

**REDE DE ENSINO DOCTUM  
CENTRO DE ENGENHARIA  
DANIEL DIAS DA CUNHA VIEIRA  
GEOVANI VILAS BOAS NOGUEIRA  
THIAGO TIBÉRIO DE REZENDE**

**COMPARATIVO ECONÔMICO DOS MÉTODOS CONSTRUTIVOS EM STEEL  
FRAME E ESTRUTURA CONVENCIONAL**

Juiz de Fora  
2018

**DANIEL DIAS DA CUNHA VIEIRA  
GEOVANI VILAS BOAS NOGUEIRA  
THIAGO TIBÉRIO DE REZENDE**

**COMPARATIVO ECONÔMICO DOS MÉTODOS CONSTRUTIVOS EM STEEL  
FRAME E ESTRUTURA CONVENCIONAL**

Monografia de Conclusão de Curso,  
apresentada ao curso de Engenharia Civil  
da Faculdade Doctum de Juiz de Fora,  
como requisito parcial à obtenção do  
título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Hudson Martins

Juiz de Fora  
2018

**Ficha Catalográfica elaborada pela Biblioteca Faculdade DOCTUM/JF**

VIEIRA, Daniel Dias da Cunha.

Comparativo De Viabilidade Dos Métodos Construtivos Steel Frame E Estrutura Convencional / Daniel Dias da Cunha Vieira, Geovani Vilas Boas Nogueira, Thiago Tibério – Juiz de Fora, 2018.  
80 f.

Monografia (Graduação no Curso de Engenharia Civil) – Faculdade Doctum, Juiz de Fora, 2018.

1. Steel frame. 2. Alvenaria convencional

Comparativo De Viabilidade Dos Métodos Construtivos. Steel Frame E Estrutura Convencional. Faculdade Doctum, Juiz de Fora.

**DANIEL DIAS DA CUNHA VIEIRA  
GEOVANI VILAS BOAS NOGUEIRA  
THIAGO TIBÉRIO DE REZENDE**

**COMPARATIVO ECONÔMICO DOS MÉTODOS CONSTRUTIVOS EM STEEL  
FRAME E ESTRUTURA CONVENCIONAL**

Monografia de Conclusão de Curso,  
submetida à Faculdade Doctum de Juiz de  
Fora, como requisito parcial à obtenção do  
título de Bacharel em Engenharia Civil e  
aprovada pela seguinte banca  
examinadora.

---

Prof. Esp. Hudson Gonçalves Martins  
Orientador e Docente da Faculdade Doctum - Unidade Juiz de Fora

---

Prof. M.Sc. Henrique Guilherme David Zacarias  
Docente da Faculdade Doctum - Unidade Juiz de Fora

---

Prof. M.Sc. Leandro Mota Peres  
Docente da Faculdade Doctum - Unidade Juiz de Fora

Examinada em: 06/12/2018

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente agradecemos a Deus por ter nos dado saúde e força para superarmos as dificuldades encontradas.

Aos nossos familiares, pelo apoio, força e amor incondicional, que fizeram de tudo para tornar os momentos difíceis mais brandos.

As nossas companheiras que jamais nos negou apoio, carinho e incentivo. Obrigado por aguentarem tantas crises de estresse e ansiedade.

Aos professores que contribuíram com a nossa trajetória acadêmica, em especial ao nosso orientador Hudson Martins por compartilhar sua sabedoria, tempo e experiência. Manifestamos aqui a nossa gratidão.

E a todos que direta ou indiretamente fizeram parte da nossa caminhada até aqui, nosso muito obrigado.

## RESUMO

Este trabalho tem como principal objetivo fazer um comparativo econômico entre o método construtivo Steel Frame e o método construtivo em alvenaria convencional destacando as vantagens e desvantagens de cada um dos métodos e também incluindo, suas características e matérias empregados. A pesquisa foi elaborada através de revisões bibliográficas, visitas técnicas a canteiros de obra, entrevista com profissionais que trabalham com o sistema e análise de projetos construídos afim de obter dados relativos aos objetivos da pesquisa. Em relação aos resultados obtidos foi observado uma variação, que depende do tamanho e do padrão do projeto, pois cada projeto possui suas peculiaridades. Por se tratar de um sistema industrializado o Steel Frame consegue diminuir o tempo de execução do projeto e os insumos, principalmente em larga escala e também tem como fatos preponderante a não geração de resíduos. Já a alvenaria convencional permite acesso a todas as classes por suas inúmeras variedades de materiais e mão de obra, fazendo com que esse sistema ainda seja um dos mais viáveis no setor da construção civil. Conclui-se que ambos os métodos construtivos são de extrema relevância para construção civil, sendo o Steel Frame muito eficiente economicamente nas etapas de fundação, revestimento, pintura e principalmente em prazo construtivo. Por outro lado, a alvenaria convencional tem seu ponto forte as etapas de superestrutura, cobertura e mão de obra.

**Palavras Chaves:** Métodos Construtivos; Steel Frame; Alvenaria Convencional; Comparativos Econômico.

## **ABSTRACT**

This work has as main objective to make an economic comparative between the constructive method Steel Frame and the constructive method in conventional masonry highlighting the advantages and disadvantages of each of the methods and also including their characteristics and materials used. The research was elaborated through bibliographic reviews, technical visits to construction sites, interviews with professionals working with the system and analysis of projects built in order to obtain data related to the research objectives. In relation to the results obtained a variation was observed, which depends on the size and the standard of the project, since each project has its peculiarities. Because it is an industrialized system, Steel Frame can reduce the project execution time and the inputs, mainly in large scale and also has as a preponderant fact the non-generation of waste. Conventional masonry allows access to all classes for its many varieties of materials and labor, making this system still one of the most viable in the civil construction sector. It is concluded that both construction methods are extremely relevant for civil construction, Steel Frame being very economically efficient in the stages of foundation, coating, painting and mainly in constructive time. On the other hand, conventional masonry has its strongest superstructure, cover and workmanship steps.

**Keywords:** Constructive Methods; Steel Frame; Conventional Masonry; Economic Comparatives.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Construção de residência em Wood Frame. <b>Erro! Indicador não definido.</b>	
Figura 2 - Construção de residência em Steel Frame. <b>Erro! Indicador não definido.</b>	
Figura 3 - Construção de residência em alvenaria convencional. ....	19
Figura 4 - Tipos de fundações rasas .....	19
Figura 5 - Fundações profundas .....	20
Figura 6 - Vigas de uma construção.....	20
Figura 7 - Pilares de uma construção.....	21
Figura 8 - Alvenaria de vedação em tijolos vazados .....	22
Figura 9 - Forro em PVC .....	22
Figura 10 – Forro em Gesso. ....	23
Figura 11 - Forro Metálico. ....	23
Figura 12 - Tipos de telhados.....	24
Figura 13 - Instalações Elétricas. ....	24
Figura 14 - Instalações Hidráulicas e Sanitárias .....	25
Figura 15 - Obra de uma pousada em Fernando de Noronha.....	27
Figura 16 - Restaurante da rede Pizza Hut. ....	27
Figura 17 - Primeiro prédio construído em Steel Frame no Brasil.....	27
Figura 18 - Formação de painéis com U e Ue.....	31
Figura 19 - Sapata corrida.....	32
Figura 20 - Laje radier .....	32
Figura 21 - Transmissão da carga vertical a fundação.....	34
Figura 22 - Painel não estrutural com abertura para janela. ....	35
Figura 23 - Planta de estrutura de piso do sistema .....	36
Figura 24 - Composição da Laje Úmida .....	36
Figura 25 - Cobertura inclinada em Light Steel Framing .....	38
Figura 26 - Fechamento externo com OSB.....	40
Figura 27 - Revestimento externo com Siding vinílico.....	41
Figura 28 - Fechamento com placas cimentícias .....	41
Figura 29 - Instalação da lã de vidro em painel.....	43
Figura 30 - Sapata, Radier e Bloco .....	47
Figura 31 - Chapas de revestimento .....	48
Figura 32 - Cobertura em Steel Frame.....	49
Figura 33 - Isolamento Acústico e Térmico .....	50
Figura 34 - Fechamento Steel Frame.....	51
Figura 35 - Fundação tipo Radier.....	52
Figura 36 - Estrutura em Steel Frame.....	53
Figura 37 - Instalação elétrica em PEX. ....	54
Figura 38 - Instalação de água fria e quente em PEX.....	55
Figura 39 - Cobertura no Sistema Steel Frame.....	55
Figura 40 - Placas Cimentícias.....	56
Figura 41 - Siding Vinílico .....	56
Figura 42 - Aplicação do Isolamento termo acústico.....	57
Figura 43 - Drywall .....	57
Figura 44 - Piso Vinílico .....	58
Figura 45 - Esquadrias instaladas .....	58
Figura 46 - Empreendimento na Rua Américo Lobo no bairro Manoel Honório I. ....	59
Figura 47 - Empreendimento na Rua Américo Lobo no bairro Manoel Honório II. ....	60
Figura 48 - Empreendimento do condomínio Nova Gramado I .....	60

Figura 49 - Empreendimento do condomínio Nova Gramado II. ....	60
Figura 50 - Gráfico comparativo de mão de obra .....	62
Figura 51 - Comparativo de mão de obra.....	63
Figura 52 - Custos por etapa de construção. ....	63
Figura 53 - Valores da mão de obra por m <sup>2</sup> .....	65
Figura 54 - Comparativo do prazo de execução.....	66
Figura 55 - Tempo dos métodos construtivos. ....	67
Figura 56 - Cronograma de execução no sistema Convencional. ....	68
Figura 57 - Cronograma de execução no sistema Light Steel Frame. ....	68

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Métodos de Construção LSF.....	29
Tabela 2 - Revestimento mínimo dos perfis estruturais e não-estruturais.....	30
Tabela 3 - Designações dos perfis de aço formados a frio para uso em Light Steel Frame e suas respectivas aplicações. ....	31
Tabela 4 - Quadro comparativo de cargas admissíveis.....	37
Tabela 5 - Custos de construção em cada sistema.....	61
Tabela 6 - Planilha comparativa de custos.....	62

## LISTA DE ABREVIATURA E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

CPVC – Policloreto de Vinila Clorotado

ISO – *International Organization for Standardization*

LSF – *Light Steel Frame*

NBR – Normas Brasileiras

OSB – *Oriented Strand Board*

PE – Polietileno

PEX – Polietileno Reticulado Monocamada

PP – Polipropileno

PVC – Policloreto de Vinila

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	14
1.1 Objetivos .....	16
1.1.1. Objetivo Geral .....	16
1.1.2. Objetivo Específico .....	16
1.2 Justificativa e motivações .....	17
<b>2. REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	18
2.1. Alvenaria Convencional .....	18
2.1.1. Fundações .....	19
2.1.2. Vigas .....	20
2.1.3. Pilares .....	21
2.1.4. Vedação .....	21
2.1.5. Forro .....	22
2.1.6. Telhado .....	23
2.1.7. Instalações Elétricas .....	24
2.1.8. Instalações Hidráulicas e Sanitários .....	25
2.2. Sistema Light Steel Frame .....	26
2.2.1. Vantagens do Uso do Sistema Light Steel Frame .....	28
2.2.2. Métodos Construtivos .....	29
2.2.3. Tipos de Perfis Utilizados .....	30
2.2.4. Fundações .....	31
2.2.5. Painéis .....	33
2.2.6. Lajes .....	35
2.2.7. Coberturas .....	37
2.2.8. Fechamento Vertical .....	39
2.2.9. Isolamento térmico e acústico .....	42
2.2.10. Instalações Elétricas, Hidrossanitárias e Gás .....	43
2.3 Custos .....	45
2.3.1 Custos diretos .....	45
2.3.2 Custos indiretos .....	45
<b>3. METODOLOGIA</b> .....	46
<b>4. ETAPAS CONSTRUTIVAS</b> .....	47
4.1. Fundações .....	47
4.2. Painéis .....	47
4.3. Lajes e Coberturas .....	48
4.4. Isolamento .....	49
4.5. Fechamento .....	50

4.6. Mercado Steel Frame .....	51
<b>5. MÉTODO CONSTRUTIVO.....</b>	<b>52</b>
<b>6. VISITA TÉCNICA.....</b>	<b>59</b>
<b>7. RESULTADOS.....</b>	<b>61</b>
7.1. Comparativo entre o método construtivo Convencional e o Light Steel Frame	61
7.1.1. Custos.....	61
7.1.2. Reparo e Manutenção .....	64
7.1.3. Mão de Obra.....	65
7.1.4. Prazo Construtivo .....	66
<b>8. CONCLUSÃO .....</b>	<b>69</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>71</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>78</b>

## 1. INTRODUÇÃO

O Light Steel Framing, nomeado pela sigla LSF, pode ser traduzido como leve estrutura de aço galvanizado. Segundo Campos (2014) o Steel Frame é um sistema construtivo estruturado em perfis de aço galvanizado formados a frio que tem como responsabilidade suportar cargas de uma eventual edificação, garantindo a qualidade e vida útil do empreendimento. Atualmente vem se tornando uma opção bastante interessante pelo excelente desempenho já apresentado em projetos executados e também pelo custo benefício bastante atrativo em relação a rapidez e aos impactos reduzidos ao meio ambiente, já que hoje estamos diante de um cenário catastrófico no que diz respeito a fauna e a flora mundial com poluição e desmatamento.

Conforme Freitas e Crasto (2006), esse modelo de construção, apesar de ter sido desenvolvido de 1810 a 1860, só começou a ter uma maior aceitação e visibilidade de produção no mundo em meados do século XIX. Esse processo se iniciou nos Estados Unidos, quando um grande volume de estrangeiros migrou para o país norte americano. Diante da situação que o país passava, com grande desenvolvimento econômico e tecnológico, se fez necessário a adaptação do método construtivo para edificações e empreendimentos em geral, facilitando a absorção dessa grande massa de pessoas que saíam de países emergentes buscando uma condição um pouco mais favorável.

Inicialmente o método proposto a essas construções era à base de madeira, que, em tempos, foi a base de todas as construções no mundo, conforme figura 1. O processo em questão se chamava Wood Framing. Feito pelas mãos de marceneiros, o mesmo ganhou espaço na economia norte americana e então começou a ser estudado por interessados da construção.

Figura 1 - Construção de residência em *Wood Frame*.



Fonte: Atos arquitetura.

Depois de um alto número de empreendimentos feitos nesse método e também a exploração excessiva de madeira, entende-se a necessidade de adaptação nesse processo. Segundo Santiago (2012), no ano de 1993 realizada em Chicago, foi proposto a substituição da madeira por aço galvanizado, que exerceria a mesma função, porém com um peso menor e por ser um material industrializado, reduzindo a exploração das matas, conforme a figura 2.

Figura 2 - Construção de residência em *Steel Frame*.



Fonte: Jacarei Mais Arquitetura.

Levando em consideração Pigozzo, Serra e Ferreira (2005), o sistema de construção vem se adequando à necessidade do mercado, onde o consumidor final já usufrui desses avanços. Os sistemas construtivos já encontram hoje no mercado a possibilidade de contratação de métodos alternativos, no entanto essa demanda já

não está atendendo o mercado de forma integral, pois o Brasil ainda necessita de uma mão de obra mais qualificada que permita atender as exigências do setor.

Paralelo a isso, as empresas com maior poder aquisitivo instaladas no país já cobram do ramo um desenvolvimento mais rápido, já que buscam a execução de seus projetos de forma ágeis e com a menor agressão ao meio ambiente, evitando ao máximo o desperdício de materiais e acúmulo excessivo de entulhos gerados por uma construção convencional.

Avaliando os pontos abordados por Santiago (2012) no que se refere à necessidade e também a demanda, o Steel Frame está galgando seu espaço no mercado da construção. Esse método construtivo pode ser apresentado como uma forma de construção a seco, com a estrutura em aço leve e com vedação em matérias de alto poder tecnológico, prometendo ao consumidor a agilidade que os investidores almejam e garantindo benefícios que até o momento não haviam sido oferecidos pelos métodos construtivos já estabelecidos no mercado.

Mediante a necessidade de alternativas que proporcione uma industrialização no setor da construção civil, essa pesquisa tem como objetivo apresentar um comparativo mostrando as vantagens, desvantagens, viabilidade econômica e prazo de conclusão de empreendimentos em Light Steel Frame e Alvenaria Convencional com Blocos Cerâmicos.

## **1.1 Objetivos**

### **1.1.1. Objetivo Geral**

Confrontar os métodos Light Steel Frame e de Alvenaria Convencional com Blocos Cerâmicos, destacando as vantagens e desvantagens, viabilidade econômica e prazo de cada método.

### **1.1.2. Objetivo Específico**

- Apresentar os métodos construtivos e suas concepções, englobando suas características e materiais empregados;

- Discriminar o método e as etapas construtivas do Light Steel Frame;
- Analisar a viabilidade econômica e o prazo de execução de cada técnica.

## 1.2 Justificativa e motivações

Muito empregado na América do Norte, Ásia e Europa, o Light Steel Frame oferece vantagens como: industrialização, racionalização de material, rapidez de execução e redução de impactos ambientais.

Segundo PEREIRA (2018c), no Brasil menos de 3% das edificações são construídas pelo sistema Steel Frame. Isto se dá pelo fato de o Brasil ainda ser um país muito conservador e ter uma cultura de construção já implementada, sendo assim, novas tecnologias demoram para serem totalmente aceitas, mesmo apresentando muitos benefícios.

Aos poucos o Steel Frame vem galgando seu espaço no mercado. Com a procura pelo alto desempenho e a sustentabilidade na construção civil, este sistema se mostra muito eficiente e apropriado, sendo uma excelente fonte de economia a longo prazo. Dessa forma, as pesquisas e desenvolvimentos sobre o tema são de muita importância para a Engenharia Civil, principalmente num cenário onde as demandas econômicas e sociais exigem flexibilidade e cronogramas cada vez mais reduzidos no canteiro de obra.

Essa pesquisa abordará o método de alvenaria convencional trazendo seus benefícios e malefícios a sociedade e também a ecologia, cruzando com o processo de construção em desenvolvimento que é o Steel Frame comparando também suas vantagens e desvantagens.

## **2. REFERENCIAL TEÓRICO**

Para composição do referencial teórico foi utilizado diversas fontes de pesquisa em livros, artigos, manuais de autores como: Freitas e Castro, Santiago, Klein e Maroneze, Miranda e Zamboni entre outros autores que abordaram os métodos construtivos.

A utilização de diversos sistemas construtivos está ligada diretamente ao tipo da edificação, sendo apresentado nesse trabalho os sistemas em alvenaria convencional e Light Steel Frame.

### **2.1. Alvenaria Convencional**

A alvenaria convencional é o método mais antigo de construção do mundo. Com origem pré-histórica, começou a ser utilizada em pedras ou tijolos secos a sol ainda na idade média, assentados com barros, betumes, argamassas de cal até o então muito utilizado cimento Portland, produziram monumentos e construções rústicas em decorrência do não conhecimento de resistência das matérias que vieram a ser estudados a partir do século 19 com a criação do aço (CAVALHEIRO, 2000?).

O processo de construção de alvenaria convencional é um processo inquestionável e intocável até os tempos atuais no Brasil. Composto de cimento, aço e blocos para vedação, o processo apresenta um custo elevado e tem aberto brechas para outros métodos se lançarem ao mercado.

Ainda baseado em Santiago (2010), a alvenaria convencional começa a ser questionada pelo elevado desperdício, o que eleva o custo da obra e também aumenta tempo de construção do empreendimento. A figura 3 apresenta a construção de uma residência em alvenaria convencional.

Figura 3 - Construção de residência em alvenaria convencional.

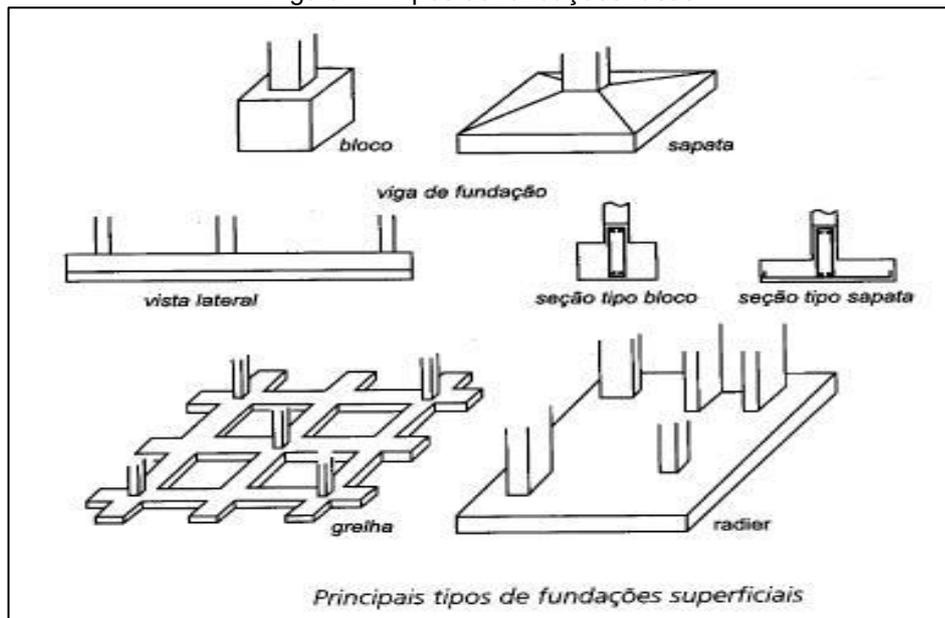


Fonte: Construindo Decor.

### 2.1.1. Fundações

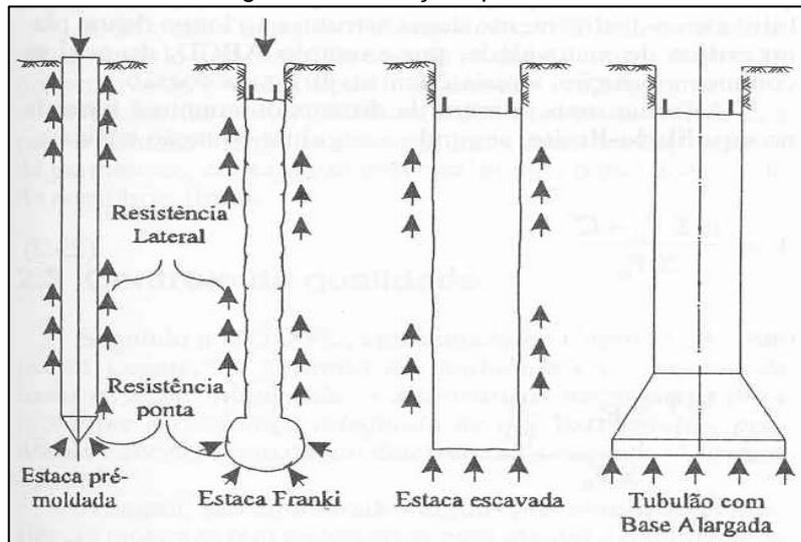
Fundações são estruturas que tem por funcionalidade transmitir as cargas da estrutura para o solo, de forma a garantir a estabilidade do empreendimento e também do solo. Com base no tipo de construção e também no tipo de solo, opta-se por fundações rasas ou profundas e é projetada de acordo com o grau de necessidade da estrutura (PEREIRA, 2013b). A figura 4 e 5 apresenta alguns tipos de fundações rasas e profundas utilizadas na construção civil.

Figura 4 - Tipos de fundações rasas



Fonte: Escola Engenharia.

Figura 5 - Fundações profundas



Fonte: Universidade da Amazônia.

### 2.1.2. Vigas

Segundo a NBR 6118:2014, “vigas são elementos lineares em que a flexão é preponderante”. Tem como responsabilidade transferir toda a carga da laje para os pilares conforme figura 6. Dispostas de forma horizontal são apoiadas, em sua maioria, nas extremidades e são usadas no sistema de contraventamento para garantir a estabilidade da construção desejada (PINHAL, 2009).

Figura 6 - Vigas de uma construção



Fonte: Habitissimo.

### 2.1.3. Pilares

Segundo a NBR 6118:2014, os pilares são elementos lineares de eixo reto, usualmente dispostos na vertical, em que as forças normais de compressão são preponderantes.

Para Scadelai e Pinheiro (2005), os pilares são estruturas verticais alocados de forma perpendicular as vigas com a função de receber as cargas da estrutura e ações naturais, fazendo a distribuição no solo a fim de garantir a estabilidade da construção. Na figura 7, ilustra-se a forma de pilares de uma construção.

Figura 7 - Pilares de uma construção



Fonte: Habitíssimo.

### 2.1.4. Vedação

Baseado em Pereira (2018a) a vedação em alvenaria busca a divisão de áreas de uma construção sem que exerça nenhuma função estrutural para suportar cargas da estrutura, conforme figura 8. É subdividida entre interna e externa, com funções semelhantes, porém, a de área externa inclui a necessidade de apresentar resistência a exposição e percolação de água.

Segundo Unama (2009) os blocos que farão a vedação possuem características de acordo com as condições do projeto, e podem ser dos seguintes modelos:

- Tijolo Maciço ou Furado;
- Blocos Aglomerados com cimento;

- Blocos de concreto;
- Blocos leve de concreto celular.

Figura 8 - Alvenaria de vedação em tijolos vazados



Fonte: Escola Engenharia.

### 2.1.5. Forro

Yazigi (2002) defini forro como a proteção e revestimento da construção, sendo aplicado em áreas internas e externas, que busca um acabamento estético e conforto acústico e térmico.

Já Leal (2009) cita que os forros mais utilizados atualmente nas construções familiares são placas, gessos e acartonado. Além desses existem, também, os forros de PVC e metálicos. Os de PVC apresentam um maior rendimento acústico, já o forro metálico não traz benefício acústico e tem a estética defasada em relação aos convencionais. As figuras 9, 10 e 11 representam, respectivamente, forros em PVC, gesso e metálico.

Figura 9 - Forro em PVC



Fonte: Construindo Decor.

Figura 10 – Forro em Gesso.



Fonte: Sheila Martins – Arquitetura e Urbanismo.

Figura 11 - Forro Metálico.



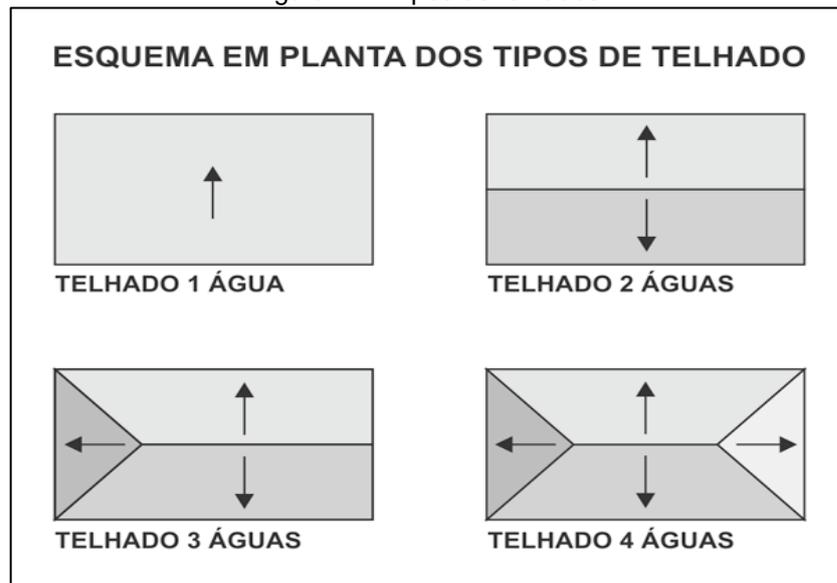
Fonte: AECWeb.

### 2.1.6. Telhado

Para Pereira (2016d) o telhado, na construção, é o conjunto de componentes que buscam a proteção, a fim de evitar a entrada de radiação solar, água de chuva, vento e animais que possam atrapalhar o bem-estar dos habitantes.

Ainda segundo Pereira (2016d) os telhados podem ser constituídos por telhas de diversos materiais disponíveis hoje no mercado. Podendo apresentar diversas formas, sendo subdividido em: telhado de 1 água; telhado de 2 águas; telhado de 3 águas; e telhado de 4 águas. Estas subdivisões têm funções de dividir o fluxo de água ou apresentar um melhor aspecto visual para a edificação, conforme demonstra a figura 12.

Figura 12 - Tipos de telhados.



Fonte: Escola Engenharia.

### 2.1.7. Instalações Elétricas

Baseando em Yazigi (2002) a instalação elétrica da edificação está ligada a comodidade, segurança e manutenção da construção, uma vez instalada de forma correta assegura o bom funcionamento da residência e evita choques e curtos circuitos que é um dos maiores motivos de incêndio nas habitações.

Ainda segundo Yazigi (2002) os projetos bem-sucedidos de instalações elétricas estão condicionados a instalação de componentes com boa aceitação no mercado e com vistoria dos órgãos de proteção. A figura 13 mostra um modelo de instalação elétrica.

Figura 13 - Instalações Elétricas.



Fonte: Diário da Manhã (2017).

### 2.1.8. Instalações Hidráulicas e Sanitárias

Segundo Creder (2006) os sistemas hidráulicos e sanitários são os que tem como responsabilidade movimentar toda água da construção através de tubos, entre outros motivos, evitam infiltrações e percolação na estrutura.

Creder (2006) menciona que as instalações hidráulicas buscam o conforto que permita o consumo de água e também a possibilidade de limpeza em locais habitáveis, já as instalações Sanitárias são enxergadas como instalações que visam a condução de dejetos até locais para tratamento de água contaminada. A figura 14 demonstra alguns tipos de instalações hidráulicas.

Figura 14 - Instalações Hidráulicas e Sanitárias



Fonte: Grupo AMS.

## 2.2. Sistema Light Steel Frame

De acordo com Frechette (1999) o método construtivo Light Steel Frame, apesar de ser considerado uma tecnologia nova, teve sua origem em meados do século XIX. O lançamento deste método ocorreu na década de 1930 a partir de uma feira mundial ocorrida em Chicago, onde foi apresentado o projeto de uma residência em Light Steel Frame. Neste projeto, perfis de aço substituíam a estrutura de madeira, que era o material predominante na construção naquela época.

Conforme Freitas e Crasto (2006), no período pós Segunda Guerra mundial houve um forte crescimento na economia norte americana e uma alta na fabricação de aço, o que possibilitou o aumento na produção de perfis formados a frio. Portanto, devido a uma maior resistência desses materiais, a utilização dos perfis de aço passou a substituir os de madeira, pois observou-se que esse tipo de estrutura era capaz de suportar as catástrofes naturais existentes no país.

O Light Steel Frame é um método construtivo cujo a estrutura é feita por perfis de aço galvanizado formado a frio. Tais perfis foram desenvolvidos para compor quadros estruturais, não estruturais e outros componentes (CAMPOS, 2014). Santiago, Freitas e Crasto (2012) completa que este é um sistema industrializado a seco, que proporciona uma construção limpa e eficiente.

Nos países em que a construção civil é industrializada, usa-se constantemente o método LSF. Em contrapartida, no Brasil este método é pouco conhecido, devido à utilização predominante dos métodos convencionais. A técnica mais próxima ao LSF no Brasil é o *drywall*, este método utiliza perfis de aço como esqueleto e revestimento de gesso para realização dos fechamentos. O que os diferenciam é que o LSF tem características amplamente estruturais, e o *drywall* se limita apenas em vedação de ambientes internos (SANTIAGO, FREITAS, CRASTO, 2012).

O LSF é um método construtivo que pode ser empregado em diversos tipos de projetos. Santiago, Freitas e Crasto (2012) referencia alguns, são eles: residências unifamiliares, edifícios residências e comerciais de até 4 pavimentos, hotéis, hospitais, escolas, unidades modulares e “retrofit” de edificações. As figuras 15, 16 e 17 retratam alguns tipos desses projetos.

Figura 15 - Obra de uma pousada em Fernando de Noronha.



Fonte: Bonanza Steel Frame.

Figura 16 - Restaurante da rede Pizza Hut.



Fonte: Construtora Sequencia.

Figura 17 - Primeiro prédio construído em Steel Frame no Brasil



Fonte: Tecverde Construções Eficientes.seqsequenci

### 2.2.1.Vantagens do Uso do Sistema Light Steel Frame

Para Rodrigues (2006), o sistema LSF apresenta grandes vantagens tanto sobre a construção convencional quanto sobre a construção em madeira. No mesmo sentido Gorgolewski (2006, apud VIVAN et al) afirma que:

“O emprego do sistema LSF geram vantagens comprovadas, como: alta resistência, baixo peso (tanto da estrutura como dos demais componentes), grande precisão dimensional, resistência ao ataque de insetos e os materiais utilizados são quase que totalmente recicláveis, contribuindo para a sustentabilidade da edificação.”

Os autores citam ainda que:

Diferentemente do sistema construtivo tradicional, a produção de residências em LSF utiliza peças industrializadas que já estão prontas, mediante projeto, para compor a edificação, ou seja, não são necessárias atividades de conversão paralelas à obra promovidas pelos operários, de forma que, as construções em LSF são baseadas, essencialmente, em montagem, reduzindo o número de atividades necessárias para a obra.

Santiago (2012) apresenta uma série de vantagens e benefícios do LSF em uma edificação, tais como:

- Os produtos constituintes do sistema são padronizados, sendo estes produzidos industrialmente com tecnologia avançada, onde a matéria prima utilizada, os processos de fabricação, suas características técnicas e acabamento passam por rigorosos controles de qualidade;
- O aço é um material de grade resistência e possui alto controle de qualidade na sua produção;
  - Precisão dimensional e qualidade no desempenho da estrutura;
  - Durabilidade e longevidade da estrutura, devido a galvanização aplicada nos perfis;
  - Facilidade de montagem, manuseio e transporte devido a leveza dos elementos;
  - Construção a seco, minimizando a utilização dos recursos naturais e desperdícios;
  - Facilidade nas instalações elétricas e hidráulicas;
  - Rapidez na construção;

O autor complementa afirmando que o LSF contribui para um bom desempenho termo acústico, além de ser uma construção seca, onde o uso de recursos naturais e desperdícios de materiais são reduzidos, contribuindo para uma obra sustentável.

## 2.2.2. Métodos Construtivos

A NBR 15253:2014 “Perfis de aço formados a frio, com revestimento metálico, para painéis estruturais reticulados em edificações - Requisitos gerais.” é a norma regulamentadora do LSF. Santiago (2012) apresenta no Manual Light Steel Framing para arquitetura três métodos de construção, que são definidos na tabela 1.

Tabela 1 - Métodos de Construção LSF.

<b>MÉTODO</b>	<b>DEFINIÇÃO</b>	<b>CARACTERÍSTICAS</b>
"STICK"	Os perfis são cortados no canteiro da obra, e painéis, lajes, colunas, contraventamentos e tesouras de telhados são montados no local	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Não há a necessidade de o construtor possuir um local para a pré-fabricação do sistema;</li> <li>• Facilidade de transporte das peças até o canteiro;</li> <li>• As ligações dos elementos são de fácil execução, apesar do aumento de atividades na obra.</li> </ul>
POR PAINÉIS	Painéis estruturais ou não estruturais, contraventamentos, lajes e tesouras de telhado podem ser pré-fabricados fora do canteiro e montados no local. Os painéis e subsistemas são conectados no local usando as técnicas convencionais	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Velocidade de montagem</li> <li>• Alto controle de qualidade na produção dos sistemas;</li> <li>• Minimização do trabalho na obra;</li> <li>• Aumento da precisão dimensional devido às condições mais propícias de montagem dos sistemas na fábrica.</li> </ul>
CONSTRUÇÃO MODULAR	Construções modulares são unidades completamente pré-fabricadas e podem ser entregues no local da obra com todos os acabamentos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• É acompanhado ao painel todos os acabamentos necessários, como revestimentos, louças sanitárias, bancadas, mobiliários fixos, metais, instalações elétricas e hidráulicas, etc.</li> </ul>

Fonte: Santiago, Freitas e Crasto (2012) (Adaptado pelo Autor).

### 2.2.3. Tipos de Perfis Utilizados

De acordo com Santiago (2012) os perfis são obtidos por bobinas de aço através de perfilagem, e possuem três tipos de revestimento: zincado por imersão a quente, zincado por eletrodeposição ou alumínio-zinco por imersão a quente. É possível observar as características de cada tipo de revestimento na tabela 2, conforme NBR 15253: 2014.

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

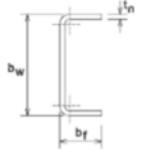
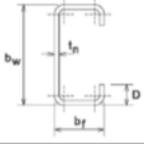
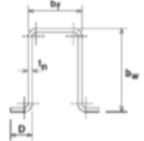
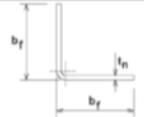
Tipo de revestimento	Perfis estruturais		Perfis não-estruturais	
	Massa mínima do revestimento g/m <sup>2</sup> <sup>(1)</sup>	Designação do revestimento conforme normas	Massa mínima do revestimento g/m <sup>2</sup> <sup>(1)</sup>	Designação do revestimento conforme normas
Zincado por imersão a quente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

<sup>(1)</sup> A massa mínima refere-se ao total nas duas faces (média do ensaio triplo) e sua determinação deve ser conforme a NM 278

Fonte: NBR 15253: 2014.

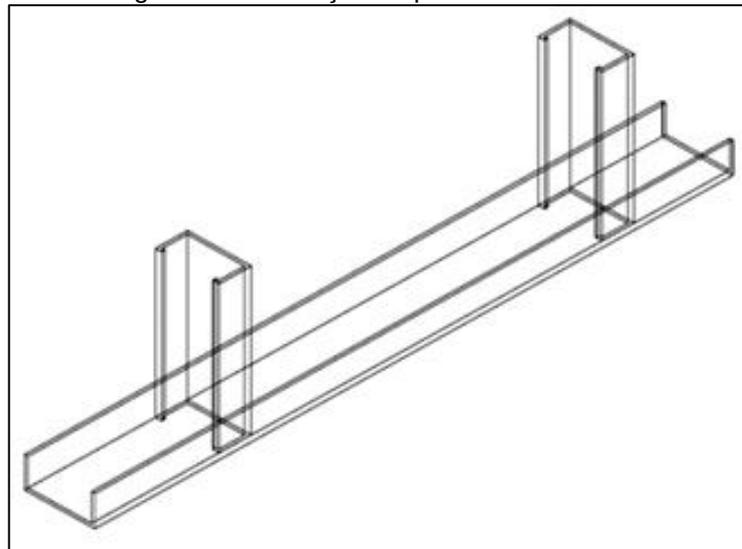
O autor complementa que as seções mais comuns utilizadas em edificações feitas em Light Steel Frame, são as com formato em “C” ou “U”. As “C” e “U” enrijecido (Ue) são utilizadas em montantes e viga, já a com formato em “U”, é utilizado como guia na base e no topo dos painéis. A tabela 3 apresenta as seções, a serie designação de acordo com a NBR 6355:2003 e a utilização de cada perfil e a figura 18 mostra a disposição dos perfis.

Tabela 3 - Designações dos perfis de aço formados a frio para uso em Light Steel Frame e suas respectivas aplicações.

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

Fonte: Santiago, 2012.

Figura 18 - Formação de painéis com U e Ue



Fonte: Portal Metálica.

## 2.2.4. Fundações

Campos (2014) descreve que as fundações rasas atendem edificações de até dois pavimentos, podendo ser sapatas corridas (figura 19) ou radier (figura 20). Complementando, Freitas e Crasto (2006) define sapatas corridas da seguinte forma:

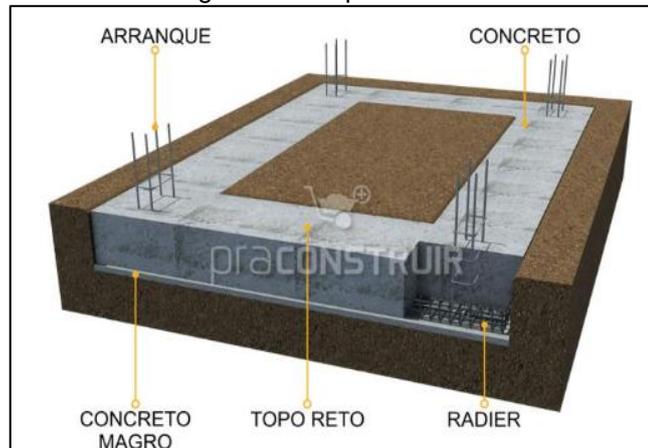
A sapata corrida é um tipo de fundação indicada para construções com parede portantes, onde a distribuição de carga é contínua ao longo das

paredes. Constitui-se de vigas que podem ser de concreto armado, de blocos de concreto ou alvenaria que são locados sob os painéis estruturais. O contrapiso do pavimento térreo para esse tipo de fundação pode ser em concreto, ou constituídos com perfis galvanizados que apoiados sobre a fundação constituem uma estrutura de suporte aos materiais que formam a superfície do contrapiso.

Em seguida, os autores definem laje radier como:

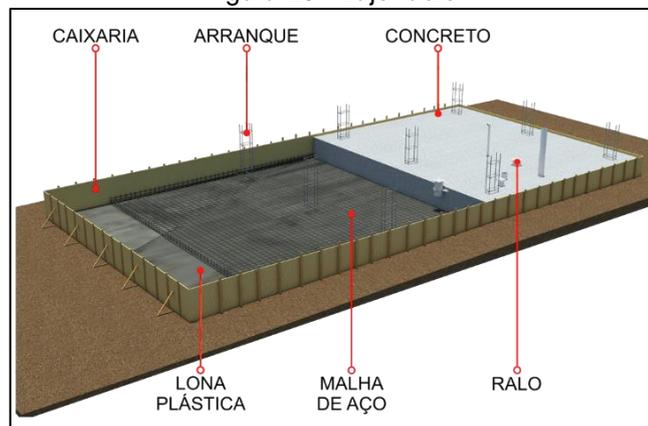
O radier é um tipo de fundação rasa que funciona como uma laje e transmite as cargas da estrutura para o terreno. Os componentes estruturais fundamentais do radier são a laje contínua de concreto, e as vigas no perímetro da laje e sob as paredes estruturais ou colunas, e onde mais for necessário para fornecer rigidez no plano de fundação. Sempre que o tipo de terreno permite, a laje radier é a fundação mais comumente utilizada para construções em Light Steel Framing.

Figura 19 - Sapata corrida.



Fonte: Pra Construir Blog, 2018.

Figura 20 - Laje radier



Fonte: Pra Construir Blog, 2018.

Segundo Campos (2014), as estruturas devem ficar protegidas do contato direto com a água, devendo ser considerado um certo desnível de no mínimo 200 mm entre a calçada e o nível da base da guia da estrutura, de maneira que garanta proteção com um embasamento ou guia invertida no perímetro da construção.

## 2.2.5. Painéis

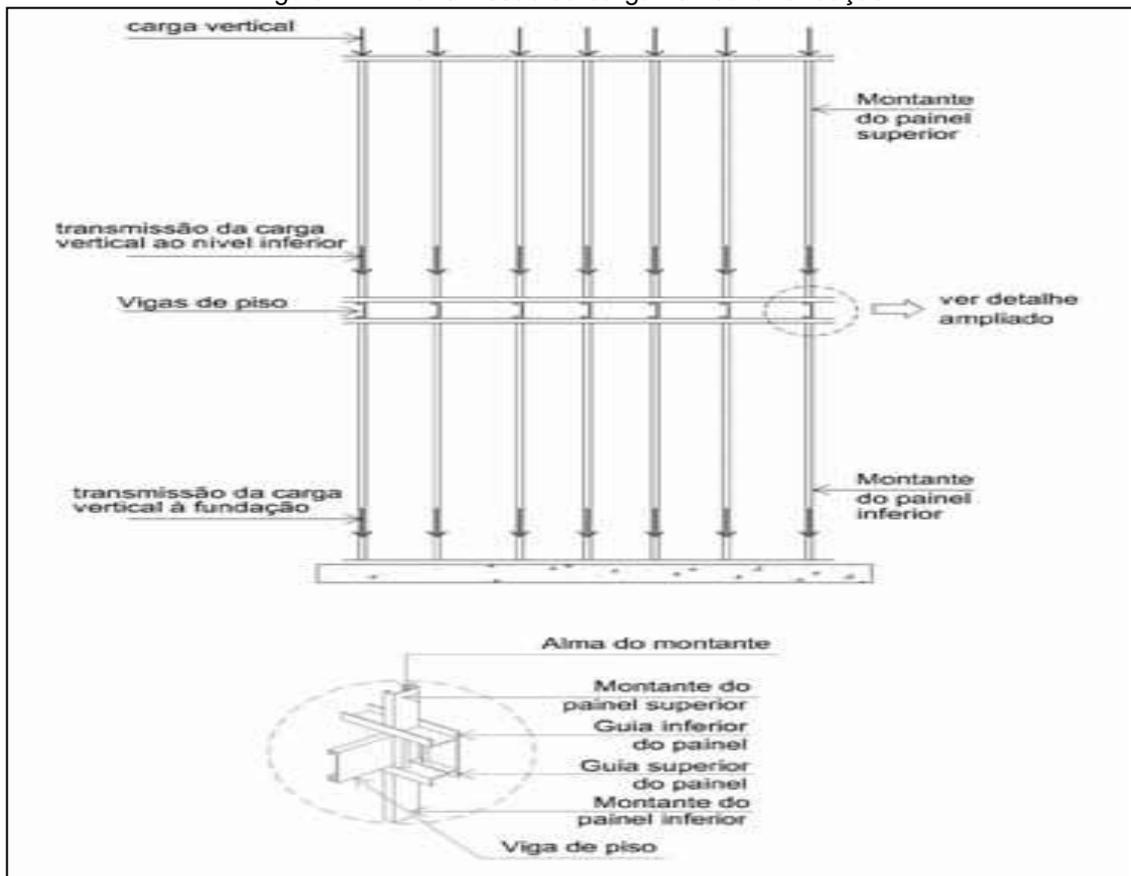
Freitas e Crasto (2006), descrevem painéis como estruturais ou auto-portantes no que se refere a estrutura, de forma a suportar as cargas da edificação, podendo ser internos ou externos. Ou são não estruturais, quando sua função é apenas de fechamento externo ou divisórias internas, sem função estrutural.

### 2.2.5.1. Painéis Estruturais

Segundo Santiago (2012), os painéis estruturais estão sujeitos a cargas horizontais e verticais, tais cargas ocorrem devido a ações do vento ou abalos sísmicos, peso do telhado, piso e outros painéis. As cargas verticais se originam do peso próprio da estrutura e dos componentes construtivos e da carga de utilização. Assim, os painéis têm a função de absorver e transmitir esses esforços para a fundação.

Os montantes que compõem os painéis estruturais, transferem as cargas verticais através de suas almas, permanecendo essas seções no mesmo nível deixando assim, a estrutura alinhada. O alinhamento dos perfis também deve ser respeitado nas Vigas de piso, tesouras de telhado ou treliças, a figura 21 mostra a distribuição das cargas e o alinhamento necessário entre os perfis (SANTIAGO, 2012).

Figura 21 - Transmissão da carga vertical a fundação.



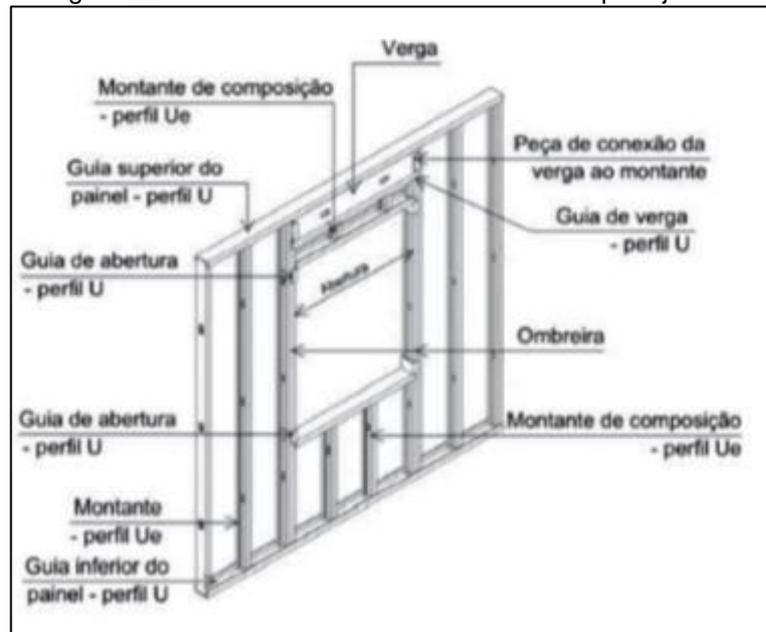
Fonte: Santiago, Freitas e Crasto (2012).

### 2.2.5.2. Painéis não estruturais

Os painéis não estruturais suportam apenas o peso dos próprios componentes, não suportam o peso do carregamento da estrutura. Tem como função fechamento externo e divisória interna nas edificações (FREITAS E CRASTO, 2006). Os autores complementam que, na função de divisória aconselha-se o uso de um sistema de gesso acartonado ou *drywall*, pois possuem dimensões menores. Já na função de fechamento, aconselha-se o uso dos mesmos perfis dos painéis estruturais.

Além disso, os autores afirmam que a solução para aberturas de portas e janelas é muito simples, pois como não existem cargas verticais a serem suportadas, conseqüentemente não há a necessidade do uso de vergas e ombreiras. Dessa forma, a delimitação lateral do vão utilizará apenas um montante, sendo este fixado ao marco da abertura. No acabamento superior e inferior, usa-se apenas uma guia de abertura, conforme mostra a figura 22.

Figura 22 - Painel não estrutural com abertura para janela.



Fonte: Freitas e Crasto (2006).

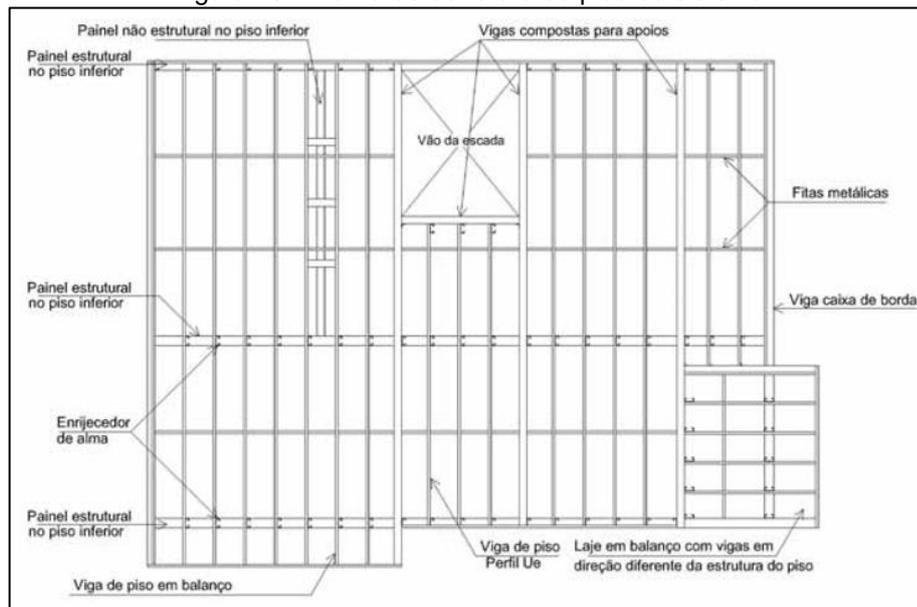
## 2.2.6. Lajes

Baseada nos mesmos princípios dos painéis, Freitas e Crasto (2006) afirmam que as lajes são preparadas com os mesmos materiais dos perfis estruturais – aço galvanizado – e seguem a mesma linha de montagem dos painéis. Normalmente, os perfis utilizados para este caso são os denominados vigas de piso, onde a sua seção é Ue (U enrijecido). Seu espaçamento irá depender da distância entre os apoios da estrutura e a modulação.

No mesmo sentido, Campos (2014) complementa que o perfil Ue deve ser de 200mm usados na horizontal. Posteriormente, deve-se utilizar uma manta de poliuretano para eliminar o desconforto acústico entre o aço dos perfis e as placas OSB que servem como elemento horizontal da estrutura da laje. Os perfis das lajes devem seguir o espaçamento entre 400mm e 600mm, respeitando os perfis das paredes.

Segundo Santiago (2012) outros elementos devem ser utilizados para compor o sistema de laje do Light Steel Frame de forma correta, tais componentes são: safena ou guia, enrijecedor de alma, viga caixa de borda e viga composta. O detalhamento desses componentes pode ser observado na figura 23.

Figura 23 - Planta de estrutura de piso do sistema

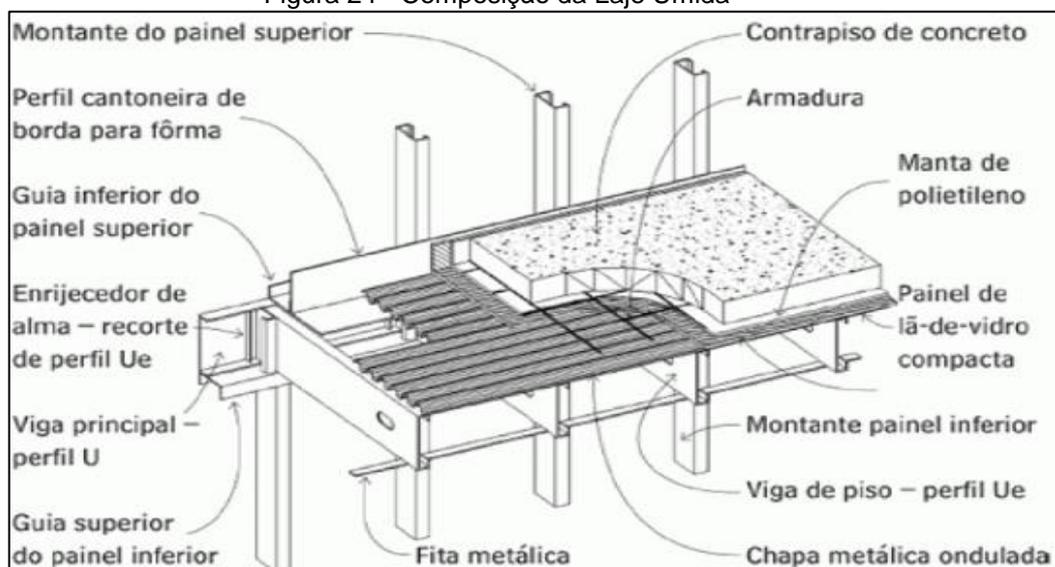


Fonte: Santiago, Freitas e Crasto (2012).

### 2.2.6.1. Laje Úmida

A laje úmida é composta por uma chapa ondulada de aço que serve como fôrma para o concreto, sendo aparafusada diretamente às vigas de piso. Esse sistema úmido se caracteriza devido a utilização do concreto, onde uma camada de 4 a 6 cm do mesmo formará a superfície do contrapiso (FREITAS E CRASTO, 2006). Na figura 24 é possível observar a composição da laje úmida.

Figura 24 - Composição da Laje Úmida



Fonte: Freitas e Crasto (2006).

### 2.2.6.2. Laje Seca

De acordo com Santiago (2012), a laje seca dispõem de placas parafusadas junto às vigas. O autor complementa citando que a placa OSB (Oriented Strand Board = Painel de tiras de madeira orientada) é a mais utilizada nesse modelo, tanto para fechamento interno quanto externo, pois apresenta propriedades estruturais que favorecem o uso do diafragma horizontal.

Campos (2014) descreve sobre uma outra opção que substitui a placa OSB:

“Outra opção para a laje é a utilização de painéis industrializados como o *masterboard* e o painel *wall*, formado por um miolo estrutural em madeira e revestido em ambos os lados em placa cimentícia. [...] Ele substitui a placa de OSB na execução de uma laje seca. Essa solução permite espaçamentos maiores na estrutura da laje, diminuindo assim o custo com os perfis em aço galvanizado atendendo os limites definidos pelos fabricantes.

Os limites citados acima estão discriminados na tabela 4.

Tabela 4 - Quadro comparativo de cargas admissíveis

MATERIAL	ESPAÇAMENTO ENTRE APOIOS	CARGA MÁXIMA ADMISSÍVEL (kgf/m <sup>2</sup> )
OBS 15,1 mm	400 mm	400
OBS 18,3 mm	400 mm	650
OBS 18,3 mm	600 mm	215
MASTER BOARD 23 mm	600 mm	500
MASTER BOARD 40 mm	600 mm	500

Fonte: Crasto (2014).

No que tange a redução de ruídos entre a estrutura e os pavimentos, o Santiago (2012) diz que deve ser aplicado lã de vidro entre as vigas e a manta de polietileno e entre o contra piso, de maneira que diminua de forma considerável os níveis de ruídos entre os pavimentos.

### 2.2.7. Coberturas

Cobertura ou telhado tem como principal função proteger a edificação contra as intempéries. As coberturas do sistema Light Steel Frame são constituídas seguindo padrões do sistema convencional, sendo possível a realização de vários tipos de coberturas (SANTIAGO,2012).

Segundo Júnior (2006) as telhas mais utilizadas são as de cerâmica, metálicas, de cimento reforçado por fios sintéticos, de concreto e também telhas shingles que são a base de material asfáltico.

Segundo Moliterno (2003) a cobertura é composta por duas partes principais:

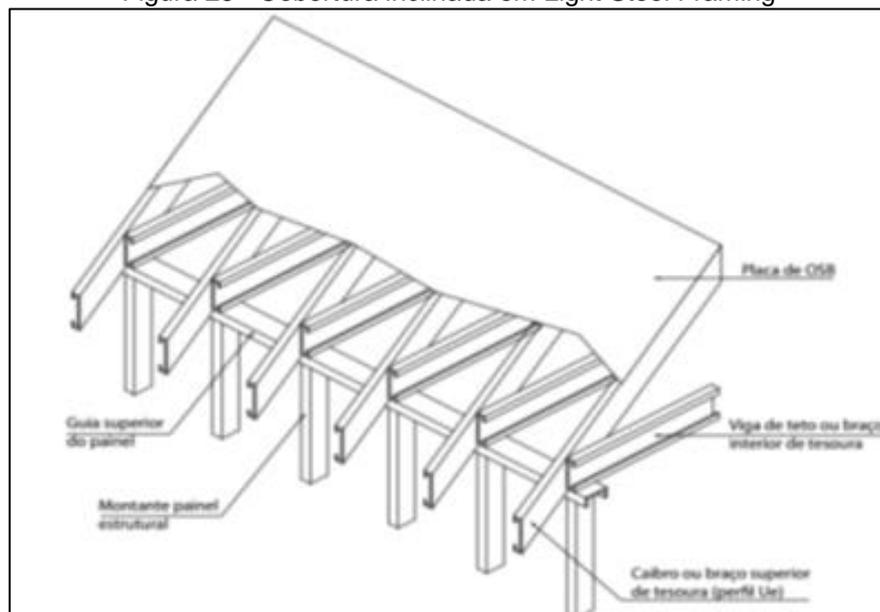
- Cobertura: podendo ser de materiais diversos desde que impermeáveis às águas pluviais e resistentes à ação do vento e intempéries.
- Armação: corresponde ao conjunto de elementos estruturais para sustentação da cobertura tais como ripas, caibros, terças, tesouras e contraventamentos.

### 2.2.7.1 Cobertura Inclinada

Os telhados inclinados além da função protetora, atuam também como regulador térmico dos ambientes cobertos, já que a camada de ar entre a cobertura e o forro, constitui um excelente isolante térmico (CARDÃO, 1988).

Segundo Santiago (2012), a estrutura de um telhado inclinado em Light Steel Framing é semelhante à de um telhado convencional, porém a armação de madeira é substituída por perfis galvanizados como pode ser visto na figura 25.

Figura 25 - Cobertura inclinada em Light Steel Framing



Fonte: Santiago, 2012

## 2.2.8.Fechamento Vertical

O sistema de fechamento vertical é composto pelas paredes externas e internas de uma edificação. No Sistema Light Steel Frame os elementos de vedação externos e internos são relativamente leves compatíveis com o conceito da estrutura dimensionada (SANTIAGO, 2012).

Segundo Santiago (2012), os componentes empregados na construção de vedações devem atender a critérios estabelecidos pela norma ISO 6241:1984, entre eles, podemos citar:

- Segurança estrutural;
- Segurança ao fogo;
- Estanqueidade;
- Conforto termo acústico;
- Conforto visual;
- Adaptabilidade ao uso;
- Higiene;
- Durabilidade;
- Economia.

### 2.2.8.1. Painéis de OSB

A placa OSB (*Oriented Strand Board*), que significa Painel de Tiras de Madeira Orientadas é basicamente uma placa composta por tiras de madeira dispostas na mesma direção (BASTOS, 2009).

Ainda segundo Bastos (2009), as pequenas tiras de madeira são unidas com resinas e prensadas sob alta temperatura, o que confere resistência mecânica, rigidez e estabilidade ao produto.

Esses painéis podem ser utilizados tanto para fechamento interno quanto externo (Figura 26), para forros, pisos e como substrato para cobertura do telhado. Entretanto, devido as suas características o mesmo não pode ser exposto a intempéries, sendo necessário impermeabilização em áreas externas. (SANTIAGO, 2012).

Figura 26 - Fechamento externo com OSB



Fonte: Revista Técnica.

Segundo Santiago (2012), os painéis de OSB não devem estar em contato com o solo ou com a fundação sendo necessário a fixação de uma fita seladora que além de proteger os painéis da umidade minimiza as pontes térmicas e acústica.

#### 2.2.8.2. Siding Vinílico

De acordo com Santiago (2012) o Siding Vinílico é o material que mais se adequa aos painéis de OSB, pois proporciona um acabamento final de maior qualidade, e também oferece vantagem por ser de montagem mais rápida e mais limpa em relação aos revestimentos tradicionais como a argamassa, pintura e revestimentos cerâmicos.

Ainda segundo Santiago (2012) o siding vinílico é de fácil aplicação e manutenção e podem ser lavados com água e sabão. Porém, este material demonstra níveis baixos de resistência ao impacto. A figura 27 apresenta aplicação do Siding Vinílico na parte externa de uma residência.

Figura 27 - Revestimento externo com Siding vinílico



Fonte: Revista Técnica, 2013.

### 2.2.8.3. Placas Cimentícias

Conforme Santiago (2012) as placas cimentícias são chapas delgadas que contêm cimento Portland, fibras de celulose ou sintéticas e agregados. Podem ser utilizadas para fechamento interno e externo, principalmente em áreas molháveis e em áreas expostas a intempéries, conforme é representado na figura 28.

Figura 28 - Fechamento com placas cimentícias



Fonte: Habitíssimo (2015).

O autor cita ainda que as principais características das placas cimentícias são:

- Compatíveis com vários materiais de acabamento ou revestimento, tais como: pintura acrílica, cerâmicas, pedras naturais e pastilhas;

- Podem ser curvadas depois de saturadas;
- Elevada resistência a impactos;
- Grande resistência à umidade;
- Facilidade ao corte;
- Peso próprio baixo, facilitando o transporte e manuseio, 18 kg/m<sup>2</sup>;
- Incombustível;
- Rapidez de execução.

Segundo Santiago (2012) a montagem das placas é semelhante à do gesso acartonado, são utilizados parafusos galvanizados, tipo auto atarraxantes, específico para esse uso.

#### 2.2.8.4 Gesso Acartonado

No sistema Light Steel Frame as placas ou chapas de gesso acartonado constituem o fechamento vertical da face interna dos painéis estruturais e não-estruturais que constituem o invólucro da edificação, e também o fechamento das divisórias internas (SANTIAGO, 2012).

Sabbatini (1998) descreve que, geralmente, a vedação vertical de gesso acartonado é utilizada para separação de ambientes internos nas edificações, constituída de uma estrutura de perfis metálicos. No mesmo sentido, a ABRAGESSO relata que as chapas de gesso acartonado são perfis leves, e não possuem função estrutural. Sua densidade superficial varia de 6,5 kg/m<sup>2</sup> a 14 kg/m<sup>2</sup> o que dependerá de sua espessura.

#### 2.2.9. Isolamento térmico e acústico

Santiago (2012) trata o isolamento termo acústico como uma forma de controlar a qualidade do conforto dentro de um ambiente de modo que as condições externas não influenciem as internas, barrando a transmissão de sons e evitando as perdas ou ganhos de calor para o meio externo ou contíguo. O autor cita ainda que o isolamento segue o princípio de massa-mola-massa, onde o espaço entre a parede é preenchido com lã de vidro, elemento que absorve e reduz a transmissão do som entre as

camadas da parede. Na figura 29 é possível observar a instalação da lã de vidro em painel.

Figura 29 - Instalação da lã de vidro em painel



Fonte: Santiago, 2012

O isolamento térmico tem como principal objetivo controlar as perdas de calor no inverno e os ganhos de calor no verão. No sistema Light Steel Frame o principal aspecto a ser observado é a capacidade do sistema de vedação vertical de produzir pontes térmicas, através do contato dos perfis de aço, que são altamente condutores, com os fechamentos interno e externo, gerando uma ligação ou ponte entre estes (SANTIAGO, 2012).

Campos (2014) contribui dizendo que o isolamento térmico com mantas pode melhorar a qualidade térmica do ambiente, o que dificultará a passagem ou troca de calor entre os ambientes. Além das mantas, podem-se usar placas de EPS (Poliestireno Expandido) para evitar a troca de calor entre ambientes externos e internos da edificação.

#### 2.2.10. Instalações Elétricas, Hidrossanitárias e Gás

Segundo Campos (2014), para as instalações elétricas são recomendados os mesmos materiais empregados na construção convencional. Materiais como tubos em PVC, cobre, eletrodutos de PVC, PE (polietileno) e PP (polipropileno) são previstas em projeto e instaladas na parte interna antes de seu fechamento (CAMPOS, 2014).

Em conjunto, Santiago (2012) diz que para as instalações hidrossanitárias no sistema LSF as tubulações PEX são as mais utilizadas por serem flexíveis, sem a necessidade de peças de conexão como de outros sistemas de tubulações, gerando assim uma instalação contínua.

O autor complementa dizendo que as instalações de Gás podem ser executadas da mesma forma e materiais da construção convencional, usando tubos metálicos rígidos e tubos de polietileno de alta densidade, instalados na parte interna da parede.

## 2.3 Custos

### 2.3.1 Custos diretos

Segundo Tisaka (2006) custos diretos “são todos os custos diretamente envolvidos na produção da obra, que são os insumos constituídos por materiais, mão-de-obra e equipamentos auxiliares, mais toda a infra-estrutura de apoio necessária para a sua execução no ambiente da obra”.

O autor complementa dizendo que os custos diretos são representados numa planilha de custos, que deve conter: os dados quantitativos de todos os serviços e seus respectivos custos; os custos de preparação do canteiro de obra, sua mobilização e desmobilização; e custos administrativos com previsão de gastos envolvendo o pessoal como um todo (técnico, administrativo e de apoio).

### 2.3.2 Custos indiretos

Os custos indiretos são definidos por Tizaka (2006) como:

“São os CUSTOS ESPECÍFICOS da Administração Central diretamente ligados a uma determinada obra, tais como gerente de contrato, engenheiro fiscal e as respectivas despesas de viagem e alimentação e o RATEIO de todos os custos da Administração Central constituídos por salários de todos os funcionários, pró-labore de diretores, apoio técnico-administrativo e de planejamento, compras, contabilidade, contas a receber e a pagar, almoxarifado central, transporte de material e de pessoal, impostos, taxas, seguros, etc”

No mesmo sentido, Dias (2011) menciona que o engenheiro de custos é responsável por verificar os custos que mais impactam a construção. De acordo com o autor, estes custo são:

- Mobilização e desmobilização dos equipamentos;
- Mobilização e desmobilização de pessoal;
- Mobilização e desmobilização de ferramentas e utensílios;
- Administração local;
- Administração central;
- Tributos;
- Despesas financeiras;

### 3. METODOLOGIA

Para execução do trabalho foram adotadas as seguintes práticas:

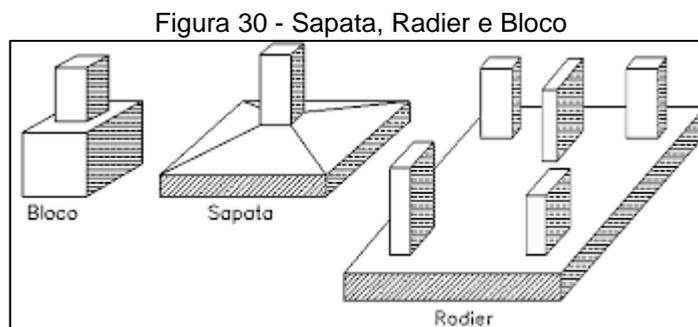
- Revisão bibliográfica: Para fundamentar e estruturar a base de pesquisa e desenvolvimento do trabalho, foram utilizadas pesquisas em livros, artigos, manuais, normas e sites;
- Para melhor entendimento do método e etapa construtiva, na segunda etapa da pesquisa foi realizada uma visita técnica a um canteiro de obra junto ao engenheiro Luiz Alberto Limonge, da empresa Limonge Engenharia, que é especialista em cálculo de estrutura metálica e trabalha com o sistema de Light Steel Frame. Nessa visita de campo foi possível visualizar o processo construtivo e a interação dos projetos complementares, tornando-se possível compreender melhor a aplicação do sistema. Foi feito, também, uma entrevista ao arquiteto Hermanes Abreu, da empresa Hermanes Abreu Arquitetura, onde o mesmo disponibilizou alguns projetos arquitetônicos para estudo;
- Para o desenvolvimento e obtenção dos resultados foi feito um estudo entre trabalhos anteriores, buscando esclarecer os custos, a influência da mão de obra, as vantagens e desvantagens dos sistemas, tempo de execução e viabilidade entre os métodos.

## 4. ETAPAS CONSTRUTIVAS

### 4.1. Fundações

Caracterizado por ser uma estrutura leve, o Steel Frame transmite sua carga através de perfis direto para as fundações. Por possuir uma elevada quantidade de perfis verticais estruturais, realiza-se a dissipação da carga da estrutura de forma uniforme. Os mais adotados tipos de fundações para o Steel Frame são: sapatas corridas, radier e blocos sobre estacas conforme figura 30. E assim como em qualquer outra fundação (independentemente do método construtivo), todo o processo precisa ser bem executado para garantir uma boa impermeabilização, evitando umidade e infiltrações (SOUSA E MARTINS, 2009).

Os autores relatam ainda que a ancoragem, que tem o papel de prender a fundação e garantir o trabalho de forma integrada no conjunto fundação-estrutura para que não ocorra movimentações, precisa ser bem dimensionada e executada. Todos os montantes verticais ou perfis verticais necessitam de uma guia e são presos a ela.



Fonte: Velloso e Lopes (2004).

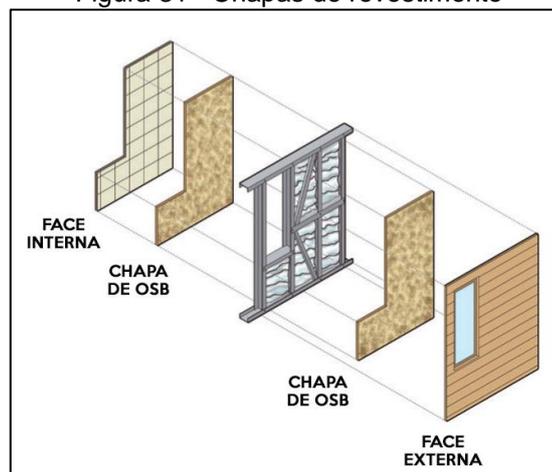
### 4.2. Painéis

Jardim e Campos (2008) dizem que o conceito estrutural do método “Light Steel Framing” é dispor as cargas em um maior número de elementos possíveis, sendo que cada um dos elementos é dimensionado para receber uma pequena parcela. Tal característica permite a utilização de perfis formados a base de aço galvanizado. Tanto a instalação dos perfis dentro da estrutura dos painéis, como suas características geométricas, de resistência e sistema de fixação entre as peças, resulta em um sistema apto a transportar e receber cargas verticais e horizontais com

segurança e sem sobrecarregar alguma parte. Os mais usuais e efetivos métodos para o travamento da estrutura são os contraventamentos e placas de fechamento estruturais, exercendo bem essas funções.

Para Sousa e Martins (2009), os painéis, nas verticais, exercem a função de paredes e, na horizontal, como pisos. Os verticais são portantes que, em conjunto com a estrutura, garantem estabilidade da construção, também são usados nas paredes com a função de vedação. O sistema Light Steel Framing oferece a interação das peças tornando apenas uma integridade. Nas regiões abertas nos portantes, para instalação de janelas e portas, se faz necessário um reforço para a redistribuição dos esforços, afim de evitar sobrecarga e fadiga da estrutura. A figura 31 apresenta as chapas de revestimentos para a parede.

Figura 31 - Chapas de revestimento



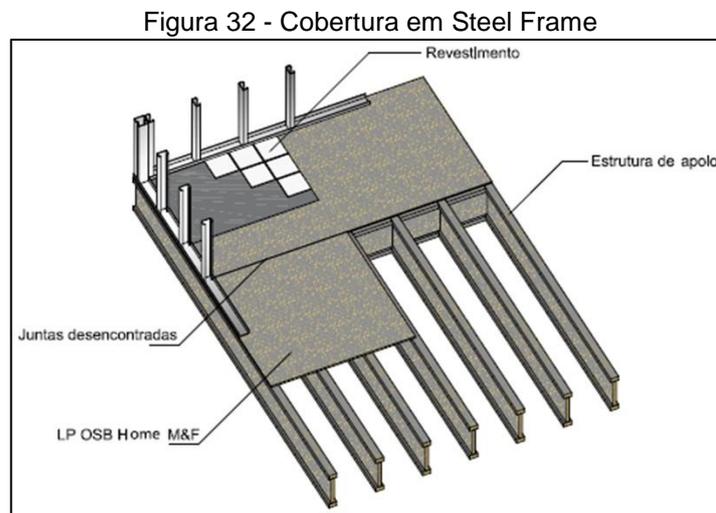
Fonte: Arquitetura do Vale, 2015.

### 4.3. Lajes e Coberturas

A laje da construção Steel Frame é utilizada com as mesmas funcionalidades de separação e modulação submetidas pela carga da estrutura. São perfis chamados de vigas de piso, que resistem ao peso próprio, pessoas, mobiliários e ainda servem de estrutura de apoio do contrapiso. Tem a altura da alma dimensionada pelo vão entre os perfis verticais alocados nas extremidades da estrutura e, em caso de necessidade de alcançar vãos maiores, as treliças se tornam uma alternativa. (SANTIAGO, FREITAS E CASTRO, 2012).

Para o contrapiso, as lajes se diferenciam em dois tipos, podendo ser do tipo úmida, que ocorre quando se utiliza chapa metálica ondulada fixadas com parafuso nas vigas e preenchidas com concreto para formação da base do contrapiso, ou pode ser seca, que ocorre quando placas rígidas de OSB ou cimentícias são aparafusadas à estrutura do piso sem a presença de concreto, conforme figura 32 (SANTIAGO, FREITAS E CASTRO, 2012).

Para efeitos de cobertura o Steel Frame possibilita as mesmas condições da alvenaria, logo pode ser utilizado telhas metálicas, cerâmicas, fibrocimento entre outros (SANTIAGO, FREITAS E CASTRO, 2012).



Fonte: CentroPlac.

#### 4.4. Isolamento

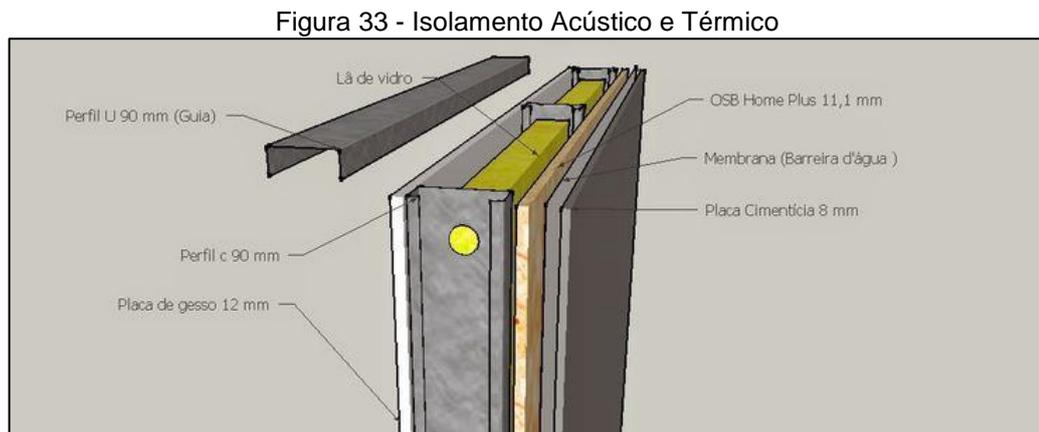
Em tempos passados o isolamento era realizado de forma exagerada, com pouca técnica e grande quantidade de material. Através do avanço tecnológico dos produtos e processos, é possível mensurar o quantitativo e também a real necessidade de isolamento nas construções, visando os benefícios acústicos, térmicos e de iluminação natural. Atualmente, inverso ao modelo inicial de isolamento por massa, o isolamento dá-se por barreira. (CAMPOS, 200-?).

Conforme Campos (2014) as maneiras de conservação energética em uma edificação são inúmeras: conter a infiltração de água e bloqueio na passagem de vento, contenção de umidade, personalização do projeto para controle das correntes

de ar dentro da construção e reduzir perdas térmicas nos vãos. Para esses sistemas os métodos de isolamento se denominam nas seguintes maneiras:

- Barreira de água e vento;
- Barreira de vapor;
- Áticos ventilados;
- Isolantes térmicos.
- Seladores;
- Acondicionamento Acústico.

A figura 33 demonstra de forma esquemática o modelo da parede com seus componentes de isolamento termo acústico.



Fonte: DCA Arquitetura, 2017.

#### 4.5. Fechamento

Na parte de fechamento, o usualmente empregado é o gesso acartonado. Esse material permite os mesmos acabamentos da alvenaria convencional, bem como o revestimento cerâmico, textura e pintura. Tais características se estendem também ao revestimento externo, logo é permitido o acabamento com pedras de acabamento, pastilhas dentre outros (JARDIM e CAMPOS, 2008).

Com o desenvolvimento do Steel frame, já é possível encontrar fechamentos específicos para o método. Dentre as opções o "Siding Vinílico", que consiste em um material a base de PVC de fácil utilização e não requer manutenção, outra opção é a placa cimentícia que é lançada diretamente sobre a estrutura, após isso está apta a

aplicação de pintura (CORBIOLI, 2008). A figura 34 representa o início da instalação das placas de fechamento do Steel Frame.

Figura 34 - Fechamento Steel Frame



Fonte: O blog do sistema Light Steel Frame.

#### 4.6. Mercado Steel Frame

Com o avanço do mercado da construção civil, o Steel Frame vem ganhando força no mundo e não é diferente no Brasil. O método se destaca por se adaptar bem as necessidades do século atual, conciliando prazos curtos, eficiência produtiva, redução de impactos ambientais, mão de obra qualificada e economia.

O crescimento do processo construtivo no Brasil já está atraindo investidores para construção a seco, pode-se citar empresas como Framacad, que é de origem neozelandesa, e atua no mercado há 28 anos como uma das pioneiras mundial no processo e já executa a fabricação no país difundindo esse método.

Empresas como a Votorantim, que atua no segmento de metais, já fornecem zinco que recobre os perfis de Steel Frame e já estão se inserindo ao mercado. Neste meio, a empresa Eternit se orgulha de ser pioneira no país neste segmento. Responsável pela produção da placa cimentícia prensada, já cria tendências no mercado nacional, se colocando como uma das grandes no mercado.

Com o tamanho do desenvolvimento e aquecimento do setor, o Steel frame cresce na aplicação em residência unifamiliares, escolas, galpões, lojas comerciais, etc. Outra opção que está ganhando força é a utilização do sistema em fachadas de shoppings, edificações e edifícios comerciais e de moradia buscando a substituição da alvenaria e o concreto (POMARO, 2011).

## 5. MÉTODO CONSTRUTIVO

Inicialmente é necessário o projeto arquitetônico, estrutural, de fundações, hidráulico e elétrico desenvolvido por arquitetos e engenheiros. Após a compatibilização dos projetos com as condições do ambiente onde será construído, os projetos são enviados aos fabricantes do setor para produção dos perfis e das paredes que irão compor o empreendimento.

Por ser leve e também distribuir toda sua carga na sustentação, o Steel Frame não precisa de grandes estruturas para sustenta-lo. Atualmente a fundação mais utilizada quando se trata de Steel Frame é o radier por ser economicamente mais viável. A sapata corrida também é uma outra opção.

O radier é uma fundação do tipo rasa que está em contato direto com o solo, sendo que esse solo tem que estar bem nivelado, já que o mesmo absorve toda carga vinda das estruturas. Tem um aspecto de uma grande laje, englobando toda a área onde irá ser executado o projeto.

Para sua execução é utilizado uma camada de brita para preservar a ferragem do contato direto com o solo, ao redor são utilizadas placas de madeira para poder modelar o formato da fundação. Ainda na execução, alguns cuidados são fundamentais, principalmente em se tratando de impermeabilização, pois os painéis que virão em seguida não podem ter contato com a umidade. Antes da concretagem deve ser realizada a locação das instalações hidrossanitárias e elétricas. Na figura 35 é representado a fundação radier.

Figura 35 - Fundação tipo Radier



Fonte: Portal Metálica.

A montagem dos painéis pode ser realizada *in loco* ou montadas pelo fabricante, chegando na obra já pronto para a instalação. A figura 36 demonstra a montagem dos painéis no canteiro de obra.

Figura 36 - Estrutura em Steel Frame



Fonte: Construindo Décor.

Os perfis são, na sua maioria, feitos de aço galvanizado, sendo os mais utilizados o perfil U simples e o perfil U enrijecidos. Muitas das vezes o perfil já vem com as medidas especificadas conforme o projeto, isso viabiliza bastante a montagem como pode ser visto na figura 36 Outra opção são os perfis tradicionais ou comerciais, que seriam perfis inteiros, porém se faz necessário o corte e montagem no canteiro de obra.

A união dos perfis é realizada usando parafusos autoperfurantes e autobrocantes. O perfil U enrijecido é unido perpendicularmente ao perfil U simples, com espaçamento usual de 40 cm ou 60 cm. Alguns painéis necessitam de redistribuição de carga por possuírem aberturas. Essa redistribuição é realizada utilizando elementos que atuam como vergas, sendo necessário em aberturas maiores a utilização de uma viga treliça.

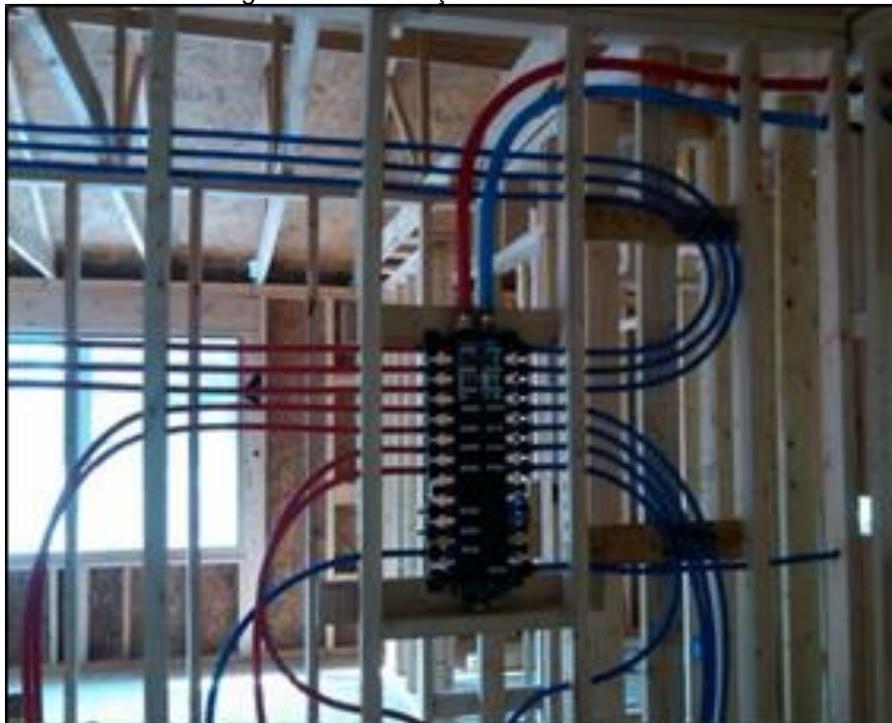
Para o isolamento contra umidade é utilizado a manta asfáltica e tyvek, que também tem a função de auxiliar na diminuição da vibração da estrutura. Já o contraventamento, muita das vezes é realizado pelas placas de fechamento que acabam exercendo a função de travamento.

As instalações elétricas e hidráulicas são bem similares às construções convencionais, sendo que no Steel Frame essas instalações são realizadas com maior agilidade e praticidade, sendo executado antes do fechamento das paredes. O que diferencia da alvenaria convencional é que o Steel Frame não gera resíduos que muitas das vezes são gerados pela alvenaria convencional.

Como a instalação é bem similar com a construção convencional, os materiais utilizados também podem ser em PVC (policloreto de vinila), CPVC (policloreto de vinila clorado) e PEX (polietileno reticulado monocamada), sendo o último o mais indicado, pois mesmo possuindo um alto custo, apresenta características mais vantajosas para o sistema LSF. Por se tratar de um material bem flexível, o PEX tem facilidade de fazer curvas e também é utilizado para água fria e quente, sendo assim um sistema de ponto-a-ponto, como pode ser visto nas figuras 37 e 38.

No caso do cobre para tubulações de gás é utilizado espaçadores plásticos para evitar o contato direto da tubulação e proteger os perfis contra a corrosão galvânica. Hoje as caixas elétricas já estão sendo adaptadas para a fixação nos painéis de fechamento ou nos montantes sem ser necessário nenhuma adaptação.

Figura 37 - Instalação elétrica em PEX.



Fonte: O blog do sistema Light Steel Frame.

Figura 38 - Instalação de água fria e quente em PEX

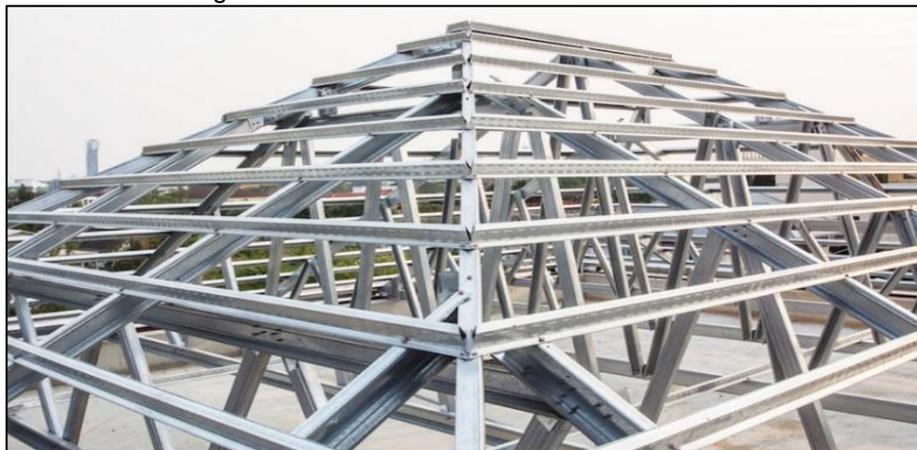


Fonte: O blog do sistema Light Steel Frame.

A cobertura segue o mesmo princípio dos telhados de madeira, sendo a madeira substituída pelo aço galvanizado. São compostas de tesouras treliçadas e terças, todos com o mesmo material dos perfis conforme apresenta a figura 39. As tesouras são fixadas utilizando os mesmos parafusos autoperfurantes e autobrocantes que são usados para fixação dos painéis.

Ao termino da montagem das tesouras é aplicado as placas OSB que dará sustentação as telhas, que podem ser cerâmicas comuns, telhas de fibrocimento, telhas Shingle, entre outras. Antes da colocação das telhas é aconselhável a aplicação de uma manta de isolamento térmico que irá manter um conforto térmico dentro da edificação, tendo também uma função de proteção caso ocorra a quebra de alguma telha.

Figura 39 - Cobertura no Sistema Steel Frame



Fonte: Fastcon – Construção sustentável, 2015.

O Steel Frame possibilita o uso de vários métodos para fechamento externo. Dependendo do estilo do projeto é possível manter um aspecto mais residencial ou,

se for o caso, mais comercial. Devido ao fechamento externo está passível de intempéries, descarta-se a utilização de placas de gesso acartonado.

Independente dos outros tipos de matérias utilizados para o fechamento externo, é importante lembrar que os mesmos não devem tocar o piso, para evitar a propagação de umidade pelas paredes.

Os principais tipos de fechamento externo estão listados abaixo e podem ser observados nas figuras 40 e 41:

- Placa cimentícia: por possui celulose na sua composição em alguns modelos, é passível de rachadura com mais facilidade. Um ponto positivo seria o fato de não precisar de água pra sua instalação;
- Siding Vinílico: Placas de PVC de alta densidade que não precisam ser pintadas, sendo de fácil instalação. Possui um excelente custo benefício, pois não necessita de frequente manutenção, além de serem duráveis e muito resistentes.

Figura 40 - Placas Cimentícias



Fonte: RCpisos, 2015.

Figura 41 - Siding Vinílico



Fonte: O blog do sistema Light Steel Frame.

De acordo com Santiago (2012), o isolamento termo acústico tem por finalidade possibilitar uma melhor sensação térmica e acústica dentro da edificação em s Steel

Frame, e também proporcionam vantagem na economia. Os materiais mais utilizados são:

- Lã de Vidro: Feita de fibra de vidro;
- Lã de Rocha: Feita a partir de rochas e outros minerais;
- Lã de Pet: Feita de garrafas pet recicladas;
- Poliestireno Expandido: Conhecido como isopor;
- Spray Foam: Spray que expande em contato com outros materiais.

Esses materiais impedem a propagação de som de um ambiente para o outro e também não permitem o ganho nem a perda de temperatura. A figura 42 representa a aplicação do isolamento termo acústico.

Figura 42 - Aplicação do Isolamento termo acústico



Fonte: O blog do sistema Light Steel Frame.

Para o revestimento interno, o sistema mais utilizado é o drywall ou o gesso acartonado, conforme a figura 43, que após pintado possibilita um aspecto idêntico de alvenaria. Como na parte interna também é utilizado placas OSB, qualquer tipo de objeto pode ser pendurado nas paredes.

Figura 43 - Drywall



Fonte: O blog do sistema Light Steel Frame.

Para o piso, a melhor opção seria o piso vinílico, como representado na figura 44, que além de muito resistente auxilia no conforto acústico. Os pisos cerâmicos também podem ser utilizados.

Figura 44 - Piso Vinílico



Fonte: O blog do sistema Light Steel Frame.

As esquadrias são instaladas do mesmo modo que ocorre nas construções convencionais, conforme figura 45, podem ser parafusadas ou assentadas com poliuretano expansível. Na junção do mesmo com o aço, deve ser utilizado um impermeabilizante para evitar futuras infiltrações. Como exemplo, temos a fita asfáltica conhecida como “Flashing”. Uma outra opção seria os painéis já com as esquadrias montadas em fábrica.

Figura 45 - Esquadrias instaladas



Fonte: O blog do sistema Light Steel Frame.

## 6. VISITA TÉCNICA

No decorrer da execução do nosso trabalho, tivemos a oportunidade de termos contato com profissionais que já trabalham como o sistema Light Steel Frame em nossa cidade. Em um primeiro momento visitamos o escritório do Engenheiro Estrutural Luiz Alberto Limonge, localizado na rua Barão de Cataguases nº 587 no bairro Santa Helena, onde nos foi mostrado através de um programa de computador que realiza o cálculo e o dimensionamento das estruturas do sistema (LSF), como pode ser visto no anexo A e B que nos foi disponibilizado. No mesmo dia tivemos a oportunidade de visitar com o profissional, dois empreendimentos, um localizado no bairro Manoel Honório, na rua Américo Lobo, no qual o projeto estava como os painéis já montados, aguardando a fase de fechamento interno e externo.

Já o outro empreendimento localizado no condomínio Nova Gramado também na cidade de Juiz de Fora, nesse tivemos a oportunidade de observar todo processo produtivo, como a aplicação das placas e a montagem do sistema hidráulico e do sistema elétrico. Nas figuras 46, 47, 48 e 49 são vistos os dois empreendimentos visitados.

Figura 46 - Empreendimento na Rua Américo Lobo no bairro Manoel Honório I.



Fonte: Autor

Figura 47 - Empreendimento na Rua Américo Lobo no bairro Manoel Honório II.



Fonte: Autor

Figura 48 - Empreendimento do condomínio Nova Gramado I



Fonte: Limonge, 2018.

Figura 49 - Empreendimento do condomínio Nova Gramado II.



Fonte: Limonge, 2018.

Em um segundo momento tivemos a oportunidade de visitarmos o escritório do Arquiteto Hérmanes Abreu, localizado na Avenida Barão do Rio Branco 2985 sala 1503 onde nos foi mostrado e disponibilizado outros projetos detalhados como podem ser vistos no anexo C e D.

## 7. RESULTADOS

### 7.1. Comparativo entre o método construtivo Convencional e o Light Steel Frame

#### 7.1.1. Custos

Tanto a construção no sistema Light Steel Frame quanto a construção convencional possuem custos aproximados, podendo variar para menos em construções acima de 100m<sup>2</sup>. Tendo como base a construção em médio e alto padrão é possível alcançar custos entre R\$ 900,00 a R\$1.100,00 por m<sup>2</sup> no sistema Light Steel Frame, já no método convencional o mesmo padrão de construção tem custo estimado de R\$1.215,85 por m<sup>2</sup>. Considerando que cada projeto possui características peculiares, existe uma dificuldade em definir o custo por m<sup>2</sup>. Sendo assim, o custo por m<sup>2</sup> se torna um valor genérico, impactando diretamente no custo total da obra (MILAN et al., 2011).

Os autores, através de um projeto hipotético composto por dois pavimentos, quatro dormitórios, dois banheiros, garagem e área total de 261,00 m<sup>2</sup>, constataram que o método Light Steel Frame apresentou uma diferença maior de 2,74% em relação aos custos relacionados ao método convencional. A Tabela 5 apresenta os custos unitários e totais de cada sistema.

Tabela 5 - Custos de construção em cada sistema

Tipos (Sistemas) de Construção	Custo por m <sup>2</sup> (em R\$)	Custo Total (em R\$)
<i>Convencional</i>	985,80	257.293,80
<i>Light Steel Frame</i>	1.012,84	264.351,24

Fonte: MILAN et al., 2011

No mesmo sentido, Miranda e Zamboni (2016) realizou um estudo cujo objetivo era analisar a viabilidade do Light Steel Frame na construção de casas populares. O projeto de uma casa unifamiliar é composto por uma sala, quarto de solteiro, circulação, banheiro, cozinha e um quarto de casal, totalizando uma área de construída de 38m<sup>2</sup>. Através do levantamento dos valores de materiais e mão-de-obra que foram utilizados na obra, os autores constataram uma diferença de

aproximadamente R\$10.000,00 a mais no orçamento do sistema Light Steel Frame com relação ao convencional. A tabela 6 demonstra o comparativo dos valores dos materiais nos dois sistemas.

Tabela 6 - Planilha comparativa de custos

	<i>Light Steel Framing</i>	<i>Alvenaria Convencional</i>
<b>Valor Total ( Material + Mão de Obra)</b>	64.206,63	54.178,24
<b>Valor por m<sup>2</sup> de área Construída</b>	1.689,65	1.425,74
<b>Valor de mão de obra por m<sup>2</sup></b>	863,48	709,10
<b>Valor de material por m<sup>2</sup></b>	826,17	716,64

Fonte: Miranda e Zamboni (2016)

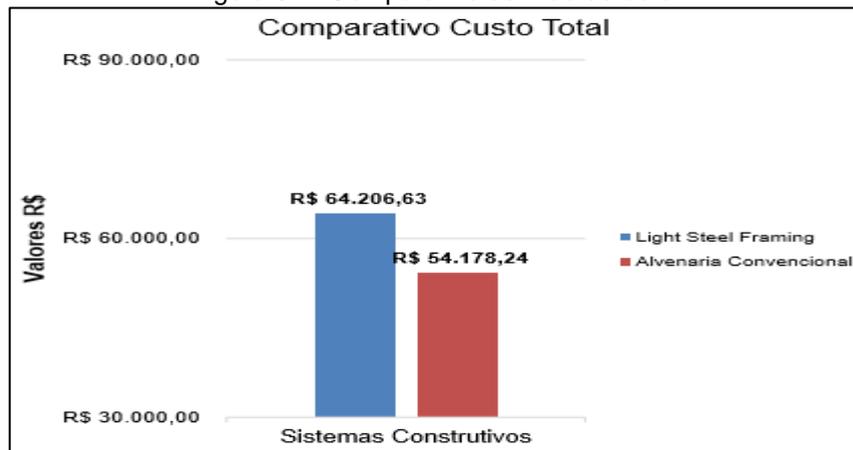
De forma a justificar a variação dos valores, Miranda e Zamboni (2016) explica que no método construtivo em Light Steel Frame existe maior onerosidade devido à superestrutura com aço galvanizado e placas cimentícias, e a mão de obra qualificada. Em contrapartida, o método convencional necessita de mão de obra pouco especializada, além de não utilizar materiais industrializados que, conseqüentemente, fazem com que os custos sejam menores. Nas figuras 50 e 51 é possível observar o comparativo entre os métodos no que se refere ao custo de mão de obra e o custo total.

Figura 50 - Gráfico comparativo de mão de obra



Fonte: Miranda e Zamboni (2016)

Figura 51 - Comparativo de mão de obra.



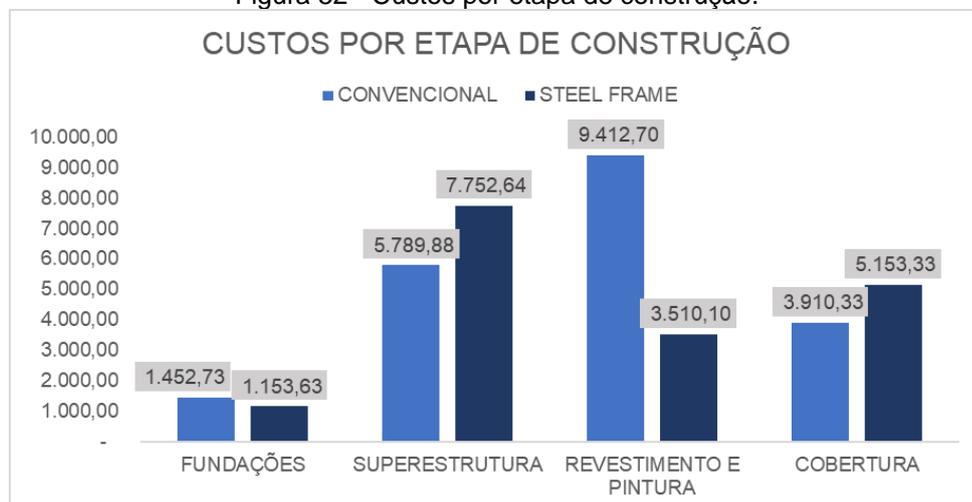
Fonte: Miranda e Zamboni (2016)

Diante dos comparativos apresentados nos gráficos é possível observar que o método construtivo Light Steel Frame é mais oneroso, chegando a uma variação de 18% do valor da mão de obra, o que impacta diretamente no resultado final do comparativo, determinando a importância de uma mão de obra mais qualificada.

Em contrapartida, Klein e Maronezi (2013) constataram que o método Steel Frame é mais viável do que o convencional. Em seu estudo, para um conjunto habitacional com cem residências de 40,8m<sup>2</sup> cada, os custos diretos por m<sup>2</sup> foram de R\$803,53 (oitocentos e três reais e cinquenta e três centavos) para o método convencional e de R\$727,40 (setecentos e vinte e sete reais e quarenta centavos) para o Steel Frame.

A figura 52 mostra a diferença dos valores encontrados entre o método convencional e o Steel Frame para as principais etapas da construção: fundação, superestrutura, revestimento e pintura e cobertura.

Figura 52 - Custos por etapa de construção.



Fonte: Adaptado pelo autor.

Analisando a figura 50, é possível perceber que as etapas mais onerosas para o Light Steel Frame são as superestruturas e a cobertura, onde essas apresentam um custo aproximado de 34% maior que o método convencional. Isso se dá devido ao alto valor do aço, das placas cimentícias e gesso acartonado.

Por outro lado, o Steel Frame consegue ser mais vantajoso nas etapas de fundação e revestimento e pintura. Analisando os valores apresentados por Klein e Maronezi (2013), observa-se uma redução de 20% nos custos da fundação e 60% nos custos de revestimento e pintura em relação ao método convencional. Isso se dá devido a estrutura do Steel Frame ser mais leve, e pelo fato das placas cimentícias e gesso acartonado possuírem um melhor acabamento, evitando assim o uso de chapisco, emboço e reboco.

### 7.1.2.Reparo e Manutenção

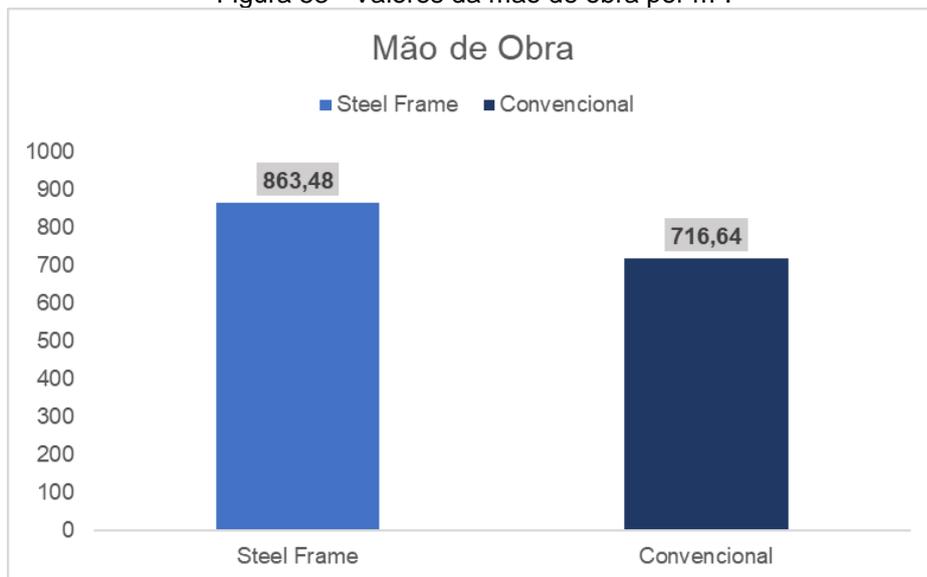
Segundo Carregari (2011), a diferença no reparo e manutenção em relação aos dois sistemas construtivos são bem discrepantes. O sistema convencional enfrenta problemas maiores em situações em que precisa ser realizado um reparo elétrico ou hidráulico como (vazamentos, infiltrações, fios quebrados ou tubos entupidos ) pois necessita de realizar a quebra da área impactada (correndo ainda o risco de não localizar de imediato o problema) e em seguida ao reparo é necessário consertar os danos causados nas paredes ou pisos com o preenchimento, aguardar a secagem do cimento, acertar a massa, lixar, pintar ).

O sistema construtivo Light Steel Frame no quesito a manutenção otimiza o tempo, pois é possível retirar o revestimento e localizar de forma prática e objetiva o local que necessita de ajuste, realizar a manutenção, recolocar o revestimento, retocar a pintura simples Carregari(2011). Yamashiro (2011) complementa que a manutenção em alvenaria demanda ao menos 5 dias e o sistema Light Steel Frame necessita de 1 dia.

### 7.1.3. Mão de Obra

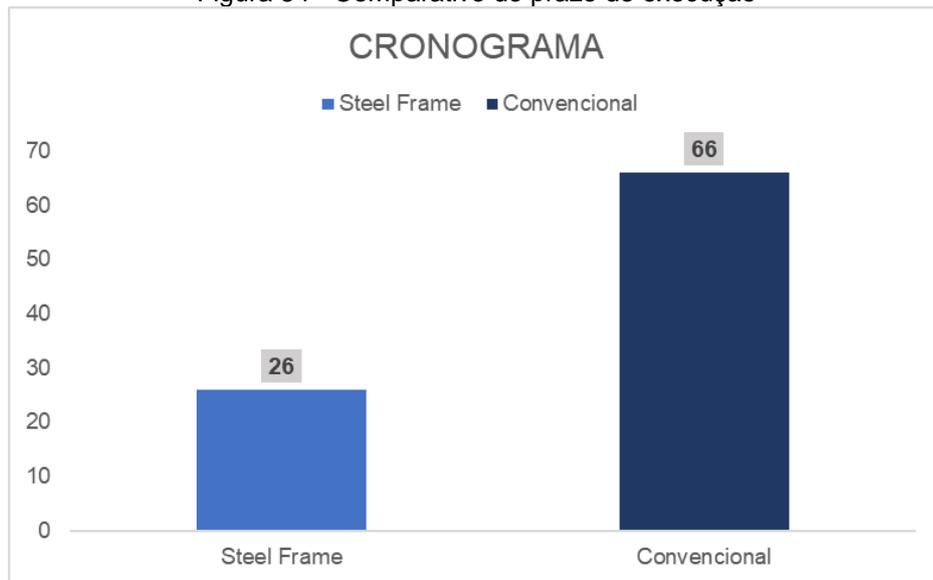
Conforme é possível observar na figura 53 com os valores da mão de obra por m<sup>2</sup> (metro quadrado) encontrado por Miranda e Zamboni (2016), a mão de obra tem grande relevância nos custos do processo da construção, esta diferença está relacionada a qualificação dos profissionais para cada tipo de sistema. Desta forma se faz necessário a qualificação da mão de obra afim de reduzir o tempo de execução. Na figura 54 é possível observar a notória diferença de produtividade dos dois métodos, onde o empreendimento de 38m<sup>2</sup> foi realizado em 25 dias no método lighth Steel Frame e 66 dias no método de alvenaria convencional, gerando assim uma redução no prazo de execução de 60%.

Figura 53 - Valores da mão de obra por m<sup>2</sup>.



Fonte: Miranda e Zamboni (2013) (adaptado pelo autor)

Figura 54 - Comparativo do prazo de execução



Fonte: Miranda e Zamboni (2013) (adaptado pelo autor).

#### 7.1.4. Prazo Construtivo

A necessidade de execução rápida e efetiva é algo cobrado pelo contratante e um diferencial para o contratado, já que permite a satisfação do cliente e abre precedentes para novos projetos. Os métodos de alvenaria e Steel Frame se opõem nesse aspecto. Os contratamentos com entregas de materiais, mudança de tempo ou até mesmo percalço financeiro são situações que constantemente estão presentes na construção na alvenaria e, é justamente nesse ponto, que o Steel Frame vem se propagando de forma discrepante, usando isso como seu maior trunfo. O LSF é capaz de reduzir para menos da metade o tempo da construção, sendo um diferencial por quem está analisando os dois métodos. Santiago et. al (2010)

Segundo Klein e Maronezi (2013) foi tomado como base para execução do comparativo, um projeto dimensionado para a construção de 100 residências habitacionais na condição do financiamento minha casa minha vida com a equipe de construção composta por 10 pedreiros e 10 ajudantes e cada residência com 37,16 m<sup>2</sup> de área útil na alvenaria e 36,99 m<sup>2</sup> no Steel Frame.

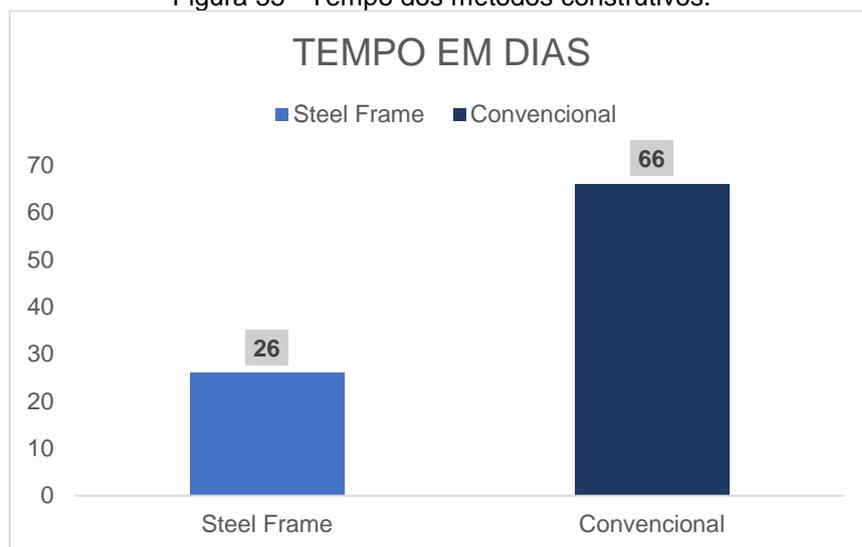
Ainda para Klein e Maronezi (2013) a execução da parte estrutural e vedação da casa dos mesmos 36,99 m<sup>2</sup> em Steel Frame é toda executada para as 100 residências em 75 dias de trabalho, uma vez que os perfis já chegam ao canteiro com as medidas corretas e tamanhos já definidos para cada painel, reduzindo tempo comparado a alvenaria convencional que exige 207 dias para o atingimento da mesma

etapa. Baseando nas informações de uma montadora, o protótipo desenvolvido por Klein e Maronezi (2013) exige ainda para o Steel Frame 88 dias para revestimento, forros e pinturas e a alvenaria necessita de 368 dias.

No Steel Frame, as partes elétricas e hidráulicas apresentam redução no tempo por já terem paredes abertas como shafts, não tendo a necessidade de rasgos nas paredes, otimizando o trabalho e reduzindo resíduos, já que na alvenaria seriam necessários o recorte e o trabalho de fechamento após a instalação de conduites e sistemas hidráulicos. Santiago et. al (2010)

Com processos em tempos diferentes em cada etapa de execução, a dispersão entre os métodos constados nas figuras 55 foi significativa, conforme gráfico abaixo, a variação dos dias permitiria realizar outro projeto em Steel Frame, essa variação no prazo de execução da obra acaba elevando os custos indiretos. (Santiago, 2010)

Figura 55 - Tempo dos métodos construtivos.



Fonte: Klein e Maronezi (2013) (adaptado pelo autor).

Na análise de Kosinski (2016) em uma construção de metragem 117,03 m<sup>2</sup> não possuindo cobertura, é possível ver a discrepância entre os métodos em relação ao prazo em cada etapa da construção, ponderando o custo com o prazo de conclusão, o prazo de execução para o projeto foi de 52% mais rápido no sistema de LSF conforme os cronogramas na figura 56 e 57

Figura 56 - Cronograma de execução no sistema Convencional.

<b>Nome da Tarefa</b>	<b>Duração</b>
Alvenaria Convencional	98 dias
Implantação do Canteiro	1 dia
Locação de Obra	1 dia
Infraestrutura	9 dias
Impermeabilização	2 dias
Superestrutura	17 dias
Vedações	37 dias
Coberturas	6 dias
Aberturas	3 dias
Pisos	3 dias
Instalações	66 dias
Forro	8 dias
Acabamentos	26 dias
Louças e Metais	2 dias

Fonte: Kosinski (2016)

Figura 57 - Cronograma de execução no sistema Light Steel Frame.

<b>Item</b>	<b>Nome da Tarefa</b>	<b>Duração</b>
1.0	Light Steel Frame	51 dias
1.1	Implantação do Canteiro	1 dia
1.2	Locação de Obra	1 dia
1.3	Infraestrutura	5 dias
1.4	Impermeabilização	2 dias
1.5	Superestrutura	10 dias
1.6	Vedações	10 dias
1.7	Coberturas	1 dia
1.8	Aberturas	3 dias
1.9	Instalações	45 dias
1.10	Forro	7 dias
1.11	Acabamentos	25 dias
1.12	Louças e Metais	2 dias

Fonte: Kosinski (2016)

## 8. CONCLUSÃO

O estudo apresentando teve como objetivo realizar um comparativo do sistema construtivo convencional e do sistema construtivo em Light Steel Frame. A partir das análises foi possível constatar alguns pontos que se tornaram fundamentais no decorrer do trabalho para a formação de uma opinião mais detalhada sobre os métodos que temos hoje na construção.

A alvenaria convencional com bloco cerâmico que vigora no mercado brasileiro a tantos anos apresenta ainda pontos que são de suma importância para a construção. O método permite acesso a todas as classes por suas inúmeras variedades de materiais e mão de obra, fazendo com que esse sistema ainda seja um dos mais viáveis no setor da construção civil. Um dos pontos negativo observado nesse sistema, seria que o mesmo demanda um tempo maior para ser executado e também requer uma quantidade maior de trabalhadores, sendo que é um sistema que gera grande desperdícios de matéria prima e também gera grande impacto ambiental.

Já o sistema Light Steel Frame tem como fator preponderante a não geração de resíduos, sendo um sistema que não traz impacto ambiental a obra. Outra vantagem observada foi, que por se tratar de um sistema industrializado e por possuir etapas bem estruturadas, o gerencialmente da qualidade e o controle da montagem são etapas mais fáceis de serem organizadas. Por esse motivo o Steel frame vem ao mercado com a intenção de conciliar a qualidade de um projeto ao tempo de execução.

Um dos problemas verificados para esse sistema (LSF) é a escassez de mão de obra e a falta de conhecimento técnico. Atualmente esse cenário está apresentando mudanças, pois o acesso a treinamentos e aos métodos de execução estão mais acessíveis a qualquer profissional que esteja interessado a aprender sobre esse “novo” sistema.

Sobre os custos é observado uma variação, que depende do tamanho e do padrão do projeto, pois cada projeto possui suas peculiaridades. Entretanto, devido a agilidade na execução e a utilização de uma quantidade menor de mão de obra o custo final acaba sendo competitivo.

Apesar do sistema Light Steel Frame apresentar um valor mais elevado, ele passa ser viável por ser um sistema industrializado, onde conseguimos diminuir tempo

e insumos, principalmente em larga escala. Para que todos possam usufruir dessas características que o sistema Steel Frame nos oferece, é imprescindível o investimento em qualificação e treinamento de mão de obra.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AECWEB. **Forro Metálico Modular Tegular.** Disponível em: [https://www.aecweb.com.br/prod/e/forro-metalico-modular-tegular\\_6322\\_39204](https://www.aecweb.com.br/prod/e/forro-metalico-modular-tegular_6322_39204). Acesso em: 07/10/2018.

AECWEB. **Light Steel Frame Garante Obras Rápidas E Limpas.** Disponível em: [https://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/light-steel-frame-garante-obras-rapidas-e-limpas\\_13620\\_10\\_0](https://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/light-steel-frame-garante-obras-rapidas-e-limpas_13620_10_0). Acesso em: 07/10/2018.

ARQUITETURA DO VALE. **Casa simples de manter, para 3ª idade.** Disponível em: <http://www.arquiteturadovale.com/projetos.php?id=NDg1>. Acesso em: 18/10/2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto: Procedimento.** Rio de Janeiro, p, 83. 2003.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS FABRICANTES DE BLOCOS E CHAPAS DE GESSO – Abragesso. **Manual de montagem de sistemas drywall.** São Paulo: Pini, 2004.

ATOSARQUITETURA. **Dicas Para Quem Vai Construir Sua Casa – Construção Em Wood Frame.** Disponível em: <https://atosarquitetura.com.br/noticias/dicas-para-quem-vai-construir-sua-casa-construcao-em-wood-frame/>. Acesso em: 10/11/2018.

AZEREDO, Hélio Alves de. **O edifício até sua cobertura.** 2ª Edição Revista. Editora Edgard Blücher LTDA, 1997.

BASTOS, Eliomar Ferreira. **Caracterização física e mecânica de painel de OSB do tipo form.** Disponível em: [http://taurus.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/258018/1/Bastos\\_EliomarFerreira.pdf](http://taurus.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/258018/1/Bastos_EliomarFerreira.pdf). Acesso em: 07/10/2018.

BONANZA STEEL FRAME. **Obra Pousada Fernando De Noronha.** Disponível em: <http://www.bonanzasteelframe.com/novo/project/obra-pousada-fernando-de-noronha/>. Acesso: 10/10/2018.

CAMPOS, Alessandro. **O Que É Light Steel Framing.** Disponível em: <http://www.forumdaconstrucao.com.br/conteudo.php?a=29&Cod=85>. Acesso em: 06/07/2017

CAMPOS, P. F. **Light Steel Framing: uso em construções habitacionais empregando a modelagem virtual como processo de planejamento.** São Paulo: USP, 2014. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo.

CARDÃO, Celso. **Técnica da Construção Vol.2**. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 1988.

CARREGARI, Luana. AECWEB. **Light Steel Frame garante obras rápidas e limpas**. Disponível em: [https://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/light-steel-frame-garante-obras-rapidas-e-limpas\\_13620\\_10\\_0](https://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/light-steel-frame-garante-obras-rapidas-e-limpas_13620_10_0). Acesso em: 10/11/2018.

CAVALHEIRO, Odilon Pancaro. **Alvenaria estrutural: Tão antiga e tão atual**. Disponível em: [http://sinop.unemat.br/site\\_antigo/prof/foto\\_p\\_downloads/fot\\_7406alvenayia\\_estyutuyal\\_pdf.pdf](http://sinop.unemat.br/site_antigo/prof/foto_p_downloads/fot_7406alvenayia_estyutuyal_pdf.pdf). Acesso em: 10/10/2018.

CENTROPLAC SISTEMAS CONSTRUTIVOS. **Mezaninos: Paineis Wall – Masterboard**. Disponível em: <http://www.centroplac.com.br/produtos/detalhes/mezaninos>. Acesso em: 23/10/2018.

CONSTRUINDO DECOR. **Forro de PVC – Instalação e vantagens**. Disponível em: <http://construindodecor.com.br/forro-de-pvc/>. Acesso em: 02/10/2018.

CONSTRUINDO DECOR. **Steel Frame – Características e custos da estrutura**. Disponível em: <http://construindodecor.com.br/steel-frame/>. Acesso em: 02/10/2018.

CONSTRUINDO DECOR. **Vergas, contravergas e cintas de amarração na alvenaria**. Disponível em: <http://construindodecor.com.br/vergas-contravergas-cintas-de-amarracao/>. Acesso em: 02/10/2018.

CONSTRUTORA SEQUÊNCIA. **Restaurante em São Paulo**. Disponível em: <http://www.construtorasequencia.com.br/imprensa1.asp>. Acesso em: 10/10/2018.

CORBIOLI, Nanci. **Sistema construtivo steel framing garante total liberdade de criação**. *Projetodesign*, São Paulo, ed. 341, jul. 2008.

CREDER, Hélio. **Instalações Hidráulicas e Sanitárias**. 6. Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2006.

DCA ARQUITETURA – PROJETOS E AVCB. **Steel Frame, a sua casa de Aço!**. Disponível em: <http://www.dca.arq.br/index.php/steel-frame-uma-construcao-seca-limpa-e-economica/>. Acesso em: 18/10/2018.

DIÁRIO DA MANHÃ. **Más condições das instalações elétricas residenciais ainda são a principal causa de acidentes fatais com eletricidade**. Disponível em: <http://diariodamanhapelotas.com.br/site/mas-condicoes-das-instalacoes-eletricas-residenciais-ainda-sao-a-principal-cao-de-acidentes-fatais-com-eletricidade/>. Acesso em: 14/10/2018.

DIAS, Paulo Roberto Vilela. **Engenharia de Custos: metodologia de orçamento para obras civis**. 9ª Edição. Rio de Janeiro, 2011.

ESCOLA ENGENHARIA. **Alvenaria de Vedação – Vantagens e Desvantagens**. Disponível em: <https://www.escolaengenharia.com.br/alvenaria-de-vedacao/>. Acesso em: 06/10/2018.

ESCOLA ENGENHARIA. **Fundações Rasas ou Superficiais.** Disponível em: <https://www.escolaengenharia.com.br/fundacoes-rasas/>. Acesso em: 02/10/2018.

ESCOLA ENGENHARIA. **Telhados.** Disponível em: <https://www.escolaengenharia.com.br/telhados/>. Acesso em: 02/10/2018.

ESTADÃO. **O apelo das técnicas não convencionais de construção.** Disponível em: <https://economia.estadao.com.br/blogs/radar-imobiliario/o-apelo-das-tecnicas-nao-convencionais-de-construcao/>. Acesso em: 15/10/2018.

FASTCON – CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL. **Tudo que ainda não te contaram sobre o Steel Frame: descubra a Verdade aqui.** Disponível em: <http://fastcon.com.br/blog/steel-frame/steel-frame-cobertura-001/>. Acesso em: 08/10/2018.

FRECHETTE, Leon A. **Building smarter with alternative materials.** Craftsman, 1999.

FREITAS, A. M. S.; CRASTO, C. M. **Steel Framing: arquitetura.** Rio de Janeiro: IBS/CBCA, 2006. 121p. (Série Manual da Construção Civil).

GRUPO AMS. **Instalações Hidráulicas e Sanitárias.** Disponível em: <http://www.grupoams.eng.br/servico/30/instalacoes-hidraulicas-e-sanitarias.html>. Acesso em: 14/10/2018.

HABITÍSSIMO. **Alfa Engenharia Mauá.** Disponível em: <https://projetos.habitissimo.com.br/projeto/alfa-engenharia#1>. Acesso em: 07/10/18.

HABITÍSSIMO. **Colocação dos pilares do 2º pavimento.** Disponível em: [https://fotos.habitissimo.com.br/foto/colocacao-dos-pilares-do-2o-pavimento\\_964704](https://fotos.habitissimo.com.br/foto/colocacao-dos-pilares-do-2o-pavimento_964704). Acesso em: 05/10/2018.

HABITÍSSIMO. **Vigas aérea esperando aterro.** Disponível em: [https://fotos.habitissimo.com.br/foto/vigas-aerea-esperando-aterro\\_324753](https://fotos.habitissimo.com.br/foto/vigas-aerea-esperando-aterro_324753). Acesso em: 02/10/2018.

HOMETEKA. **Entenda a diferença entre construção convencional e alvenaria estrutural.** Disponível em: <https://www.hometeka.com.br/aprenda/entenda-a-diferenca-entre-construcao-convencional-e-alvenaria-estrutural/>. Acesso em maio 2018.

ISO 6241: **Performance standards in buildings: principles for their preparation and factors to be considered.** Londres, 1984.

JACAREI MAIS ARQUITETURA. **Steel Frame: Versatilidade E Economia Na Obra.** Disponível em: <https://jacareimaisarquitetura.blogspot.com/2018/02/steel-frame-versatilidade-e-economia-na.html>. Acesso em: 10/11/2018.

JARDIM, G. T. C.; CAMPOS, A. S. **Light steel framing: uma aposta do setor siderúrgico no desenvolvimento tecnológico da construção civil.** Apostila.

JUNIOR, João Kaminski. **Construções de Light Steel Frame**. Disponível em: [http://coral.ufsm.br/decc/ECC8058/Downloads/Construcoes\\_de\\_Light\\_Steel\\_Frame\\_Techne\\_n\\_112\\_2006.pdf](http://coral.ufsm.br/decc/ECC8058/Downloads/Construcoes_de_Light_Steel_Frame_Techne_n_112_2006.pdf). Acesso em: 07/10/2018.

KLEIN, B. G.; MARONEZI, V. **Comparativo Orçamentário Dos Sistemas Construtivos Em Alvenaria Convencional, Alvenaria Estrutural E Light Steel Frame Para Construção De Conjuntos Habitacionais**. 2013. 141 f. Trabalho de conclusão de curso para a obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

LEAL, Ubiratam. **CONSTRUÇÃO MERCADO. Forros**. Disponível em: <http://construcaomercado17.pini.com.br/negocios-incorporacao-construcao/44/forros-281676-1.aspx>. Acesso em: 05/09/2018.

LIMONGE – Soluções em Estruturas Metálicas. Projetos. Disponível em: <http://www.limonge.eng.br/portal/index.php/obras>. Acesso em: 18/10/2018.

MILAN, G. S.; NOVELLO, R. V.; REIS, Z. C. A viabilidade do sistema light steel frame para construções residenciais. Revista Gestão Industrial, Paraná, v. 07, n. 01, p.189-209, 2011

MIRANDAD, D./ ZAMBONI, L. R. **Estudo Comparativo Entre O Sistema Construtivo Light Steel Frame E O Sistema De Alvenaria Convencional Em Casas Populares**. 2016. 100 f. Trabalho de conclusão de curso apresentado à Universidade Tuiuti do Paraná para obtenção do grau de bacharel em Engenharia Civil.

MOLITERNO, Antônio. **Caderno de projetos de telhados em estruturas de madeira**. São Paulo: Ed. Edgard Blücher Ltda, 2003.

O BLOG DO SISTEMA LIGHT STEEL FRAME. **Sistema PEX: as instalações hidráulicas do Steel Frame**. Disponível em: <http://lightsteelframe.eng.br/>. Acesso em: 10/11/2018.

PEREIRA, Caio. **Alvenaria de Vedação: Vantagens e Desvantagens**. Escola Engenharia, 2018a. Disponível em: <https://www.escolaengenharia.com.br/alvenaria-de-vedacao/>. Acesso em: 11/10/2018.

PEREIRA, Caio. **Noções básicas de Fundações**. Escola Engenharia, 2013b. Disponível em: <https://www.escolaengenharia.com.br/nocoas-basicas-de-fundacoes/>. Acesso em: 20/10/2018.

PEREIRA, Caio. **Steel Frame: o que é, características, vantagens e desvantagens**. Escola Engenharia, 2018c. Disponível em: <https://www.escolaengenharia.com.br/steel-frame/>. Acesso em 15/08/2018.

PEREIRA, Caio. **Telhados**. Escola Engenharia, 2016d. Disponível em: <https://www.escolaengenharia.com.br/telhados/>. Acesso em: 11/10/2018.

PIGOZZO, Bruno Nogueira. SERRA, Sheyla Mara Baptista. FERREIRA, Marcelo de Araujo. **A industrialização na construção e o estudo de uma rede de empresas**

**em obra de pré-fabricados em concreto armado.** XII SIMPEP - Bauru, SP, Brasil, 2005.

POMARO, Heloísa. PORTAL METÁLICA CONSTRUÇÃO CIVIL. **Os cinco desafios do Light Steel Frame para 2011.** Disponível em: <http://wwwo.metallica.com.br/os-cinco-desafios-do-light-steel-frame-para-2011>. Acesso em: 10/10/2018.

PINHAL. **O que é viga?** Disponível em: <http://www.colegiodearquitetos.com.br/dicionario/2009/02/o-que-e-viga/>. Acesso em: 06/09/2018

PORTAL DO CONCRETO. **Concreto.** Disponível em: <http://www.portaldoconcreto.com.br/cimento/concreto/concretos.html>. Acesso em 04/06/2018.

PORTAL EDUCAÇÃO. **Armadura em uma construção.** Disponível em: <<https://www.portaleducacao.com.br/conteudo/artigos/pedagogia/armadura-em-uma-construcao/40025> > Acesso em Maio 2018.

PORTAL METÁLICA CONSTRUÇÃO CIVIL. **A leveza do Steel Framing.** Disponível em: <http://wwwo.metallica.com.br/a-leveza-do-light-steel-framing>. Acesso em: 06/10/2018.

PORTAL METÁLICA CONSTRUÇÃO CIVIL. **Padronização de painéis em lighth steel frame.** Disponível em: < <http://wwwo.metallica.com.br/padronizacao-de-paineis-em-light-steel-frame> > Acesso em: 06/10/2018.

PRA CONSTRUIR BLOG. **Tipos de Fundações: Radier.** Disponível em: <http://blogpraconstruir.com.br/etapas-da-construcao/radier/>. Acesso em: 21/08/2018.

PRA CONSTRUIR BLOG. **Tipos de Fundações: Sapata Corrida.** Disponível em: <http://blogpraconstruir.com.br/etapas-da-construcao/sapata-corrida/>. Acesso em: 21/08/2018.

RCPISOS. **10 motivos para trocar a alvenaria por placas cimentícias.** Disponível em: <http://www.rcpisos.com.br/blog/10-motivos-para-trocar-a-alvenaria-por-placas-cimenticias/>. Acesso em: 05/10/2018.

RODRIGUES, F. C. **Steel framing: engenharia.** 2006. IBS - Instituto Brasileiro de Siderurgia. CBCA - Centro Brasileiro de Construção em Aço. Rio de Janeiro. 2006.

SABBATINI, F.H. **O Processo de Produção das vedações Leves de gesso Acartonado.** In: Seminário de Tecnologia e Gestão da Produção de Edifícios: Vedações Verticais, São Paulo. 1998. Anais... São Paulo: PCC/TGP, 1998, p. 67-94.

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.

SCADELAI, Murilo A. PINHEIRO, Libânio M. **Estruturas de Concreto**. Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia de Estruturas. São Paulo, 2005.

SHEILA MARTINS – ARQUITETURA E URBANISMO. **Escolhendo o tipo de Forro**. Disponível em: <http://www.sheilamartis.arq.br/post/escolhendo-o-tipo-de-forro>. Acesso em: 10/10/2018.

SOUSA, A. M. J.; MARTINS, N. T. B. S. **Potencialidades e obstáculos na implantação do sistema light steel framing na construção de residências em palmas – TO**. 2009. Trabalho de conclusão de curso. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins, 2009.

TÉCHNE. **Construções de light steel frame**. Disponível em: <http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/112/artigo285545-4.aspx>. Acesso em: 07/10/2018.

TÉCHNE. **Light Steel Frame e fechamento em OSB revestido com siding vinílico**. Disponível em: <http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/196/light-steel-frame-e-fechamento-em-osb-revestido-com-siding-294064-1.aspx>. Acesso em: 27/10/2018.

TÉCHNE. **Light Steel Frame e fechamento em OSB revestido com siding vinílico**. Disponível em: <http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/196/light-steel-frame-e-fechamento-em-osb-revestido-com-siding-294064-1.aspx>. Acesso em: 07/10/2018.

TECVERDE CONSTRUÇÕES EFICIENTE. **Tecverde apresenta 1º prédio construído em tecnologia sustentável industrializada do Brasil**. Disponível em: <http://www.tecverde.com.br/2016/08/26/tecverde-apresenta-1o-predio-construido-em-tecnologia-sustentavel-industrializada-do-brasil/>. Acesso em: 10/10/2018.

TISAKA, Maçahiko. **Orçamento na construção civil: consultoria, projeto e execução**. São Paulo: Editora Pini, 2006.

UNIVERSIDADE DA AMAZÔNIA (UNAMA). **Alvenaria**. Disponível em: <http://www.ebah.com.br/content/ABAAAiOIAF/alvenaria-vedacao>. Acesso em: 01/10/2018.

VELLOSO, Dirceu Alencar; LOPES, Francisco de Rezende Waldemar. **Fundações: critérios de projeto, investigação do subsolo, fundações superficiais**. São Paulo: Oficina de textos, 2004.

VIVAN, A. L./ PALIARI, J.C. **Vantagens Produtiva do Sistema Light Steel Frame: da construção enxuta a racionalização construtiva 2010**. Disponível em: <http://wwwo.metallica.com.br/artigos-tecnicos/vantagem-produtiva-do-sistema-light-steel-framing-da-construc-o-enxuta-a-racionalizac-o-construtiva/pagina-2>. Acesso em 02/09/2018.

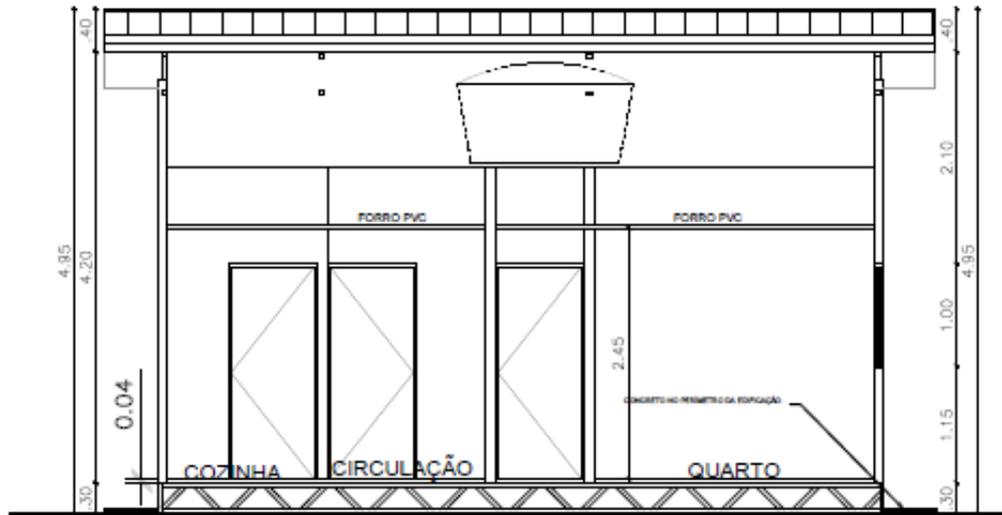
YAMASHIRO, Wagner Luis. **EXECUÇÃO DE HABITAÇÕES POPULARES COM SISTEMA CONSTRUTIVO LIGHT STEEL FRAME**. 2011. 54 f. Trabalho apresentado ao departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de São Carlos como requisito para obtenção do título de Engenheiro Civil.

YAZIGI, Walid. **A técnica de edificar**, 4a edição Editora Pini. São Paulo. 2002.

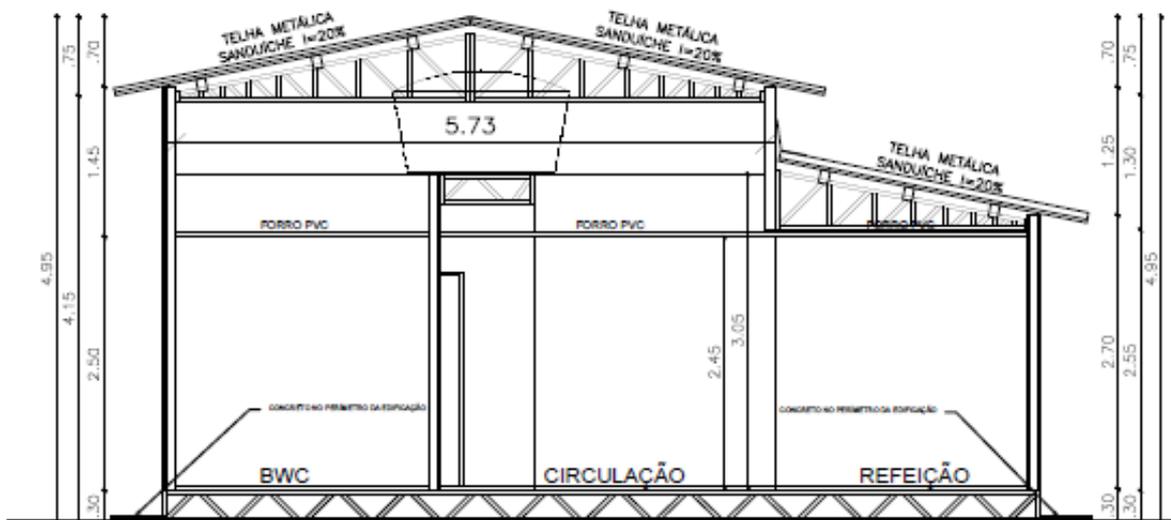
## ANEXOS



ANEXO B – Planta de Corte do projeto habitacional de Fernando de Noronha  
(Fornecido pelo Engenheiro Luiz Aberto Limonge)



CORTE AA  
1/75



CORTE BB  
1/75

ANEXO C – Planta Baixa de uma edificação em Steel Frame localizado em Resende  
(Fornecido pelo Arquiteto Hérmanes Abreu)

