



**UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA**

**DAIANE FERNANDES CORRÊA**

**LUAN ZEHNDER**

**ESTUDO COMPARATIVO ENTRE SISTEMAS CONSTRUTIVOS  
INDUSTRIALIZADOS: LIGHT STEEL FRAME E LIGHT WOOD FRAME**

Tubarão.

2017

**DAIANE FERNANDES CORRÊA**

**LUAN ZEHNDER**

**ESTUDO COMPARATIVO ENTRE SISTEMAS CONSTRUTIVOS  
INDUSTRIALIZADOS: LIGHT STEEL FRAME E LIGHT WOOD FRAME**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil da Universidade do Sul de Santa Catarina como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Civil.

Orientador: Prof. Norma Beatriz Camisão Schwinden Esp.

Tubarão.

2017

DAIANE FERNANDES CORRÊA

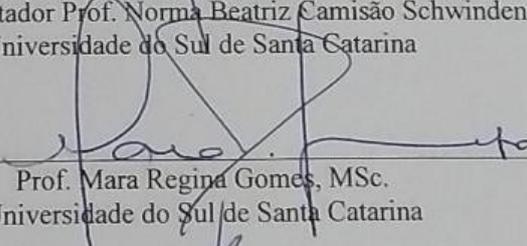
LUAN ZEHNDER

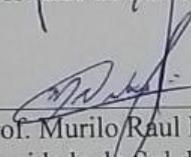
**ESTUDO COMPARATIVO ENTRE SISTEMAS CONSTRUTIVOS  
INDUSTRIALIZADOS: LIGHT STEEL FRAME E LIGHT WOOD FRAME**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado à obtenção do título de Engenheiro Civil e aprovado em sua forma final pelo Curso de Engenharia Civil da Universidade do Sul de Santa Catarina.

Tubarão, 29 de Novembro de 2017.

  
\_\_\_\_\_  
Professor e orientador Prof. Norma Beatriz Camisão Schwinden, Esp.  
Universidade do Sul de Santa Catarina

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Mara Regina Gomes, MSc.  
Universidade do Sul de Santa Catarina

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Murilo Raul Martins, Esp.  
Universidade do Sul de Santa Catarina

Aos familiares que realmente contribuíram na longa caminhada pelo alcance de mais um objetivo em nossas vidas.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, pela força, coragem e fé.

Ao meu esposo Danth, que sempre acreditou em mim e me apoiou. Pela paciência e compreensão.

Ao meu filho Daniel que nos contagiou com sua chegada e fez com que cada esforço valesse a pena.

Ao meu pai Ercílio (in memorian), que foi o principal incentivador para que eu me tornasse uma engenheira.

Aos meus pais, Isídio e Luci, exemplos de coragem e determinação, que batalharam muito para que pudéssemos completar cada fase de nossas vidas.

À nossa orientadora, professora Norma que nos ajudou a concretizar este trabalho e teve muita paciência em nos auxiliar nas dificuldades.

A todos os professores, pelas experiências compartilhadas, pelo estímulo e dedicação, pela formação profissional.

A todos, que de forma direta ou indireta contribuíram para que os resultados fossem alcançados.

“A gente tem é que sonhar, senão as coisas não acontecem”. (Oscar Niemeyer).

## RESUMO

A questão ambiental é um assunto que tem se destacado nos últimos anos, e com a preocupação da população em manter o meio ambiente preservado, surgem a cada dia novas tecnologias que possam contribuir para que isso ocorra. Os sistemas de construção *Light Wood Frame* e *Light Steel Frame* possibilitam que essa questão seja resolvida, onde a sua aplicabilidade é feita através de materiais sustentáveis e não gerando desperdícios, bem como uma redução significativa de poluentes e baixa utilização de água. Esta monografia possui como objetivo principal descrever as características dos métodos construtivos *Light Steel Frame* e *Light Wood Frame*, fazendo um comparativo entre os dois sistemas. O estudo se desenvolve a partir de um levantamento bibliográfico amparado pelo método estudo de caso, onde pôde-se comparar qual dos dois sistemas seria mais vantajoso economicamente na construção. Diante dos resultados obtidos, para uma área construída de 60,67m<sup>2</sup>, o método mais viável é o *Light Wood Frame*, resultando num gasto menor em relação ao outro método.

Palavras-chave: *Light Wood Frame*. *Light Steel Frame*. Construção Sustentável. Aplicabilidade.

## **ABSTRACT**

The environmental issue is a subject that has been taking forward in recent years, with the concern of the population in maintaining the environment a preserved place, it emerges every day new technologies that can contribute to this happening. Light Wood frame and Light Steel frame construction systems enable this issue to be maintained, where its applicability is made through sustainable materials and there is no waste of materials, as well as a significant reduction of pollutants. This monograph has the main objective of describing the characteristics of the Light Steel frame and Light Wood frame construction methods, making a comparison between the two systems. The study develops from a bibliographical survey supported by the case study method, where it was possible to compare which of the two systems would be more advantageous economically in construction. Faced with the results obtained, for a constructed area of 60, roadway above <sup>2</sup>, the most viable method is Light Wood Frame, resulting in a smaller expense relative to the other method.

Keywords: Light Wood Frame. Light Steel Frame. Sustainable construction. Applicability.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Primeira obra em Light Wood Frame, Igreja Saint Mary em Chicago .....	18
Figura 2 – Primeiro Edifício em Light Wood Frame do Brasil.....	20
Figura 3 – Ponte sobre o Rio Severn .....	22
Figura 4 – Estrutura em Light Wood Frame aplicada sobre Radier.....	25
Figura 5 – Detalhamento de radier .....	25
Figura 6 – Furações para instalações elétrica e hidráulicas.....	26
Figura 7 – Detalhe ligação sapata corrida x <i>Light Steel Frame</i> .....	27
Figura 8 – Sapata corrida com contrapiso .....	28
Figura 9 – Projeto de residência com Basement Wall.....	29
Figura 10 – Elementos de ancoragem; barra de ancoragem e parabolts. ....	30
Figura 11 – Detalhamento da fixação dos montantes à fundação. ....	31
Figura 12 – Pregos Ardox.....	31
Figura 13 – Tipos de Pregação .....	31
Figura 14 – Quadro estrutural com aberturas de porta e janela.....	32
Figura 15 – Elementos que compõem a estrutura da cobertura.....	33
Figura 16 – Tipos de tesouras .....	34
Figura 17 – Componentes de um painel estrutural com abertura.....	35
Figura 18 – Contraventamento em X com fitas de aço galvanizado.....	36
Figura 19 – Elementos de uma tesoura em Light Steel Frame.....	37
Figura 20 – Membrana hidrófuga.....	38
Figura 21 – Manta de subcobertura.....	39
Figura 22 – Impermeabilização das esquadrias.....	40
Figura 23 – Aplicações com telhas Shingle .....	41
Figura 24 – Tipos de fechamento .....	42
Figura 25 – OSB/3.....	43
Figura 26 – Chapa cimentícia.....	44
Figura 27 – Placas de gesso acartonado. ....	45
Figura 28 – Banda acústica entre painel e fundação. ....	46
Figura 29 – Demonstração de Isolamento Termoacústico.....	47
Figura 30 – Instalações Elétricas e Hidráulicas em Light Steel Frame.....	48
Figura 31 – Revestimento siding.....	49
Figura 32 – Revestimento Smartside.....	50

Figura 33 – Revestimento Smartside.....	50
Figura 34 – Comparativo da quantidade de energia necessária para a produção de uma tonelada de madeira, cimento, vidro e aço. ....	52
Figura 35 – Sistema de orientação para definição das propriedades da madeira. ....	53
Figura 36 – Comportamento da madeira na compressão. ....	53
Figura 37 – Tração na madeira. ....	54
Figura 38 – Comportamento da madeira perante um incêndio .....	55
Figura 39 – Processo de tratamento de madeira na autoclave.....	56
Figura 40 – Mapa de florestas plantadas em 2015. ....	58
Figura 41 – Planta Baixa .....	64

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Área de floresta plantada (ha) (2015) .....	59
Tabela 2 – Classificação dos aços .....	62
Tabela 3 – Orçamento de materiais .....	66
Tabela 4 – Orçamento de madeira tratada .....	66
Tabela 5 – Orçamento de materiais .....	67
Tabela 6 – Totais dos Orçamentos. ....	68
Tabela 7 – Diferença de valores entre os sistemas Light Wood Frame e Light Steel Frame...	69
Tabela 8 – Produtividade.....	70

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Comparativo de custo da estrutura, acabamento e mão de obra em Light Steel Frame.....	68
Gráfico 2 – Comparativo de custo da estrutura, acabamento e mão de obra em Light Wood Frame.....	69

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>14</b>
1.1 JUSTIFICATIVA .....	14
1.2 OBJETIVOS .....	15
<b>1.2.1 Objetivo Geral .....</b>	<b>15</b>
<b>1.2.2 Objetivos Específicos .....</b>	<b>15</b>
1.3 METODOLOGIA.....	15
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO .....	16
<b>2 SISTEMAS CONTRUTIVOS: WOOD FRAME E STEEL FRAME.....</b>	<b>17</b>
2.1 WOOD FRAME .....	17
2.2 STEEL FRAME .....	20
<b>2.2.1 História do Steel Frame .....</b>	<b>21</b>
<b>3 PROCESSO CONSTRUTIVO: DA FUNDAÇÃO À COBERTURA .....</b>	<b>24</b>
3.1 FUNDAÇÃO .....	24
<b>3.1.1 Radier .....</b>	<b>24</b>
<b>3.1.2 Sapata Corrida.....</b>	<b>27</b>
<b>3.1.3 Basement Wall .....</b>	<b>28</b>
3.2 ANCORAGEM .....	29
3.3 ESTRUTURA DAS PAREDES .....	30
<b>3.3.1 Estrutura das Paredes em Wood Frame .....</b>	<b>30</b>
<b>3.3.2 Estrutura das Coberturas em Wood Frame .....</b>	<b>33</b>
<b>3.3.3 Estrutura das Paredes em Steel Frame .....</b>	<b>35</b>
<b>3.3.4 Estrutura das Coberturas .....</b>	<b>37</b>
3.4 IMPERMEABILIZAÇÃO .....	37
3.5 TELHADO .....	40
3.6 FECHAMENTOS.....	42
<b>3.6.1 Painéis OSB.....</b>	<b>42</b>
<b>3.6.2 Placas Cimentícias .....</b>	<b>44</b>
<b>3.6.3 Gesso Acartonado .....</b>	<b>45</b>
3.7 ISOLAMENTO TERMOACÚSTICO .....	46
3.8 INSTALAÇÕES .....	47
3.9 ESQUADRIAS.....	48
3.10 REVESTIMENTO .....	49

<b>4 MATERIAIS UTILIZADOS: MADEIRA E AÇO.....</b>	<b>50</b>
4.1 MADEIRA .....	51
4.1.1 Madeira como material sustentável .....	51
4.1.2 Resistência da madeira.....	52
4.1.3 Umidade e Densidade .....	55
4.1.4 Deterioração da Madeira e o devido Tratamento.....	56
4.1.5 Resistência ao fogo.....	Erro! Indicador não definido.
4.1.6 Produtividade da madeira no Brasil.....	58
4.2 AÇO.....	59
4.2.1 Aço como Material Sustentável.....	60
4.2.2 Resistência do aço .....	61
4.2.3 Produção do aço no Brasil .....	63
<b>5 ESTUDO DE CASO .....</b>	<b>64</b>
5.1 CUSTOS.....	65
5.1.1 Custos da Estrutura em Steel Frame.....	65
5.1.1 Custos para Estrutura em Wood Frame .....	66
5.1.3 Materiais em comum para fechamento .....	66
5.1.4 Comparativo de custo geral.....	67
5.2 TEMPO DE EXECUÇÃO .....	69
<b>6 CONCLUSÃO.....</b>	<b>71</b>
<b>7 REFERÊNCIAS .....</b>	<b>73</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Este estudo tem como tema principal um comparativo entre dois sistemas construtivos que ainda estão entrando no mercado brasileiro: o *Light Steel Frame* e o *Light Wood Frame*. São sistemas construtivos sustentáveis já que na execução não há desperdício de materiais, são usadas em sua estrutura: madeira de reflorestamento no sistema *Light Wood Frame* e aço no sistema *Light Steel Frame*, e sua desmontagem pode ser reaproveitada. Esta tecnologia já vem sendo utilizada na América do Norte e Europa com grande sucesso há muitos anos.

O estudo teve como foco a viabilidade construtiva, econômica e ecológica, fazendo um comparativo entre os dois sistemas. Quando projetado e executado corretamente, ambos os sistemas apresentam agilidade e facilidade em sua construção, economia na utilização dos materiais, redução de mão de obra e alto controle no processo de produção.

Dessa forma, este trabalho buscou responder ao seguinte problema: Entre os sistemas *Light Steel Frame* e *Light Wood Frame*, qual o sistema construtivo mais viável para execução de residências no sul do país do ponto de vista econômico.

### 1.1 JUSTIFICATIVA

Apesar de que o sistema construtivo em alvenaria ainda é o mais usado no Brasil atualmente, e mesmo que, com o passar do tempo, surgiram melhorias no método, alguns problemas precisam ser respondidos: Existe outro sistema construtivo mais viável ecológico e economicamente? E, dentre eles, qual o sistema mais viável: *Light Steel Frame* ou *Light Wood Frame*?

A chegada do *Light Steel Frame* e do *Light Wood Frame*, ambos considerados sistemas construtivos sustentáveis, trouxeram mais uma opção para o mercado brasileiro de construção. Não se utilizam tijolos ou cimento em uma obra feita por meio deste processo. No sistema *Light Steel Frame* o principal material estrutural é o aço galvanizado, que é 100% reciclável, já no sistema *Light Wood Frame* utiliza-se madeira de reflorestamento, que também pode ser reutilizada caso a construção seja desmontada. Por essas características e por haver uma grande economia no consumo de água no processo construtivo, esses sistemas são considerados sustentáveis. Outras importantes peculiaridades podem ser atribuídas na lista de vantagens: o ótimo desempenho acústico e térmico, a ampliação no espaço interno da obra em até 4% de área útil, a não proliferação de fungos, mofo ou bolor, além de uma

considerável redução no tempo de construção (LEROY MERLYN, 2017).

O tema abordado reúne um estudo dos métodos construtivos usado por países de primeiro mundo, e faz-se uma análise comparativa entre os dois sistemas, tornando-se uma fonte de pesquisa a ser consultada com outras bibliografias que tratam do mesmo assunto.

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo Geral

Descrever as características dos métodos construtivos *Light Steel Frame* e *Light Wood Frame*, fazendo um comparativo entre os dois sistemas.

### 1.2.2 Objetivos Específicos

- Elaborar pesquisa bibliográfica relacionado aos métodos construtivos *Light Steel Frame* e *Light Wood Frame*;
- Apresentar a disponibilidade dos materiais de construção no Brasil, usados em ambos os sistemas, e avaliar se é sustentável a sua utilização;
- Comparar a viabilidade econômica de construção entre os dois sistemas;
- Propor a aplicabilidade dos métodos *Light Steel Frame* e *Light Wood Frame* como uma construção sustentável no Sul do Brasil.

## 1.3 METODOLOGIA

A metodologia implica uma pesquisa do tipo descritiva, que Segundo Perovano, 2014:

O processo descritivo visa à identificação, registro e análise das características, fatores ou variáveis que se relacionam com o fenômeno ou processo. Esse tipo de pesquisa pode ser entendido como um estudo de caso onde, após a coleta de dados, é realizada uma análise das relações entre as variáveis para uma posterior determinação dos efeitos resultantes em uma empresa, sistema de produção ou produto (PEROVANO, 2014).

Quanto ao método, trata-se de um estudo de caso, para comparar e analisar métodos construtivos *Steel Frame* e *Wood Frame*. Segundo Beuren (2013) descreve, a

pesquisa do tipo estudo de caso como concentrado em um único caso, sendo o método preferido pelos pesquisadores que desejam aprofundar seus conhecimentos a respeito de determinado caso específico.

As fontes de consulta para o desenvolvimento da pesquisa bibliográfica foram livros, artigos de periódicos e materiais disponibilizados na rede mundial de computadores.

#### 1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho será estruturado em capítulos para facilitar a sua compreensão, que serão apresentados da seguinte forma:

O capítulo um tratará a introdução, que compreenderá a apresentação do tema da pesquisa, a justificativa, os objetivos de trabalho, os procedimentos metodológicos e a estrutura do trabalho.

No capítulo dois é apresentado uma revisão da literatura sobre o tema principal.

No capítulo três apresentar-se-á, no que se refere, os aspectos relevantes direcionados à revisão da literatura sobre o processo construtivo de ambos os sistemas.

O capítulo quatro apresentará uma pesquisa sobre os materiais utilizados nos sistemas *Wood Frame* e *Steel Frame*, consecutivamente, madeira e aço.

O capítulo cinco elucida um comparativo do ponto de vista financeiro entre os sistemas.

O capítulo seis apresenta a conclusão obtida com o desenvolvimento do presente trabalho, seguido pelas devidas referências bibliográficas.

## 2 SISTEMAS CONTRUTIVOS: LIGHT WOOD FRAME E LIGHT STEEL FRAME

No Brasil, busca-se cada vez mais, um método construtivo que tenha resistência, rapidez e principalmente comprometimento com o meio ambiente. Como opções têm-se o *Light Wood Frame* e *Light Steel Frame*, sistemas leves, industrializados, que permitem rapidez na montagem, além de uma considerável redução de desperdício de materiais no processo construtivo, o que os caracteriza como métodos sustentáveis. Serão abordadas neste capítulo as características dos sistemas *Light Wood Frame* e *Light Steel Frame*, além da disponibilidade no mercado sul brasileiro.

### 2.1 LIGHT WOOD FRAME

O sistema construtivo *Light Wood Frame* é constituído de uma estrutura de perfis leves de madeira maciça reflorestada e tratada, geralmente pinus spp, contraventados com chapas estruturais de madeira transformada, tipo OSB (Oriente Strand Board, que quer dizer: painel de tiras de madeira orientadas) (SILVA, 2010).

O sistema é industrializado desde o início, sendo possível planejar toda a execução construtiva, no intuito de gerar a menor quantidade de resíduos, e, portanto, diminuindo o lixo na construção civil. A pouca utilização desse sistema se deve à falta de conhecimento sobre o assunto no mercado sul brasileiro, o que reforça o objetivo da apresentação e divulgação das características técnicas, assim como as vantagens que o método oferece, incluindo sua evolução ao longo do tempo.

O termo *Wood Frame* vem do inglês que significa estrutura de madeira e de acordo com Alves (2015), surgiu nos Estados Unidos por volta do ano de 1830, mas destacou-se a partir da Revolução Industrial em meados de 1850, quando pregos e parafusos metálicos começaram a ser produzidos e utilizados como conectores, e conseqüentemente substituíram o método de encaixe da madeira.

Em concordância com Alves (2015), o autor Rodrigues (2006, p.10) afirma:

A história do *framing* inicia-se entre 1810, quando nos Estados Unidos começou a conquista do território, em 1860, quando a migração chegou à costa do Oceano Pacífico. Naqueles anos, a população americana se multiplicou por 10 e para solucionar a demanda por habitações recorreu-se a utilização dos materiais disponíveis no local (madeira), utilizando os conceitos de praticidade, velocidade e produtividade originados na Revolução Industrial.

Além disso, a Revolução Industrial fez surgir maquinários de serrarias e novos meios de produção que possibilitaram o beneficiamento da madeira com menor seção e de forma mais padronizada. Introduziu-se então, a técnica de industrialização do sistema construtivo, o que permitiu o barateamento da estrutura e a facilidade na montagem (LEAL; et al, 2011).

Apesar de não haver certeza sobre o surgimento da técnica *Light Wood Frame*, alguns estudiosos atribuem à Igreja de Santa Maria em Chicago, construída por George W. Show em julho de 1833, como o marco histórico e primeira obra em *Light Wood Frame*, ainda conforme Leal et al (2011). A figura 1 ilustra esta obra histórica:

Figura 1 – Primeira obra em *Light Wood Frame*, Igreja Saint Mary em Chicago.



Fonte: Leal et al, 2011.

Na Alemanha o *Light Wood Frame* representa 30% das construções. Nos Estados Unidos são mais de 75%, e no Canadá e na Suécia 90% das construções utilizam este sistema. Na América Latina o país que mais utiliza os sistemas construtivos a seco é o Chile – com 35% das casas. Nos países da Ásia o sistema é também bastante utilizado em edifícios, e sua aplicabilidade foi comprovada no Japão, quando cientistas japoneses e norte-americanos construíram um protótipo de um edifício de sete pavimentos em escala real sobre uma plataforma que simulava terremotos de magnitude 7.5 na escala Richter. O experimento teve sucesso ao comprovar a eficiência do método no que diz respeito à resistência e segurança estrutural em edifícios construídos em *Light Wood Frame*, afirma Alves (2015).

O sistema fornece conforto aos ocupantes além de que, a construção na madeira é um estilo tradicional, contemporâneo e mais futurista. Além disso, suas variedades arquitetônicas são ilimitadas. Conforme Ferreira (2014), dentre as vantagens da construção utilizando o sistema *Light Wood Frame*, pode-se destacar:

- obra seca e limpa, com menor geração de resíduos;
- fabricação das peças em ambiente industrializado, reduzindo o tempo de obra;
- utilização de madeira de reflorestamento, única matéria prima renovável na construção civil;
- estabilidade do preço da matéria prima;
- bom desempenho em conforto térmico e acústico.

Porém, existem algumas desvantagens que cabe destacar:

- requer mão de obra treinada;
- altura das edificações deve ser no máximo de quatro pavimentos;
- necessita maiores cuidados quanto a impermeabilização;
- resistência do mercado a mudança devido ao preconceito da sociedade.

Em Araucária no Paraná, a empresa TecVerde, especializada em *Light Wood Frame*, realizou a construção do primeiro prédio de três pavimentos no Brasil. O projeto conta com 12 apartamentos distribuídos em 3 pavimentos, sendo que uma das torres teve sua montagem finalizada em apenas 40 horas. O empreendimento foi um experimento da empresa que tem como perspectiva a integração desta tecnologia para a saída da crise habitacional no país. A empresa estima que a tecnologia de produção e montagem dos painéis permita com que uma construção de 45m<sup>2</sup> seja finalizada em apenas duas horas, com mão de obra de cinco pessoas. No caso de prédios, com uma equipe maior, será possível entregar a obra completa em poucas semanas. A Tecverde ainda destaca que a emissão de resíduos (uma das questões mais prejudiciais ao meio ambiente por parte da construção civil) é reduzida em 85% com o uso de tecnologias sustentáveis, e o uso de água na construção tem redução de 90% (MARTINS, 2016).

Figura 2 – Primeiro Edifício em *Light Wood Frame* do Brasil.



Fonte: Martins, 2016.

A figura 2, mostra o primeiro edifício construído em *Light Wood Frame* no Brasil. A seguir será apresentado o sistema *Light Steel Frame*, com sua história e todas as suas vantagens de aplicabilidade.

## 2.2 LIGHT STEEL FRAME

Surgiu como uma evolução da técnica *Light Wood Frame*, sistema utilizado há séculos nos Estados Unidos, que tem como conceito estrutural o mesmo do *Steel Frame*, diferenciando na utilização da madeira ao invés do aço, o qual seria um passo além no sistema.

O *Light Steel Frame* (ou *Light Steel Framing*) é um dos sistemas construtivos mais utilizados no mundo. E, no Brasil, apesar de não ser tão conhecido, seu uso está em crescimento nos últimos anos, segundo Gouveia (2016). Por não utilizar água no canteiro de obras, com exceção da fundação, o sistema também é conhecido como construção seca.

O steel frame é um sistema construtivo racional constituído de perfis leves de aço galvanizado, que formam paredes estruturais e não-estruturais depois de receber os painéis de fechamento. Por ser um processo industrializado de construção, permite executar a obra com grande rapidez, a seco e sem desperdícios. [...] esse sistema é formado por painéis que possuem perfis metálicos (montantes, guias, cantoneiras, chapas e fitas metálicas), formando uma espécie de esqueleto que se torna a estrutura da edificação. (TERNI; SANTIAGO; PIANHERI, 2008)

Entre as vantagens do sistema, conforme CBCA (2017), é válido destacar:

- Agilidade no prazo de construção, cerca de 1/3 do tempo se comparado com construções em alvenaria, o que resulta em menores custos diretos e indiretos;
- Distribuição uniforme dos esforços através de paredes leves e autoportantes, e redução no peso da estrutura resulta em alívio nas fundações;
- Excelente desempenho acústico devido à instalação da lã de rocha ou lã de vidro entre as paredes e forro;
- Fácil manutenção de instalações hidráulicas, elétricas, ar condicionado, etc.;
- Capaz de vencer grandes vãos devido à comprovada resistência do aço, proporciona maiores espaços, eliminando colunas e paredes intermediárias, dando maior flexibilidade na concepção de projetos;
- O aço galvanizado não propaga fogo.

Ainda conforme a CBCA (2017), cabe destacar que o sistema *Steel Frame* também apresenta algumas desvantagens, como:

- Necessidade de alto conhecimento tecnológico para a execução do sistema;
- Custos elevados de materiais;
- Baixa aceitabilidade dos consumidores;
- Para que não se eleve o custo de transporte de materiais há a necessidade de insumos próximos, o que se dificulta devido à falta de fornecedores.

### **2.2.1 História do Steel Frame**

O manuseio do aço só se tornou possível após as descobertas que a Revolução Industrial trouxe. A primeira construção em estrutura metálica em aço fundido foi a ponte sobre o rio Severn, no Reino Unido, em 1779, apresentada na figura 3, e conforme afirmação de Colin (2013).

Figura 3 – Ponte sobre o Rio Severn.



Fonte: Colin, 2013.

A primeira patente de um sistema construtivo a base de elementos pré-fabricados foi de Jorge Borgadus (1800 – 1874). O sistema era bastante similar ao que se usa hoje em dia, como vigas, pilares e painéis de vedação, mas se utilizava ainda o ferro fundido. Em 1864 o ferro fundido dá espaço ao aço laminado, e por volta do século XX, quando as siderúrgicas americanas começaram a disponibilizar aços com menores espessuras e maior resistência à corrosão, o chamado aço galvanizado, é que a madeira foi gradualmente sendo substituída nas obras (LEAL; et al, 2011).

A partir de meados do século XX, mais precisamente após a Segunda Guerra mundial, os pré-fabricados vieram com força para suprir o déficit habitacional. E, para isso, foram se desenvolvendo novos métodos com o intuito de diminuir o tempo de construção. Além disso, com a globalização dos mercados, a construção passou a contar com uma legislação específica para as estruturas em aço leve galvanizado, informa a Futureng (2017).

O emprego massivo do Steel Frame ocorre somente a partir da década de 1990, impulsionado pelo aumento no preço das construções em madeira. A principal causa deu-se após os desastres naturais que assolaram os EUA, primeiro o furacão Andrew em 1992 e em 1994 o terremoto Northridge. A maioria das casas em Wood Frame mostraram-se pouco resistentes aos desastres, causando no primeiro caso o maior

reembolso já pago pelas seguradoras estadunidenses e no segundo tendo 25 mortes relacionadas ao método construtivo em madeira. Assim, as companhias passaram a sobretaxar as construções em Wood Frame e subtaxar as de Steel Frame impulsionando esse mercado que passou de 500 casas construídas em 1992 para 500.000 em 2004. (LEAL; et al, 2011).

Ainda conforme Leal et al (2011), atualmente o mercado brasileiro desenvolveu-se bastante, tanto na procura pela técnica, como na produção dos componentes. Hoje, os produtos são todos fabricados no Brasil, formando uma cadeia de fornecedores com garantia de qualidade e até mesmo concorrência entre empresas. No Brasil, a primeira obra em *Steel Frame* foi feita em 1998 pela construtora paulista Sequência, um condomínio de casas de alto padrão executado em cem dias com quase todos os componentes importados. Não há dados precisos quanto ao aumento do uso do *Light Steel Frame* no Brasil, no entanto, a 3ª edição da pesquisa Cenário dos Fabricantes de Perfis Galvanizados para Light Steel Frame e Drywall, em parceria com o Instituto de metais não-Ferrosos (ICZ), aponta:

Esta pesquisa aponta que, na contramão das pesquisas realizadas no país sobre a construção civil, que têm mostrado constantemente dados negativos, os dados levantados apontam índices positivos em relação a esses fabricantes. Essa análise reforça a premissa de que em tempos de crise, novos sistemas surgem como solucionadores de problemas. A produção de perfis galvanizados para light steel frame, por exemplo, aumentou 2% em relação ao ano anterior (2014), chegando a 46.190 toneladas no ano 2015. Esses perfis foram em sua grande maioria empregados em edificações industriais. A capacidade produtiva passou de 48% para 50% no seu nível de utilização. Já a produção de perfis para drywall apresentou acréscimo de 0,4%, chegando a 98.290 toneladas. Esses perfis foram em sua grande maioria empregados em edificações comerciais. A capacidade produtiva passou de 66% para 67% no seu nível de utilização. Os fabricantes de perfis para light steel frame e para drywall empregaram 1.300 pessoas e faturaram cerca de 496 milhões de reais, um acréscimo expressivo de 24% em relação ao ano anterior, e projetam crescimento em 2016. (CBCA, 2017)

Tendo em vista as necessidades apresentadas por uma sociedade em desenvolvimento, o *Light Steel Frame*, por ser uma forma de construir que proporciona baixo custo, por economizar na mão de obra, rapidez, flexibilidade, preservação ambiental, é uma tendência natural da construção civil.

### 3 PROCESSO CONSTRUTIVO: DA FUNDAÇÃO À COBERTURA

O processo construtivo dos sistemas *Light Wood Frame* e *Light Steel Frame* são praticamente iguais, diferenciando apenas na parte estrutural, que será detalhado a seguir.

#### 3.1 FUNDAÇÃO

Assim como nas construções convencionais de alvenaria, para uma construção em *Light Wood Frame* e *Light Steel Frame*, a fundação deve ser escolhida conforme o solo de cada local. E, como qualquer fundação, requer uma boa impermeabilização, no intuito de evitar infiltrações e umidade. Além disso, por ser um sistema autoportante, a fundação deve estar perfeitamente nivelada e em esquadro, permitindo a correta transmissão das ações da estrutura, segundo Terni, Santiago e Pianheri (2008).

##### 3.1.1 Radier

Na grande maioria das vezes a fundação aplicada no sistema *Light Wood Frame* e *Light Steel Frame* é o *radier* ou sapata corrida, salienta Silva (2010). A leveza da estrutura do *Light Wood Frame*, que transfere menos esforços sobre a fundação, a rapidez e facilidade na sua execução, e o possível aproveitamento da estrutura como um contra piso são motivos pelos quais o *radier* é o mais utilizado neste sistema construtivo. No caso de edificações residenciais, cujas cargas são relativamente baixas, a opção pelo *radier* é a mais propícia. Quando bem-executado e nivelado, prescinde de contrapiso, podendo receber diretamente o revestimento. Por ser uma estrutura de concreto armado, demanda poucas fôrmas, principalmente de madeira, cuja participação no custo da estrutura convencional pode chegar a 20%.

A imagem da figura 4 a seguir mostra a estrutura em *Wood Frame* aplicada sobre a fundação em *radier*.

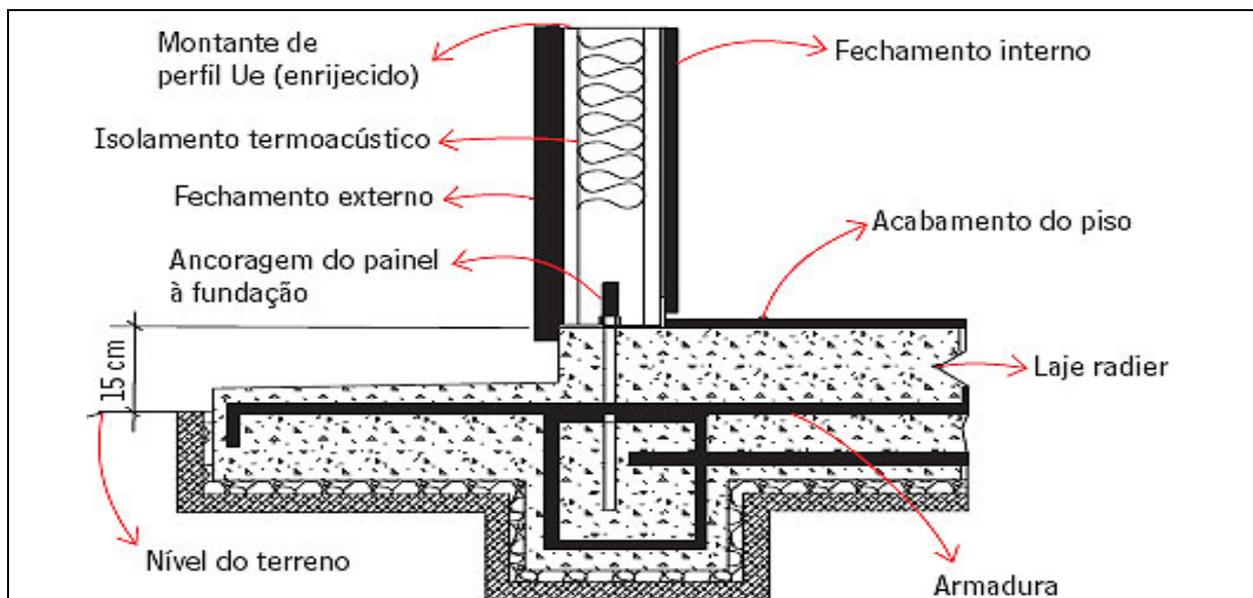
Figura 4 – Estrutura em *Light Wood Frame* aplicada sobre *Radier*.



Fonte: Silva, 2010.

O radier define-se por um tipo de fundação rasa, constituída de uma laje em concreto armado onde toda a estrutura será apoiada, e com cota bem próxima da superfície do terreno. Terni, Santiago e Pianheri (2008) afirmam: “Geralmente, é dimensionado com base no modelo de placa sobre base elástica [...]. Neste caso, o solo é visto como um meio elástico formando infinitas molas que agem sob o inferior da placa, gerando uma reação proporcional ao deslocamento”. Na figura 5, é apresentado o detalhamento de um *radier*.

Figura 5 – Detalhamento de *radier*.



Fonte: Terni; Santiago; Pianheri, 2008.

Conforme visto no detalhamento acima, e afirmação de Terni, Santiago e Pianheri (2008), o *radier* deve possuir certo desnível em seu contorno para que o painel fique protegido da umidade. Para isso, a distância do contrapiso ao solo deve ser de pelo menos 15 cm, para evitar a penetração de umidade. Se a altura para dimensionamento do radier demandar que parte dele fique enterrado, o solo pode servir como forma em suas faces, porém, deve possuir resistência necessária para tanto. E, antes da execução deste tipo de fundação, é necessária a limpeza da superfície do terreno, sendo ideal a retirada de uma camada superficial que pode prejudicar a transmissão de carga para o terreno. E, posterior a isso, para obter uma boa camada de suporte, deve-se proceder a correta compactação do solo.

Na fase de projeto já devem ser previstas as furações para instalações hidráulicas, sanitárias e elétricas. A fim de que não ocorram transtornos na montagem dos painéis, nas colocações das tubulações e dos acessórios, essas locações devem ser precisas em relação às posições e diâmetro dos furos, visto que, se houver grande desalinhamento, os ajustes são dificultados. A figura 6 ilustra uma parte de estrutura de *Steel Frame* com furações para as instalações elétricas e hidráulicas.

Figura 6 – Furações para instalações elétrica e hidráulicas.



Fonte: Terni; Santiago; Pianheri, 2008.

### 3.1.2 Sapata Corrida

A sapata corrida é uma fundação rasa e contínua que recebe a carga das paredes ou painéis, e apoia-se diretamente sobre o terreno. É como uma viga de concreto armado, mas sua base é alargada para que a ação oriunda do painel ao solo seja melhor distribuída. O solo deve ter resistência condizente com a intensidade do carregamento, e nele é construída uma vala que deve ser maior que 40 cm de largura e não deve ultrapassar 1 metro, conforme Votorantim (2014).

Conforme Terni, Santiago e Pianheri (2008), a sapata corrida é classificada em rígida ou flexível, dependendo das dimensões. No caso de construções em *Light Wood Frame*, ou *Light Steel Frame*, adota-se geralmente a sapata rígida. E, conforme a configuração da sapata, se determina a necessidade de executar o contrapiso com ou sem armadura.

Na figura 7 apresenta-se uma execução de sapata corrida, e na figura 8 a sapata corrida já com contrapiso.

Figura 7 – Detalhe da ligação sapata corrida x Light Steel Frame.

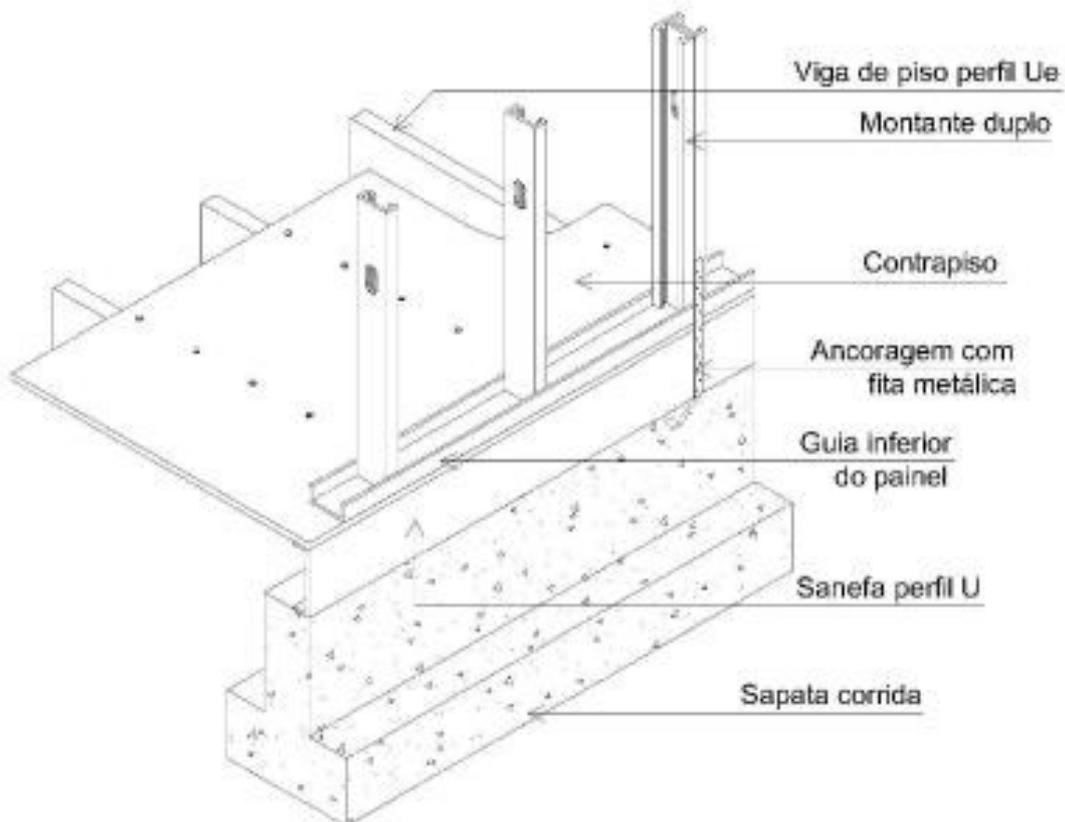


Figura 8 - Sapata corrida com contrapiso.



Fonte: Terni; Santiago; Pianheri, 2008.

As figuras acima mostraram de que forma a sapata rígida se encontra para a utilização do sistema antes da construção.

### 3.1.3 Basement Wall

Em países onde o inverno é mais rigoroso, como no hemisfério norte, existem estruturas subterrâneas mais conhecidas como *basement wall* (parede do porão), onde, sobre essas paredes de concreto ou blocos de concreto, são dispostas as vigas de madeira com seção I para sustentação e distribuição das cargas da estrutura *Light Wood Frame*. Em países com clima tropical, como o Brasil, a utilização de *basement wall* é vantajosa por garantir o conforto térmico da edificação, principalmente daquelas construídas em regiões muito quentes. O *basement* se localiza parcialmente ou totalmente abaixo do nível do solo, com no mínimo 60 cm, destacam Calil Junior e Molina (2010).

Alguns terrenos inclinados podem demandar por esse tipo de fundação, assim

como construções em algumas regiões com temperaturas extremas, uma vez que o *basement* mantém a casa isolada termicamente, pois o congelamento não agride o conforto térmico desse nível subterrâneo. Contudo, no caso do *light wood frame*, a construção do subsolo em concreto também mantém a madeira afastada da umidade, conforme Globalplac (2017).

Figura 9 – Projeto de residência com *Basement Wall*.



Fonte: Globalplac, 2017.

Na figura 9, um exemplo de como ficaria uma residência com *Basement Wall*. Percebe-se que a parte inferior da construção se mostra completamente habitável, fazendo menção ao conforto de quem optar por esse tipo de construção, sem que seja preocupante aspectos como umidade, por exemplo.

### 3.2 ANCORAGEM

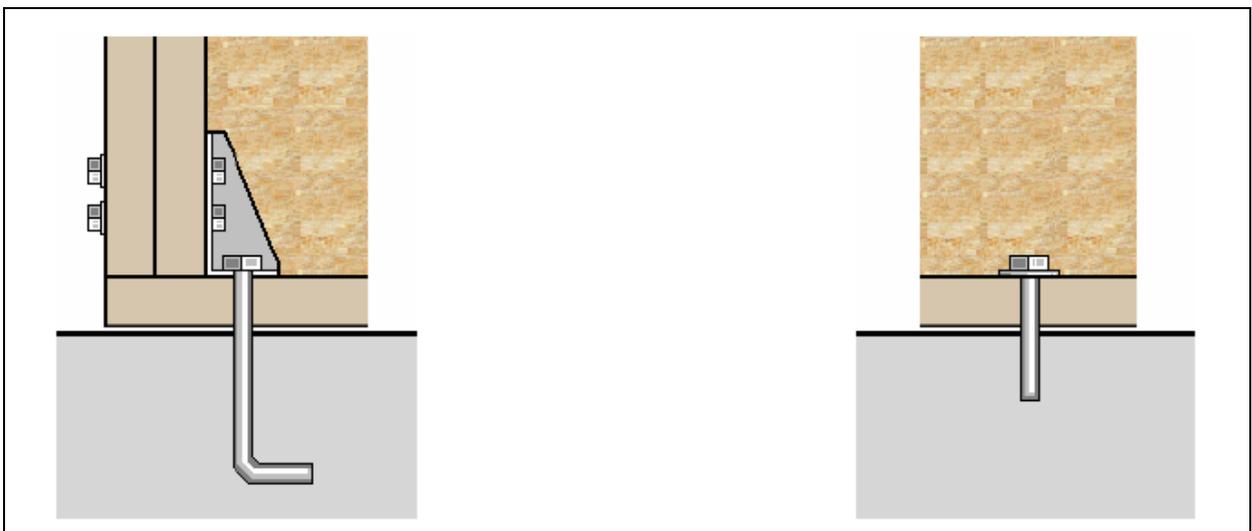
A ancoragem é a forma de fixar os painéis de madeira da parede à estrutura de fundação de concreto. Castro e Freitas (2006 apud ECKER; MARTINS, 2014) explicam que:

A escolha da ancoragem mais eficaz depende do tipo da fundação e das solicitações que ocorrem na estrutura devido a sua carga e as condições climáticas e ambientais.

É através do cálculo estrutural que são definidas as dimensões, espaçamentos e o tipo de ancoragem, sendo que os tipos mais utilizados de ancoragem são: a química, com barra roscada, e a expansível, com *parabolts*.

A fixação dos painéis por meio químico se dá por parafusos adequadamente posicionados no concreto ainda fresco. Outra forma seria a utilização de parafusos auto-atarrachantes, também chamados de *parabolts*, aplicados no momento da fixação dos painéis, como pode ser observado na Figura 10.

Figura 10 – Elementos de ancoragem; barra de ancoragem e *parabolts*.



Fonte: Ecker; Martins, 2014.

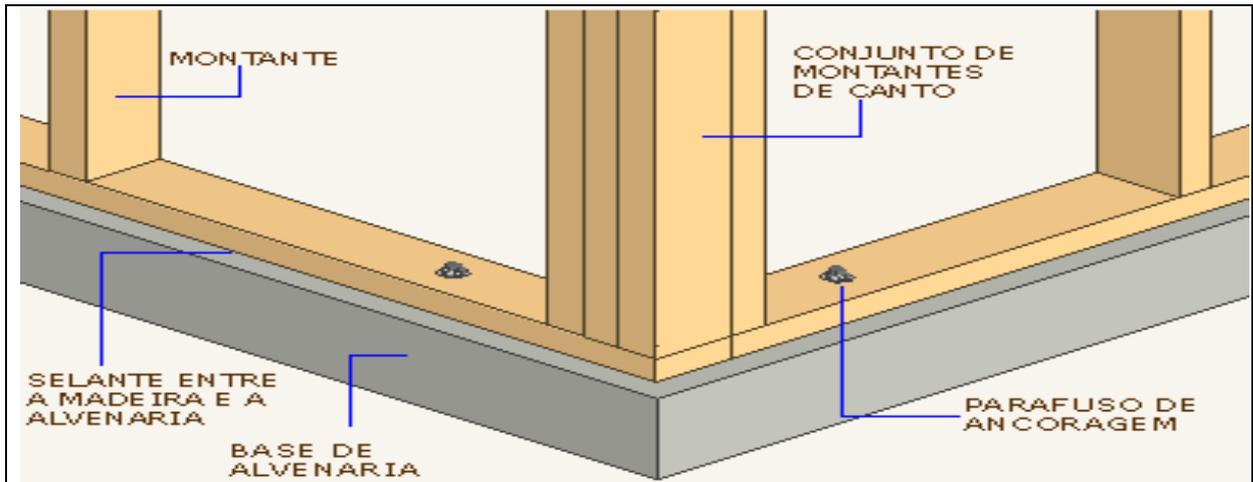
### 3.3 ESTRUTURA DAS PAREDES

#### 3.3.1 Estrutura das Paredes em *Light Wood Frame*

As estruturas das paredes, ou quadros estruturais, são formadas pelos chamados montantes, ou seja, peças de madeira maciça serrada, na vertical, com seção típica de 2" x 4" aparelhados de modo que fiquem com seção de 38mm x 90mm. Além dos montantes, os painéis contam com travessas, bloqueadores, umbrais, vigas, caibros, ripas e sarrafos, com alta resistência. O espaçamento entre os montantes são entre 40cm a 60cm. O painel é fechado com duas guias de madeira de mesma seção, uma superior e outra inferior. Para a solidarização do painel à fundação, ou plataforma, uma segunda guia é pregada sobre a guia superior, sobrepondo o encontro dos painéis, formando assim, a planta do pavimento, conforme Terni, Santiago e Pianheri (2008).

A figura 11 ilustra os detalhes da fixação dos montantes na fundação.

Figura 11 – Detalhamento da fixação dos montantes à fundação.



Fonte: USP, 2017.

Para as ligações, Terni, Santiago e Pianheri (2008) explica que: “empregam-se pregos galvanizados, normalmente a fogo, pois devem ter uma longa vida útil. Os tipos de pregos utilizados são ardox e anelado, dificultando assim o arranchamento”. Já Ecker e Martins (2014) afirmam que podem ser usados outros mecanismos de fixação nas estruturas de painéis de *Light Wood Frame*, como os de encaixe, parafusos, pregos anelados, grampos, ganchos de ancoragem, chumbadores, conectores, pinos, chapas com dentes estampados e/ou cola.

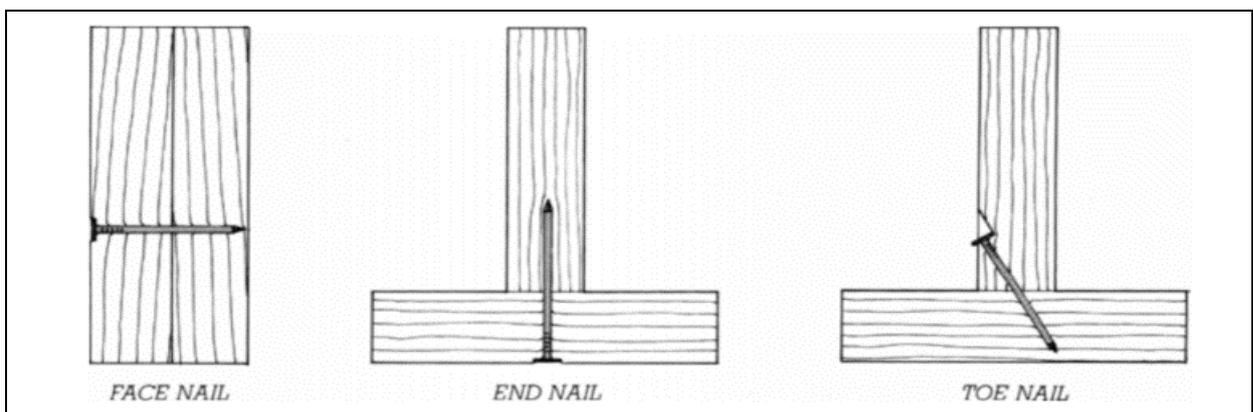
Na figura 12 um prego do tipo Ardox, e na figura 13 os tipos de pregação.

Figura 12 – Pregos Ardox.



Fonte: Comercial Gerdaul, 2015.

Figura 13 – Tipos de Pregação.



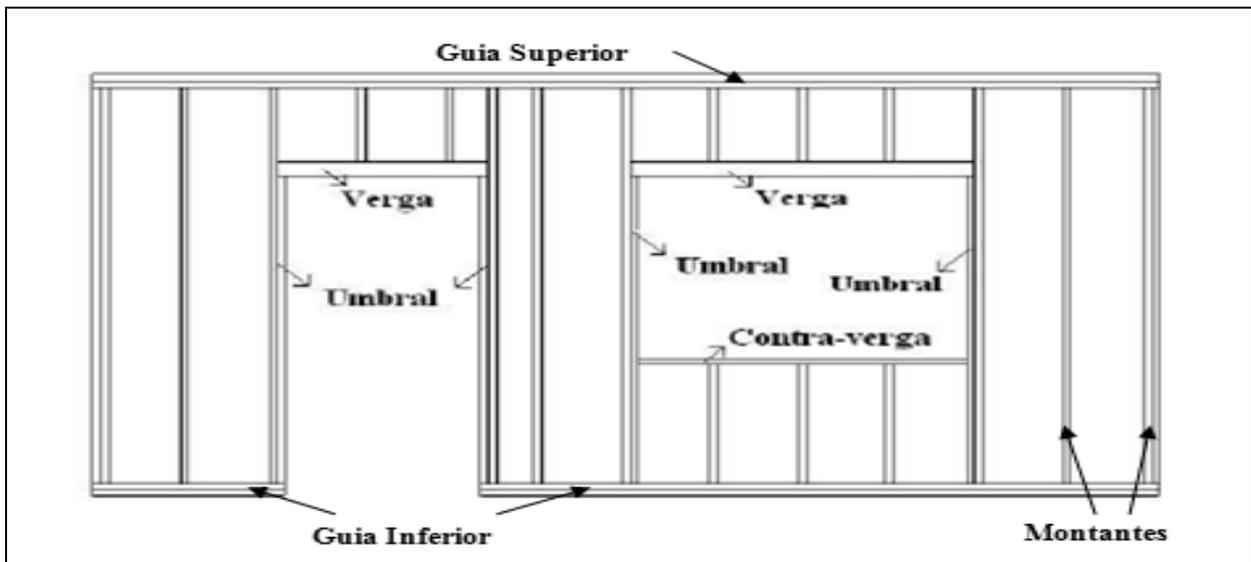
Fonte: Silva, 2017.

Ao chegar nas aberturas de portas e janelas deve-se ter cuidado no encontro dos montantes:

Para aberturas de portas e janelas, os montantes que se encontram na região devem ser deslocados lateralmente, nunca eliminados. Além dos montantes acumulados nas laterais, deve ser incluído mais um, com a altura da abertura para que sirva de apoio para as vergas. Na parte inferior devem ser colocados ainda mais dois pedaços de montantes com 38 mm a menos que a altura inferior da abertura, de forma que receba mais uma peça de montante horizontal. Para os vãos inferiores e superiores da abertura devem ser colocados pedaços de montantes de forma que mantenham o espaçamento padrão de 40 cm ou 60 cm e sirvam de apoio para as placas, sejam de drywall ou OSB. (TERNI; SANTIAGO; PIANHERI, 2008)

A figura 14 mostra os componentes do quadro estrutural do painel.

Figura 14 – Quadro estrutural com aberturas de porta e janela.



Fonte: Ecker; Martins, 2014.

O contraventamento vertical da estrutura é feito com a fixação de chapas de madeira e derivados (OSB ou madeira compensada) nas faces externas da parede e, eventualmente, em alguma parede interna.

Como descrito por Velloso (2010, p.33, apud ECKER; MARTINS, 2014), quanto à fabricação dos painéis, pode haver diferentes níveis de industrialização, quais sejam:

- Kits pré-cortados: compostos por peças de madeira pré-cortadas nas seções transversais definidas em projeto, e o quadro estrutural é montado no canteiro de obras.
- Casas Panelizadas: Para reduzir o tempo de execução no canteiro de obras os painéis de parede e treliças de cobertura são pré-fabricados. Assim, se garante a

confiabilidade dimensional dos elementos e componentes produzidos no ambiente de fábrica, reduzindo as necessidades de ajustes ou retrabalhos.

- Casas Modulares: O grau de industrialização é maior que as panelizadas citadas anteriormente, pois são fabricados módulos tridimensionais que vão compor a edificação montada no canteiro de obras, inclusive possibilitando a instalação elétrica, hidráulica e das esquadrias virem embutidas nas paredes.
- Casas Industrializadas: Neste caso a casa já é transportada ao canteiro de obras com todas as instalações (elétrica, hidráulica e esquadrias), e inclusive o acabamento das paredes já finalizados.

O contraventamento, assim como no método *Light Steel Frame* é feito com as placas ou painéis de OSB, que será detalhado posteriormente.

### 3.3.2 Estrutura das Coberturas em *Light Wood Frame*

A cobertura é formada por elementos leves de madeira que podem se aplicar formatos variados, e utilizar diferentes tipos de telhas. Segundo a Tecverde (2016), podem ser utilizados telhados contidos, lajes impermeabilizadas com cobertura verde, telhados aparentes convencionais e não há restrições quanto ao tipo de telha a ser utilizada.

No sistema *Light Wood Frame* a estrutura das coberturas é executada de forma que as tesouras são um pouco mais espaçadas do que nas construções convencionais, e desta forma, dispensando a utilização de caibros e terças.

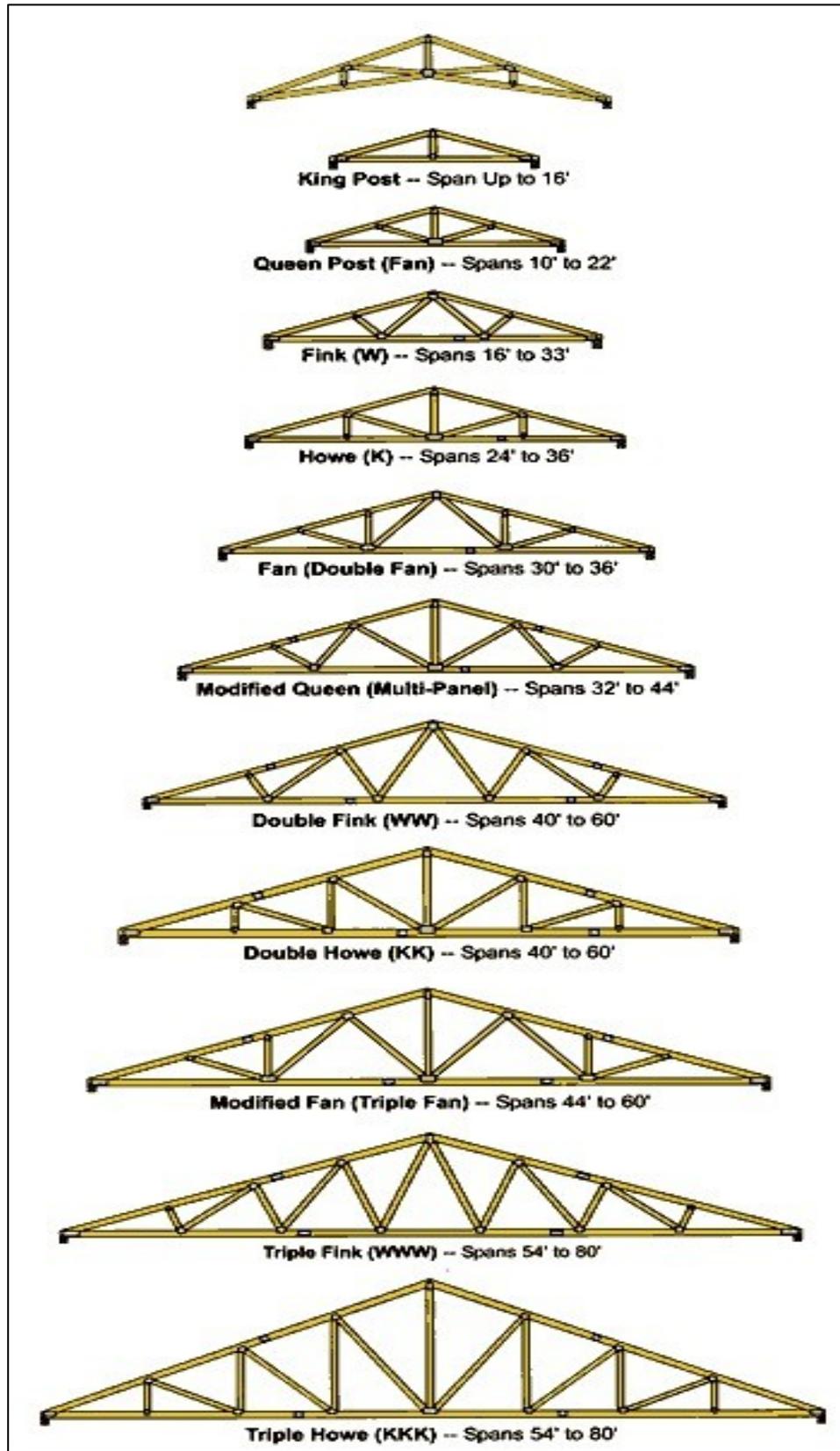
Figura 15 – Elementos que compõem a estrutura da cobertura.



Fonte: Kelvin, 2017.

A Figura 16 apresenta alguns tipos de tesouras.

Figura 16 – Tipos de tesouras.



Fonte: Dias, 2008.

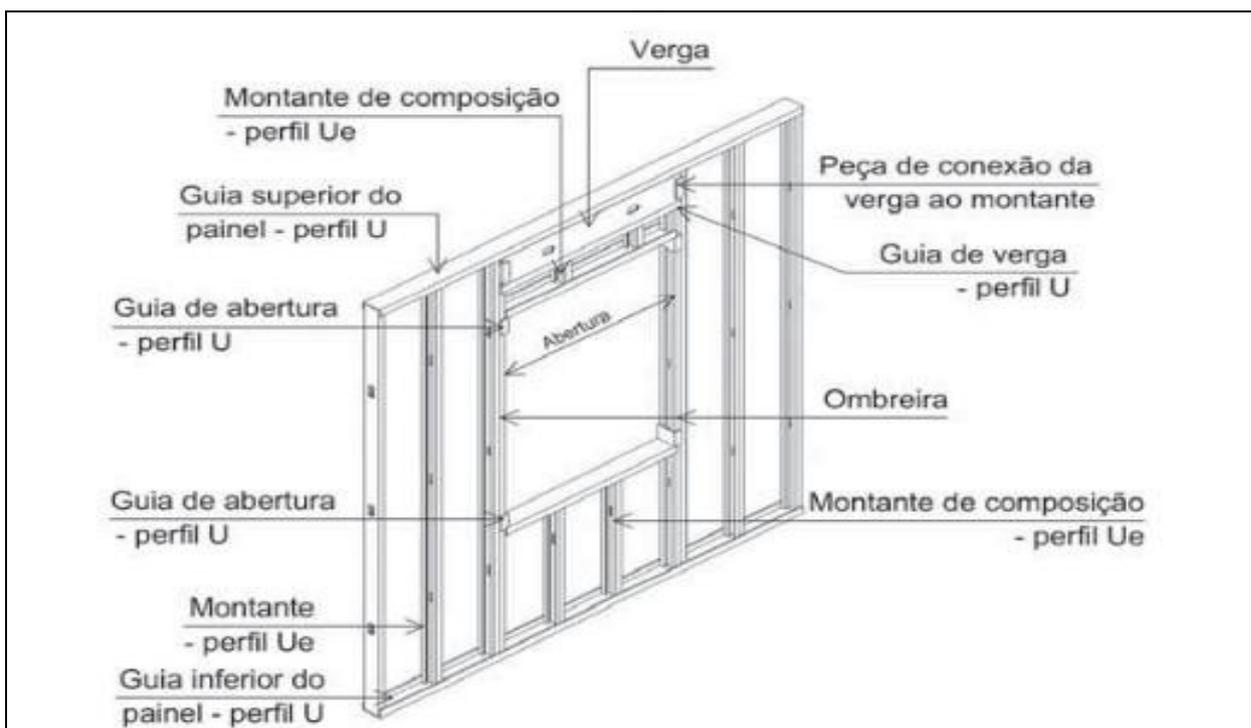
### 3.3.3 Estrutura das Paredes em *Light Steel Frame*

A estrutura das paredes do sistema *Light Steel Frame* é projetada para receber uma pequena parcela de carga, visto que as cargas são divididas em uma grande quantidade de elementos estruturais, permitindo assim a utilização de perfis conformados com chapas finas de aço. A disposição dos montantes na estrutura dos painéis, as suas características geométricas, e o sistema de fixação entre as peças, permitem que o painel absorva e transmita tanto cargas verticais como horizontais. A distribuição dos perfis fica entre 40 e 60 centímetros, o que “permite o controle de utilização e a minimização do desperdício dos materiais complementares industrializados que estão enquadrados no módulo de 600mm, tais como: fechamentos em placas cimentícias, OSB [...] ou placas de gesso acartonado” (ROCHA, 2016).

As paredes que constituem a estrutura são também chamadas de painéis estruturais ou autoportantes. Esses painéis são compostos de elementos verticais com seção transversal, conhecidos como montantes e elementos horizontais de seção transversal U, denominados guias. A função destes painéis é absorver cargas incidentes na estrutura e transmiti-las as fundações, conforme Santiago (2008, apud ECKER; MARTINS, 2014).

A Figura 17 apresenta os componentes de um painel estrutural com abertura.

Figura 17 – Componentes de um painel estrutural com abertura.

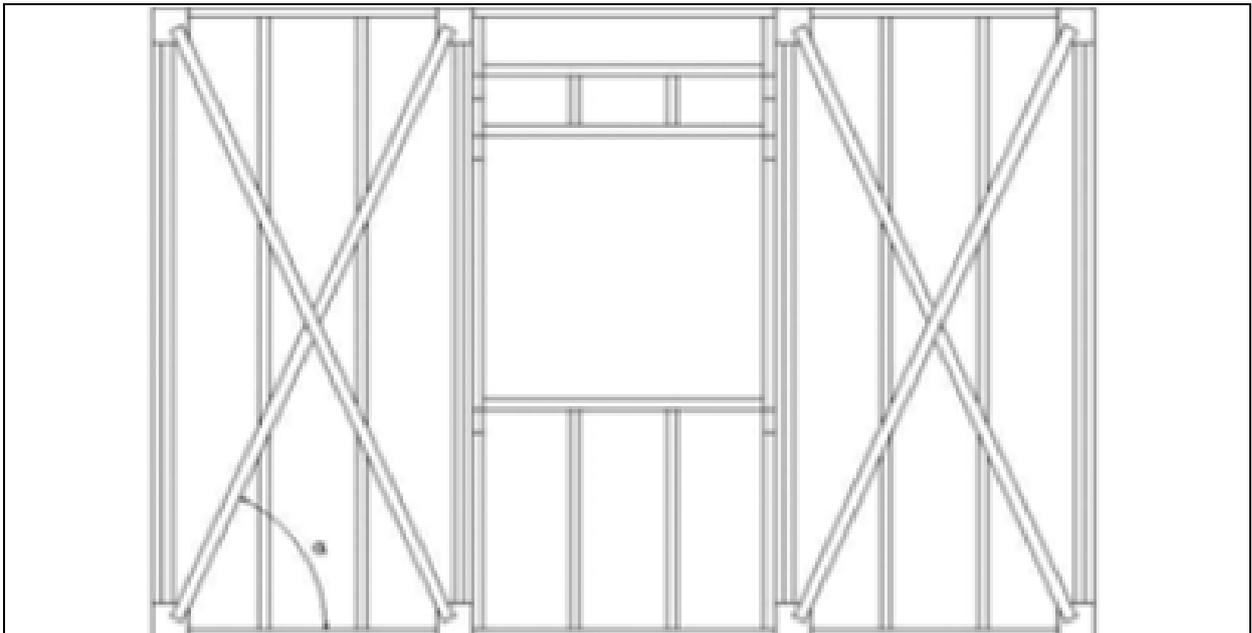


Fonte: Ecker; Martins, 2014.

O que garante a estabilidade da estrutura e das paredes, e evita deslocamentos indesejados é o contraventamento, feito com painéis de OSB, e que também serve de fechamento das paredes. Porém, é mais comum o método de estabilização em “X”, que consiste em utilizar fitas em aço galvanizado fixadas na face do painel, cuja largura, espessura e localização são determinadas pelo projeto estrutural, conforme Ecker e Martins (2014).

A figura 18 mostra o contraventamento em X,

Figura 18 – Contraventamento em X com fitas de aço galvanizado.



Fonte: Ecker; Martins, 2014.

Ainda conforme Ecker e Martins (2014) os parafusos mais utilizados nas construções em *Light Steel Frame* são os autoatarraxantes e autoperfurantes.

E para a montagem dos painéis de *Light Steel Frame* existem três métodos de construção que podem ser utilizados, sendo eles:

- i. Método “stick” - Neste método, os perfis são cortados e montados no local da obra, juntamente com as demais estruturas. Essa técnica pode ser usada em locais onde a pré-fabricação não é viável. A vantagem é que não há necessidade do construtor possuir um local para a pré-fabricação do sistema e também a facilidade de transporte das peças até o canteiro. No entanto, apesar das ligações serem de fácil execução, existe um aumento de atividades na obra e a montagem é mais lenta.
- ii. Método por painéis - Este método utiliza painéis, contraventamentos, lajes e tesouras de telhado pré-fabricados fora do canteiro e montados no local da obra, diferenciando-se assim do método “stick”, onde tudo é feito no próprio canteiro. As principais vantagens deste método estão na velocidade de montagem e no alto controle de qualidade na produção dos sistemas. Contudo, faz-se necessário, temporariamente, um grande espaço físico para montagem e estocagem dos componentes.

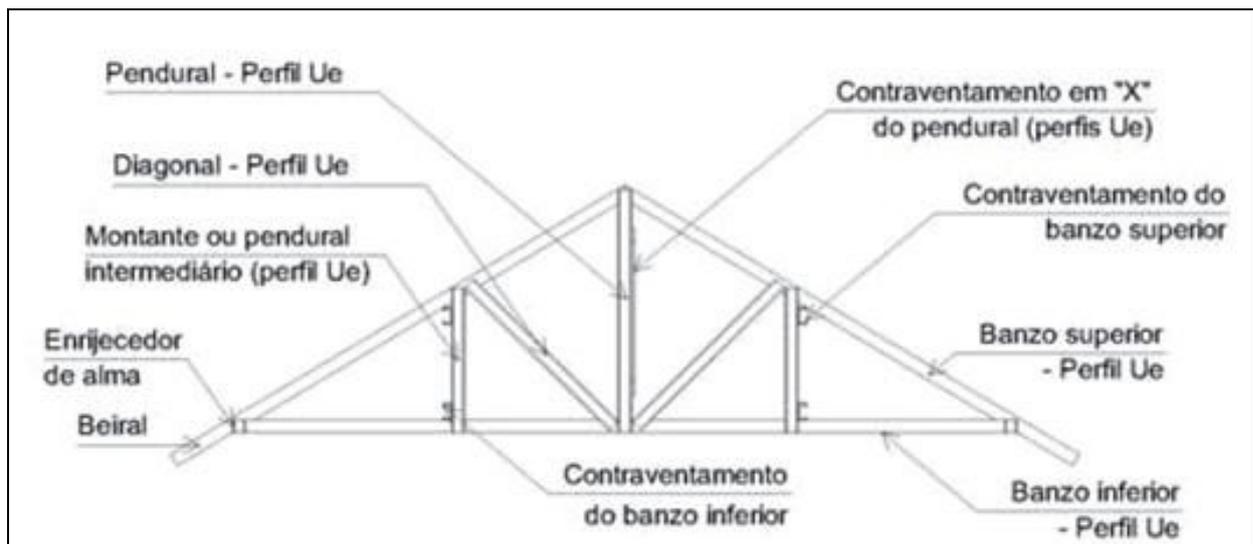
iii. Construção modular - Na construção modular as unidades são completamente pré-fabricadas e podem ser entregues no local da obra com os acabamentos internos como revestimentos, louças, mobiliário fixo, instalações elétricas e hidráulicas, etc. As unidades podem ser montadas lado a lado ou uma sobre as outras, formando a construção final. (ECKER; MARTINS, 2014)

### 3.3.4 Estrutura das Coberturas

Para a cobertura das edificações em *Steel Frame* seguem os mesmos princípios das construções convencionais, possibilitando assim a execução de modelos diversificados. Na execução de telhados inclinados, as tesouras em *Light Steel Frame* têm as mesmas características das convencionais em madeira, o que torna os projetos de ambas bastantes semelhantes, como sugere Ecker e Martins (2014).

A Figura 19 mostra os elementos de um tipo de tesoura em *Light Steel Frame*.

Figura 19 – Elementos de uma tesoura em *Light Steel Frame*.



Fonte: Ecker; Martins, 2014.

### 3.4 IMPERMEABILIZAÇÃO

Após a estrutura estar pronta deve-se fazer a impermeabilização, que consiste na colocação de uma membrana hidrófuga em toda envoltória da edificação. Segundo Silva (2017), a membrana hidrófuga e a barreira de vapor são películas que tem a função de evitar que a água da chuva e a umidade interna penetrem na parede, protegendo e aumentando a durabilidade da estrutura.

A Figura 20 mostra a membrana hidrófuga instalada na envoltória da edificação.

Figura 20 – Membrana hidrófuga.



Fonte: LP, 2011 apud Silva, 2017.

Em concordância com Silva (2017), Calil Jr. e Molina (2010) afirmam que a membrana hidrófuga tem a função de proteger o sistema das intempéries e da umidade em geral. Além disso, são utilizadas em áreas expostas a água, como banheiro e cozinha, podendo ser aplicado sobre a membrana placas cimentíceas com selador acrílico anti-fungo e pintura de resina acrílica pura, ou ainda placas de gesso acartonado resistente à umidade, revestidas com azulejo. Para garantir a estanqueidade da cobertura, deve-se utilizar manta de subcobertura, como pode-se observar na figura 21.

Figura 21 – Manta de subcobertura.



Fonte: Ecker; Martins, 2014.

A impermeabilização das construções em *Light Steel Frame* e *Light Wood Frame* seguem as diretrizes nº 003 (2012) e 005 (2011) do Sistema Nacional de Avaliações Técnicas, que afirmam que as construções devem ter estanqueidade:

- à água de chuva em sistemas de vedações verticais externas (fachadas);
- de vedações verticais internas e externas com incidência direta de água de uso;
- de juntas (encontros) entre paredes e entre paredes e lajes;
- de pisos em contato com o solo;
- do sistema de cobertura.

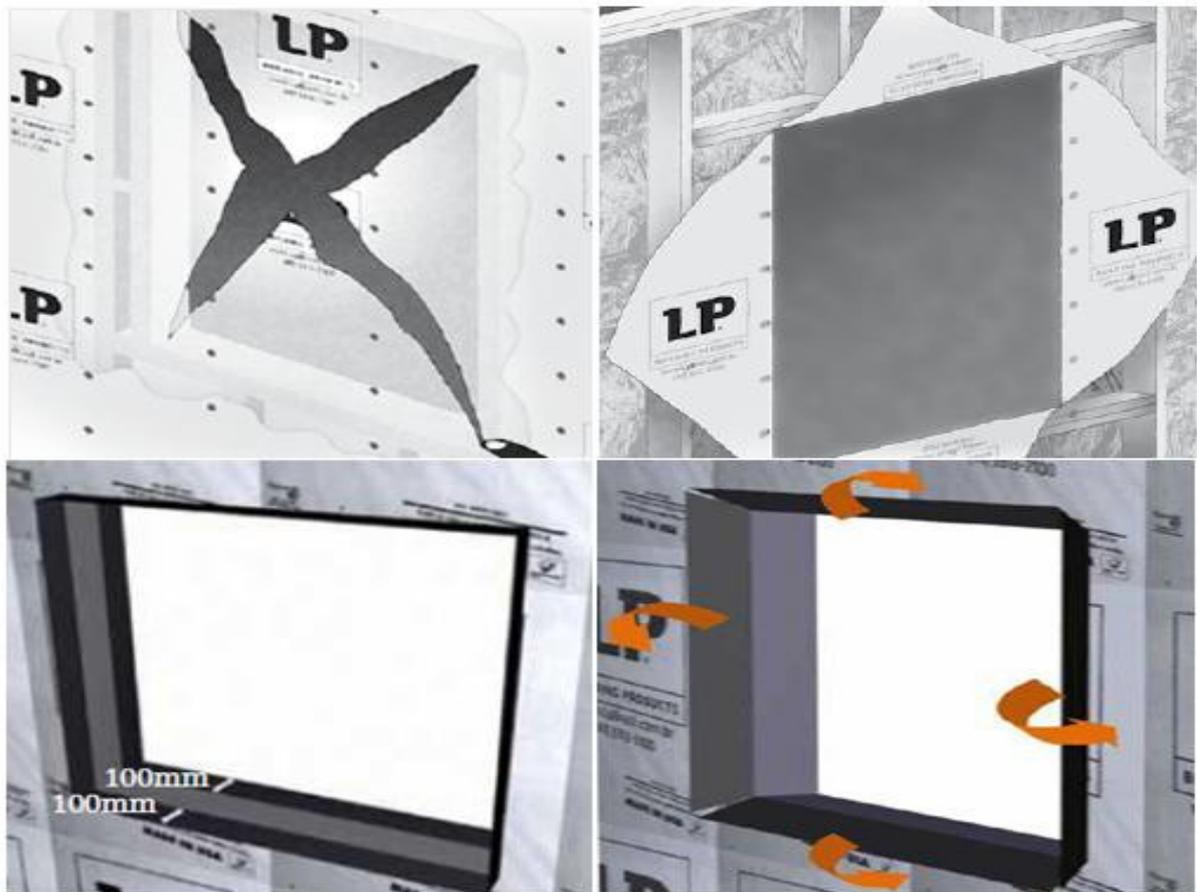
As barreiras impermeáveis devem ser de não-tecidos impermeáveis à água e permeáveis ao vapor d'água. Os produtos para impermeabilização podem ser mantas pré-fabricadas ou membranas moldadas no local, ainda conforme essas duas diretrizes.

Para que não ocorram vazamentos nas aberturas, recomenda-se que após todo o “envelopamento” da edificação, seja feito um corte em X, de vértice a vértice, com o auxílio

de um estilete. Depois, dobrar para o interior da edificação as quatro abas formadas. Se as placas de OSB forem utilizadas internamente como reforço, as abas devem ser dobradas, sobrepondo o OSB. Além disso, visando garantir a estanqueidade total da abertura, todas as aberturas de esquadrias devem ser vedadas com uma fita adesiva asfáltica impermeável, que deve ser aplicada na abertura de maneira uniforme, evitando emendas e recortes. Essa fita deve ser aplicada na parte interna da abertura de tal maneira que fiquem abas de no mínimo 10cm, tanto no lado interno quanto externo da parede, para depois serem dobradas e coladas na face da parede, conforme LP Building Products (2012, apud SILVA, 2017).

Esse processo pode ser observado na Figura 22.

Figura 22 – Impermeabilização das esquadrias.



Fonte: Silva, 2017.

### 3.5 TELHADO

Em ambos os sistemas podem ser executados telhados de vários ângulos e inclinações. A telha mais utilizada em construção seca é a do tipo *shingle*. São muito comuns nos Estados Unidos e na Europa, mas tomando cada vez mais espaço no mercado brasileiro, já

que por sua ótima estética e grande durabilidade, resistem a ventos e quebras. Rolim Junior (2006) afirma que essa cobertura é uma manta asfáltica composta por elementos descontínuos, possuindo em sua composição camadas a base de asfalto, fibra de vidro e acabamento superficial de grânulos ceramizados, lâmina de cobre ou titânio-zinco.

Além disso, a necessidade de manutenção é praticamente nula, visto que por ser à base de asfalto, dificilmente se quebram, e por ter um sistema de autolimpeza as telhas têm o aspecto de novas por muitos anos. Quanto à leveza, as telhas *shingle* são quatro vezes mais leves que as telhas de cerâmica, o que resulta em menor madeiramento para suporte, e, portanto, uma estrutura mais leve. Já quanto à resistência, ela chega a suportar ventos de até 175 km/h, se adequando a qualquer clima, o que permite que seja instalada em diferentes regiões, conforme Casa e Construção (2015).

Na figura 23 algumas aplicações com as telhas *Shingle*.

Figura 23 – Aplicações com telhas *Shingle*.



Fonte: Adaptado de Casa e Construção, 2015.

A instalação desse sistema requer uma superfície plana e nivelada e no caso do *Light Wood Frame* normalmente são usadas chapas de *OSB* de 12 mm. As telhas devem ser pregadas sobrepondo-se até o cume, proporcionando uma estanqueidade total assim como um ótimo acabamento estético. Segundo Calil Junior e Molina (2010), as telhas *shingle* precisam de um deck de *OSB* para servir de base sobre as treliças.

A estrutura de suporte para as telhas é com treliças de madeira industrializadas

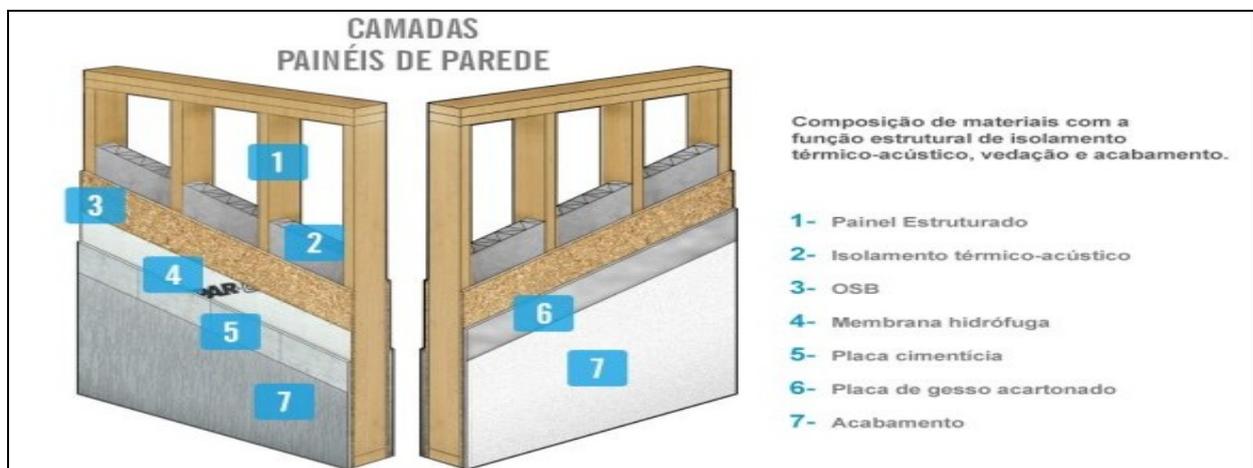
com conectores, colocadas sobre as paredes do último piso com espaçamento entre elas, variando entre 60 cm e 120 cm, conforme o tipo de telha usado. Desta forma é possível reduzir em até 40% o peso da cobertura. Podem ainda ser utilizadas telhas cerâmicas, metálicas ou de fibrocimento. E no caso de telhas cerâmicas, elas são colocadas diretamente sobre ripas em cima das treliças, tomando-se o cuidado de se aplicar uma manta de subcobertura antes do ripamento para garantir a estanqueidade, conforme Calil Junior e Molina (2010).

### 3.6 FECHAMENTOS

Para a finalização das paredes, lajes e estruturas do telhado são utilizadas chapas de fechamento, que, segundo Ecker e Martins (2014), estão entre os elementos que mais evoluíram tecnologicamente no Brasil. Dentre essas placas, ele destaca: as chapas de OSB (Oriented Strand Board), gesso acartonado e as placas cimentícias. Essas placas podem ser utilizadas tanto no sistema *Light Steel Frame* quanto no *Light Wood Frame*.

A figura 24 apresenta os tipos de fechamento que podem ser aplicados à estrutura.

Figura 24 – Tipos de fechamento.



Fonte: Tecverde, 2016.

#### 3.6.1 Painéis OSB

As chapas OSB (Oriented Strand Board, que quer dizer: painel de tiras de madeira orientadas) são amplamente utilizadas nas residências norte-americanas, e começaram a ser produzidas no Brasil em 2002. Os painéis OSB são anticupins e tem como principal função contraventar e vedar a estrutura de paredes, entrepisos e telhados, fazendo com que a estrutura

atue de forma monolítica, proporcionando rigidez à edificação. Pode ser utilizado tanto para fechamento interno quanto externo, afirma Silva (2017).

O dimensionamento do painel OSB é feito para suprir a resistência mecânica exigida para fins estruturais, já que tanto o MDF como o aglomerado não conseguiram suprir essa exigência.

Sua formação é feita por camadas de partículas ou de feixes de fibras com resinas fenólicas que são prensados em três camadas perpendiculares, unidas com resina resistente a intempéries e prensadas sob alta temperatura. A resistência atingida é considerada alta, não chegando a tal resistência de uma madeira de lei, mas já considerada para ser usado numa estrutura. A elasticidade desse madeiral é a mesma encontrada no aglomerado, porém sua resistência é maior. (SILVA, 2017)

A norma portuguesa (European Standard) NP-EM300/2002 define os quatro tipos de OSB de acordo com sua resistência mecânica e suas propriedades físicas:

- OSB/1 - Placas para usos gerais, incluindo decoração interior e mobiliário, em ambiente seco;
- OSB/2 - Placas para fins estruturais, em ambiente seco;
- OSB/3 - Placas para fins estruturais em ambiente úmido;
- OSB/4 - Placas para elevado desempenho estrutural em ambiente úmido.

Sendo que o OSB/2 é utilizado em ambiente seco, o OSB/3 em ambiente húmido, nas estruturas apenas o OSB/3 e OSB/4 podem ser usados, conforme Silva (2017).

A figura 25 apresenta o OSB/3.

Figura 25 – OSB/3.



Fonte: Silva, 2017.

De acordo com a Possamai (2017), as vantagens da aplicabilidade do OSB são devido à alta resistência às intempéries, físico-mecânica, empenamento, assim como a qualidade consistente e uniforme, espessura calibrada, versatilidade, ecologicamente correto e a competitividade em seu preço.

Conforme Pedroso et. al. (2014), sobre as placas de OSB pode ser aplicado o revestimento com materiais de acabamento, como pastilhas, pedras (mármore ou granito) ou até mesmo reboco e pintura.

### 3.6.2 Placas Cimentícias

As placas cimentícias foram desenvolvidas como componente complementar ao gesso acartonado por permitir fechamento de áreas expostas à água, e por isso são as mais indicadas para a parte externa das paredes. As placas cimentícias são feitas de cimento, fibras e agregados, fixadas no “esqueleto”, ou seja, diretamente sobre a estrutura com auxílio de parafusos, e depois pintada conforme o gosto do cliente, apresentando um ótimo desempenho. Suas dimensões variam de uma obra a outra e sua espessura gira, geralmente, em torno de 10 a 12mm, conforme Pedroso et. al (2014). Na figura 26, uma placa ou chapa cimentícia.

Figura 26 – Chapa cimentícia.



Fonte: Silva, 2017.

As placas cimentícias podem ser utilizadas como fechamento externo e interno e também em áreas molháveis, e para melhor desempenho é fundamental que seja feito um tratamento de juntas entre as placas.

### 3.6.3 Gesso Acartonado

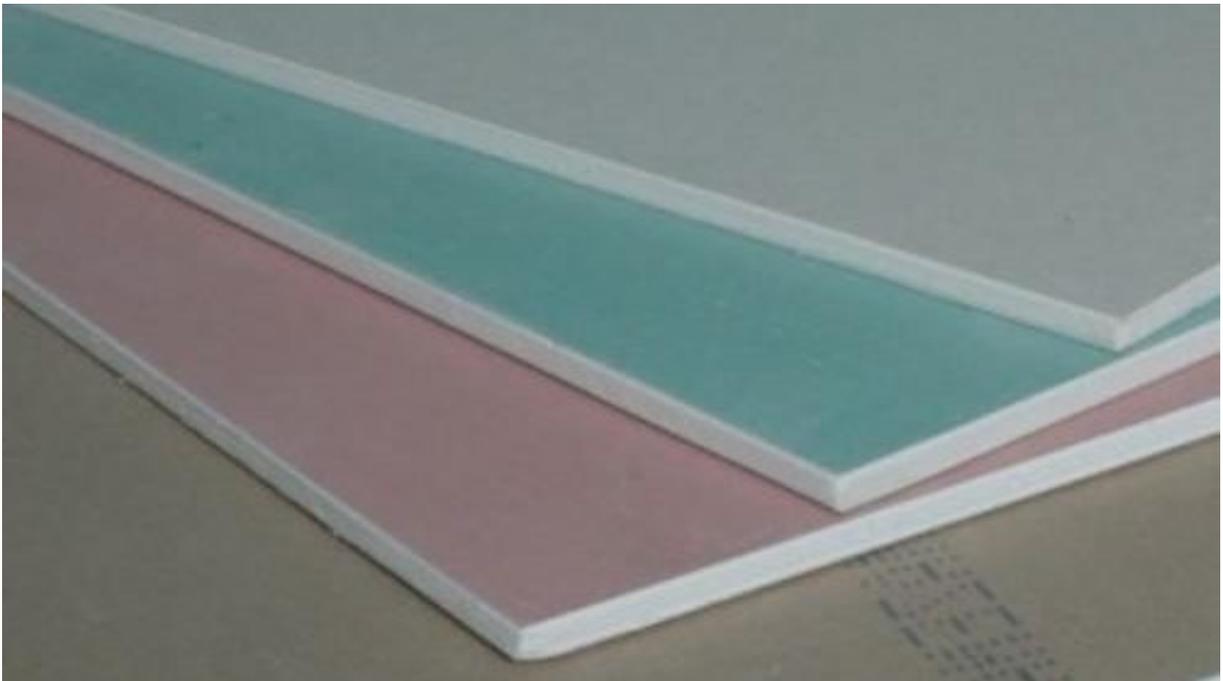
O gesso acartonado chegou ao Brasil na década de 1970, mas somente nos anos 1990 começou a ser largamente utilizado. É o material mais indicado para os fechamentos internos das paredes e forros, como informa Mitidieri (2009).

Rebuzzi (2016) afirma que as placas de gesso acartonado são feitas com massa de gesso e agregados, e sua espessura fica em torno de 12,5mm, fixadas também com auxílio de parafusos. As placas mais comuns são:

- As placas comuns ou Standard, que são utilizadas em áreas secas, e vem em cor cinza;
- Placas resistentes ao fogo, indicadas para ambientes com risco de incêndio, utilizadas para proteção passiva, vindo na cor vermelha ou rosa;
- Placas resistentes à umidade, indicadas para ambientes úmidos, apresentadas na cor verde.

A figura 27 ilustra os três tipos mais comuns de placas de gesso acartonado.

Figura 27 – Placas de gesso acartonado.



Fonte: Voitille, 2012.

Entre as vantagens Benevengo (1999) afirma:

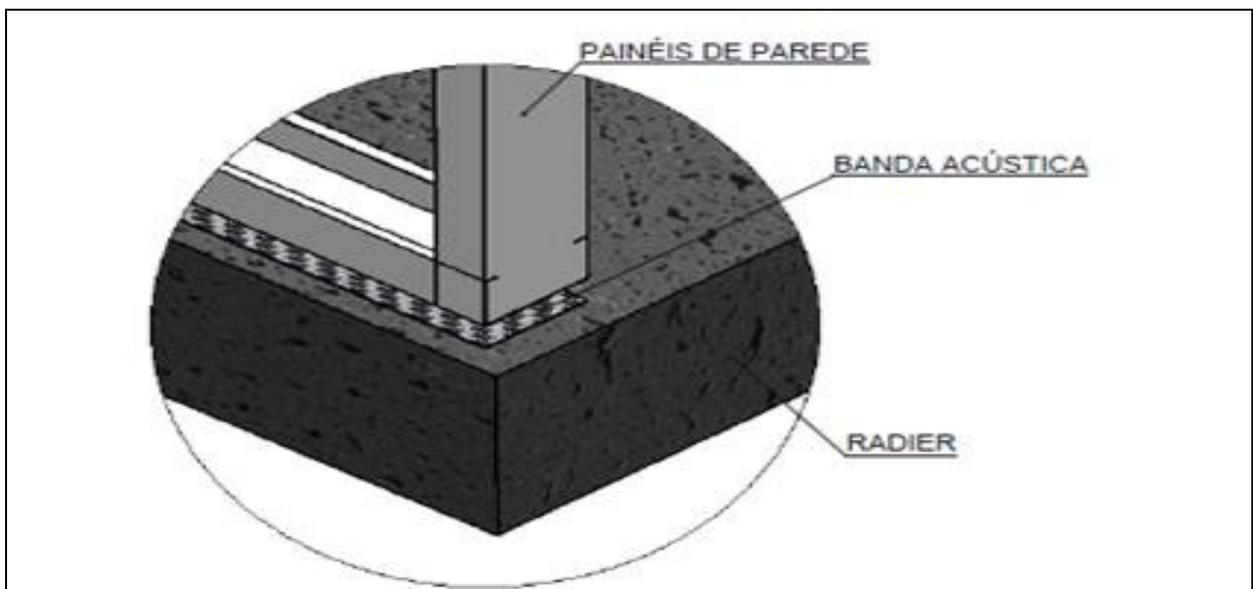
As placas de gesso acartonado substituem alvenarias e argamassas de revestimento numa única operação, permitindo a instalação fácil e limpa de dutos de água, energia e dados. O sistema consiste, basicamente, de uma estrutura interna que suporta painel de gesso, formando paredes mais ou menos espessas, que podem, inclusive, ser curvas. Assim, aplicam-se a divisórias ou acabamentos internos, em ambientes diversos, como cinemas, hospitais, hotéis e banheiros.

De acordo com a Voittle (2010) o gesso acartonado, também chamado de *drywall*, é utilizado no fechamento interno da edificação e proporciona uma superfície lisa e pronta para receber o acabamento. Nas áreas molhadas, o gesso deve ser resistente à umidade.

### 3.7 ISOLAMENTO TERMOACÚSTICO

Em função do espaço entre as placas de fechamento e de sua pequena espessura, é necessário que tenha um isolamento termo acústico feito através da instalação de lã de vidro ou de rocha alocados como preenchimento entre as placas internas e externas. Tanto para o sistema construtivo *Light Steel Frame* quanto para o *Light Wood Frame*, utiliza-se a lã de vidro para isolamento termoacústico, e também na colocação da banda acústica entre o painel e a fundação, conforme Ecker e Martins (2014), e como pode ser percebido na figura 28.

Figura 28 – Banda acústica entre painel e fundação.



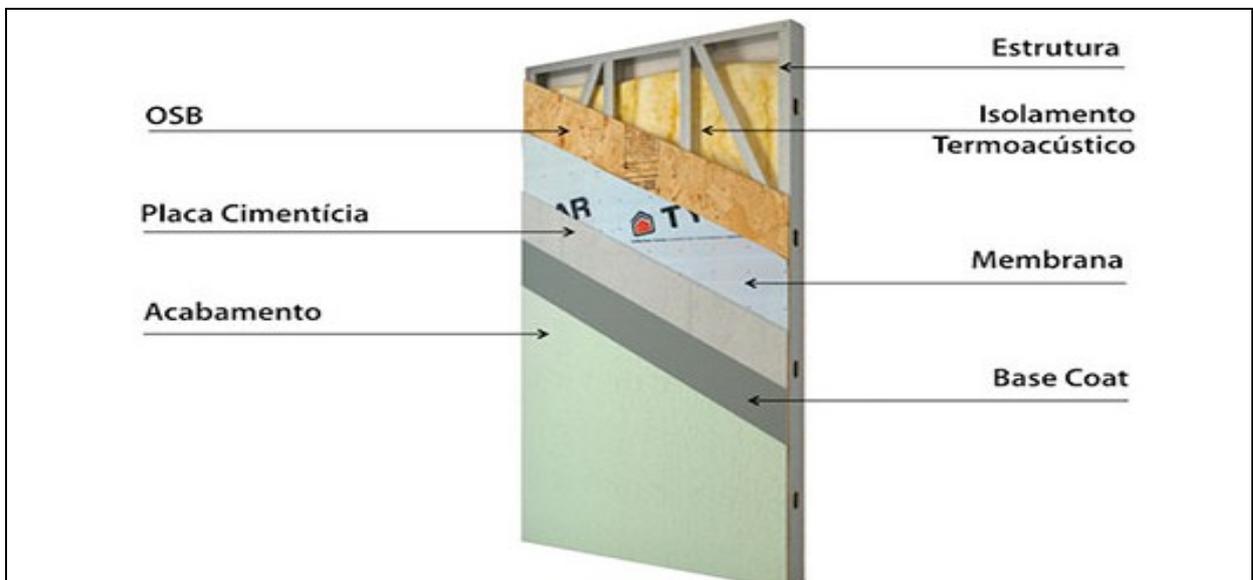
Fonte: Ecker; Martins, 2014.

Segundo a diretriz nº003 (2012) e nº005 (2011) do Sistema Nacional de Avaliações Técnicas, os isolantes térmicos tem que ser um material com condutividade térmica menor que  $0,06\text{W/m}^\circ\text{C}$  e resistência térmica  $\geq 0,5\text{m}^2\text{K/W}$ , podendo ser lã de rocha ou

de vidro, poliestireno expandido, entre outros. Já os materiais absorventes acústicos, de baixa densidade, podem ser as placas de lã de rocha ou lã de vidro e fibras cerâmicas, ou ainda poliuretano, fibras de madeira, vermiculita, cortiça, tecidos, tapetes, entre outros. O desempenho térmico depende das características dos materiais utilizados e dos componentes de vedação. E essa é uma das vantagens dos sistemas *Light Steel Frame* e *Light Wood Frame*, pois, devido ao colchão de ar existente entre as placas, permite flexibilidade em tratamentos térmicos e acústicos.

A figura 29 mostra o isolamento térmico sendo aplicado em uma estrutura de *Light Steel Frame*.

Figura 29 – Demonstração de Isolamento Termoacústico.



Fonte: Gouveia, 2016.

A classificação do adequado isolamento termo acústico de uma edificação é de acordo com a capacidade em proporcionar qualidade ao ambiente para o qual foi projetada, evitando que as condições externas influenciem as internas, ou seja, impedindo ou diminuindo a transmissão de sons e temperatura.

### 3.8 INSTALAÇÕES

Não há diferença entre os sistemas elétrico e hidráulico de uma edificação em *Light Steel Frame* ou *Light Wood Frame* e construções convencionais em alvenaria. A diferença está na praticidade e agilidade na instalação por não precisar quebrar paredes. Os materiais utilizados são os mesmos, quadros de distribuição, mangueiras condutoras, caixas

de passagem e cabos condutores, conforme Gouveia (2016).

Não é permitida a passagem interna de tubulação de gás (GLP), pois as paredes podem servir como câmara para o acúmulo de gases. E, também não é possível embutir tubulações de esgoto nas paredes, pois possuem diâmetro maior que os montantes, sendo necessário o uso de *shafts*, ou que seu caminhamento seja horizontal sob a laje e que seja o mais curto possível. E, a passagem das tubulações de água quente ou fria ou de conduítes elétricos pelas vigas de piso são feitas através de furos. As tubulações devem seguir paralelamente os montantes, e os furos não devem ultrapassar 40% da seção transversal, segundo Bortolotto (2015).

Figura 30 – Instalações Elétricas e Hidráulicas em *Steel Frame*.



Fonte: Silva, 2010.

### 3.9 ESQUADRIAS

As esquadrias têm como função iluminar, ventilar, isolar e dar acesso às edificações. Podem ser de madeira, ferro, alumínio, PVC, vidro, entre outros materiais. E, as instalações de portas e janelas nos sistemas *Light Steel Frame* e no *Light Wood Frame* não diferem dos sistemas convencionais, conforme Ecker e Martins (2014).

Silva (2010) informa que a preparação dos vãos é feita com tiras de placas cimentícias, e posteriormente as esquadrias são fixadas aos perfis com parafusos em todo o

perímetro do vão. Nos lados interno e externo aplica-se selante à base de poliuretano na interface das esquadrias. E o acabamento dos cantos dos vãos de portas e janelas, na face externa das paredes, é feito com cantoneiras perfuradas de aço zincado, revestidas com massa para juntas.

### 3.10 REVESTIMENTO

O revestimento externo tem como função a proteção contra as intempéries, em especial contra a ação do sol. Pode ser executado com o uso de diferentes sistemas, como *sidings* (chapas em formato de régua), de madeira, PVC ou até mesmo o aço. Revestimento mais tradicionais como o tijolo aparente, argamassa armada ou placas cimentícias também podem ser utilizados, como descrito por Terni, Santiago e Pianheri (2008).

Do lado interno, a placa de *drywall* garante acabamento e excelente desempenho acústico, reforçado pela lã mineral que pode ser ou não colocada no interior da parede para a obtenção de desempenhos específicos no que tange ao isolamento térmico e acústico. Como se vê, trata-se de um sistema aberto e muito adequado para se tirar partido da nova norma de desempenho NBR 15.575 (2013) - desempenho esse que será determinado de acordo com a composição dos vários materiais e do custo que se define como parâmetro (TERNI; SANTIAGO; PIANHERI, 2008).

Nas figuras 31, 32 e 33 alguns tipos de revestimentos, o *Siding* e o *Smart Side*.

Figura 31 – Revestimento *siding*.



Fonte: Globalplac, 2017.

Figura 32 – Revestimento *Smartside*.



Fonte: Globalplac, 2017.

Figura 33 – Revestimento *Smartside*.



Fonte: Globalplac, 2017.

## **4 MATERIAIS UTILIZADOS: MADEIRA E AÇO**

Neste capítulo serão apresentadas as propriedades e características da madeira e do aço, abordando a produtividade nacional de ambos, além da avaliação de sustentabilidade que cada um apresenta em sua produção e ao serem empregados na construção civil.

### **4.1 MADEIRA**

A madeira é um ótimo material de construção quanto aos aspectos de conforto, plasticidade no projeto, rapidez de montagem e durabilidade. Na concepção de Meirelles et al (2007), um país com tal extensão territorial como o Brasil, possuindo grandes reservas florestais, e com a indústria de reflorestamento sendo uma das mais competitivas do mundo, deveria ter na madeira, um material com grande potencial de construção. Entretanto, a quantidade de construções utilizando a madeira como principal material ainda é muito pequena, devido a vários fatores que vão desde a forte tradição em construções de alvenaria, até a falta de valorização da madeira como material de construção, além da falta de importância dada nos cursos de arquitetura e engenharia. Outro motivo seria o preconceito que ainda existe no país quanto a construções em madeira, pois são vistas como habitação de baixo nível, ou de pouca durabilidade, devido ao uso de técnicas construtivas inadequadas.

#### **4.1.1 Madeira como material sustentável**

Quando bem utilizada, a madeira consiste num material competitivo com outras alternativas de construção. “Além disso, quando falamos em construções leves que envolvem estruturas de madeira nos referimos a um sistema construtivo baseado exclusivamente no uso de madeiras de reflorestamento que é extremamente racionalizado” (CALIL JÚNIOR; MOLINA, 2010).

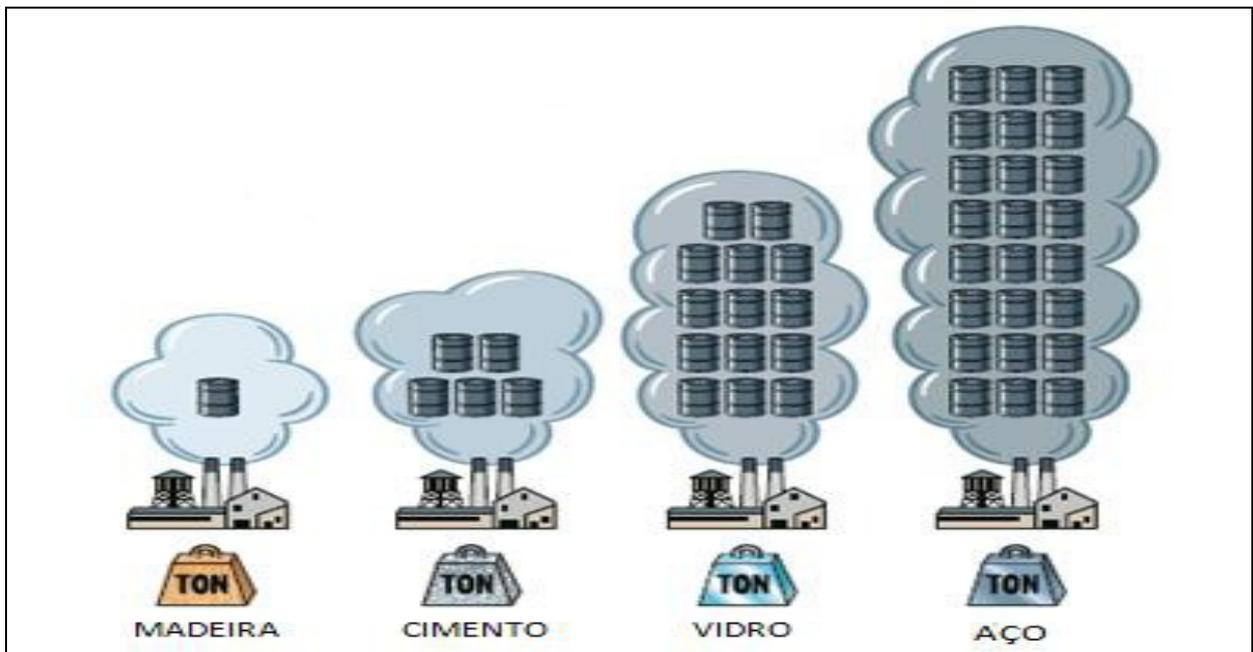
A madeira é um material que vai ao encontro da sustentabilidade, por ser o único material de construção que é renovável, e, se as práticas de manejo florestal e colheita forem cumpridas, é um recurso disponível por tempo indeterminado.

Quando avaliado o ciclo da madeira como material de construção, percebe-se que as vantagens estão presentes em todas as etapas. Na primeira etapa, de formação e constituição do material, por ser um material de fonte renovável, consome apenas energia solar no processo de crescimento da árvore pela fotossíntese, e sequestra o carbono poluente da atmosfera. Depois que a árvore se transforma em madeira,

também apresenta baixo consumo de energia no seu beneficiamento e transformação em material de construção propriamente dito [...]. Na segunda etapa, de emprego na construção, mostra-se um material leve, de fácil trabalhabilidade, promovendo uma construção seca e um canteiro de obras limpo, além de proporcionar agilidade na execução e consequente redução de custos. E em sua etapa final, transformado em uma edificação com grande potencial estético, além de poder apresentar excelente condicionamento térmico, é na forma de bem durável que proporcionará o armazenamento do carbono sequestrado da atmosfera, por muitos anos (VELLOSO, 2010, p.27).

A figura 34 apresenta um comparativo de gasto de energia na produção dos principais materiais de construção, onde se pode observar que os gastos com a produção da madeira são inferiores aos demais materiais construtivos.

Figura 34 – Comparativo da quantidade de energia necessária para a produção de uma tonelada de madeira, cimento, vidro e aço.



Fonte: Ecker; Martins, 2014.

Entre tantas vantagens, ainda apresenta fácil trabalhabilidade, absorve 40 vezes menos calor que a alvenaria de tijolos, o que mostra um excelente desempenho térmico, além do desempenho acústico, conforme Calil Júnior e Molina (2010).

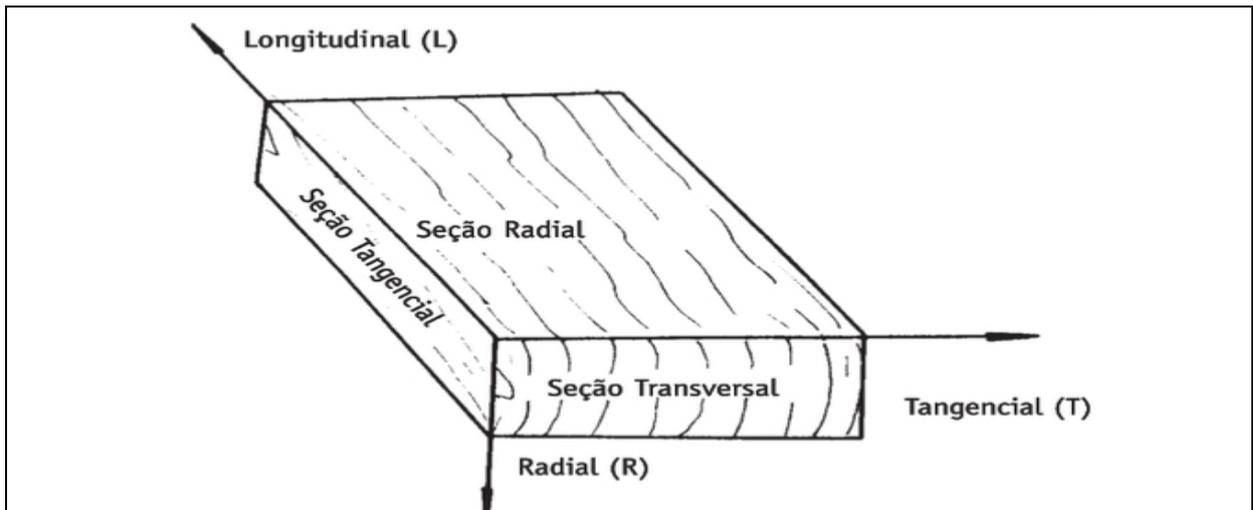
#### 4.1.2 Resistência da madeira

A elevada relação resistência/peso faz da madeira um material adequado para a industrialização de elementos no sentido de facilitar o transporte das peças e posterior

montagem na obra.

A disposição das fibras, ou o tipo de direção da solicitação da carga aplicada influenciam diretamente na resistência da madeira, conforme Szücs et al. (2015). Por isso é importante definir os eixos de referência, conforme mostra a figura 35 a seguir:

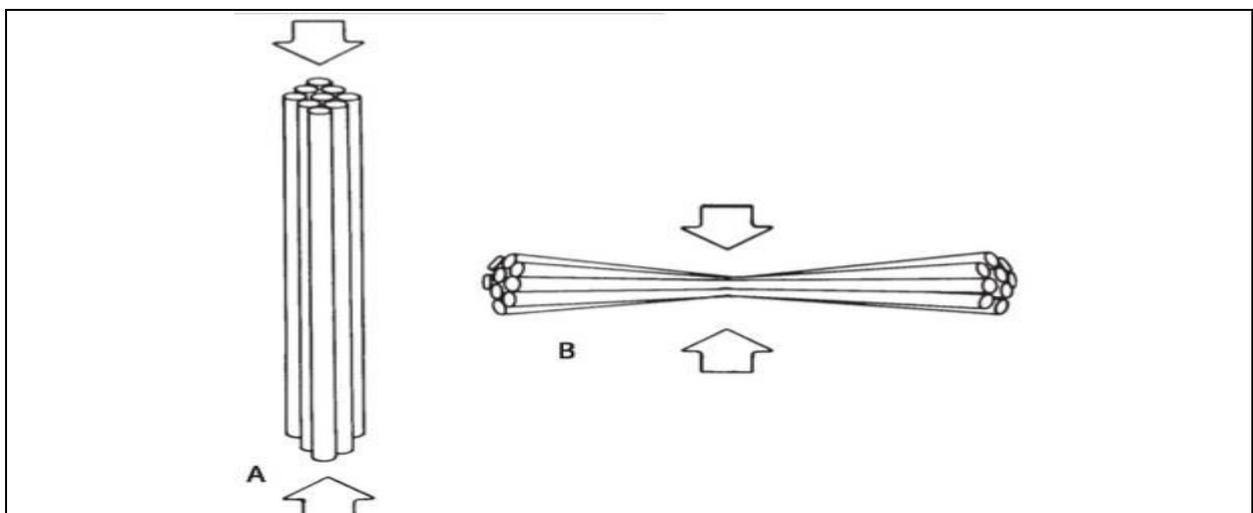
Figura 35 – Sistema de orientação para definição das propriedades da madeira.



Fonte: Calil Junior; Lahr; Dias, 2010, p.38.

Quanto à compressão, a maior resistência à madeira acontece quando a força é aplicada paralelamente as fibras. Porém, quando a mesma força de compressão é aplicada perpendicularmente a resistência é menor, conforme Calil Junior; Lahr e Dias (2010), a força neste segundo caso é aplicada na direção normal ao comprimento das fibras, assim ocasionando um esmagamento conforme mostra a figura 36 a seguir.

Figura 36 – Comportamento da madeira na compressão.

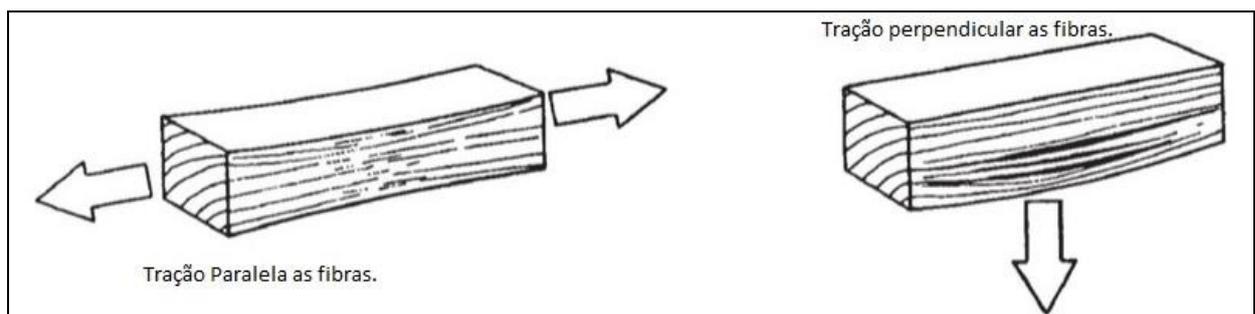


Fonte: Calil Junior; Lahr; Dias, 2010, p.39.

Assim como na compressão a tração se dá paralela ou perpendicularmente as fibras, como expõem Szücs et al. (2015, p.36) “As propriedades referentes as duas solicitações diferem consideravelmente”. A figura 37 que segue, mostra como ocorre os dois tipos de tração, sendo que na paralela ocorre por deslizamento de fibras e na perpendicular ocorre pela separação das fibras.

Ressalta-se que a ruptura por tração paralela pode ocorrer por deslizamento entre as fibras (ou traqueídes) ou por ruptura de suas paredes. Em ambos os modos de ruptura, a madeira apresenta baixos valores de deformação e elevados valores de resistência. Já na ruptura por tração normal, a madeira apresenta baixos valores de resistência, pois os esforços atuam na direção perpendicular às fibras (ou traqueídes), tendendo a separá-las, com baixos valores de deformação. Considerando a baixa resistência da madeira nesta direção devem ser evitadas em projeto, situações que conduzam a esta forma de solicitação. (CALIL JUNIOR; LAHR; DIAS, 2010, p.40)

Figura 37 – Tração na madeira.



Fonte: Adaptado de Calil Junior; Lahr; Dias, 2010, p.40.

#### 4.1.3 Resistência ao fogo

A madeira, de modo geral, é considerada um material de pequena resistência ao fogo. No entanto, se a estrutura de madeira for projetada adequadamente haverá um bom desempenho em condições de incêndio, pois em exposição ao fogo a oxidação é lenta devido à baixa condutividade de calor, assim mantendo o núcleo do material com as suas propriedades mecânicas. Inclusive, numa época em que não haviam recursos como materiais retardantes, pinturas intumescentes e aditivos antichamas, essa era a principal restrição para construções de casas de madeira. Mesmo quando comparada a outros materiais utilizados em construção, como, concreto e aço, a madeira apresenta um excelente comportamento em situação de incêndio. Segundo Calil Júnior e Molina (2010), elementos estruturais de madeira, quando expostos ao fogo, carbonizam primeiramente seu perímetro externo, ficando o interior da madeira praticamente intacto. Conforme se percebe na figura 39.

Figura 38 – Comportamento da madeira perante um incêndio.



Fonte: Wordpress, 2009.

Calil Júnior e Molina (2010, apud SILVA, 2017) concordam sobre a principal preocupação dos órgãos normativos referente à incêndios:

De uma maneira geral, a principal preocupação dos órgãos normativos com a ocorrência de incêndio não está ligada ao interesse de preservar o patrimônio, mas sim de garantir que a edificação permaneça com sua capacidade resistente preservada por um período de tempo suficiente para garantir a total evacuação das pessoas. A principal preocupação, neste caso, é a de preservar a integridade física do ser humano. A questão da perda como patrimônio pode ser facilmente garantida por meio de contratos e seguros. (CALIL JÚNIOR; MOLINA, 2010, apud SILVA, 2017)

Para garantir as propriedades e características da madeira, antes de projetar qualquer estrutura, estas devem ser muito bem analisadas.

#### 4.1.4 Umidade e Densidade

As principais propriedades físicas da madeira são teor de umidade e densidade básica da madeira. Segundo a ABNT NBR 7190-1997, que trata do teor de umidade da madeira (TU) corresponde à relação entre a massa da água nela contida e a massa da madeira seca.

Uma característica importante da madeira é a higroscopicidade, ou seja, a capacidade de retirar água do ar. Por isso antes de empregá-la deve haver um estudo prévio de suas propriedades. O uso da madeira sem o conhecimento específico de suas propriedades físico-mecânicas gera vários problemas. Para Almeida et al (2014), um exemplo de inúmeros problemas que a má utilização da madeira pode gerar é a sua utilização sem preservantes, em

lugares úmidos, ou aonde há o risco de sua biodegradação.

Conforme Pfeil; Pfeil (2012), em madeiras recém-cortadas existe uma grande variação de água, devido a condições climáticas. Essa variação pode ser de 30% para madeiras mais resistentes e 130% para madeiras com menor resistência, sendo que também ocorre variação de temperatura devido à natureza higroscópica da madeira. Se a madeira não secar rapidamente poderá ocorrer variações de tamanho assim como ataques de agentes biológicos.

A madeira deve ter uma prévia secagem antes de sua utilização. Na afirmação de Calil Junior, Lahr e Dias (2010), existem várias razões para tal procedimento:

Redução da movimentação dimensional, permitindo a obtenção de peças cujo desempenho, nas condições de uso, será potencialmente mais adequado;  
Possibilidade de melhor desempenho de acabamentos como tintas, vernizes e produtos ignífugos, aplicados na superfície das peças;  
Redução da probabilidade de ataques de fungos;  
Aumento da eficácia da impregnação da madeira contra a demanda biológica;  
Aumento dos valores numéricos correspondentes às propriedades de resistência e de elasticidade. (CALIL JUNIOR; LAHR; DIAS, 2010, p.23)

Quanto à densidade, Calil Junior, Lahr e Dias (2010) afirmam que é uma propriedade física fundamental para caracterizar as espécies e com base nas características, decidir qual espécie de madeira aplicar em cada situação. E, para tanto, existem dois tipos de densidade, a densidade real, que é a relação entre a massa da madeira e o volume ocupado por ela, e a densidade básica, que a definição é dada pela razão entre a massa seca da amostra e o volume saturado.

#### **4.1.5 Deterioração da Madeira e o devido Tratamento**

No Brasil, os projetos com estruturas baseadas em *Light Wood Frame* têm utilizado como matéria prima o pinus e, em menor quantidade o eucalipto, ambas espécies de reflorestamento, e que apresentam crescimento rápido. A preferência é pelo pinus, que por ser conífera é mais leve, não apresenta cerne e por sua elevada permeabilidade ao tratamento em autoclave, fundamental para evitar o ataque de organismos xilófagos, o que não ocorre com a maioria das madeiras nativas brasileiras e com o eucalipto que são folhosas, de acordo com Ferreira (2014).

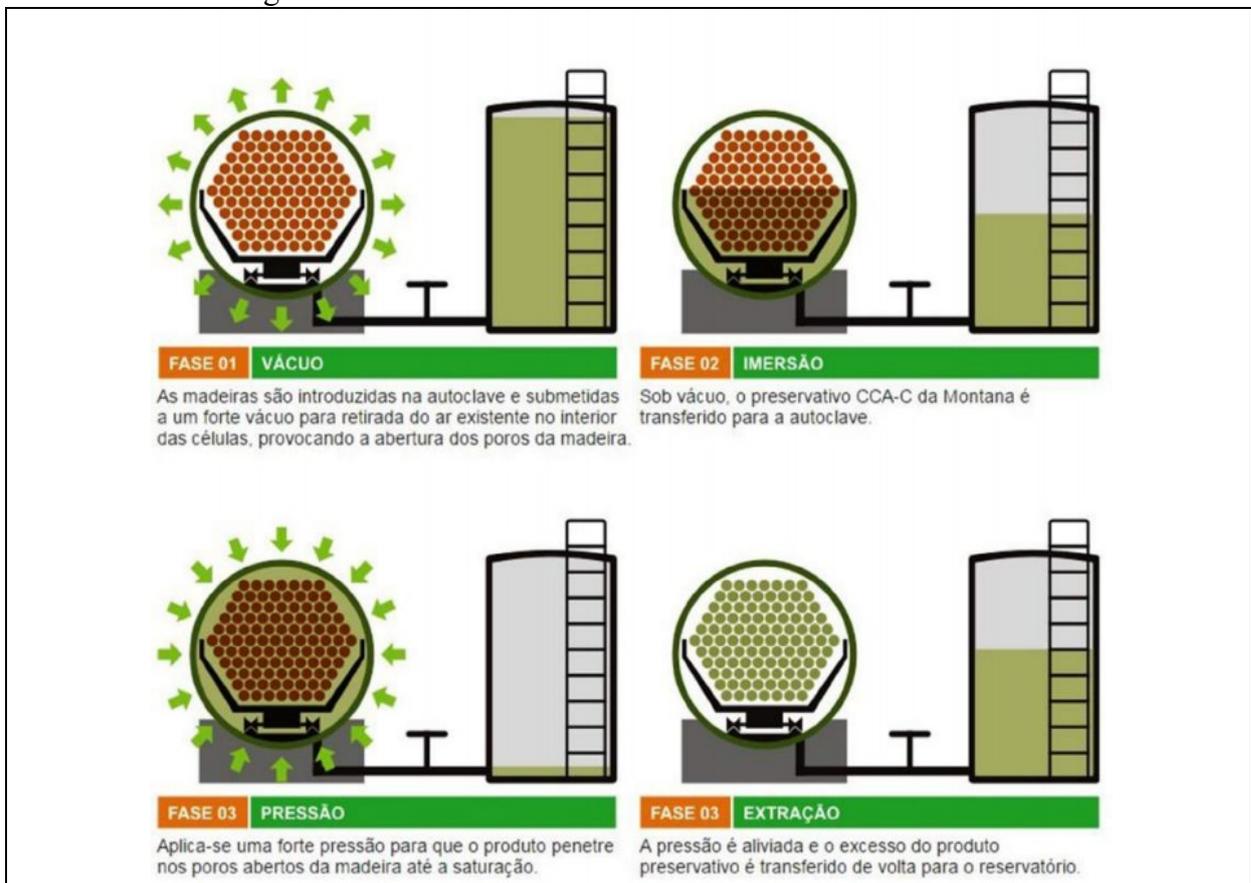
Se não aplicados os devidos cuidados, a madeira se torna suscetível a ataques de agentes biológicos, e para que a sua durabilidade aumente deve-se aplicar o devido

tratamento, além de evitar a sua exposição excessiva aos raios solares e a umidade. Segundo Calil Júnior e Molina (2010) a exposição direta da madeira aos fatores ambientais, em razão do uso da madeira sem um tratamento adequado, permite o ataque biológico de insetos e micro-organismos, comprometendo a segurança das construções de madeira.

Recomenda-se que para madeiras utilizadas nas construções em *Light Wood Frame*, o melhor tratamento é os que são feitos em autoclave com produtos hidrossolúveis, sendo que estes tornam a madeira imune ao ataque de fungos e cupins. No entanto, não existem normas brasileiras no que se refere ao tratamento preservante do sistema. Conforme Calil Júnior e Molina (2010) utiliza-se como referência as normas norte-americanas e canadenses que recomendam a retenção mínima de 4,0 kg de ingrediente ativo/m<sup>3</sup> para madeiras utilizadas em aplicações gerais, e 6,5 kg de ingrediente ativo/m<sup>3</sup> para peças sujeitas ao contato direto com a fundação de concreto ou umidade. No Brasil o tratamento mais recomendado utiliza produtos hidrossolúveis, em especial o CCA (Cobre-Cromo-Arsênio) e o CCB (Cobre-Cromo-Boro).

A figura 38 mostra o processo para o tratamento aplicado à madeira.

Figura 38 – Processo de tratamento de madeira no autoclave.



Fonte: Tecverde, 2016.

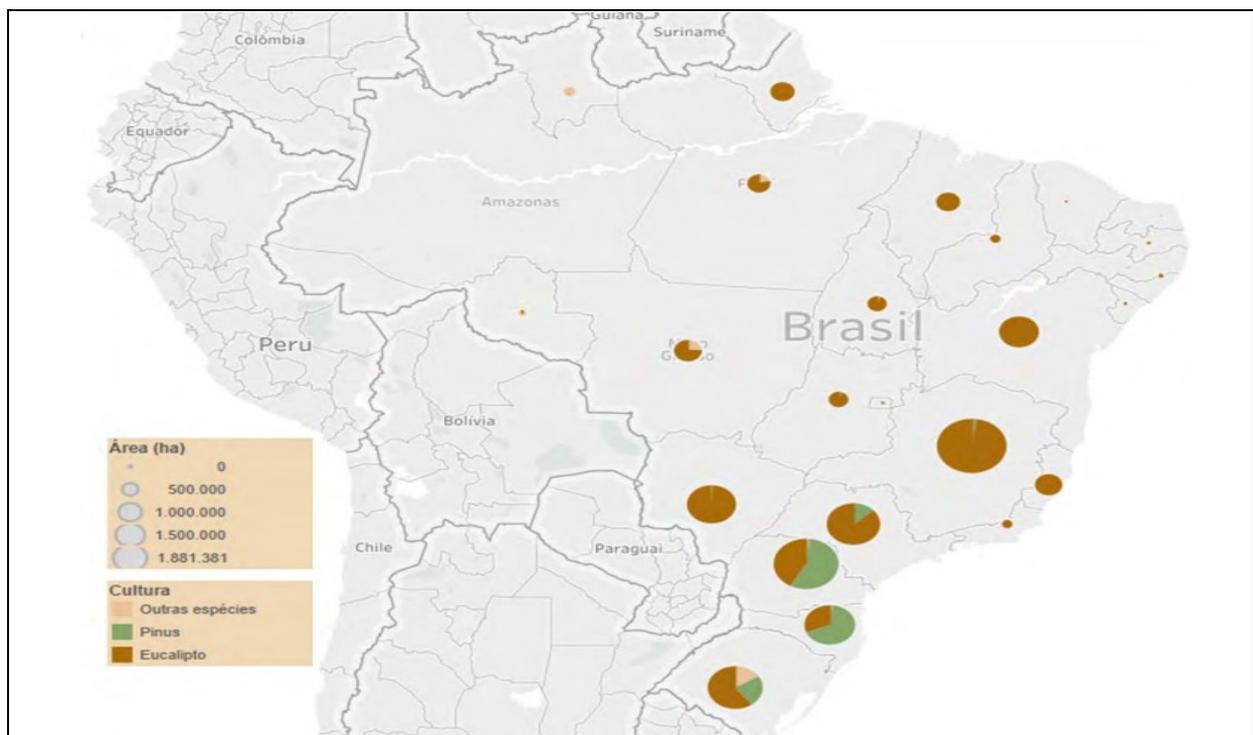
#### 4.1.6 Produtividade da madeira no Brasil

Um fator importante para a logística das construções em *Wood Frame* é que o material esteja disponível no mercado o mais próximo possível, para que possa diminuir custos com transporte.

O que torna o sistema *Light Wood Frame* sustentável do ponto de vista de demanda é a produtividade da madeira, e o Brasil contém uma das maiores áreas de florestas nativas e de reflorestamento da América Latina. A região norte apresenta uma ampla área de floresta nativa e a região sul, uma reserva de madeira de reflorestamento do tipo Eucalipto e Pinus, favorecendo a utilização deste material na construção de habitações, conforme Meirelles et al (2007).

A figura 40 apresenta o mapa das Florestas plantadas em 2015 em todo o território nacional.

Figura 40 – Mapa de florestas plantadas em 2015.



Fonte: Silva, 2017.

Nas palavras de Silva (2017), o Brasil é um dos maiores países com grande capacidade para produzir madeira, e estima-se que até 2020 o Brasil deverá dobrar sua produção, partindo de 7 milhões de hectares de florestas para 14 milhões. A indústria de árvores no Brasil é altamente produtiva, por consequência das condições climáticas, alta

produtividade de madeira plantada por hectare e tecnologia de ponta.

O Brasil conta com 58% do seu território coberto por florestas naturais e plantadas, o que o torna o segundo maior em área de florestas no mundo, perdendo apenas para a Rússia, segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e da Indústria Brasileira de Árvores (IBÁ). Na tabela 1, os dados da quantidade em hectares de florestas plantadas diferenciadas por espécies no Brasil no ano de 2015.

Tabela 1 – Área de floresta plantada (ha) (2015).

Espécie	IBGE	IBÁ
Eucalipto	7.444.731	5.630.607
Pinus	2.062.860	1.581.239
Outras	427.762	589.201
Total	9.935.353	7.801.047

Fonte: Silva, 2017.

No entanto Meirelles et al (2007) recomenda que o manejo e produção da madeira além de atender por completo às leis ambientais e trabalhistas vigentes no país, deve ser realizada de forma:

a) ambientalmente sustentável: uma área de manejo explorada só volta a ser objeto de corte num prazo de 25 anos. b) socialmente justa: as necessidades das comunidades tradicionais têm prioridade sobre quaisquer outras atividades econômicas; simultaneamente, a empresa é obrigada a cobrir qualquer forma de trabalho ilegal, cumprir todas as normas de segurança no trabalho e providenciar cursos de educação e formação técnica para os funcionários e suas famílias. c) economicamente viável: a exploração da madeira deve ser legal e não predatória; deve gerar renda, remunerando adequadamente o trabalhador e fixando a população local com emprego estável e qualificado. (MEIRELLES; et al, 2007)

A partir dessa pequena análise verificou-se que há grande disponibilidade de madeira no país, sendo que existe material disponível para a aplicabilidade do sistema *Wood Frame*, desde que seja feito um manejo sustentável.

## 4.2 AÇO

A participação da construção em aço foi responsável por 36% do consumo de todo o aço destinado à construção civil em 2015, mostrando ser tendência em industrializar a construção, buscando o ganho de produtividade e sustentabilidade, tornando um comportamento cada vez mais presente entre os empreendedores e construtores.

A utilização do aço apresenta vantagens como:

- **Não polui o meio ambiente:** o aço é obtido a partir do minério de ferro, que é um dos elementos mais abundantes no planeta. Do processo de produção resulta um material homogêneo, que não libera substâncias que agredem o meio ambiente;
- **Uso de coprodutos:** os coprodutos resultantes da produção do aço também podem ser utilizados na construção civil. Os agregados siderúrgicos são usados na produção de cimento e podem ser empregados na pavimentação de vias e como lastro em ferrovias;
- **Economia de tempo na execução:** o aço permite maior velocidade da construção, visto que os componentes, na sua maioria, são produzidos fora do canteiro de obra. O tempo de construção é mais curto, minimizando os incômodos causados à vizinhança;
- **Economiza materiais e diminui os impactos:** o menor peso da estrutura em aço reduz as fundações e escavações, gerando menor retirada de terra que, conseqüentemente, diminui as viagens de caminhões para sua remoção e a necessidade de áreas para descarte;
- **Maximiza a iluminação natural com economia de energia:** a alta resistência do aço permite estruturas com vãos mais amplos. Telhados e fachadas leves e transparentes favorecem a iluminação natural e, conseqüentemente, a economia de energia elétrica;
- **Durabilidade:** existem diversas maneiras de proteção efetiva do aço contra corrosão, seja por meio de revestimento metálico ou pintura, ou ambos, que são cada vez mais aplicados diretamente às chapas ou à estrutura durante o processo de fabricação;
- **Flexibilidade:** edificações com estrutura em aço oferecem máxima liberdade ao empreendimento, tanto na fase de operação como em futuras adaptações. As construções podem ser facilmente modificadas ou ampliadas para se adaptarem a novos usos;
- **O aço é infinitamente reciclável:** o aço pode ser reciclado em sua totalidade sem perder nenhuma de suas qualidades. Devido a suas propriedades magnéticas, que não são encontradas em nenhum outro material, o aço é facilmente separado de outros materiais, possibilitando elevados índices de reciclagem. (CBCA, 2017)

#### 4.2.1 Aço como Material Sustentável

O aço além de propiciar versatilidade e durabilidade às construções está em perfeita sintonia com o conceito de desenvolvimento ambientalmente sustentado, visto que a construção de estruturas em aço utiliza tecnologia limpa, reduzindo sensivelmente os impactos ambientais na etapa de construção, além de que, na conclusão da obra, é garantida a segurança e o conforto aos ocupantes da edificação. “O aço é material 100% reciclável podendo, esgotada a vida útil da edificação, retornar aos fornos sob forma de sucata e se tornar um novo aço, sem perda de qualidade” (CBCA, 2017).

Conforme a CBCA (2017), em dezembro/2010, a instalação do Centro de Coprodutos Aço Brasil - CCABrasil deu importante passo para fomentar o desenvolvimento de coprodutos que atendam, com qualidade e de forma sustentável, diversas possibilidades de

aplicações. Estes coprodutos são materiais que, juntamente com o aço, resultam do processo siderúrgico e para os quais foram desenvolvidas tecnologias que permitam sua utilização, de forma ambientalmente adequada, como matéria prima ou fonte de energia na própria atividade geradora ou por terceiros. E, o uso destes coprodutos contribui para a sustentabilidade da indústria do aço, evitando a disposição de resíduos em aterros, reduzindo a emissão de CO<sub>2</sub> e preservando os recursos naturais não renováveis.

Nas palavras de Ecker e Martins (2014), o *Light Steel Frame* pode ser classificado como um sistema CES, ou seja, uma Construção Energitêmica Sustentável, pois, como o nome sugere, as principais características deste tipo de obra são:

- Ótimo desempenho térmico da edificação, o que ocasiona economia de energia tanto durante o processo construtivo quanto após a ocupação do imóvel;
- Sustentabilidade pela menor geração de resíduos;
- O uso do aço que é 100% reciclável;
- Emprego de materiais industrializados e ecológicos, produzidos sem agredir o meio ambiente;
- Construção seca, já que não utiliza água durante a obra;
- Canteiro de obras silencioso e limpo, devido ao fato de que a maior parte dos produtos vem pré-fabricados;
- Estrutura mais leve, exigindo fundações menos robustas, e conseqüentemente, menos movimentação de terra, e menos gastos com energia.

#### 4.2.2 Resistência do aço

Quanto à resistência do aço, é a quantidade de carbono presente nele que define sua classificação.

Os aços de baixo carbono possuem um máximo de 0,3% deste elemento e apresentam grande ductilidade. São bons para o trabalho mecânico e soldagem, não sendo temperáveis, utilizados na construção de edifícios, pontes, navios, automóveis, dentre outros usos. Os aços de médio carbono possuem de 0,3% a 0,6% de carbono e são utilizados em engrenagens, bielas e outros componentes mecânicos. São aços que, temperados e revenidos, atingem boa tenacidade e resistência. Aços de alto carbono possuem mais do que 0,6% de carbono e apresentam elevada dureza e resistência após têmpera. São comumente utilizados em trilhos, molas, engrenagens, componentes agrícolas sujeitos ao desgaste, pequenas ferramentas etc. (CBCA, 2017)

Mas na construção civil, os mais utilizados são os chamados aços estruturais de

média e alta resistência mecânica, termo designativo de todos os aços que, devido à sua resistência, ductilidade e outras propriedades, são adequados para a utilização em elementos da construção sujeitos a carregamento. Os principais requisitos para os aços destinados à aplicação estrutural são: elevada tensão de escoamento, elevada tenacidade, boa soldabilidade, homogeneidade microestrutural, susceptibilidade de corte por chama sem endurecimento e boa trabalhabilidade em operações tais como corte, furação e dobramento, sem que se originem fissuras ou outros defeitos (CBCA, 2017).

Os aços estruturais podem ser classificados em três grupos principais, conforme a tensão de escoamento mínima especificada, conforme a tabela 2:

Tabela 2 – Classificação dos aços.

TIPO	LIMITE DE ESCOAMENTO MÍNIMO, MPa
Aço carbono de média resistência	195 a 259
Aço de alta resistência e baixa liga	290 a 345
Aços ligados tratados termicamente	630 a 700

Fonte: CBCA, 2017.

O aço é um material amplamente utilizado nas estruturas de construções por todos os lugares. Porém o material inicial, que é o ferro ou zinco, não é tão resistente e acaba sendo corroído pela ferrugem com o tempo. Por isso a indústria produz o dobro de toneladas de ferro, para repor o que já está enferrujado, e isso torna o lucro baixo, além de prejudicar o meio ambiente. Por conta disso, o processo de galvanização foi criado, fazendo com que o material criasse uma resistência maior, conforme Cerpolo (2014).

Ainda nas palavras de Cerpolo (2014), algumas vantagens de se utilizar o aço galvanizado:

- Durabilidade e resistência à corrosão, podendo atingir 25 anos de uso ao ar livre;
- Rapidez e economia no processo de galvanização;
- Pode ser reciclado e utilizado novamente de outras formas;
- A estrutura em aço galvanizado tem maior resistência que a madeira, não entortando, encolhendo ou deformando;
- É incombustível;
- Sua leveza facilita o manuseio e transporte
- Entre outras.

Essas vantagens permitem que o aço galvanizado possa ser utilizado em perfis de estrutura de divisórias em *drywall*, estrutura de *Light Steel Frame*, entre outras construções leves.

#### 4.2.3 Produção do aço no Brasil

Diversas empresas investiram no aumento da capacidade produtiva durante o período em que o país apresentava resultados econômicos positivos. Em 2012 começou a ser realizada uma pesquisa que definia o perfil dos fabricantes de estrutura de aço. Em 2016 foram pesquisadas 262 empresas que produziram um total de 694 mil toneladas de aço, faturando aproximadamente 4 bilhões de reais e empregando cerca de 26 mil colaboradores. Porém, houve uma queda em relação aos anos anteriores, resultando em apenas 43% de sua capacidade produtiva (CBCA, 2017).

Ainda conforme a CBCA (2017), dentro da mesma pesquisa pode ser definido um *Cenário dos Fabricantes de Perfis Galvanizados para Light Steel Frame e Drywall*, que contou com a participação de 23 empresas. E, mostrou que a produção de perfis galvanizados para *Light Steel Frame* em 2016 foi de 12,7 mil toneladas, utilizando cerca de 23% de sua capacidade produtiva. E no caso de perfis galvanizados para *Drywall*, a produção foi de 43,7 mil toneladas, ocupando 31% de sua capacidade produtiva. Os fabricantes de perfis para *Light Steel Frame* e para *Drywall* empregaram cerca de 1.700 pessoas com faturamento aproximado de R\$ 238 milhões de reais.

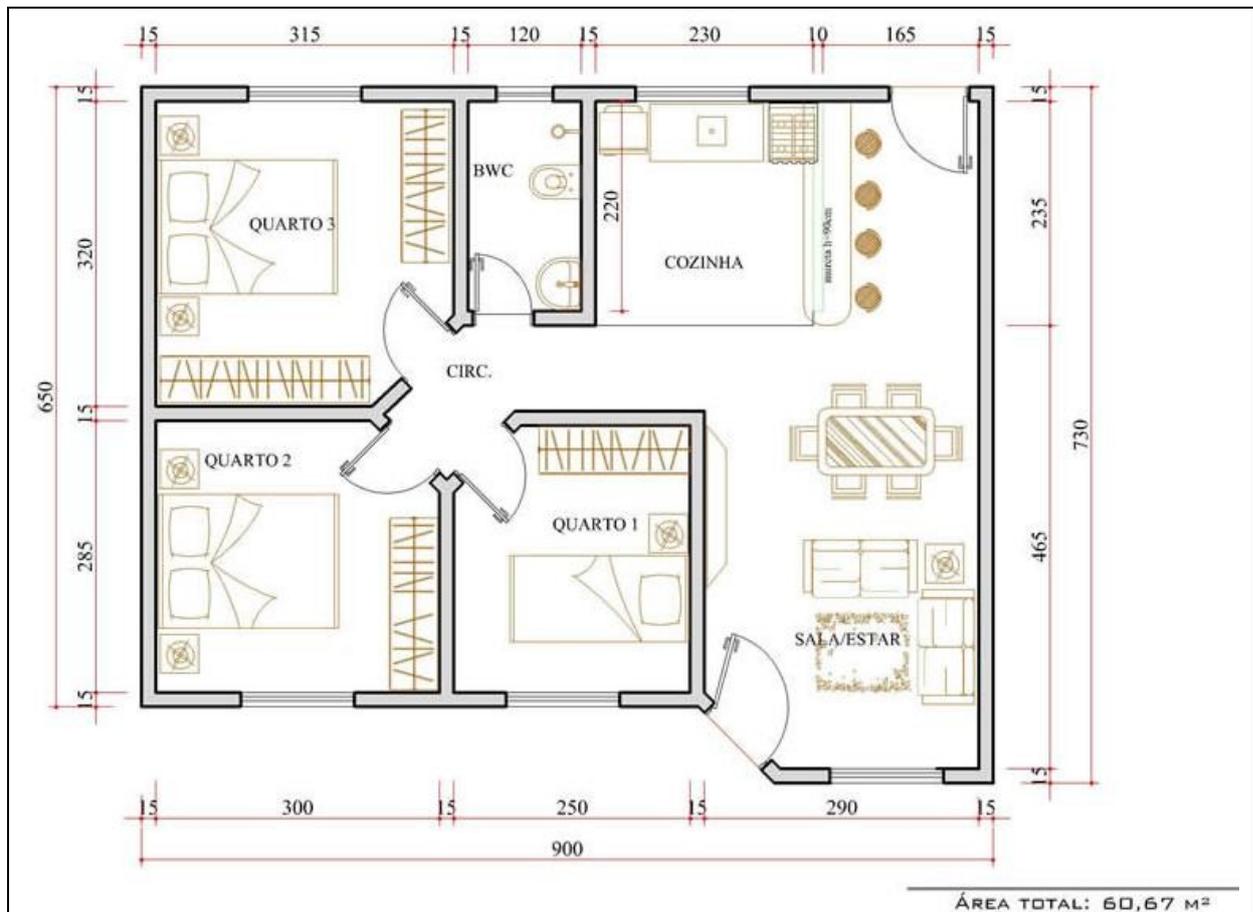
A seguir será apresentado um estudo de caso com uma comparação entre os dois sistemas construtivos estudados: *Wood Frame* e *Steel Frame*, onde serão analisados os custos de ambos os sistemas.

## 5 ESTUDO DE CASO

Como o objetivo principal do trabalho é apresentar os diferenciais mais relevantes entre os processos construtivos industrializados *Light Wood Frame* e *Light Steel Frame*, apresenta um estudo de caso baseado em um comparativo entre os dois sistemas, levando em consideração custo e o tempo de execução para uma residência determinada.

O projeto utilizado para o trabalho se trata de uma residência unifamiliar de único pavimento, com área construída total de 60,67m<sup>2</sup>, composta por 3 dormitórios, 1 banheiro e sala de estar e cozinha conjugados como mostrado na figura 41, que representa a planta baixa da residência.

Figura 41 - Planta Baixa.



Fonte: Montesuacasa, 2017.

Com o projeto definido, a listagem dos materiais necessários para a construção também foi definida. Como base, foi utilizado um quantitativo que abrange todos os materiais para a execução da obra baseado na área quadrada, desde material para estrutura em *Light Steel Frame* e *Light Wood Frame* até materiais de acabamento, como placas de fechamento e

massa para tratamento de juntas.

Com a similaridade dos dois métodos construtivos, pode-se adotar o mesmo tipo de fundação, o *radier*, que nada mais é do que um bloco em concreto armado com espessura aproximada de 20 cm que abrange toda a área da edificação, onde a laje serve também como contrapiso.

Já os materiais de fechamento, impermeabilização, isolamento térmico e acústico, acessórios para montagem dos painéis, por se tratarem dos mesmos para os dois sistemas, utilizaremos um único orçamento para o *Light Wood Frame* e o *Light Steel Frame*.

Foram cotados nesse orçamento todos os materiais utilizados depois do levantamento da estrutura, entre eles estão às chapas de contraventamento (OSB), que apesar de ser um material com funções estruturais, aparece também na listagem de acabamento por estar presente tanto no *Light Steel Frame* quanto no *Light Wood Frame* em igual quantidade, placas de gesso acartonado, placa cimentícia, conectores, suportes, parafusos e a massa utilizada para acabamento.

Para a cobertura dos dois sistemas foi utilizado uma estrutura com tesouras de treliças cobertas por telhas de fibrocimento onduladas, estas que não possuem relevância no nosso comparativo.

## 5.1 CUSTOS

O levantamento de custos foram separados em materiais para estrutura em *Light Steel Frame*, materiais para estrutura em *Light Wood Frame*, materiais em comum e para fechamento das paredes dos dois sistemas e mão de obra, utilizando-se como referência os custos apresentado por Sloma (2016), no qual teve seus valores atualizados com base no percentual acumulado de inflação no período de setembro de 2016 à setembro de 2017, que foi de 4,13% segundo INCC (2017) .

### 5.1.1 Custos da Estrutura em *Steel Frame*

Para o sistema *Light Steel Frame*, os montantes foram todos orçados por unidade. Foi realizado também o orçamento das fitas de contraventamento, ancoragem e fitas de isolamento como apresentado na tabela 3.

Tabela 3 – Orçamento de materiais.

Descrição	Unidade	Quantidade	Valor unitário	Total
Ancoragem	pç	10,00	49,75	497,53
Fita para Contraventamento 40 mm X #0,95	m	6,00	4,72	28,30
Fita para Contraventamento 50 mm X #0,95	m	81,00	3,59	290,99
Fita para Isolamento 48 mm - Rolo C/10m	pç	14,00	13,68	191,56
Guia 140 mm Estrutural #0,95 C/ 3,00m	pç	12,00	44,46	533,56
Guia 200 mm Estrutural #0,95 C/ 3,00m	pç	5,00	55,90	279,48
Guia 90 mm Estrutural #0,95 C/ 3,00m	pç	79,00	34,05	2689,99
Montante 140 mm Estrutural #0,95 C/ 3,00m	pç	26,00	47,77	1242,15
Montante 200 mm Estrutural #0,95 C/ 3,00m	pç	24,00	60,00	1439,99
Montante 90 mm Estrutural #0,95 PTH C/ 3,00m	Pç	36,00	37,37	1345,40
Montante 90mm Estrutural 0,95 C/ 3,00m	Pç	38,00	37,37	1420,15
Perfil 90 X 0,95mm PTH C/ 3,00m	Pç	339,00	45,47	15415,54
Perfil Cartola Ripa 0,80mm - c/ 3,00m	Pç	75,00	9,57	717,72
			<b>Total Estrutura</b>	<b>R\$ 26.092,36</b>

Fonte: Autores, 2017.

### 5.1.1 Custos para Estrutura em Wood Frame

Para realizar o orçamento de custo dos montantes de *Wood Frame*, foram utilizados valores relacionados ao quantitativo do projeto em *Steel Frame* respeitando as dimensões e levando em consideração a similaridade da resistência dos dois materiais no emprego dessa função. O custo por peça teve como referência de cálculo o valor aproximado de R\$ 1650,00 por metro cúbico de pinus auto clavado fornecido por uma madeireira da região em setembro de 2017. A relação do quantitativo é apresentada pela tabela 4.

Tabela 4 – Orçamento de madeira tratada.

Descrição	Dimensões (mm) Esp x Larg x Comp	Quantidade	Valor unitário	Total R\$
Montante 90	45 x 90 x 3000	492,00	20,01	9844,92
Montante 140	45 x 140 x 3000	38,00	31,18	1184,84
Montante 190	45 x 190 x 3000	29,00	42,31	1226,99
Montante 100	100 x 100 x 3000	6,00	49,50	297,00
Caibro	50 x 100 x 3000	76,00	24,75	1881,00
Terça	50 x 150 x 3000	22,00	37,12	816,64
Ripa	25 x 50 x 3000	112,00	6,18	692,16
			<b>Total Estrutura</b>	<b>R\$ 15.943,55</b>

Fonte: Autores, 2017.

### 5.1.3 Materiais em comum para fechamento

Todos os materiais utilizados depois da montagem da estrutura de ambos os sistemas

construtivos estão presentes nesse orçamento, incluindo fechamentos externo e interno, impermeabilização, isolamento térmico e acústico, acabamentos e acessórios utilizados na instalação dos mesmos, como apresentado na tabela 5.

Tabela 5 – Orçamento de materiais.

Descrição	Unidade	Quantidade	Valor unitário	Total R\$
Arame Galvanizado Liso N10 – Kg	Kg	8,00	8,22	65,73
Cantoneira Proforte - 2,5m – Um	Pç	32,00	51,39	1644,42
Chapa de Gousset - e=0,95mm	Pç	54,00	9,51	513,38
Chapa Durock USG 12,7X1200X2400mm	Pç	36,00	140,58	5060,72
Conector de Perfil F530/F47	Pç	27,00	0,54	14,62
Construcril Basecoat - Caixa 20 Kg	Cx	16,00	95,26	1524,13
Construcril PU Construção - Bisnaga 400g	Pç	3,24	25,73	83,37
Construcril Trinca sem embalagem – Kg	Kg	16,00	117,63	1882,00
Fita para Cantos Metálica 52mm - Rolo C/30m	Pç	1,00	63,33	63,33
Fita para Contraventamento 40mm x #0,95	M	5,00	4,72	23,59
Fita para Contraventamento 50mm x #0,95	M	81,00	3,59	290,99
Fita para Isolamento 48mm – Rolo C/ 10m	Pç	14,00	13,68	191,56
Fita para Juntas 50mm – Rolo com 150m	Pç	8,00	22,20	177,60
Lã de Pet 7Kg/m <sup>3</sup> - 400 x 25000 x 50mm - m2	m <sup>2</sup>	178,00	7,60	1353,07
Lã de Pet 7Kg/m <sup>3</sup> - 600 x 25000 x 50mm - m2	m <sup>2</sup>	56,00	7,60	425,68
LP OSB Home Plus 11,1x 1200 x 2400 Pc	Pç	75,00	77,36	5801,86
LP OSB Home Plus 18,3 x 1200 x 2400 Pc	Pç	5,00	120,04	600,21
Malha para Durock -Rolo 50m	Pç	3,00	8,11	24,34
Massa para Juntas MAX8 Construcril balde 30kg	Pç	7,00	55,16	386,10
Parabolt - 3/8X2.1/2 ZB	Pç	103,00	1,57	161,95
Parafuso 032 Rusper Profort – Agulha Cx 100	Ct	3,00	15,56	46,67
Parafuso 032 Rusper Profort – Broca Cx 100	Ct	152,00	17,04	2589,42
Parafuso P/ Cimenticia USG Durock Brand Cx100	Ct	70,00	24,26	1698,36
Parafuso T25 – Cx 100 – Knauf	Ct	21,00	2,96	62,10
Parafuso T35 Broca – Cx 100 – Knauf	Ct	38,00	3,07	116,73
Perfil P/ Teto F530 C/ 3,00m	Pç	32,00	9,24	295,56
Placa Moldtough (RU) 12,7 x 1200 x 1800mm	Pç	23,00	34,99	804,72
Placa Sheetrock Ultralight 12,7 x 1200 x 1800mm	Pç	109,00	23,74	2587,84
Rebite 4,8X25mm 525 - Cx C/100	Ct	3,00	9,78	29,33
Smartside Trim - 17,5mm x 89mm x 4,88m	Pç	29,00	51,47	1492,67
Suporte Nivelador F530/F47	Pç	108,00	1,17	125,96
Tabica Lisa C/3,00m	Pç	27,00	9,90	267,37
Tensionador para Cruz #1,64	Pç	86,00	15,91	1368,35
			<b>Total Acabamento</b>	<b>R\$ 31.773,74</b>

Fonte: Autores, 2017.

#### 5.1.4 Comparativo de custo geral

Com a realização dos orçamentos contendo os quantitativos e valores dos materiais utilizados nos dois sistemas construtivos e custo da mão de obra, que segundo Globalplac

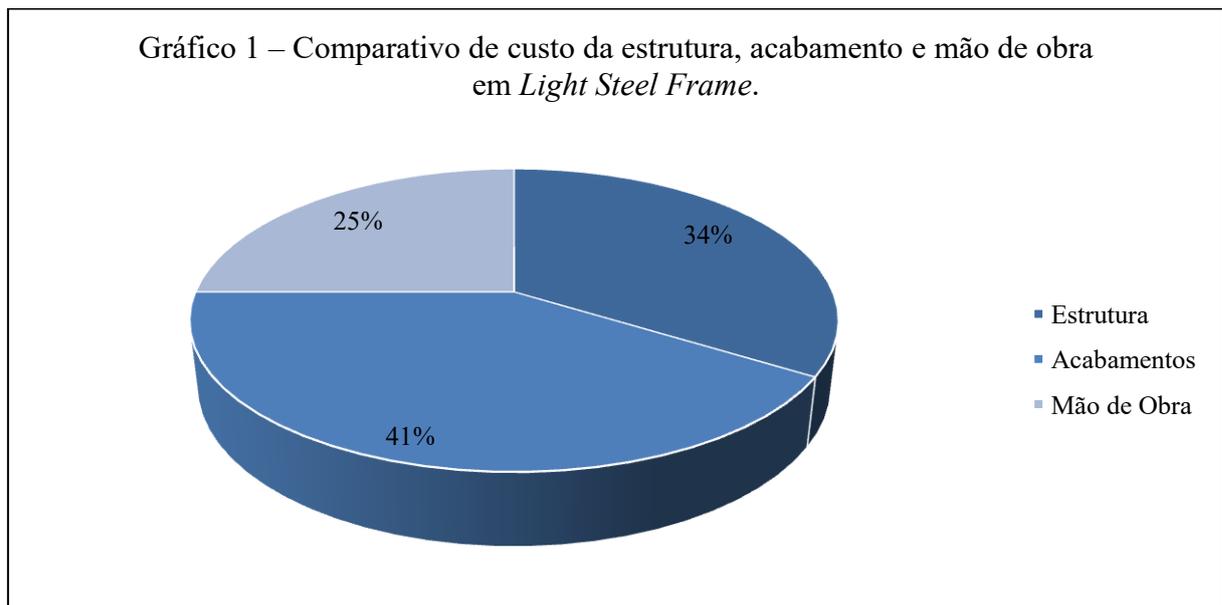
(2017) pode variar entre 20% e 25% do custo total, que neste caso foi adotado o percentual de 25%, obtém-se a relação de valores, apresentada pela tabela 6.

Tabela 6 – Totais dos Orçamentos.

Descrição	Wood Frame	Steel Frame
Estrutura	R\$ 15.943,55	R\$ 26.092,36
Fechamentos e Acessórios	R\$ 31.773,74	R\$ 31.773,74
Mão de obra	R\$ 15.905,76	R\$ 19.315,36
<b>Total</b>	<b>R\$ 63.623,05</b>	<b>R\$ 77.181,46</b>

Fonte: Dados da pesquisa, 2017.

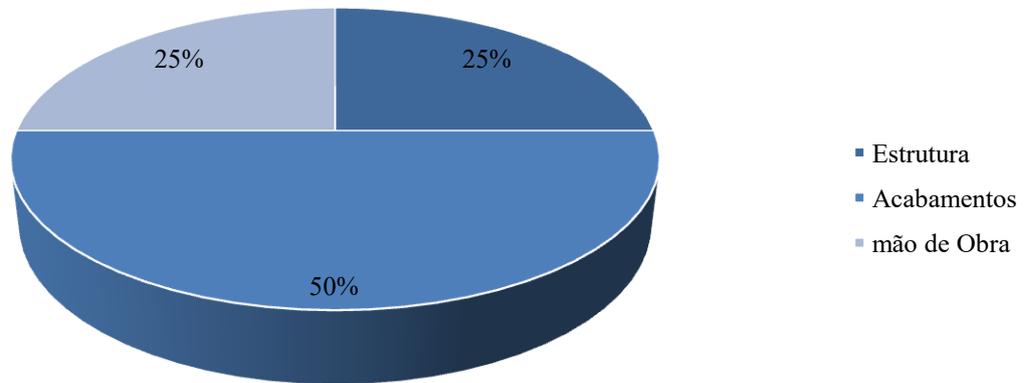
Fazendo uma análise dos custos dos sistemas *Steel Frame*, conclui-se que o valor total da obra executada em *Steel Frame* é de R\$ 77.181,46 dividindo-se em R\$ 26.092,36 para os materiais da estrutura, equivalendo 34% do custo total da obra, R\$ 31.773,74 para os materiais de acabamento, comprometendo 41% do orçamento e R\$ 19.315,36 gasto com mão de obra, somando os outros 25%, como ilustrado no gráfico 1.



Fonte: Dados da pesquisa, 2017.

Já com o sistema *Light Wood Frame*, que teve um custo total no valor de R\$ 63.623,05 os valores estão divididos em R\$ 15.943,55 destinado a estrutura, comprometendo aproximadamente 25% do orçamento total da obra, R\$ 31.773,74 gastos com acabamentos, equivalendo a 50% e R\$ 15.905,76 somando os 25% restantes, comparados pelo gráfico 2.

Gráfico 2 – Comparativo de custo da estrutura, acabamento e mão de obra em *Light Wood Frame*.



Fonte: Dados da pesquisa, 2017.

Com isso pode-se concluir que a diferença de custo entre os dois sistemas analisados, até a etapa apresentada é de 17,6%, favorecendo o método construtivo *Wood Frame*, analisando tanto o custo total da obra, quanto valor por m<sup>2</sup>, como apresentado na tabela 7.

Tabela 7 – Diferença de valores entre os sistemas *Wood Frame* e *Steel Frame*.

Área Construída	
60,67m <sup>2</sup>	
<i>Wood Frame</i>	<i>Steel Frame</i>
Valor Total	
R\$ 63.623,05	R\$ 77.181,46
Valor por m <sup>2</sup>	
R\$ 1.048,67	R\$ 1.272,15
Diferença	
17,6%	

Fonte: Dados da pesquisa, 2017.

## 5.2 TEMPO DE EXECUÇÃO

O tempo de execução da obra que poderia ser um fator relevante na hora da escolha do método construtivo utilizado, que segundo Gomes (2009) pode ter uma variação de até 60% comparando o método construtivo convencional com os sistemas industrializados, que é o caso do *Light Steel Frame* e o *Light Wood Frame*, neste comparativo não terá grande relevância, pois como os dois métodos são muito parecidos o tempo de execução dos mesmos

também é.

Para efeito de curiosidade com base em um trabalho realizado por Domarascki e Fagiani (2009), fez-se um levantamento do tempo necessário para executar as etapas da obra analisada em *Light Steel Frame*. A produtividade é calculada individualmente entre os itens em hora/m<sup>2</sup>, multiplicado pela área total de cada item obtendo-se assim o total de horas necessárias para execução.

Tabela 8 – Produtividade.

Descrição	Produtividade (Hora/m <sup>2</sup> )	Quantidade (m <sup>2</sup> )	Total (Horas)
Montar a estrutura de aço para fechamento externo e interno	0,25	147,80	36,95
Fechar com placas Cimentícias	0,22	97,80	21,52
Fechar com OSB	0,22	236,96	52,13
Fechar com gesso acartonado	0,22	139,16	30,62
Isolar com lã de vidro	0,06	147,80	8,87
Instalar Membrana Hidrófuga	0,06	116,84	7,01
Montar estrutura para cobertura (tesoura de treliça)	0,26	85,50	22,23
<b>Total (Horas)</b>			<b>157,09</b>
<b>Área da Casa (m<sup>2</sup>)</b>			<b>60,67</b>
<b>Produtividade (Horas/m<sup>2</sup>)</b>			<b>2,59</b>

Fonte: Autores, 2017.

Analisando os resultados obtidos e levando e considerando que o tempo necessário para execução de cada etapa seja o mesmo para os dois métodos construtivos, conclui-se que serão necessárias 157,09 horas para realização das etapas propostas e que são necessárias 2,59 horas para execução de 1 m<sup>2</sup>. Contabilizando em dias, com carga horária diária de 8 horas, seriam necessários aproximadamente 20 dias para um montador e um ajudante concluírem os trabalhos de qualquer dos dois sistemas.

## 6 CONCLUSÃO

Uma construção quando é planejada e realizada a fim de obter a satisfação de quem a solicita, faz com que aumente a busca pela necessidade de contratar pessoas especializadas no assunto. Os sistemas *Light Steel Frame* e *Light Wood Frame* são novas tecnologias que vêm para modernizar os aspectos relacionados às novas construções, e conseqüentemente trazer um diferencial no ramo da construção civil. Como visto no desenvolvimento do trabalho, ambos trazem suas vantagens e desvantagens, porém cabe ressaltar que as vantagens demonstradas ainda suprem os pontos negativos, como por exemplo, o custo se torna elevado em relação ao material que é empregado, porém em relação a mão de obra, há uma economia significativa para os dois sistemas.

O fato de as tecnologias trabalharem com matéria-prima sustentável revela que cada vez mais, as pessoas vêm se conscientizando com assuntos relacionados ao meio ambiente, fator preocupante, no tocante a degradação do mesmo. Isso torna-se um ponto que deve ser elencado com muita importância ao tratar de construções, visto que o aumento da população habitacional e as constantes edificações abalam o meio ambiente, e métodos construtivos como *Light Steel Frame* e *Light Wood Frame* amenizam muito as conseqüências ambientais. É importante que haja conhecimento da população nesses aspectos, e cabe aos profissionais da área manter os futuros clientes a par de tais tecnologias que envolvam assuntos sustentáveis.

A monografia teve intuito de fazer uma comparação entre os dois sistemas e avaliar quais deles seria o mais vantajoso em sua aplicação. Diante dos dados encontrados e das análises realizadas pôde-se chegar à conclusão de que optar pelo método construtivo *Light Wood Frame* obtém-se uma redução de custos, em relação ao método *Light Steel Frame*, de 17,6%, sendo que o *Light Steel Frame* mantém um custo total de R\$ 77.181,46 com a obra finalizada, enquanto o sistema *Light Wood Frame* teve um custo total no valor de R\$ 63.623,05, sendo assim mais vantajoso.

Em relação ao tempo de execução da obra os resultados obtidos concluíram que serão necessárias 157,09 horas para realização das etapas propostas e que são necessárias 2,59 horas para execução de 1 m<sup>2</sup>. Contabilizando em dias, com carga horária diária de 8 horas, seriam necessários aproximadamente 20 dias para um montador e um ajudante concluírem os trabalhos. Esse dado foi feito a partir da construção utilizada na realização deste estudo, sendo uma área construída de 60,67m<sup>2</sup>.

O desenvolvimento da pesquisa foi possível através do levantamento dos dados a

partir dos objetivos gerais e específicos, que possibilitaram analisar os resultados para a conclusão do estudo. Com isso conclui-se que os resultados foram atingidos ao mencionar as características dos dois métodos, exemplifica-las, e comparar ante uma construção referencial.

Em relação à sustentabilidade do material utilizado, sua eficácia sustenta essa premissa, sendo que a madeira (utilizada no sistema *Light Wood Frame*) é um material que vai ao encontro à sustentabilidade, por ser o único material de construção que é renovável, e, se as práticas de manejo florestal e colheita forem cumpridas, é um recurso disponível por tempo indeterminado. A água também é pouco utilizada, com uma redução de 90% na construção civil em ambos os sistemas mencionados, o que possibilita evitar que contribua para sua escassez.

“O aço é material 100% reciclável podendo, esgotada a vida útil da edificação, retornar aos fornos sob forma de sucata e se tornar um novo aço, sem perda de qualidade”. (CBCA, 2017). No sistema *Light Steel Frame* o principal material estrutural é o aço galvanizado, que é reciclável, contribuindo para a sustentabilidade.

Sendo assim todos os requisitos para pesquisa mencionados foram devidamente cumpridos, trazendo satisfação aos acadêmicos que puderam vivenciar um pouco mais do conteúdo buscando as informações adequadas, podendo informar aos que se interessarem pelo assunto. Fica como proposta a continuação desta pesquisa com foco na avaliação do desempenho sustentável de cada uma das matérias-primas, para que outros estudiosos do tema possam contribuir com mais conhecimento acerca das técnicas construtivas comentadas.

## 7 REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, D. H.; et al. **Determinação do Teor de Umidade e Densidade Básica para Espécies de Pinus e Eucalipto**. Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho” – UNESP, 2014. Disponível em: <[http://fait.revista.inf.br/imagens\\_arquivos/arquivos\\_destaque/GJqhOS2OjOZ3IRW\\_2014-4-16-16-31-23.pdf](http://fait.revista.inf.br/imagens_arquivos/arquivos_destaque/GJqhOS2OjOZ3IRW_2014-4-16-16-31-23.pdf)>. Acesso em: 09 out. 2017.
- ALVES, Leticia Pereira. Comparativo do Custo Benefício entre o Sistema Construtivo em Alvenaria e os Sistemas Steel Frame e Wood Frame. **Revista Especialize On-line IPOG**, Goiânia, 10.ed., v.1, dez., 2015. Disponível em: <<https://www.ipog.edu.br/download-arquivo-site.sp?arquivo=leticia-pereira-alves-140161113.pdf>>. Acesso em: 20 set. 2017.
- BENEVENGO, Luciana. **Gesso Acartonado**. 1999. Disponível em: <<http://piniweb.pini.com.br/construcao/noticias/gesso-acartonado-84478-1.aspx>>. Acesso em: 23 out. 2017.
- BEUREN, Maria Ilse (Org.). **Como elaborar trabalhos monográficos: teoria e prática em contabilidade**. 3.ed. São Paulo: Atlas, 2013.
- BORTOLOTTI, Ana Larissa Koren. **Análise de Viabilidade Econômica do Método Light Steel Framing para Construção de Habitações no Município de Santa Maria-RS**. 2015. 101f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil), Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria: 2015.
- CALIL JUNIOR, Carlito; LAHR, Francisco Antonio Rocco; DIAS, Antonio Alves. **Dimensionamento de Elementos Estruturais de Madeira**. v.2. São Paulo: Manole, 2010.
- CALIL JÚNIOR, Carlito; MOLINA, Júlio Cesar. Sistema Construtivo em Wood Frame para Casas de Madeira. **Ciências Exatas e Tecnológicas**, Londrina, v.31, n.2, p.143-156, jul./dez., 2010. Disponível em: <<http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/semexatas/article/viewFile/4017/6906>>. Acesso em: 12 set. 2017.
- CASA E CONSTRUÇÃO. **Telhas Shingle: O que é, Vantagens, Modelo e Preço**. 2015. Disponível em: <<https://casaconstrucao.org/materiais/telhas-shingle/>>. Acesso em: 19 out. 2017.
- CBCA, Aço Brasil. **Construção em Aço: Estatísticas**. 2017. Disponível em: <<http://www.cbca-acobrasil.org.br/site/construcao-em-aco-estatisticas.php>>. Acesso em: 05 out. 2017.
- CERPOLLO. **Aço Galvanizado**. 2014. Disponível em: <<http://cerpolo.com.br/blog/aco-galvanizado-2/>>. Acesso em: 25 out. 2017.
- COLIN, Silvio. **Forma Estrutural II: o século XXI**. 2013. Disponível em: <<https://coisasdaarquitectura.wordpress.com/tag/rio-severn/>>. Acesso em 04 out. 2017.
- COMERCIAL GERDAU. **Prego Ardox**. 2015. Disponível em:

<<https://www.comercialgerdau.com.br/pt/produtos/prego-ardox#ad-image-0>> Acesso em: 13 out. 2017.

DIAS, Alan. **Tipos de Tesouras em Madeira**. 2008. Disponível em: <<http://estruturasdemadeira.blogspot.com.br/2008/04/tipos-de-tesouras-em-madeira.html>>. Acesso em: 16 out. 2017.

DOMARASCKI, C. S.; FAGIANI, L. S. **Estudo comparativo dos sistemas construtivos: Steel Frame, Concreto PVC e Sistema Convencional**. 2009. 75f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Civil) - Centro Universitário da Fundação Educacional de Barretos, Barretos, 2009.

ECKER, Taienne Winni; MARTINS, Valdemar. **Comparativo dos Sistemas Construtivos Steel Frame e Wood Frame para Habitações de Interesse Social**. 2014. 154f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2014.

FERREIRA, Augusto Sendtko. **Estudo Comparativo de Sistemas Construtivos Industrializados: Paredes de Concreto, Steel Frame e Wood Frame**. 62f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2014.

FUTURENG. **Light Steel Framing**. 2017. Disponível em: <<http://www.futureng.pt/lstf>>. Acesso em: 20 set. 2017.

GLOBALPLAC. **Fundação tipo Basement**. 2017. Disponível em: <<http://www.globalplac.com.br/noticias/fundacao-tipo-basement/>>. Acesso em: 27 set. 2017.

GLOBALPLAC. **Comparativo dos sistemas cosntrutivos**. 2017. Disponível em: <<http://www.globalplac.com.br/noticias/steel-frame-ou-wood-frame/>>. Acesso em: 01 out. 2017.

GOMES, Aínda Soares. **Contribuição para a caracterização da mão-de-obra do sistema Light Steel Framing: Um Estudo De Caso No Município De Criciúma– SC**. 2009. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Civil). Universidade do Extremo Sul Catarinense, UNESC. Criciúma. 2009.

GOUVEIA, Lucas. **Steel Frame: A Construção Inteligente**. 2016. Disponível em: <[http://www.metalica.com.br/pg\\_dinamica/bin/pg\\_dinamica.php?id\\_pag=1450](http://www.metalica.com.br/pg_dinamica/bin/pg_dinamica.php?id_pag=1450)>. Acesso em: 15 set. 2017.

INCC. **Índice nacional de custos na cosntrução**. 2017. Disponível em: <<http://br.advfn.com/indicadores/incc>>. Acesso em: 22 out. 2017.

KELVIN, Educational. **Balsa Roof Framing Kit With Stikutter**. 2017. Disponível em: <<http://kelvin.com/kelvina-balsa-roof-framing-kit-with-stikutter-a/>>. Acesso em: 25 out. 2017.

LEAL, André; et al. **Aspectos Históricos**. 2011. Disponível em: <<https://prefabricadosteelframe.wordpress.com/2-aspectos-historicos/>>. Acesso em: 27 out. 2017.

- LEROY MERLIN. **Steel Frame**. 2017. Disponível em: <<http://www.leroymerlin.com.br/steel-frame>>. Acesso em: 15 ago. 2017.
- MARTINS, Felipe. **Primeiro Prédio em Madeira do Brasil é Construído na Região de Curitiba**. 2016. Disponível em: <<http://www.gazetadopovo.com.br/haus/arquitetura/primeiro-predio-em-madeira-do-brasil-e-construido-na-regiao-de-curitiba/>>. Acesso em: 04 out. 2017.
- MEIRELLES, C.R.M; et al. **Considerações sobre o uso da Madeira no Brasil em Construções Habitacionais**. In: III Fórum de Pesquisa Fau.Mackenzie, 2007. Disponível em: <[http://www.mackenzie.com.br/fileadmin/Graduacao/FAU/Publicacoes/PDF\\_IIIForum\\_a/MACK\\_III\\_FORUM\\_CELIA\\_REGINA.pdf](http://www.mackenzie.com.br/fileadmin/Graduacao/FAU/Publicacoes/PDF_IIIForum_a/MACK_III_FORUM_CELIA_REGINA.pdf)>. Acesso em: 05 out. 2017.
- MITIDIARI, Cláudio. **Drywall no Brasil: Reflexões Tecnológicas**. 2009. Disponível em: <<http://www.drywall.org.br/artigos.php/0/30/drywall-no-brasil-reflexoestecnologicas>>. Acesso em: 13 out. 2017.
- MONTESUACASA. **Projetos de casas**. 2017. Disponível em: <<http://www.montesuacasa.com.br/plantas/casas/casa-2-quartos.php>>. Acesso em: 24 set. 2017.
- PEDROSO, Sharon Passini; et al. **Stell Frame na construção civil**. In: Anais do 12º Encontro Científico Cultural Interinstitucional, out., 2014.
- PEROVANO, D. G. **Manual de metodologia científica: para segurança pública e defesa social**. 1.ed. São Paulo: Jurua Editora, 2014.
- PFEIL, Walter; PFEIL, Michèle. **Estruturas de madeira**. 6.ed. São Paulo: LTC, 2012. 223p.
- POSSAMAI, Madeiras. **OsB**. Indaial, 2017. Disponível em: <<http://www.placacentropossamai.com.br/produtos/detalhes/Paineis/OSB/42>>. Acesso em: 24 out. 2017.
- REBUZZI, Fernanda. **Gesso Acartonado: Tudo que você precisa saber**. 2016. Disponível em: <<http://www.blogvidadecasada.com/gesso-acartonado/>>. Acesso em: 24 out. 2017.
- ROCHA, Pabliny Paiva. **Steel Frame: Tecnologia na Construção Civil**. **Revista Científica FacMais**, Goiás. v.8. n.1. fev./mar., 2016.
- RODRIGUES, Francisco Carlos. **Steel Framing: Engenharia**. Rio de Janeiro: IBS/CBCA, 2006. 127f. (Série Manual de Construção em Aço).
- ROLIM JÚNIOR, Juvenal C. **Cobertura com Telhas Asfálticas**. 2006. Disponível em: <<http://techn17.pini.com.br/engenharia-civil/106/artigo285526-1.aspx>> Acesso em: 23 out. 2017.
- SILVA, Fernando Benigno. **Wood Frame: Construções com Perfis e Chapas de Madeira**. 2010. Disponível em: <<http://techn17.pini.com.br/engenharia-civil/161/sistemas-construtivos-286726-1.aspx>>. Acesso em: 10 set. 2017.

SILVA, Marcos Roberto Rolim. **Construções Sustentáveis: Um Estudo Sobre O Método Construtivo Em Wood Frame Para Unidades Residenciais.** 2017. 73f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade do Sul de Santa Catarina, Palhoça, 2017.

SLOMA, Raphael Bilinski. **Comparativo de sistemas construtivos *steel frame e wood frame (custo x benefício).*** 2016. 80f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Faculdade Tuiuti do Paraná, Curitiba, 2016. Disponível em: <<http://cconline.utp.br/mediatcc201706COMPARATIVO-DE-SISTEMAS-CONSTRUTIVOS.pdf>>. Acesso em: 10 set. 2017.

SZÜCS, Carlos Alberto; et al. **Estruturas de madeira.** Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) - Centro Tecnológico - Departamento de Engenharia Civil. Florianópolis, 2015. Disponível em: <[https://moodle.ufsc.br/pluginfile.php/1313798/mod\\_resource/content/0/Apostilamadeiras2015-1.pdf](https://moodle.ufsc.br/pluginfile.php/1313798/mod_resource/content/0/Apostilamadeiras2015-1.pdf)>. Acesso em: 28 maio 2017.

TECVERDE, Engenharia. **Panorama do Sistema Construtivo Tecverde.** Curitiba: 2016. Disponível em: <<http://www.tecverde.com.br/wp-content/uploads/2016/02/Panorama-do-Sistema-Construtivo-Tecverde.pdf>>. Acesso em: 22 set. 2017.

TERNI, Antonio Wanderley; SANTIAGO, Alexandre Kokke; PIANHERI, José. **Steel Frame: Fundações (Parte 1).** 2008. Disponível em: <<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/135/artigo285722-4.aspx>>. Acesso em: 27 set. 2017.

USP. **Construção em Madeira.** 2017. Disponível em: <<http://www.usp.br/nutau/madeira/paginas/piso/estrutura.htm>>. Acesso em: 23 set. 2017.

VELLOSO, Joana G. **Diretrizes Para Construções Em Madeira No Sistema Plataforma.** 2010, 104f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2010.

VOITILLE, Nadine. **Gesso Acartonado: Usos e Vantagens.** 2010. Disponível em: <<http://www.cliquearquitectura.com.br/artigo/gesso-acartonado-usos-e-vantagens-.html>>. Acesso em: 20 out. 2017.

VOTORANTIN. **Sapata Corrida.** 2014. Disponível em: <[http://www.mapadaobra.com.br/negocios/sapata-corrída/?doing\\_wp\\_cron=1510320360.8561720848083496093750](http://www.mapadaobra.com.br/negocios/sapata-corrída/?doing_wp_cron=1510320360.8561720848083496093750)>. Acesso em: 02 out. 2017.

WORDPRESS. **A Madeira: um Material Resistente ao Fogo.** Disponível em: <<https://madeiraestrutural.wordpress.com/2009/07/13/a-madeira-um-material-resistente-ao-fogo/>>. Acesso em: 20 Out. 2017.