Segue tabela dos aumentos nos insumos da construção civil segundo o Sinduscon-SP (2021), de junho de 2021 ilustrada na Figura 48.

Figura 48 – Preços de materiais no estado de SP em junho de 2021.

	Material	Unidade	Preço	Variação (%)		
				Mês	Ano	12 meses
1	Aço CA-50 Ø 10 mm	kg	7,60	3,68	42,59	78,82
2	Fio cobre antichama isol. 750 V 2,5 mm ²	rolo	140,72	2,54	16,55	61,99
3	Tubo de ferro galv. c/ costura Ø 2 1/2"	m	70,70	12,85	32,42	54,87
4	Cimento CPE-32 saco 50kg	saco	30,13	1,07	11,26	43,00
5	Chapa compensado plastificado 18mm	m ²	52,33	8,23	28,51	40,56
	IGP-M -Junho/2021	Índice	1075,73	0,60	15,08	35,75
6	Tubo PVC-R rígido p/ esgoto Ø 150 mm	m	34,50	2,28	14,47	35,29
	CUB- Materiais	R\$/m ²	707,99	2,52	19,09	35,25
7	Vidro liso transparente 4 mm c/ massa	m ²	82,09	2,38	24,02	34,46
8	Porta lisa p/ pintura 3,5x70x210cm	unidade	136,70	0,66	13,74	26,63
9	Bloco de concreto 19x19x39cm	unidade	2,93	4,27	14,90	26,29
10	Emulsão asfáltica c/ elastômero p/ imperme.	kg	10,52	0,10	13,24	26,14
11	Disjuntor tripolar 70 A	unidade	88,15	2,23	16,39	25,52
12	Registro de pressão cromado Ø=1,27cm	unidade	82,15	0,87	12,40	21,69
13	Bloco cerâmico p/ alv vedação 9x19x19cm	milheiro	639,47	1,56	11,49	21,32
14	Concreto FCK=25 MPa	m ³	357,19	2,19	10,65	20,53
15	Bacia sanit. branca c/ cx. acoplada 6 L	unidade	221,90	1,77	12,46	20,10
16	Locação de betoneira elétrica 320 l	R\$/mês	256,31	0,87	8,23	18,13
17	Fechadura, tráfego moderado acab. cromo	unidade	49,07	0,47	6,98	16,64
18	Placa cerâmica (azulejo) 15x15cm 1ª linha PEI II	m ²	20,46	0,05	8,20	16,25
19	Placa de gesso p/ forro s/ colocação	m ²	13,21	2,72	8,90	15,88
20	Bancada de pia de mármore 2x0,6x0,02cm	unidade	362,37	1,25	-5,84	15,51
21	Tinta látex branca PVA	lata	219,29	0,95	8,73	13,76
22	Janela de correr 2 folhas 1,2x1,2 m	m ²	323,19	0,00	11,14	13,44
23	Brita 2	m ³	102,09	0,00	7,00	11,26
24	Esquadrias correr 4 folhas al. 2,0x1,4m	m ²	386,34	-0,30	6,18	10,29
25	Areia média lavada	m ³	104,79	-0,15	5,94	10,11
26	Telha ondulada fibrocimento 6 mm	m ²	21,03	1,30	5,10	9,53
27	Alimentação tipo marmitex nº 8	unidade	12,30	2,16	5,13	8,66

Fonte: SINDUSCON-SP (2021)

Como se pode verificar, os produtos que contêm aço em sua composição foram os que mais sofreram aumento nos preços. De acordo com a matéria publicada em site especializado³ em sistema construtivo de LSF, o preço por m² para construção em Steel Frame aumentou de R\$1.100 para R\$4.000 em apenas um ano, sendo o valor de R\$4.000 constatado no mês de junho de 2020 em consulta a empresas especializadas.

A matéria realiza ainda uma comparação de custo para uma residência de 40,80 m² em alvenaria convencional, em que a estimativa utiliza o “preço base de construção no Brasil”, CUB/m²; em que o valor em junho de 2021 estava em R\$2.374 por m², e o valor constatado para o sistema de LSF, que em junho de 2021, a partir de pesquisas em empresas especializadas, estava a R\$4.000 por m². O resultado do custo para cada método construtivo foi colocado no gráfico, e ilustrado na Figura 49.

³. Acesso em 25 de agosto de 2021. “>“Casa Steel Frame x Casa Alvenaria: Comparação de Preços”.

Disponível em: <<http://lightsteelframe.eng.br/casa-steel-frame-x-casa-de-alvenaria-comparacao-de-prec-os/>>.

Acesso em 25 de agosto de 2021.

Figura 49 – Custos sistemas construtivos para junho 2021.



Fonte: Autor (2022) Adaptado de <<http://lightsteelframe.eng.br>>

O que justifica essa diferença de custo, principalmente para o LSF, entre as duas épocas distintas do estudo, de 2019 e 2021, é o “preço do aço”. Segundo a Abimaq Associação Brasileira da Indústria de Máquinas e Equipamentos, em matéria ao Jornal do Comércio RS ⁴, “o incremento no preço do aço, de janeiro a dezembro 2020, foi de 108% nos distribuidores e de 85% para quem compra direto da usina produtora.”

Um ponto relevante que podemos ressaltar é em relação a precisão orçamentária que o sistema construtivo de *Light Steel Frame* oferece. Por possuir um altíssimo nível de industrialização, esse método construtivo proporciona uma precisão e controle muito maiores de todos os insumos utilizados na obra do que no sistema de alvenaria convencional.

Em relação ao prazo, para a construção em LSF e alvenaria, Santiago, Rodrigues e Oliveira (2010), realizam um comparativo entre os dois métodos para uma residência popular com uma área construída de 37,7 m², e o prazo de execução foi calculado a partir da etapa de fundação concluída, e ambos os métodos contaram com o mesmo contingente de trabalhadores. As Tabelas 18 e 19 demonstram o cronograma de execução para cada sistema segundo o autor.

⁴. Acesso em 27 de agosto de 2021. “>“Preço do aço praticamente dobrou em 2020”. Disponível em: <<http://www.revistaferramental.com.br/?cod=noticia/preco-aco-praticamente-dobrou-2020/>>. Acesso em 27 de agosto de 2021.

Tabela 18 – Cronograma para LSF.

Etapa	Prazo (dias)												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Pré-montagem da estrutura	X												
Marcação da locação das paredes	X												
Instalação da estrutura de paredes	X												
Instalação da estrutura do telhado	X												
Instalação das placas cimentícias	X	X	X										
Instalação das telhas da cobertura			X										
Instalação das esquadrias			X	X									
Instalações elétricas				X									
Instalações hidráulicas				X									
Instalação placas gesso e isolamentos				X	X								
Instalação do forro interno					X	X							
Pintura externa e interna						X							

Fonte: Santiago, Rodrigues e Oliveira (2010)

Tabela 19 – Cronograma para alvenaria.

Etapa	Prazo (dias)												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Marcação da locação das paredes	X												
Execução da alvenaria de blocos	X	X	X	X	X								
Execução do reboco externo					X	X	X						
Instalação da estrutura do telhado							X						
Instalação das telhas da cobertura								X					
Instalação das esquadrias								X	X				
Instalações elétricas									X	X			
Instalações hidráulicas									X	X			
Revestimento interno em gesso corrido											X	X	
Instalação do forro interno												X	X
Pintura externa e interna													X

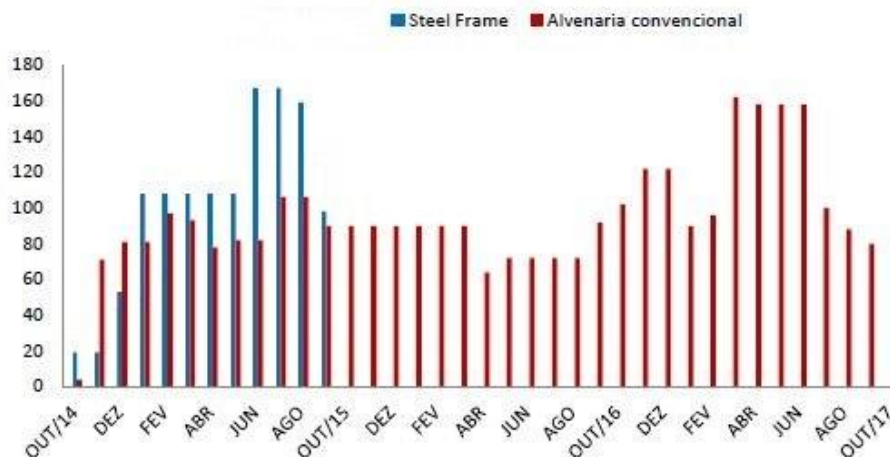
Fonte: Santiago, Rodrigues e Oliveira (2010)

A partir da análise das tabelas acima é possível observar que o prazo de entrega para construções em LSF é reduzido a menos da metade quando comparado à alvenaria convencional. Isso se deve ao processo construtivo de *Light Steel Frame* ser um sistema construtivo industrializado de rápida execução, se comparado ao processo construtivo artesanal da alvenaria.

Por fim, no estudo comparativo de Ecker e Martins (2014), analisou-se o prazo de construção de três sistemas construtivos diferentes, e para o mérito desta análise, foram considerados os de alvenaria convencional e LSF. Foram constatados os resultados que se apresentam nas Tabelas 51 e 52. Para a realização do conjunto habitacional de 339 residências em diferentes métodos construtivos, o estudo utilizou o programa *MS Project 2013* como método de projeção de construção. Foi computada a duração de todos os serviços, cumprindo a ordem de realização de cada etapa e considerado o trabalho em 22 dias no mês, sendo o turno de 8 horas por dia.

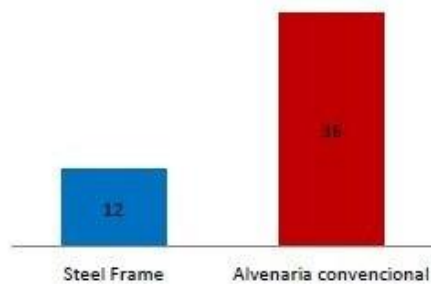
A Figura 50 demonstra o histograma de distribuição de funcionários durante a construção das residências no método construtivo de *Light Steel Frame* e de Alvenaria Convencional. E a Figura 51 ilustra o gráfico em meses para a construção das residências para cada um dos dois sistemas construtivos.

Figura 50 – Histograma da distribuição de funcionários durante a construção das residências.



Fonte: Adaptado de Ecker e Martins (2014)

Figura 51 – Prazo para construção das residências, em meses, para cada sistema construtivo.



Fonte: Ecker e Martins (2014) modificado

A partir dos diferentes estudos analisados, é possível perceber que em relação ao custo os diferentes métodos construtivos têm variações consideráveis devido aos preços dos insumos de cada método construtivo. Tendo o sistema de *Light Steel Frame* seu preço muito atrelado ao aço e ao frete. Já quanto ao prazo, foi possível perceber que o sistema de LSF tem uma velocidade construtiva consideravelmente superior ao método tradicional.

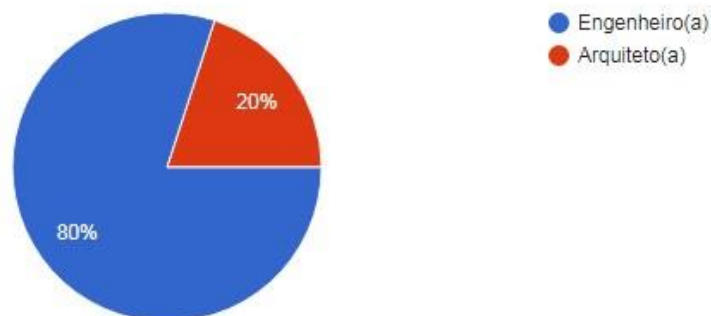
5 PROCEDIMENTO DE PESQUISA E ANÁLISE DOS DADOS

A pesquisa realizada com questionário no presente trabalho teve como objetivo fundamentar as principais questões dos profissionais que trabalham, ou que já trabalharam, com o sistema construtivo de *Light Steel Frame*. Com o objetivo de buscar os resultados para as questões levantadas na pesquisa. Para a realização da pesquisa foi criado um questionário online e realizadas perguntas de múltipla escolha, com caixas de seleção e perguntas com justificativas abertas. Todo o questionário está disponível no Apêndice 01.

O estudo foi delimitado aos profissionais da construção civil, sendo necessário que já tivessem trabalhado com o método construtivo de LSF. Por se tratar de um grupo exclusivo de pessoas, a amostragem da pesquisa foi de 5 (cinco) profissionais da construção civil.

Todas as questões foram respondidas e gerado gráficos ilustrativos. A primeira questão levantada foi relativa à ocupação profissional da pessoa e as respostas estão ilustradas no gráfico da Figura 52.

Figura 52 – Profissão dos participantes.



Fonte: Autor (2022)

Nessa pergunta é possível perceber que 80% do público tem a ocupação profissional em engenharia civil e 20% em arquitetura.

Na questão seguinte foi para ter a confirmação de que os entrevistados já haviam trabalhado com o sistema de *Light Steel Frame*. E como percebeu-se, todo o público questionado já havia trabalhado com LSF como é possível observar no gráfico da Figura 53.

Figura 53 – Profissional que já trabalhou com LSF.



Fonte: Autor (2022)

Em seguida, a questão levantada era sobre a opinião do profissional em relação ao sistema construtivo de *Light Steel Frame* ser uma boa alternativa para a Alvenaria convencional, e os dados obtidos estão ilustrados no gráfico da Figura 54.

Figura 54 – Opinião dos profissionais se o LSF é uma boa alternativa para a Alvenaria Convencional.

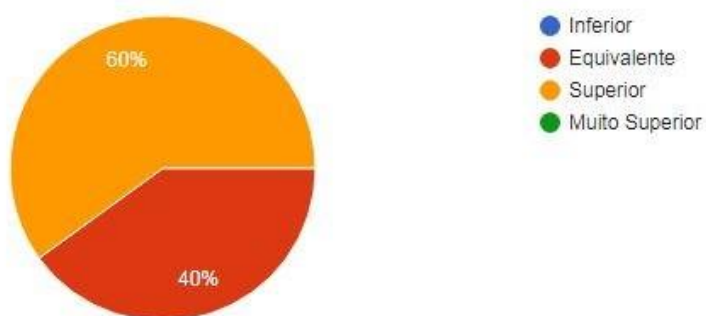


Autor (2022)

Para a questão levantada acima, perguntou-se qual a justificativa para a resposta escolhida acima em forma discursiva. Todos citaram um menor tempo de construção, 60% justificaram com quesitos relacionados a menor geração de resíduos, limpeza da obra ou maior sustentabilidade. Outros 60% citaram também aspectos relativos à precisão orçamentária. Sendo que 40% justificaram com quesitos relacionados ao processo industrial e a tecnologia envolvida nos insumos do sistema construtivo de LSF. E 20% tinham como parte da justificativa, desempenho termoacústico ou o acabamento final da edificação.

Na questão seguinte foi perguntado a opinião sobre os custos da construção de *Light Steel Frame* em relação ao custo da alvenaria. E as respostas estão ilustradas no gráfico da Figura 55.

Figura 55 – Custos do LSF em relação a Alvenaria Convencional.

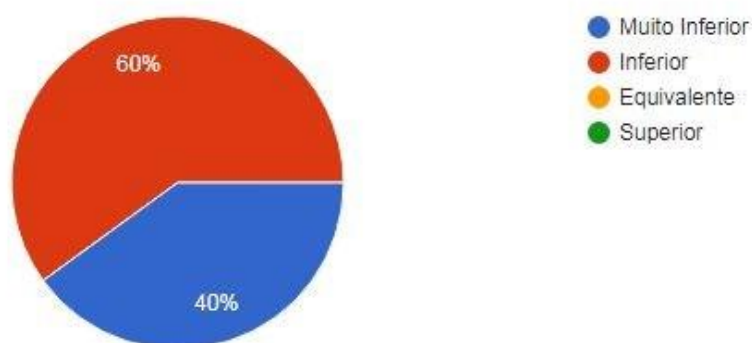


Autor (2022)

Como é possível se observar, a opinião da maioria dos profissionais que utilizam o sistema de LSF é de que o custo para a construção é superior ao custo da alvenaria convencional. E 40% consideram os custos de construção equivalentes.

Também foi analisado a opinião em relação ao tempo de construção do sistema construtivo de LSF contra o tempo de construção de alvenaria convencional. Os resultados obtidos estão no gráfico da Figura 56.

Figura 56 – Tempo de construção do LSF em relação a Alvenaria Convencional.



Fonte: Autor (2022)

Os resultados obtidos são de que 60% consideram o tempo de construção em LSF inferior ao tempo de construção de alvenaria. Enquanto 40% consideram o tempo de construção muito inferior utilizando o método construtivo de LSF em comparação ao sistema de alvenaria convencional.

Na questão seguinte foi perguntado se tendo liberdade orçamentária o profissional optaria por escolher o sistema construtivo de *Light Steel Frame*. A resposta de 100% dos profissionais para a pergunta foi a mesma, todos escolheriam construir em LSF se tivessem liberdade de orçamento, como pode se observar no gráfico ilustrado na Figura 57.

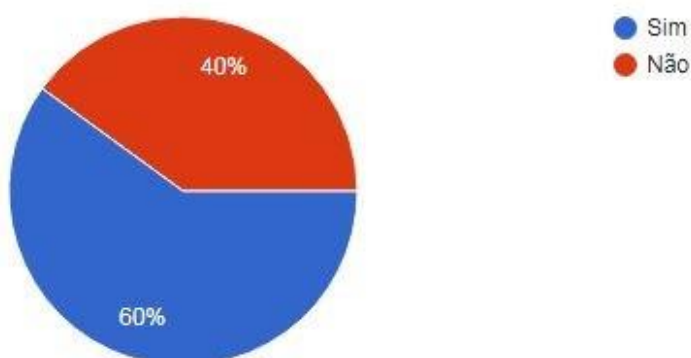
Figura 57 – Opção do profissional com liberdade orçamentária.



Fonte: Autor (2022)

Para a questão seguinte, foi perguntado ao profissional se havia dificuldade em encontrar mão de obra qualificada para executar a construção em LSF. Enquanto 60% disseram que encontram dificuldade em encontrar profissionais capacitados, 40% disseram não encontrar dificuldade, como consta no gráfico da Figura 58.

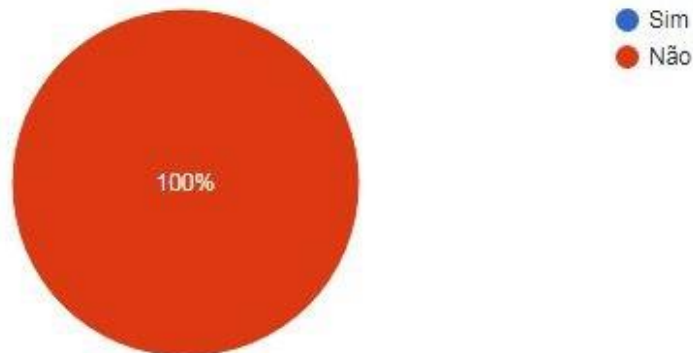
Figura 58 – Dificuldade em encontrar mão de obra especializada para LSF.



Fonte: Autor (2022)

Na pergunta seguinte foi questionado se existe dificuldade para encontrar material para executar a edificação em LSF. O resultado foi de que 100% não encontravam dificuldade para encontrar os insumos, demonstrado no gráfico da Figura 59.

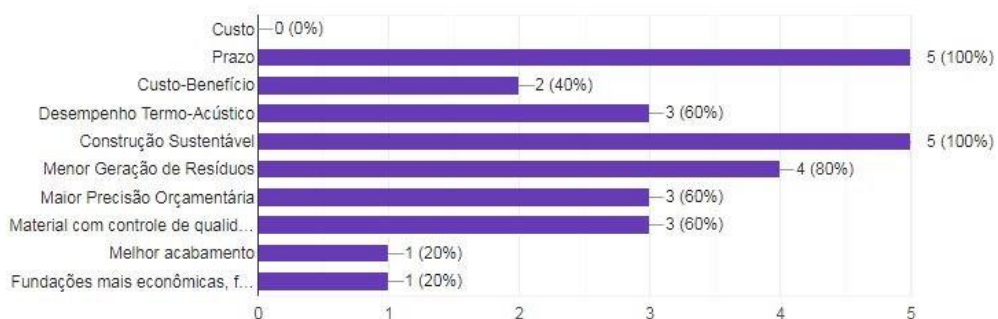
Figura 59 – Dificuldade em encontrar insumos para a construção de LSF.



Fonte: Autor (2022)

Em seguida, a questão levantada foi na forma de alternativas múltiplas em que era possível marcar quantas respostas quisessem. Em que foi perguntado quais eram os maiores benefícios na utilização do *Light Steel Frame* na opinião dos profissionais. As respostas obtidas foram ilustradas no gráfico da Figura 60.

Figura 60 – Opinião do profissional sobre as vantagens do LSF.



Fonte: Autor (2022)

As respostas obtidas foram de que 100% consideravam o tempo de construção e a sustentabilidade como benefícios na utilização do LSF, enquanto 80% acreditam que o sistema construtivo gera menos resíduos. Outros 60% consideram benefícios na utilização os parâmetros de desempenho termoacústico do sistema, também devido a maior precisão orçamentária e ao material com controle de qualidade. Ao mesmo tempo que nenhum dos profissionais acreditam que o custo seja um aspecto benéfico, 40% acreditam ser vantagem o custo-benefício a utilização do sistema. 20% das marcações realizadas são relativas ao melhor acabamento ou fundações mais econômicas na utilização do sistema devido a leveza da estrutura.

Para a questão seguinte foi perguntado quais eram as maiores dificuldades na utilização do sistema de *Light Steel Frame*. E as respostas obtidas estão ilustradas no gráfico da Figura 61.

Figura 61 – Quais maiores dificuldades do profissional quanto a utilização do LSF.



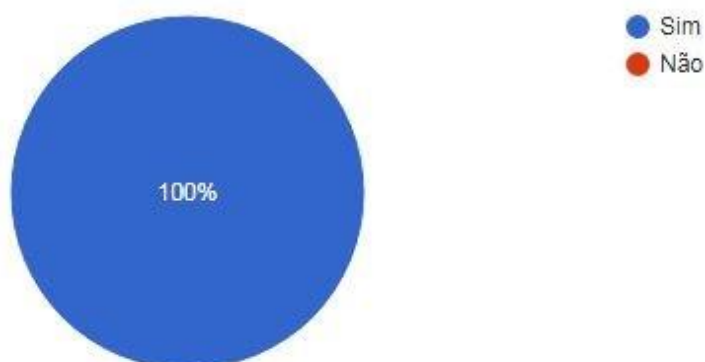
Fonte: Autor (2022)

Os resultados mostram que 80% acreditam que entre as maiores dificuldades na utilização do sistema de LSF é a desconfiança por parte do cliente. Enquanto 60% marcaram que o entre as maiores dificuldade é encontrar mão de obra qualificada para a execução. Por fim, 40% marcaram que o custo elevado da utilização em *Light Steel Frame* é uma das maiores dificuldades.

Logo após a questão anterior foi perguntado quais eram as principais vantagens no ponto de vista dos usuários observada pelos profissionais que utilizam o sistema construtivo de LSF na forma de pergunta discursiva. 80% relataram que no ponto de vista dos usuários a rapidez da obra é notória, 60% relataram que o conforto termoacústico é uma vantagem considerável no ponto de vista do usuário, enquanto 20% relataram vantagens como facilidade de manutenção, limpeza da obra ou qualidade da edificação.

Na questão seguinte foi perguntado se o profissional tem notado um aumento na procura de pessoas optando por construir em *Light Steel Frame*. E o resultado da questão é ilustrado no gráfico da Figura 62.

Figura 62 – Existência de procura dos clientes por construir em LSF.

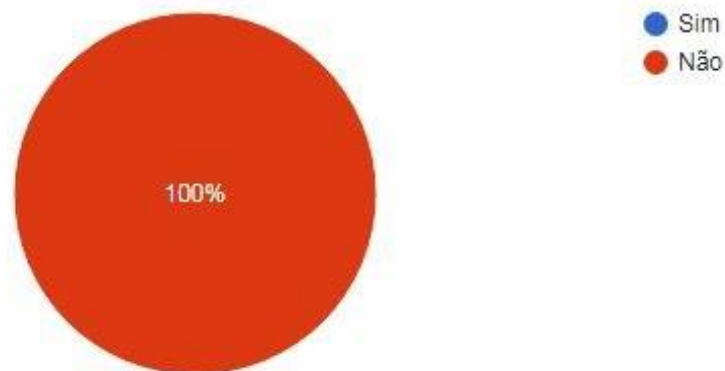


Fonte: Autor (2022)

O resultado da pergunta anterior foi de que 100% dos profissionais têm notado um aumento na procura desse método construtivo.

Por fim, na última questão do questionário foi perguntado se o profissional teria alguma objeção em adquirir um imóvel construído utilizando o sistema construtivo em *Light Steel Frame*. Como está ilustrado no gráfico da Figura 63, nenhum dos profissionais teria alguma objeção para adquirir uma edificação em LSF.

Figura 63 – Se o profissional teria alguma objeção em adquirir um imóvel em LSF.



Fonte: Autor (2022)

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÃO

Compreender diferentes sistemas construtivos para realizar uma melhor escolha é essencial para suprir determinadas demandas habitacionais. Da mesma forma, escolher um sistema construtivo adequado às necessidades, ou realizar um projeto no qual entende-se as particularidades, vantagens e dificuldades de cada processo construtivo, pode evitar custos desnecessários que extrapolam orçamentos, prazos atrasados por produtividade inferior ao esperado, desperdício de materiais etc. Por isso, estudos comparativos são de grande valia para a sociedade, facilitando a escolha de empreendedores, construtores e consumidores.

O setor de construção civil é regulamentado e conduzido por Normas Técnicas Brasileiras - NBRs - que trazem todos os aspectos mínimos dos materiais, procedimentos, dimensionamentos e requisitos gerais para todos os materiais e, também, grande parte dos procedimentos envolvidos em ambos os sistemas construtivos. Sendo assim, os dois sistemas construtivos e também os materiais utilizados neles, quando seguirem as Normas Brasileiras, seguramente estarão amparados por práticas, materiais e procedimentos que garantirão uma construção de qualidade, feita com segurança e produtividade.

Observa-se que o estudo comparativo trouxe, nos parâmetros acústico e de sustentabilidade, pontos interessantes da construção em *Light Steel Frame* que podem e devem ser considerados na hora de analisar qual sistema construtivo possa vir a ser utilizado na edificação. Além desses parâmetros, a principal vantagem verificada no estudo comparativo foi que o prazo para a construção no sistema de LSF é consideravelmente menor que no de alvenaria convencional.

É também imprescindível que o setor de construção civil consiga cada vez mais evoluir nos procedimentos, de modo a preservar o meio ambiente, gerar menos resíduos, aperfeiçoar a fabricação de materiais, para contribuir de forma sustentável ao mundo; uma vez que é um dos setores de maior importância do ponto de vista econômico, ambiental e social.

Nos parâmetros de desempenho estrutural, qualidade, manutenção, durabilidade, as diferenças encontradas foram pequenas e deve ser avaliada a demanda para cada projeto. Já no aspecto relacionado ao custo, faz-se necessário que o consumidor esteja atento aos diversos aspectos econômicos que influenciam o preço de cada sistema construtivo, pois as diferenças, como demonstrado no presente trabalho, são consideráveis. Nos resultados comparativos, o desempenho térmico e de resistência ao fogo da alvenaria convencional apresentou resultados notadamente superior ao de LSF, além disso, é possível observar que os custos para se construir em alvenaria convencional com base nos dados analisados foram significativamente menores.

Ademais, os resultados obtidos no questionário realizado sobre LSF demonstraram, através das respostas fornecidas pelos profissionais atuantes na área, que os parâmetros positivos, como o prazo e sustentabilidade, e negativos, como maior custo, quando comparados com a alvenaria, convergem com as conclusões obtidas através da análise comparativa realizada no presente estudo. Demonstraram, ainda, a existência de certas dificuldades, que foram possíveis de se observar através do questionário, como a dificuldade encontrada pela maioria dos profissionais em encontrar mão de obra qualificada para executar o sistema de LSF, e que há uma desconfiança por parte dos clientes na utilização do *Light Steel Frame*.

Portanto, através de todos os parâmetros analisados no estudo comparativo e nos resultados obtidos no questionário, é possível observarmos o quanto é importante a análise dos métodos construtivos existentes. Ainda, apesar de construções diferentes das convencionais não serem tão aplicadas na construção civil, edificações com métodos mais modernos e efetivos vêm se tornando cada vez mais comuns, trazendo mais competitividade ao setor e influenciando de forma positiva aspectos importantes da construção civil. A escolha do sistema construtivo a ser utilizado vai depender exclusivamente da relevância que se dará para cada parâmetro analisado do estudo comparativo.

REFERÊNCIAS

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

_____. **NBR 15270: Componentes cerâmicos - Blocos e tijolos para alvenaria.** Rio de Janeiro, 2017.

_____. **NBR 7222: Concreto e argamassa - Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos.** Rio de Janeiro, 2011.

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

_____. **NBR 14762: Dimensionamento de estruturas em aço constituídas por perfis formados a frio.** Rio de Janeiro, 2010.

_____. **NBR 15575: Edificações Habitacionais - Desempenho.** Rio de Janeiro, 2013.

_____. **NBR 6355: Perfis estruturais formados a frio.** Rio de Janeiro, 2012.

_____. **NBR 6118: Projetos de estrutura de concreto - Procedimento.** Rio de Janeiro, 2014.

AISC. American Institute Of Steel Construction. United States, 2021. Disponível em:<<https://www.aisc.org/why-steel/sustainability/#293500>> . Acesso em Dezembro de 2021.

AZEREDO, Hélio Alves de. 1921- **O Edifício e seu acabamento.** Hélio Alves de Azeredo - São Paulo, Edgard Blücher, 1987.

BASTOS, Paulo S. dos S. **Fundamentos do concreto armado.** Bauru: UNESP, 2006. Faculdade de Engenharia, departamento de engenharia civil. Disponível em:<<http://www.ufsm.br/decc/ECC1006/Downloads/FUNDAMENTOS.pdf>> Acesso em Abril de 2021.

BAUER, L. A. F. **Materiais de construção.** 2ª Edição. Rio de Janeiro, 1985.

BARBIERI. Banda acústica na construção a seco, **Adbarbieri** 2021. Disponível em

<<https://www.adbarbieri.com/pt-br/banda-acustica-na-construcao-a-seco-na-construcao-a-seco/>>. Acesso em outubro de 2021.

BORGES, Alberto de Campos. **Prática das pequenas construções**, volume I. Alberto de Campos Borges. – 9. ed. rev. e ampl. Por José Simão Neto, Walter Costa Filho. – São Paulo: Blucher, 2009.

BEVILAQUA, R. de. **Estudo comparativo do desempenho estrutural de prédios estruturados em perfis formados a frio segundo os sistemas aporticado e “Light Steel Framing”**. Rosane Bevilaqua. – Belo Horizonte, 2005.

BRASILIT. **Placa cimentícia BrasilPlac**, catálogo técnico, São Paulo, 2021. Disponível em <<https://www.brasilit.com.br/>>. Acesso em Abril de 2021.

CBIC. Câmara Brasileira da Indústria da Construção, 2013. **Desempenho de Edificações habitacionais: Guia orientativo para atendimento à norma ABNT NBR 15575/2013**. Disponível em:<http://www.cbic.org.br/arquivos/guia_livro/Guia_CBIC_Norma_Desempenho_2_edic>. Acesso em Abril de 2021.

CHATHAM HOUSE, 2018. **Making Concrete Chance: Innovation in Low-carbon Cement and Concrete**. Disponível em:<<https://www.chathamhouse.org/2018/06/making-concrete-change-innovation-low-carbon-cement-and-concrete-0/1-introduction>>. Acesso em Dezembro de 2021.

CAMPOS, P. F. de. **Light Steel Framing: uso em construções habitacionais empregando a modelagem virtual como processo de projeto e planejamento** / Patrícia Farrielo de Campos. – São Paulo, 2014.

CASSAR, Bernardo Camargo. **Análise comparativa de sistemas construtivos para empreendimentos habitacionais: Alvenaria convencional x Light Steel Frame** / Bernardo Camargo Cassar – Rio de Janeiro: UFRJ/ Escola Politécnica, 2018.

CRASTO, Renata Cristina Moraes de. **Arquitetura e tecnologia em sistemas construtivos industrializados: Light Steel Framing**. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, 2005.

DOMARASCKI. Conrado Sanches. FAGIANI. Lucas Sato. **“Estudo comparativo dos sistemas construtivos: Steel Frame, Concreto PVC e Sistema Convencional”**. Centro Universitário da Fundação Educacional de Barretos. São Paulo, 2009. In: LIMA, Mariana Metello. As vantagens dos novos métodos construtivos utilizados no Brasil para obras de padrão popular. 2014.

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

ESPACOSMART. Brasil, 2021. Disponível em: < <https://www.espacosmart.com.br/li-nha-smart-steel-framing/>>. Acesso em Agosto de 2021.

ESPLANE. Brasil, 2021. Disponível em:< <https://www.esplane.com.br/steel-frame/p-ainel-osb>>. Acesso em Agosto de 2021.

FASTCON. Brasil, 2021. Disponível em:< <http://fastcon.com.br/blog/steel-frame/>>. Acesso em outubro de 2021.

FERREIRA, R. C. L. **Desempenho de vedações verticais em Light Steel Framing: estudo comparativo com o sistema de alvenaria de blocos cerâmicos**. Trabalho de Diplomação (Graduação em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015.

FIRMINO, Adamis Kaike da Silva. **Análise comparativa orçamentária dos sistemas construtivos alvenaria convencional, alvenaria estrutural e Light Steel Frame** – Maceió: 2019.

FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO. **Diretoria de Estatística e Informações. Metodologia do deficit habitacional e da inadequação de domicílios no Brasil – 2016 – 2019**. Belo Horizonte: FJP, 2021.

GALVAMINAS. Brasil, 2021. Disponível em:<<https://galvaminas.com.br/conheca-as-telhas-termoacusticas/>>. Acesso em Dezembro de 2021.

GONÇALVES, Eduardo Albuquerque Buys. **Estudo das patologias e suas causas nas estruturas de concreto armado de obras de edificações** / Eduardo Albuquerque Buys Gonçalves – Rio de Janeiro: UFRJ/ ESCOLA POLITÉCNICA, 2015.

HABITÍSSIMO. Brasil, 2021. Disponível em:< https://fotos.habitissimo.com.br/foto/el-etrica-e-hidraulica_774525/>. Acesso em Agosto de 2021.

ISAIA, G. C. **Durabilidade do concreto ou das estruturas de concreto? Reflexões sobre o tema.** In: WORKSHOP SOBRE DURABILIDADE DAS CONSTRUÇÕES. Novembro. São José dos Campos: ANTAC, 2001.

ISOVER. Catálogo de produtos para construção civil. São Paulo, 2021. Disponível em <<http://www.isover.com.br>>. Acesso em Maio de 2021.

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

Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT). PBQP-H. SINAT, 2021. Documento de Avaliação Técnica Nº41. DATec Nº 041C para Sistema construtivo a seco Saint-Gobain -Light Steel Frame. Disponível em:<<http://www.ipt.br>>. Acesso em Dezembro de 2021

_____.PBQP-H. SINAT, 2020. Documento de Avaliação Técnica Nº41. DATec Nº 041 para Sistema construtivo Tego Frame de painéis pré-fabricados de steel frame para casas térreas. Disponível em:<<http://www.ipt.br>>. Acesso em Dezembro de 2021.

KLEIN, Bruno Gustavo; MARONEZI, Vinícius. **Comparativo Orçamentário dos Sistemas Construtivos em Alvenaria Convencional, Alvenaria Estrutural e Light Steel Frame para a Construção de Conjuntos Habitacionais.** 2013. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Construção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2013.

KNAUF. **Sistema DryWall.** Catálogo técnico e Manual de instalação. Rio de Janeiro, 2021. Disponíveis em <<http://www.knauf.com.br>>. Acesso em Abril de 2021.

LIGHTSTEELFRAMEENG. Brasil, 2021. “Casa Steel Frame x Casa Alvenaria: Comparação de Preços”. Disponível em: <<http://lightsteelframe.eng.br/casa-steel-frame-x-casa-dealvenaria-comparacao-de-precos/>>. Acesso em 25 de agosto de 2021.

LIMA, Selton Fernandes de Souza Lima; BULIGON, Liliane Bonadiman; AZOLIM, Joceane .**Comparação da Emissão de Dióxido de Carbono de Sistemas**

Construtivos Utilizando a Avaliação do Ciclo de Vida Modular em Palmas – TO e em Santa Maria RS. Gramado: 1º Congresso Sul-Americano de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade. 2018.

NASCIMENTO, Otávio Luiz do. **Alvenarias** / Otávio Luiz do Nascimento. Rio de Janeiro: IBS/CBCA, 3ª ed 2004.

ORCAFASCIO. Brasil, 2021. Disponível em: <<https://www.orcafascio.com/papodeengenheiro/tipos-de-fundacoes/>>. Acesso em Agosto de 2021.

OLIVEIRA, Gustavo V. **Análise Comparativa Entre O Sistema Construtivo Em Light Steel Framing E O Sistema Construtivo Tradicionalmente Empregado No Nordeste Do Brasil Aplicados Na Construção De Casas Populares.** 2012. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal da Paraíba. 2012.

PAULUZZI PRODUTOS CERÂMICOS LTDA. Brasil. **Desempenho: Sistemas de alvenaria com blocos cerâmicos Pauluzzi.** 3ª ed. 2017. Disponível em: <<https://pauluzzi.com.br/manual-de-desempenho/>>. Acesso em 18 Setembro de 2021.

PLLACAR. Brasil, 2021. Disponível em: <<https://www.pllacar.com.br/placa-de-gesso-acartonado-st>>. Acesso em Agosto de 2021.

PEREIRA, Caio. Brasil. Sapatas de Fundação 2021. Disponível em: <<https://www.escolaengenharia.com.br/sapatas-de-fundacao/>>. Acesso em Agosto de 2021.

PEREIRA JÚNIOR, Cléber José. **Edifícios de pequeno porte contraventados com perfis de chapa fina de aço.** Dissertação (Mestrado) – COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2004.

REVISTA FERRAMENTAL. Brasil, 2021. “Preço do aço praticamente dobrou em 2020”. Disponível em: <<https://www.revistaferramental.com.br/?cod=noticia/preco-aço-praticamente-dobrou-2020/>>. Acesso em 27 de agosto de 2021.

RODRIGUES, Francisco Carlos. **Steel Framing: Engenharia.** Rio de Janeiro: IBS/CBCA, 2006.

RONDINELY, Francisco de Lima. **Técnicas, métodos e processos de projeto e construção do sistema construtivo de Light Steel Frame**. Belo Horizonte, 2013.

SALOMÃO, P. E. A.; SOARES, A. D. A.; LORENTZ, L. P. A.; PAULA, L. T. G. de. **Conventional masonry and light steel framing comparative analysis: a case study in unifammary residence in Teófilo Otoni, MG**. Research, Society and Development. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/1268>. Acesso em: 02 mar. 2022.

SANTIAGO, Alexandre Kokke; FREITAS, Arlene Maria Sarmanho; CRASTO, Renata Cristina Moraes de. **“Steel Framing”: Arquitetura**. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Siderurgia, Centro Brasileiro da Construção em Aço. 2012.

SANTIAGO, Alexandre K. **Manual de Construção em Aço: Steel Framing: Arquitetura**. Rio de Janeiro: Instituto Aço Brasil/CBCA, 2012.

SANTIAGO, A. K. **O uso do sistema light steel framing associado a outros sistemas construtivos como fechamento vertical externo não estrutural –** Outro Preto, 2008. Dissertação de Mestrado (Engenharia Civil) – Universidade Federal de Outro Preto, 2008.

SANTOS, E. B. **Estudo comparativo de viabilidade entre alvenaria de blocos cerâmicos e paredes de concreto moldadas no local com fôrmas metálicas em habitações populares**. Engenharia Civil da Coordenação de Engenharia Civil - COECI – Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR. Campo Mourão, 2013.

SILVA, M. A. C. (Coord.). **Desempenho: sistema de alvenaria com blocos cerâmicos Pauluzzi**. Sapucaia do Sul: Pauluzzi Produtos Cerâmicos, 2015.

SILVA JUNIOR, Antônio Vieira da. **Sistema construtivo light steel framing: vantagens e desvantagens**. Monografia. 2019.

SINDICADO NACIONAL DA INDÚSTRIA DO CIMENTO (SNIC). Relatório anual 2019. Disponível em : http://snic.org.br/assets/pdf/relatorio_anual/rel_anual_2019.pdf. Acessado em: 02 de março. 2022.

USIMINAS. **Steel Framing: solução USIMINAS para construção civil**, Catálogo

técnico. Belo Horizonte. 2005

YANDZIO, L, W. **Light Steel Framing in Residential Construction**. The Steel Construction Institute, July, 2015.

ANEXOS

Figura 64 – Orçamento Alvenaria Convencional parte 1.

Planilha Total de Custos da Unidade Habitacional Em Alvenaria estrutural							valor do BDI :	
Preço base: Sinapi Julho/2019 - Orse Julho/2019								
RESIDENCIA UNIFAMILIAR								
ITEM	CÓDIGO	FONTE	DESCRIÇÃO DOS SERVIÇOS	UNID	QUANT	PREÇO UNIT (SEM BDI)	VALOR (R\$)	
1			SERVIÇOS PRELIMINARES					
1.1	740770	SINAPI	Locação de construção de edificação com gabarito de madeira	m²	95,82	5,01	329,76	
							Sub Total	329,76
2			MOVIMENTO DE TERRAS					
2.1	93358	SINAPI	Escavação manual de valas em qualquer terreno exceto rocha	m³	3,02	51,23	154,71	
							Sub Total	154,71
3			FUNDAÇÕES					
3.1	95399	SINAPI	Execução e compactação de base e ou sub base com pedra rachão - exclusiva escavação, carga e transporte. sl_0902917	m²	2,52	99,19	249,96	
3.2	95474	SINAPI	Alvenaria de embasamento em tijolos ceramicos macios 5x10x20cm, assentado com argamassa traço 1:2:8 (cimento, cal e areia)	m²	1,34	478,98	643,75	
3.6	94974	SINAPI	lastro de concreto esp=5 cm	m²	0,50	332,86	167,76	
							Sub Total	1.061,47
4			SUPERESTRUTURA					
4.1	7369	ORSE	Forma pinus p/ pilar - s/raap	m²	3,25	41,32	134,29	
4.2	73301	SINAPI	Forma pinus p/viga superest. - s/raap	m²	12,36	51,25	633,45	
4.3	78524	SINAPI	Concreto Fck=25,0MPa, virado em betoneira, sem lançamento		0,82	296,31	183,71	
4.4	74282	SINAPI	Armadura CA-50, Ø 8,00mm (5/16"), p=0,39Kg/m		15,38	5,02	77,21	
4.5	75423	SINAPI	Armadura CA-50, Ø 6,30mm (1/4"), p=0,25Kg/m		44,50	5,02	223,39	
4.6	75425	SINAPI	Armadura CA-50, Ø4,20mm, p=0,109Kg/m		9,49	5,02	47,64	
4.7	76428	SINAPI	Alv.bj (9x14x19) 9cm, arg. mista(1:4+130Kg/cm³)		88,99	40,33	3.588,97	
							Sub Total	4.888,66

Fonte: Firmino (2019)

Figura 65 – Orçamento Alvenaria Convencional parte 2.

5							
SISTEMA DE VEDAÇÃO / REVESTIMENTO							
5.1	87490	SN4PI	Alvenaria de vedação de blocos cerâmicos furados na vertical de 8x19x13 M2 9CM (Espessura 9CM) de paredes com área líquida maior ou igual a 8M² com vãos e argamassa de assentamento com preparo manual. AF_06Q014	m²	148,16	30,47	4.515,04
5.2	87679	SN4PI	Chapisco 1:4	m	218,36	2,56	559,00
5.3	87547	SN4PI	Massa única para recatamento de pintura, traço 1:2:8	m²	218,36	14,98	3.271,03
5.4	87296	SN4PI	Cerâmica esmaltada (20x20), linha popular PEI-4, assentada com argamassa colante, com rejuntamento em cimento branco, piso + parede c/ altura 1,83m banheiro	m²	10,18	30,70	312,53
5.5	87296	SN4PI	Cerâmica esmaltada (30x20), linha popular PEI-4, assentada com argamassa colante, com rejuntamento em cimento branco, sobre à pia e o tanque, com altura de 0,50 m de altura (2 FIADAS)	m²	6,30	30,70	193,41
5.6	87661	ORSE	Barrado chapiscado edemio, com peneira, com altura de 80 cm.	m²	25,56	4,30	109,91
						Sub Total	8.960,92
6							
SISTEMAS DE COBERTURA							
6.1	10215	ORSE	Madeiramento em massa aranduba/madeira de lei, acabamento serrado c/ ripão 5,5 x 3,5cm e ripa 4 x 1,5cm, exclusive peças principais	m²	57,19	69,37	3.967,27
6.2	84201	SN4PI	Telhamento com telha cerâmica capa-canal, tipo colonial, com até 2 águas, incluso transporte vertical. AF_06Q015	m²	57,19	21,15	1.209,57
6.3	84221	SN4PI	Cumeira com telha cerâmica entoadada com argamassa traço 1:2:8	m	7,30	15,20	110,96
6.4	304	ORSE	Rufa de concreto armado fcd=20mpa l=30cm e h=5cm.	m	11,40	23,56	268,58
						Sub Total	5.556,38
7							
INSTALAÇÕES HIDROSANTÁRIAS							
7.1	1200	ORSE	Ponto de água fria emoldido, o material pvc rígido soldável Ø 25mm	un	5,00	88,20	441,00
7.2	1679	ORSE	Ponto de esgoto com tubo de pvc rígido soldável de Ø 40 mm (lavatórios, mictórios, ralos pfonados, etc.)	un	3,00	46,84	140,52
7.3	1678	ORSE	Ponto de esgoto com tubo de pvc rígido soldável de Ø 50 mm (pias de cozinha, máquinas de lavar, etc.)	un	1,00	75,58	75,58
7.4	1683	ORSE	Ponto de esgoto com tubo de pvc rígido soldável de Ø 100 mm (vaso sanitário)	pl	1,00	67,61	67,61
7.5	741041	SN4PI	Caixa de inspeção em alvenaria de tijolo maciço 60x50x60cm, revestido internamente com bata lisa (cimento e areia, traço 1:4) e=2,0cm, com tampa pré-moldada de concreto e fundo de concreto 15mpa tipo c - escavação e confecção	un	1,00	123,88	123,88
7.6	3162	ORSE	Caixa de gordura em pvc, múltipla	un	1,00	130,84	130,84
7.7	95453	SN4PI	Fossa séptica em alvenaria de tijolo cerâmico maciço, dimensões externas de 1,30x1,10x1,40 m, volume de 1.500 litros, revestido internamente com massa única e impermeabilizante e com tampa de concreto armado com espessura de 8 cm	un	1,00	1.244,82	1.244,82
7.8	95453	SN4PI	Peço sumidoro	un	1,00	1.238,32	1.238,32
						Sub Total	3.463,57

Fonte: Firmino (2019)

Figura 66 – Orçamento Alvenaria Convencional parte 3.

LOUÇAS METAIS E ACESSÓRIOS							
8.1	2089	ORSE	Lavatório Pequeno Ravenalty cor Branco Gelo, código: L 915, DECA, ou equivalente, sem coluna, (válvula, sifão e esgote flexível cromados), exceto Temeira	un	1,00	305,79	305,79
8.2	86866	SINAPI	Vaso sanitário sifonado com caixa acoplada louça branca - fornecimento e instalação. af_12/2013	un	1,00	347,87	347,87
8.3	2110	ORSE	Pia de cozinha com bancada em granito cinza andorinha, e = 2cm, dim 1.20x0,60, com 01 cuba de aço inox, sifão cromado, válvula cromada, temeira em aço inox, inclusive rodopiá 7 cm, assentada.	un	1,00	684,13	684,13
8.9	86906	SINAPI	Temeira cromada de mesa, 1/2" ou 3/4", para lavatório, padrão popular - fornecimento e instalação. af_12/2013	un	1,00	42,38	42,38
8.10	89351	SINAPI	Registro de pressão bruto, rosçável 3/4", fornecido e instalado em ramal de água. af_12/2014	un	1,00	27,98	27,98
8.11	89972	SINAPI	Kit de registro de gaveta bruto de latão 1/2", inclusive conexões, rosçável, instalado em ramal de água fria - fornecimento e instalação. af_12/2014	un	1,00	42,23	42,23
8.12	9535	SINAPI	Chuveiro elétrico comum corpo plástico tipo ducha, fornecimento e instalação	un	1,00	68,36	68,36
8.13	1447	ORSE	Caixa d'água em fibra de vidro - instalada, sem estrutura de suporte, cap. 500 litros	un	1,00	339,32	339,32
						Sub Total	1.858,06
INSTALAÇÕES ELÉTRICAS/TELEFONE/ANTENA							
9.1	3395	ORSE	Ponto de luz em teto ou parede, com eletroduto de pvc flexível sanfonado embuído Ø 3/4"	un		185,07	-
9.2	3278	ORSE	Ponto de interruptor 01 seção (1 s) embuído com eletroduto de pvc flexível sanfonado Ø 3/4"	un		130,25	-
9.3	3281	ORSE	Ponto de interruptor 02 seções (2 s) embuído com eletroduto de pvc flexível sanfonado embuído Ø 3/4"	un		129,91	-
9.4	93141	SINAPI	Ponto de tomada 10A	un		124,89	-
9.5	93143	SINAPI	Ponto de tomada 20A	un		126,74	-
9.6	3396	ORSE	Ponto de tomada 3p para chuveiro elétrico até 4000 va, com eletroduto de pvc flexível sanfonado embuído Ø 3/4", inclusive aterramento	un		158,76	-
9.7	676	ORSE	Ponto de telefone, com eletroduto de pvc sanfonado embuído Ø 3/4"	un		116,76	-
9.8	789	ORSE	Ponto embuído tomada p/ tv a cabo, c/ eletroduto condutele pvc rígido Ø 3/4" s/ fiação, exclusive tomada	un		133,55	-
						Sub Total	-
PISO							
10.2	87247	SINAPI	Revestimento cerâmico para piso com placas tipo esmaltada extra de dimensões 35x35 cm aplicada em ambientes de área entre 5 m2 e 10 m2. af_06/2014	m²	30,22	28,53	862,18
						Sub Total	862,18

Fonte: Firmino (2019)

Figura 67 – Orçamento Alvenaria Convencional parte 4.

11		ESQUADRIAS					
		MADEIRA					
11.1	91319	SINAPI	Kit de porta de madeira para pintura, semi-oca (leve ou média), padrão popular, 80x210cm, espessura de 3.5cm, itens inclusos: dobradiças, montagem e instalação do batente, sem fechadura - fornecimento e instalação. af_08/2015	un	3,00	539,51	1.618,53
11.2	90841	SINAPI	Kit de porta de madeira para pintura, semi-oca (leve ou média), padrão popular, 60x210cm, espessura de 3.5cm, itens inclusos: dobradiças, montagem e instalação do batente, fechadura com execução do furo - fornecimento e instalação. af_08/2015	un	1,00	612,36	612,36
		FERRAGENS E ACESSÓRIOS					
11.3	90831	SINAPI	Fechadura de embutir completa, para portas de banheiro	un	4,00	67,87	271,48
		ALUMÍNIO					
11.4	91341	SINAPI	Janela de alumínio 100x60	un	1,00	384,32	384,32
11.5	94581	SINAPI	Janela de alumínio 150x100	un	2,00	297,55	595,10
11.6	COTAÇÃO	MERCADO	Janela de alumínio 60x40	un	1,00	146,33	146,33
						Sub Total	3.628,12
12		PINTURA					
12.1	95305	SINAPI	Textura acrílica, aplicação manual em parede, uma demão. af_09/2016	m²	84,96	10,63	903,17
12.2	88487	SINAPI	Aplicação manual de pintura com tinta látex pva em paredes, duas demãos. af_06/2014	m²	93,81	8,14	763,58
12.3	40905	SINAPI	Verniz	m²	6,30	17,92	112,90
						Sub Total	1.779,64
						TOTAL GERAL	R\$ 32.543,48

Fonte: Firmino (2019)

Figura 68 – Orçamento Light Steel Frame parte 1.

Planilha Total de Custos da Unidade Habitacional Em Light Steel Frame							valor do BDI :	
Preço base: Sinapi Julho/2019 - Orse Julho/2019								
RESIDENCIA UNIFAMILIAR								
ITEM	CÓDIGO	FONTE	DESCRIÇÃO DOS SERVIÇOS	UNID	QUANT	PREÇO UNIT (SEM BDI)	VALOR (R\$)	
1			SERVIÇOS PRELIMINARES					
1.1	740773	SINAPI	Locação de construção de edificação com gabarito de madeira	m²	65,82	5,01	329,76	
							Sub Total	329,76
2			MOVIMENTO DE TERRAS					
2.1	80358	SINAPI	Escavação manual de valas em qualquer terreno exceto rocha	m³	3,02	51,23	154,71	
							Sub Total	154,71
3			FUNDAÇÕES					
3.1	96399	SINAPI	Execução e compactação de base e ou sub base com pedra rachão - exclusive escavação, carga e transporte. af_09/2017	m²	2,52	99,19	249,96	
3.2	95474	SINAPI	Avenaria de embaçamento em tijolos ceramicos macicos 5x10x20cm, assentado com argamassa traco 1:2:8 (cimento, cal e areia)	m²	1,34	478,98	643,75	
3.3	94974	SINAPI	lastro de concreto esp=5 cm	m²	0,50	332,86	167,76	
							Sub Total	1.061,47
4			SUPERESTRUTURA					
4.1	40536	SINAPI	Perfis em Steel Framing [92 x 38x 0.92	Kg	86,00	6,30	535,50	
4.2	40536	SINAPI	Perfis em Steel Framing UENR 90 x 40 x 12 x 0.95	Kg	110,00	6,30	693,00	
4.3	40536	SINAPI	Perfis em Steel Framing RET 38 x 0.95	Kg	110,00	6,30	693,00	
4.4	40536	SINAPI	Perfis em Steel Framing IENR 140 x 40 x 12 x 0.95 x 0	Kg	7,00	6,30	44,10	
4.5	40536	SINAPI	Perfis em Steel Framing [92 x 38 x 1.25	Kg	11,00	6,30	69,30	
4.6	40536	SINAPI	Perfis em Steel Framing IENR 90 x 40 x 12 x 0.95 x 0	Kg	19,00	6,30	119,70	
4.7	40536	SINAPI	Perfis em Steel Framing UENR 140 x 40 x 12 x 0.95	Kg	1,00	6,30	6,30	
4.8	40536	SINAPI	Perfis em Steel Framing CA 140 x 40 x 12 x 0.95	Kg	1,00	6,30	6,30	
4.9	ATACADO	MERCADO	Parafuso Cabeça Flangeada	un	180,00	0,31	55,80	
4.10	11962	SINAPI	Parafuso Sextavado	un	855,00	0,12	102,60	
4.11	ATACADO	MERCADO	Chumbadores Tipo Parabol	un	14,00	2,16	30,24	

Fonte: Firmino (2019)

Figura 69 – Orçamento Light Steel Frame parte 2.

4.12	ATACADO	MERCADO	Pino com arruela cônica	un	50,00	0,30	15,00
4.13	ATACADO	MERCADO	Banda acústica AUTO ADESIVA 90 X 4 X 10,0 m	un	3,00	98,15	294,45
4.14	ATACADO	MERCADO	Placas OSB (1200x2400mm)	un	15,00	74	1.110,00
4.15	ATACADO	MERCADO	Placas cimentícias (1200x2400mm)	un	15,00	105,9	1.588,50
4.16	ATACADO	MERCADO	Massa para Placas Cimentícias (5kg)	un	6,00	70,17	421,02
4.17	39412	SINAPI	Placa de Gesso (1200x2400mm)	un	54,00	13,89	750,06
4.18	ATACADO	MERCADO	Manta (barreira de umidade)	m²	26,92	22,55	607,05
4.19	3408	SINAPI	Isolamento térmico	m²	121,28	7,92	960,54
4.20	39433	SINAPI	Massa para Gesso acartonado	un	39,00	1,98	76,44
						Sub Total	8.178,89
5			SISTEMA DE VEDAÇÃO / REVESTIMENTO				
5.1	1381	SINAPI	Argamassa pré-fabricada de cimento colorante para assentamento de peças cerâmicas	kg	174,42	0,55	95,93
5.2	1292	SINAPI	Azulejo cerâmico esmaltado 15 x 15 cm	m²	43,61	33,73	1.470,97
5.3	98555	SINAPI	Impermeabilizante Hidrófuga ou similar	m²	84,23	29,21	2.460,36
						Sub Total	4.027,25
6			SISTEMA DE COBERTURA				
6.1	40536	SINAPI	Perfil UENR 90 x 40 x 12 x 0,95	Kg	201,00	12,3	2.472,30
6.2	40536	SINAPI	Perfil [92 x 38 x 0,95	Kg	3,00	12,3	36,90
6.3	40536	SINAPI	Perfil CART 30 x 20 x 12 x 0,8	Kg	87,00	12,3	1.193,10
6.4	40536	SINAPI	Perfil RET 90 x 0,95	Kg	132,00	12,3	1.623,60
6.5	7175	SINAPI	Telha romana	un	1.000,00	0,56	560,00
						Sub Total	5.885,90
7			INSTALAÇÕES HIDROSANITÁRIAS				
7.1	1209	ORSE	Ponto de água fria embudo, com material pvc rígido soldável Ø 25mm	un	5	88,20	441,00
7.2	1679	ORSE	Ponto de esgoto com tubo de pvc rígido soldável de Ø 40 mm (lavatórios, mictórios, ralos sifonados, etc. .)	un	3	46,04	140,12
7.3	1678	ORSE	Ponto de esgoto com tubo de pvc rígido soldável de Ø 50 mm (pia de cozinha, máquinas de lavar, etc. .)	un	1	76,58	76,58
7.4	1683	ORSE	Ponto de esgoto com tubo de pvc rígido soldável de Ø 100 mm (vaso sanitário)	pt	1	67,61	67,61
7.5	741041	SINAPI	Caixa de inspeção em alvenaria de tijolo maciço 60x60x60cm, revestida internamente com barra lisa (cimento e areia, traço 1:4) e=2,5cm, com tampa pré-moldada de concreto e fundo de concreto 15mpa tipo c - escavação e confecção	un	1	123,88	123,88
7.6	3162	ORSE	Caixa de gordura em pvc, múltipla	un	1	130,84	130,84
7.7	95463	SINAPI	Fossa séptica em alvenaria de tijolo cerâmico maciço, dimensões externas de 1,90x1,10x1,40 m, volume de 1.500 litros, revestido internamente com massa única e impermeabilizante e com tampa de concreto armado com espessura de 8 cm	un	1	1.244,82	1.244,82
7.8	95463	SINAPI	Peça sumidoro	un	1	1.236,32	1.236,32
						Sub Total	5.463,67

Fonte: Firmino (2019)

Figura 70 – Orçamento Light Steel Frame parte 3.

8			LOUÇAS METAIS E ACESSÓRIOS				
8.1	2089	ORSE	Lavatório Pequeno Ravenalzy cor Branco Gelô, código: L.915, DECA, ou equivalente, sem coluna, (válvula, sifão e engate flexível cromados), exceto Torneira	un	1,00	305,79	305,79
8.2	86888	SINAPI	Vaso sanitário sifonado com caixa acoplada louça branca - fornecimento e instalação. af_12/2013	un	1,00	347,87	347,87
8.3	2110	ORSE	Placa de cozinha com bancada em granito cinza andorinha, e + 2cm, dim 1,20x0,80, com 01 cuba de aço inox, sifão cromado, válvula cromada, torneira em aço inox, inclusive rodopiã 7 cm, assentada.	un	1,00	684,13	684,13
8.4	86906	SINAPI	Torneira cromada de mesa, 1/2" ou 3/4", para lavatório, padrão popular - fornecimento e instalação. af_12/2013	un	1,00	42,38	42,38
8.5	89361	SINAPI	Registro de pressão bruto, roscável, 3/4", fornecido e instalado em ramal de água. af_12/2014	un	1,00	27,98	27,98
8.6	89972	SINAPI	Kit de registro de gaveta bruto de latão 1/2", inclusive conexões, roscável, instalado em ramal de água fria - fornecimento e instalação. af_12/2014	un	1,00	42,23	42,23
8.7	9535	SINAPI	Chuveiro elétrico comum corpo plástico tipo ducha, fornecimento e instalação	un	1,00	68,36	68,36
8.8	1447	ORSE	Caixa d'água em fibra de vidro - instalada, sem estrutura de suporte, cap. 500 litros	un	1,00	339,32	339,32
						Sub Total	1.858,06
9			INSTALAÇÕES ELÉTRICAS/TELEFONE/ANTENA				
9.1	3395	ORSE	Ponto de luz em teto ou parede, com eletroduto de pvc flexível sanfonado embutido Ø 3/4"	un		185,07	-
9.2	3278	ORSE	Ponto de interruptor 01 seção (1 s) embutido com eletroduto de pvc flexível sanfonado Ø 3/4"	un		130,25	-
9.3	3281	ORSE	Ponto de interruptor 02 seções (2 s) embutido com eletroduto de pvc flexível sanfonado embutido Ø 3/4"	un		129,91	-
9.4	93141	SINAPI	Ponto de tomada 10A	un		124,89	-
9.5	93143	SINAPI	Ponto de tomada 20A	un		126,74	-
9.6	3396	ORSE	Ponto de tomada 3p para chuveiro elétrico até 4000 va, com eletroduto de pvc flexível sanfonado embutido Ø 3/4", inclusive aterramento	un		158,76	-
9.7	676	ORSE	Ponto de telefone, com eletroduto de pvc sanfonado embutido Ø 3/4"	un		116,76	-
9.8	94581	SINAPI	Ponto embutido tomada p/ tv a cabo, c/ eletroduto condutete pvc rígido Ø 3/4" s/ fiação, exclusive tomada	un		133,55	-
						Sub Total	

Fonte: Firmino (2019)

Figura 71 – Orçamento Light Steel Frame parte 4.

10			PISO				
10.1	87247	SINAPI	Revestimento cerâmico para piso com placas tipo esmaltada extra de dimensões 35x35 cm aplicada em ambientes de área entre 5 m2 e 10 m2. af_06/2014	m²	30,22	28,53	862,18
						Sub Total	862,18
11			ESQUADRIAS				
			MADEIRA				
11.1	91319	SINAPI	Kit de porta de madeira para pintura, semi-oca (leve ou média), padrão popular, 80x210cm, espessura de 3,5cm, itens inclusos: dobradiças, montagem e instalação do batente, sem fechadura - fornecimento e instalação. af_08/2015	un	3	539,51	1.618,53
11.2	90841	SINAPI	Kit de porta de madeira para pintura, semi-oca (leve ou média), padrão popular, 60x210cm, espessura de 3,5cm, itens inclusos: dobradiças, montagem e instalação do batente, fechadura com execução do furo - fornecimento e instalação. af_08/2015	un	1	612,36	612,36
			FERRAGENS E ACESSÓRIOS				
11.3	90831	SINAPI	Fechadura de embutir completa, para portas de banheiro	un	4	67,87	271,48
			ALUMINIO				
11.4	91341	SINAPI	Janela de aluminio 100x60	un	1	384,32	384,32
11.5	94581	SINAPI	Janela de aluminio 150x100	un	2	297,55	595,1
11.6	COTAÇÃO	MERCADO	Janela de aluminio 60x40	un	1	146,33	146,33
						Sub Total	3.628,12
12			PINTURA				
12.2	35693	SINAPI	Tinta látex acrílica fosca	m²	43,45	8,40	364,98
12.3	60901	SINAPI	Selador base PVA para pintura látex	m²	43,45	10,54	457,96
12.4	35691	SINAPI	Tinta látex PVA fosca	m²	43,45	12,51	543,56
						Sub Total	1.366,50
						TOTAL GERAL	30.816,42

Fonte: Firmino (2019)

APÊNDICES

Tabela 20 – Palavras utilizadas na pesquisa.

Light Steel Frame	Análise	Déficit Populacional	Placa cimentícia
Alvenaria	Comparativa	Alvenaria convencional	Aço Galvanizado
Desempenho	Fundação	Construção a seco	Método construtivo
Estrutural	Estrutura	Bloqueadores	
Acústico	Pilares	Cantoneiras	
Térmico	Vigas	Framing	
Durabilidade	Coberturas	Frame	
Manutenção	Instalações Elétricas	Parabolt	
Custo	Resistência ao fogo	Laje seca	
Orçamento	Instalações Hidrossanitárias	Laje mista	
Prazo	Parafusos	Gesso acartonado	
Tempo	Painéis	Sustentabilidade	
Construção	Base Coat	Lã de vidro	
Qualidade	Banda Acústica	Lã de PET	
Resistência	Perfis de aço	Cimento	

Fonte: Autor (2022)

Figura 72 – Questionário sobre LSF 02.

Questionário sobre Light Steel Frame

Olá, bem vindo(a). Por favor marque sua profissão.

Engenheiro(a)

Arquiteto(a)

Outra:

Você já trabalhou utilizando o sistema de Light Steel Frame?

Sim

Não

Você considera o sistema de Light Steel Frame uma boa alternativa para a Alvenaria Convencional?

Sim

Não

Qual justificativa para a resposta anterior?

A sua resposta



Figura 73 – Questionário sobre LSF 02.

Em comparação com a Alvenaria Convencional, você considera que o sistema de Light Steel Frame possui CUSTO:

- Inferior
- Equivalente
- Superior
- Muito Superior

Em comparação com a alvenaria convencional, você considera que o sistema de Light Steel Frame possui TEMPO DE CONSTRUÇÃO:

- Muito Inferior
- Inferior
- Equivalente
- Superior

Tendo liberdade orçamentária, optaria por construir em Light Steel Frame?

- Sim
- Não

Você tem dificuldade para encontrar mão de obra especializada para Light Steel Frame?

- Sim
- Não



Figura 74 – Questionário sobre LSF 03.

Você tem dificuldade de encontrar material de qualidade para Light Steel Frame?

Sim

Não

Ao seu ver, quais os maiores benefícios na utilização do Light Steel Frame?

Custo

Prazo

Custo-Benefício

Desempenho Termo-Acústico

Construção Sustentável

Menor Geração de Resíduos

Maior Precisão Orçamentária

Material com controle de qualidade industrial

Outra:

Quais as maiores dificuldades em utilizar o sistema de Light Steel Frame?

Encontrar Mão de Obra Qualificada

Encontrar os Insumos para Construção

Custo Elevado

Desconfiança por Parte do Cliente

Outra:



Fonte: Autor (2022)

Figura 75 – Questionário sobre LSF 04.

No ponto de vista dos usuários, quais as vantagens quando empregamos LSF

A sua resposta

Em sua vivência profissional, você tem notado um aumento na procura por esse método construtivo?

Sim

Não

Você teria alguma objeção em adquirir um imóvel construído com LSF?

Sim

Não

Outra:

Fonte: Autor (2022)