

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL  
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

GABRIEL PIRES TOLOMEOTTI

**CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA CONSTRUTIVO EM *WOOD*  
*FRAME***

CAMPO MOURÃO

2021

GABRIEL PIRES TOLOMEOTTI

**CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA CONSTRUTIVO EM WOOD  
*FRAME***

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação apresentado à Disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso, do Curso Superior em Engenharia Civil do Departamento Acadêmico de Construção Civil – DACOC - da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, para obtenção do título de bacharel em engenharia civil.

Orientador: Prof. Dr. Jorge Luís Nunes de Góes

CAMPO MOURÃO

2021



Ministério da Educação

Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Câmpus Campo Mourão

Diretoria de Graduação e Educação Profissional

Departamento Acadêmico de Construção Civil

Coordenação de Engenharia Civil



---

## TERMO DE APROVAÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso

**CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA CONSTRUTIVO EM WOOD FRAME**

por

**Gabriel Pires Tolomeotti**

Este trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado às 19 horas do dia 25 de agosto de 2021 como requisito parcial para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL, pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado

**Prof. Dr. Jorge Luís Nunes de Góis**

(UTFPR)

**Orientador**

**Prof. Dr. Adalberto Luíz Rodrigues de Oliveira**

(UTFPR)

**Prof. Dr. Fabiana Goia Rosa de Oliveira**

(UTFPR)

Responsável pelo TCC: **Prof. Me Valdomiro Lubachevski Kurta**

Coordenador do Curso de Engenharia Civil: **Prof Ronaldo Rigobello**

A folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso

## RESUMO

TOLOMEOTTI, Gabriel P. **Caracterização do Sistema construtivo em *Wood Frame***. 2021. 45 f. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2021.

O sistema construtivo em *Wood Frame* vem ganhando espaço pela velocidade de execução, na sua facilidade de construção, na competitividade dentro do mercado da construção civil e, também, por atender as questões sustentáveis. Entretanto, no Brasil há uma grande resistência para o uso deste tipo de construção. O objetivo deste trabalho visa apresentar as características do sistema construtivo, junto com a análise da distribuição dos esforços pela estrutura. Poucos textos foram encontrados sobre o uso ou aplicação do *Wood Frame* no Brasil, mostrando como este tipo de construção é escasso no país devido a falta de informação ao público e ao preconceito que a madeira tem no país.

**Palavras Chave:** Construção civil; Sistema construtivo em *Wood Frame*; Ações Sísmicas; Ações devido ao Vento.

## ABSTRACT

TOLOMEOTTI, Gabriel P. **Characterization of the Wood Frame Construction System.** 2021. 45 f. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2021.

The Wood Frame construction system has been gaining ground due to its speed of execution, ease of construction, competitiveness in the civil construction market and the main one serving sustainable issues. However, in Brazil there is great resistance to the use of this type of construction. The aim of this work is to present the characteristics of the constructive system, together with the analysis of the distribution of efforts across the Wood Frame structure. Few texts were found about the use or application of Wood Frame in Brazil, showing how this type of construction is scarce in the country due to the lack of information to the public and the prejudice that wood has in the country.

**Keywords:** Civil construction; Wood Frame constructive system; Seismic Actions; Actions due Wind.

## LISTA DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| Figura 1 - Construção em <i>Wood Frame</i> .....  | 16 |
| Figura 2 - Reforço nas regiões de shafts de passagem.....                                 | 19 |
| Figura 3 - Esquema de piso em <i>Wood Frame</i> .....                                     | 19 |
| Figura 4 - Travamento entre os painéis parede.....  | 20 |
| Figura 5 - Esquema simplificado do quadro estrutural no modelo <i>Wood Frame</i><br>..... | 20 |
| Figura 6 - Quadro estrutural com abertura de portas e janelas.....                        | 21 |
| Figura 7 - Fechamento em OSB.....   | 21 |
| Figura 8 - Conexão entre painéis de OSB e ossatura.....                                   | 22 |
| Figura 9 - Membrana hidrófuga em estrutura de <i>Wood Frame</i> .....                     | 26 |
| Figura 10 - Impermeabilização das esquadrias.....   | 27 |
| Figura 11 - Tipos de pregação entre as ossaturas e os montantes.....                      | 28 |
| Figura 12 - Tipos de parafusos auto-atarraxantes.....                                     | 30 |
| Figura 13 - Direções do conector CDE em relação a direção da força aplicada<br>.....      | 31 |
| Figura 14 - Simbologias básicas do sismo.....   | 32 |
| Figura 15 - Distribuição das ações verticais.....   | 33 |
| Figura 16 - Nomenclatura dos diafragmas.....  | 33 |
| Figura 17 - Desempenho estrutural das edificações leves.....                              | 34 |
| Figura 18 - Mudança de posição.....   | 35 |
| Figura 19 - Mudança de forma.....   | 35 |
| Figura 20 - Forças Sísmicas em uma estrutura.....   | 36 |
| Figura 21 - Comportamento estrutural do <i>Wood Frame</i> sob ação do vento.....          | 39 |
| Figura 22 - Diagrama de forças agindo em uma estrutura.....                               | 40 |

## LISTA DE QUADROS

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Quadro 1 - Aplicação da madeira na construção civil .....</b>                | <b>15</b> |
| <b>Quadro 2 - Caracterização do OSB .....</b>                                   | <b>22</b> |
| <b>Quadro 3 - Relação entre espessura e aplicação da placa cimentícia .....</b> | <b>23</b> |
| <b>Quadro 4 - Conexão entre elementos estruturais .....</b>                     | <b>29</b> |

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

|       |  |
|-------|--|
| ABNT  | Associação Brasileira de Normas Técnicas                 |
| ABIPA | Associação Brasileira da Indústria de Painéis de Madeira |
| CMHC  | Canada Mortgage and Housing Corporation                  |
| CDE   | Chapa de dentes estampados                               |
| CO2   | Gás carbônico  |
| EN    | Norma Europeia   |
| OSB   | Oriented strand board                                    |
| RU    | Placas de gesso resistente à umidade                     |
| RF    | Placas de gesso resistente à fogo                        |
| SINAT | Sistema Nacional de Avaliações Técnicas                  |
| ST    | Placas de gesso comum                                    |



## SUMÁRIO

|  |    |
|--|----|
| <b>1 INTRODUÇÃO</b> .....  | 11 |
| <b>2 OBJETIVOS</b> .....   | 12 |
| <b>2.1 Objetivo geral</b> .....  | 12 |
| <b>2.2 Objetivos específicos</b> .....   | 12 |
| <b>3 JUSTIFICATIVA</b> .....   | 13 |
| <b>4 DESENVOLVIMENTO</b> .....   | 14 |
| <b>4.1 A madeira na construção</b> .....   | 14 |
| <b>4.2 Caracterização do sistema construtivo</b> .....   | 16 |
| 4.2.1 Fundação .....   | 17 |
| 4.2.2 Sistema de pisos .....   | 18 |
| 4.2.3 Sistema de paredes .....   | 19 |
| 4.2.4 Placas de fechamento .....   | 21 |
| 4.2.5 Estrutura de cobertura .....   | 24 |
| 4.2.6 Sistemas hidrossanitários e elétricos .....  | 24 |
| 4.2.7 Impermeabilização .....  | 25 |
| <b>4.3 Ligações</b> .....  | 27 |
| 4.3.1 Ligações pregadas .....  | 28 |
| 4.3.2 Ligações parafusadas .....   | 29 |
| 4.3.3 Chapas de dentes estampados ( <i>Gang Nail</i> ) .....   | 30 |
| <b>4.4 Comportamento estrutural do sistema <i>Wood Frame</i> frente à cargas<br/>sísmicas e de vento</b> ..... | 31 |
| 4.4.1 Origem dos sismos .....  | 32 |
| 4.4.2 Paredes diafragmas .....   | 33 |

|   |    |
|---|----|
| 4.4.3 Comportamento do modelo construtivo <i>Wood Frame</i> frente a cargas<br>sísmicas.....  | 36 |
| 4.4.3 Comportamento do modelo construtivo <i>Wood Frame</i> frente a cargas de<br>vento ..... | 38 |
| <b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....   | 41 |
| <b>REFERÊNCIAS</b> .....  | 42 |

## 1 INTRODUÇÃO

As estruturas feitas em madeira possuem diversas características que a tornam atraentes frente aos outros modelos construtivos disponíveis no ramo da construção civil. Dentre essas, são comumente pontuadas, o baixo consumo de energia para seu processamento, a alta resistência mecânica, boas características de isolamento térmico e elétrico, além de ser um material de fácil trabalhabilidade (ZENID, 2015).

O modelo de edificação em *Wood Frame*, é amplamente difundido nas regiões da América do Norte e da Europa, garantindo a este modelo, a solução habitacional mais comum dentre as demais técnicas construtivas realizada nesses países (ARAUJO, 2016).

Entretanto, no Brasil, seu uso na construção civil possui uma reduzida utilização devido ao grande pré-conceito sobre a utilização desta técnica, propiciando assim, uma falsa concepção de que o sistema construtivo em *Wood Frame* resulte em uma qualidade inferior se comparada às técnicas tradicionais de construção utilizadas no país (BARALDI, 1996).

As ligações, por sua vez, em grande parte dos casos, são feitas por pinos metálicos, por terem baixo custo para sua utilização, e também pela maior facilidade de execução (GÓES E JUNIOR, 2017). Tem-se o conhecimento de que a rigidez de uma ligação está relacionada ao tipo do conector, sua espessura, as dimensões dos conectores e seu espaçamento, além das características da chapa e da madeira utilizada (XINLEI HUANG, 2013).

Nesse aspecto, torna-se fundamental o estudo a respeito do comportamento dos diferentes componentes estruturais que compõem o modelo construtivo em *Wood Frame* para garantir a melhor otimização dos materiais utilizados e a garantia de segurança adequada no projeto realizado.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo geral

O objetivo do trabalho consiste em descrever as características do sistema construtivo em *Wood Frame*.

### 2.2 Objetivos específicos

- Elaborar pesquisa bibliográfica sobre o sistema construtivo em *Wood Frame*, bem como identificar suas etapas construtivas;
- Apresentar o comportamento do sistema construtivo em *Wood Frame* frente aos esforços gerados por cargas sísmicas e vento.

### 3. JUSTIFICATIVA

Diante do grande crescimento populacional e dos avanços tecnológicos, a indústria da construção civil tem buscado por sistemas construtivos mais eficientes, tendo em vista aumentar a produtividade, diminuir o desperdício e atender a uma demanda crescente na área da construção civil.

O sistema construtivo em *Wood Frame* no Brasil vem ganhando espaço devido sua facilidade na construção, a rapidez na mão de obra, resistência ao suportar as intempéries ambientais de cada região, a competitividade no mercado da construção civil e o principal atendendo as questões sustentáveis. No entanto, a resistência para uso desse tipo de método construtivo no Brasil é alta.

O objetivo deste trabalho é apresentar as características do sistema construtivo em *Wood Frame*, sua etapa construtiva e as propriedades deste sistema frente às ações sísmicas e de vento.

## **4 DESENVOLVIMENTO**

### **4.1 A madeira na construção civil**

No Brasil, as construções em alvenaria são feitas via um sistema artesanal, pouco produtivo e com geração de grande quantidade de resíduos em contraposição às técnicas consideradas sustentáveis, apresentando também um caráter dependente de fatores climáticos para realização do seu processo construtivo (LACERDA & GOMES, 2014).

A madeira é um material de construção (comparado aos principais como aço e alumínio) que é renovável, reciclável e biodegradável (LACERDA & GOMES, 2014) e o produto que tem o menor gasto de energia para sua transformação (MARQUES, 2008).

A determinação das madeiras nos grupos de uso final na construção civil é definida pelo critério em que são identificadas as propriedades e características consideradas necessárias para o bom desempenho no uso especificado na estrutura. Para cada propriedade identificada fixam-se valores mínimos e máximos, tendo como base os valores de madeiras tradicionalmente empregadas (LEITE & LAHR, 2015).

Segundo Ferreira (2009), a adequação das madeiras selecionadas deve-se primeiramente pela identificação dos principais grupos de usos com seus componentes e seus requisitos técnicos e posteriormente a compatibilização das propriedades da espécie, nos seus níveis apropriados de desempenho, com os requisitos técnicos dos componentes de construção, levando-se em consideração também suas dimensões, formas, defeitos abolidos ou aceitáveis, para então indicar as espécies de madeiras à serem utilizadas na construção civil, conforme o Quadro 1.

**Quadro 1 – Aplicação da madeira na construção civil**

| Madeira roliça   | Madeira serrada  | Madeira laminada colada  | Painéis   |
|--|--|--|---|
| <p>É a que possui menor grau de processamento e menor resíduo. Pode ser utilizada para estrutura e fechamento de paredes.</p> <p>A espécie mais comum é o Eucalyptus de floresta plantada.</p> | <p>São as vigas, pilares, tábuas, caibros, forros, pisos que vêm à obra em seções quadradas ou retangulares.</p> <p>Possuem um grau maior de processamento, com consequente aumento da energia embutida na sua produção.</p> | <p>É formada por tábuas de madeira unidas longitudinalmente e depois coladas umas sobre as outras.</p> <p>O uso do laminado colado é indicado como elemento estrutural e sua maior vantagem está na estrutura de cobertura de grandes vãos.</p> <p>É apontada como alternativa ecológica contra o uso de madeiras mais nobre para estruturas de grandes dimensões.</p> | <p>Surgiram com intuito de se obter um uso mais eficiente da madeira, com maior aproveitamento do material, menor peso e menor custo.</p> <p>A madeira é transformada em lâminas ou fibras que são aglutinadas por algum material ligante. Os painéis encontrados no mercado são: compensados, aglomerados, MDF e, mais recentemente o OSB.</p> |

Fonte: Ferreira (2009)

Muito utilizada nas regiões sul e sudeste, as construções em madeira tiveram como matéria prima principal o pinho do Paraná. Entretanto, em 1905, na cidade de Curitiba, o governo proibiu a construção de casas de madeira em zonas centrais da cidade. Este fato contribuiu para gerar no meio técnico brasileiro, o preconceito contra as estruturas em madeira (MEIRELLES, 2005).

Segundo Paese (2012) a madeira utilizada na construção civil brasileira ficou intitulada como um material secundário e destinada para usos descartáveis. Devido a isso a população menos favorecida faz uso destes produtos secundários para a concretização de suas moradias em regiões sem planejamento urbano, ocasionando moradias precárias, sem conforto e segurança. Estes pontos contribuem para a visualização de um produto de baixa qualidade pela população, ocasionando o distanciamento do uso da madeira na construção civil.

De acordo com Leite e Lahr (2015) o país possui um caminho significativo a ser percorrido em relação ao desenvolvimento de componentes padronizados para construções que causem menores impactos ambientais, sejam mais econômicos, de rápida execução, com reduzido desperdício de material durante a elaboração da

construção e que demandem menores níveis de energia para sua produção. Como o sistema construtivo em *Wood Frame* é considerado um sistema construtivo que faz parte do Sistema Construção Energética Sustentável (CES), essas premissas são todas atendidas.

#### 4.2 Caracterização do sistema construtivo em *Wood Frame*

De acordo com o Sistema Nacional de Avaliações Técnicas (2011), o *Wood Frame* tem como principal característica a utilização de madeira reflorestada em sua estrutura, junto ao uso de chapas delgadas para seu fechamento, garantindo uma menor agressividade ao meio ambiente, em comparação as técnicas tradicionais de construção.

Por ser em grande parte automatizado, o *Wood Frame*, agrega qualidade e produtividade no canteiro de obras junto a maior velocidade de montagem da estrutura, além de garantir maior segurança a equipe operacional, reduzindo riscos de acidentes.

**Figura 1 - Construção em *Wood Frame***



Fonte: IBEN Engenharia (2018)

Para Caio Bonatto (2015), um dos idealizadores da empresa TecVerde, a utilização do sistema construtivo em *Wood Frame* tem como principal vantagem a redução de 80% das emissões de CO<sub>2</sub> durante a edificação das casas e redução de até 85% dos resíduos no canteiro de obras, outra vantagem é a redução do tempo da construção, se comparado as demais técnicas convencionais utilizadas atualmente.



O sistema construtivo em *Wood Frame* é considerado uma tecnologia seca, tornando este modelo sustentável, tanto pelo reduzido uso da água em sua confecção quanto também por apresentar baixo nível de agressividade ambiental, desde a extração dos recursos naturais até a construção final da estrutura. De acordo com Molina & Junior (2010), no sistema construtivo em *Wood Frame* a madeira usualmente utilizada é o da espécie *Pinus*.

#### 4.2.1 Fundação

A fundação é o elemento construtivo que garante, que as cargas provenientes da estrutura sejam transmitidas até o solo evitando efeitos de recalques, fissuras ou defeitos que possam causar desconforto ao usuário. A NBR 6122 (ABNT, 2019)<sup>1</sup> classifica as fundações em dois tipos, as superficiais e as profundas.

Segundo Thallon (2008), no caso do *Wood Frame*, a outra função da estrutura de fundação é de manter a construção acima do nível do solo, protegendo as estruturas de madeira de micro-organismos e da umidade, ambas extremamente prejudiciais à vida útil da madeira.

Segundo a TecVerde Engenharia S/A (2012), para terrenos mais acidentados ou com composição de solo com resistência muito baixa a fundação deve ser definida em função de uma análise de solo. Para as construções em *Wood Frame*, que estão localizadas em terrenos planos ou levemente acidentados, o uso do radier é a solução de fundação mais utilizada, por garantir mais velocidade na execução da etapa construtiva.

O radier é uma fundação superficial sobre uma camada de brita, com rigidez necessária para receber e distribuir as cargas da estrutura, normalmente com 12 a 15cm de espessura. Uma vantagem é que neste caso a própria estrutura de fundação serve como piso para o empreendimento construído (THALLON, 2008).

---

<sup>1</sup> Fundação superficial: elemento de fundação cuja base está assentada em profundidade inferior a duas vezes a menor dimensão da fundação, recebendo aí as tensões distribuídas que equilibram a carga aplicada; Fundação profunda: elemento de fundação que transmite a carga ao terreno ou pela base [...] ou por sua superfície lateral [...] ou por uma combinação das duas, sendo sua ponta ou base apoiada em uma profundidade superior a oito vezes a sua menor dimensão em planta e no mínimo 3,0m. (ABNT, 2019, p.5)

#### 4.2.2 Sistemas de pisos

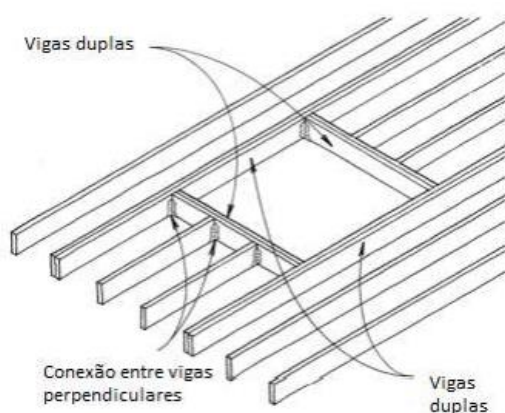
Segundo Thallon (2008), a execução dos pisos para Wood Frame é feita por elementos construtivos compostos por viga de suporte, viga de distribuição e contrapiso.

As vigas de suporte têm como função receber todos esforços presentes nos pisos e distribuir até estruturas verticais portantes, como por exemplo: colunas, paredes, ou diretamente para fundações.

Estas vigas podem ser de inúmeros materiais, sendo a madeira maciça uma das mais comuns, segundo Thallon (2008) nestes casos sua espessura costuma variar de 10cm a 15cm de largura por 15cm a 35cm de altura.

Para vãos no piso é necessário o uso de *shafts* de passagem, portanto, há a necessidade de ser feito uma adaptação na região com reforços no entorno do vão, conforme a Figura 2 (THALLON, 2008).

**Figura 2 - Reforço na região dos shafts de passagem**

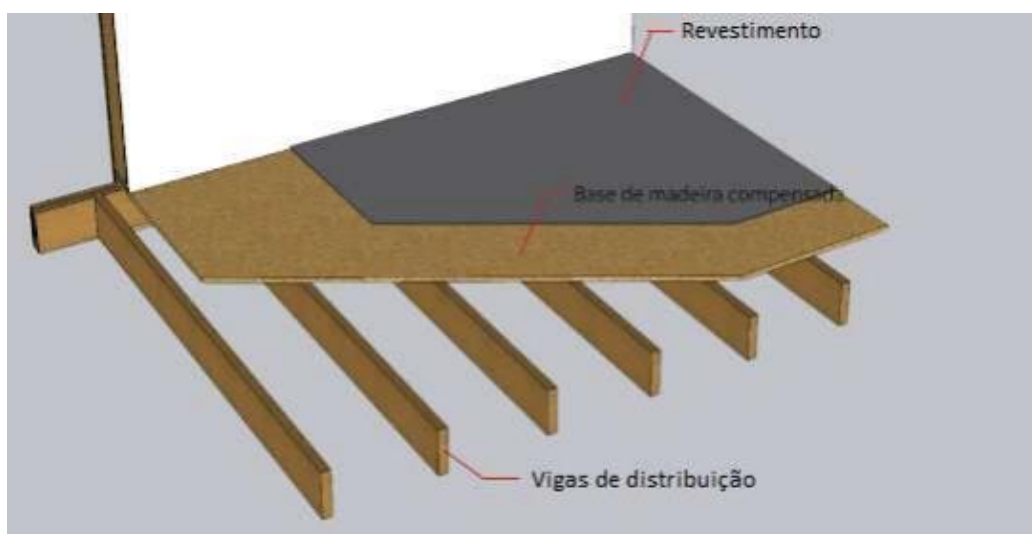


**Fonte: Adaptado de Thallon (2008)**

A superfície estrutural plana fixada no topo das vigas do *Wood Frame* é chamada de contrapiso, conforme a Figura 3. Geralmente é feito de madeira compensada ou por *Oriented Strand Board* (OSB), mas também pode ser feito de outros materiais.

O contrapiso tem como função fechar e nivelar o ambiente, além de preparar a estrutura para os tratamentos de impermeabilização do piso em áreas molhadas ou para a instalação dos revestimentos (TECVERDE ENGENHARIA S/A, 2020).

Figura 3 - Esquema de piso em *Wood Frame*

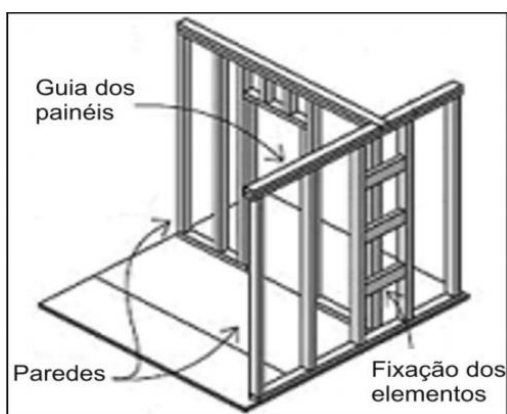


Fonte: DATec 020C (2013)

#### 4.2.3 Sistema de paredes

As paredes constituintes do sistema construtivo em *Wood Frame* são feitas de painéis compostos por montantes verticais de madeira, espaçados entre si de 40cm à 60cm, garantindo a conformidade com as placas de OSB (SACCO & STAMATO, 2008). Os painéis então são fechados com guias de madeira superior e inferior nos montantes de madeira, conforme a Figura 4.

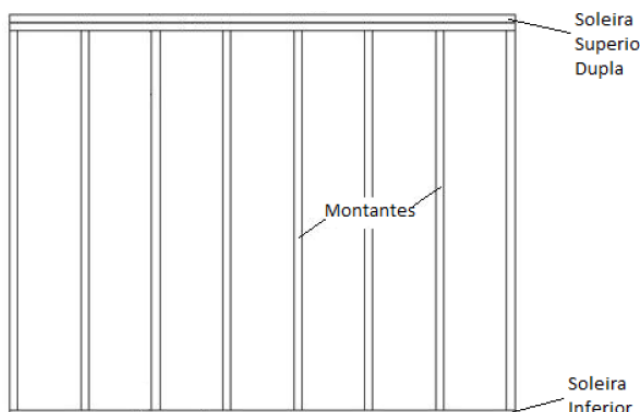
Figura 4 - Travamento entre painéis de parede



Fonte: Adaptado Sacco & Stamato (2008)

De acordo com o *American Wood Council* (2015), o quadro estrutural da parede é composto por elementos verticais (montantes) e por elementos horizontais (soleira inferior e superior), conforme representado na Figura 5.

**Figura 5 - Esquema simplificado do quadro estrutural do modelo *Wood Frame***

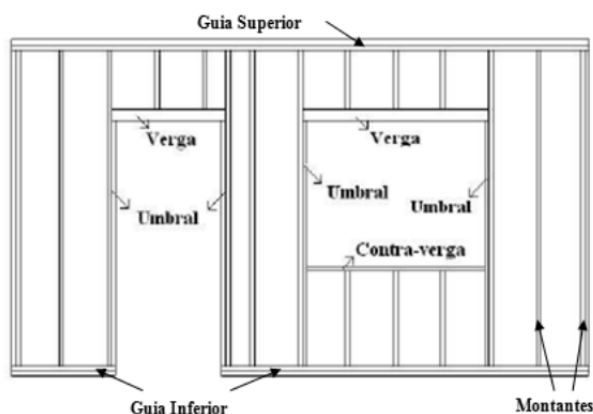


Fonte: Adaptado American Wood Council (2015)

Os quadros estruturais são formados por peças de madeira maciça serrada, denominadas montantes, travessas, vigas, caibros, umbrais, ripas e sarrafos, com alta resistência natural ao ataque de organismos xilófagos ou tratadas quimicamente sob pressão (SINAT, 2011).

O contraventamento pode ser feito com peças de madeira (montantes, travessas ou diagonais) ou chapas de madeira e derivados (OSB ou madeira compensada), entre outros materiais. A Figura 6 mostra os componentes do quadro estrutural do painel.

**Figura 6 - Quadro estrutural com aberturas de portas e janelas**



Fonte: Adaptado de Dias (2005)

No sistema *Wood Frame*, as instalações de portas e janelas podem ser executadas de maneira similar aos sistemas convencionais, onde se utiliza espuma de poliuretano ou parafusos (LP BUILDING PRODUCTS, 2012). Contudo, as juntas entre painéis devem ocorrer sobre um montante ou outro elemento vertical.

#### 4.2.4 Placas de fechamento

Para Campos (2006), as placas de fechamento no sistema *Wood Frame* fazem parte dos componentes que mais progrediram tecnologicamente nos últimos anos no Brasil, sendo eles o OSB, a placa cimentícia e o gesso acartonado.

Os painéis em OSB são produzidos a partir de partículas de madeira com a incorporação de resina a prova de água e parafina. Estas partículas por sua vez, são orientadas em uma direção fixa, para o processo de prensagem à quente, garantindo ao OSB grande resistência mecânica e estabilidade dimensional (CLOUNTIER, 1998). Pode-se ter como exemplo a Figura 7 como representação do fechamento feito em OSB, junto ao quadro estrutural da parede.

**Figura 7 - Fechamento em OSB**



**Fonte Larriê Andrey Cardoso (2015)**

O OSB pode ser comercializado em 4 diferentes espessuras, conforme o Quadro 2:

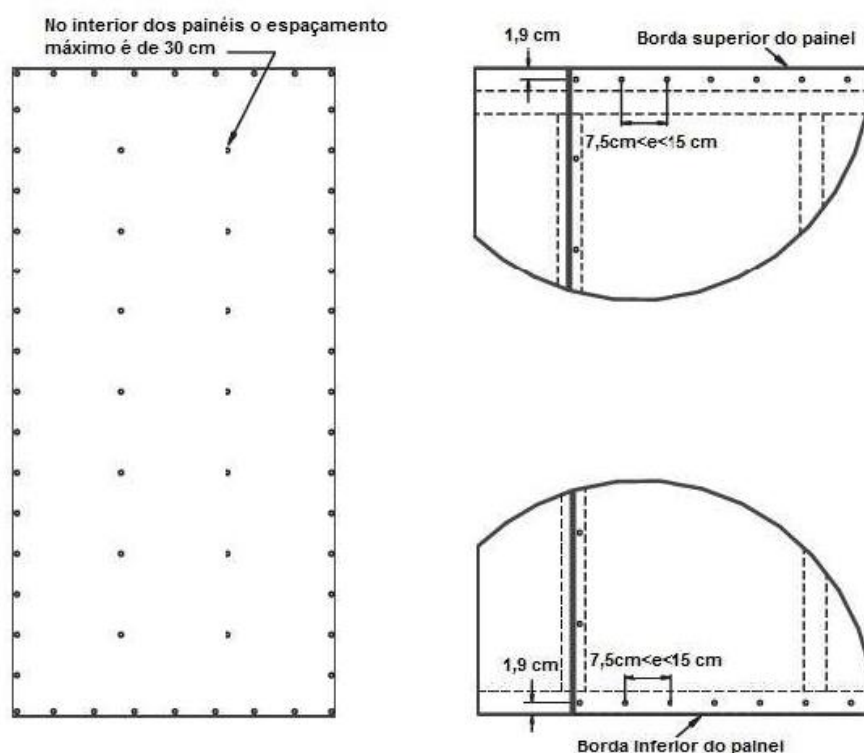
Quadro 2 – Características do OSB

| Espessuras | Utilização                                   |
|------------|--|
| 9,5mm      | Confecção de vigas em OSB                    |
| 11,1mm     | Construções de paredes com fechamento em OSB |
| 15,1mm     | Confecção de telhados                        |
| 18,3mm     | Confecção de lajes                           |

Fonte: Associação Brasileira da Indústria de Painéis de Madeira (ABIPA)

De acordo com o *American Wood Council* (2015), para a pregação em montantes no interior do painel, permite-se um espaçamento de até 30cm. O padrão de pregação em painéis OSB está representado na Figura 8.

Figura 8 - Conexão entre painéis de OSB e ossatura na parede



Fonte: Adaptado *American Wood Council* (2015)

De acordo com o *American Wood Council* (2015), a utilização de painéis de espessura de 9,5mm é permitida em situações em que os painéis sejam anexados com sua maior dimensão perpendicular aos suportes. Para emprego de painéis de 9,5mm na estrutura das paredes, deve-se diminuir o espaçamento dos montantes para 30cm ou 40cm.

Outra opção é o uso de placas cimentícias, no entanto, segundo a TecVerde Engenharia S/A (2012) esta placa é mais pesada se comparado à de OSB, e durante a instalação entre as placas cimentícias é deixado uma junta na qual deve ser tratada com algum tipo de selante, para evitar possíveis fissuras no material durante a vida útil da edificação.

Toda chapa delgada com cimento em sua composição é chamada de cimentícia. A mesma é caracterizada por ter em suas características de confecção cimento Portland, fibras de celulose ou sintéticas e agregados (CRASTO, 2005).

Pelo componente cimentício ter um comportamento frágil junto a baixa capacidade de suporte às tensões de tração, as fibras, presentes no momento de sua confecção, tem a função de melhorar as propriedades de resistência à tração desse material (COUTTS, 2005).

Essas placas são comercializadas com dimensão fixa de 1,20m de largura, podendo apresentar espessuras variadas conforme a função e aplicação indicadas no Quadro 3.

**Quadro 3 - Relação entre espessura e aplicação da placa cimentícia**

| Espessura | Aplicação usual  |
|-----------|--|
| 6mm       | Podem ser aplicadas em divisórias leves e paredes secas internas, onde não existam aplicações de cargas suportadas diretamente pela placa.   |
| 8mm       | Podem ser aplicadas em divisórias leves e paredes internas e externas, em áreas secas e úmidas, podendo existir aplicações de cargas suportadas pela placa.                                |
| 10mm      | Utilizadas para áreas secas e molhadas, internas ou externas. Ideal para paredes estruturais, melhorando a resistência contra impactos, aplicações de carga e isolamentos termo-acústicos. |

**Fonte: Manual Steel Framing (2012)**

As vedações constituídas por placas cimentícias, apresentam propriedades mecânicas de acordo com os critérios de desempenho apresentados pela norma NBR 15575-4 (ABNT, 2013), sobre sua resistência funcional em vedações externas.

Em paredes internas por sua vez é feita a fixação de placas de gesso acartonado sobre as placas OSB, para acabamento da edificação. De acordo com a Associação Brasileira do *Drywall* (2020), as placas de gesso são comumente comercializadas à uma espessura de 9,5mm, 12,5mm e 15mm, sendo estas

disponibilizadas como placas standard para áreas secas (ST), placas resistentes à umidade (RU), placas resistentes ao fogo (RF).

A produção do gesso utilizado na construção civil, está baseado em matérias primas naturais obtidas a partir da extração mineral. As etapas de processamento são: A britagem, a moagem grossa do material, sua estocagem junto a secagem para que posteriormente seja feito os processos de calcinação, moagem fina e ensilagem (JOHN & CINCOTTO, 2007).

#### 4.2.5 Estrutura de cobertura

Campos (2006) menciona que a cobertura é formada por elementos leves em madeira, podendo ser executados em diferentes formatos, utilizando-se diversos tipos e formatos de telhas.

Sobre as paredes do último piso da edificação são, geralmente, posicionadas treliças industrializadas de madeira com conectores do tipo chapas de dentes estampados (AMERICAN WOOD COUNCIL, 2015).

Para a confecção da cobertura no sistema Wood Frame, são aplicadas treliças pré-industrializadas, com seu espaçamento variando de 60cm a 120cm, de acordo com o tipo de telha que será utilizada (AMERICAN WOOD COUNCIL, 2015). O uso da cobertura treliçada pré-industrializada reduz em até 40% do peso da cobertura, se comparada ao método tradicional (CALIL JUNIOR & MOLINA, 2010).

#### 4.2.6 Sistemas hidrossanitários e elétricos

As instalações elétricas e hidráulicas na estrutura de *Wood Frame* são inseridas no painel ainda em ambiente fabril, permitindo maior controle de qualidade do sistema, aliados à testes de estanqueidade e pressão de ar, antes de serem levados in loco. Para Calil Junior e Molina (2010), no sistema *Wood Frame*, a instalação deste sistema pode ser realizada de modo coerente ao realizado em construções em alvenaria.

De acordo com a TecVerde Engenharia S/A (2012), não é possível embutir tubulações de esgoto nas paredes, pois possuem diâmetro maior que os montantes, sendo necessário o uso de *shafts*.



Campos (2006) menciona que as tubulações, de preferência, devem seguir paralelamente aos montantes. Quando houver a necessidade de furar o montante, recomenda-se que a abertura, no caso da madeira, seja menor que 40% da seção transversal disponibilizada para a transferência dos esforços atuantes, ou então que se utilizem peças auxiliares de reforços.

A vantagem do modelo em *Wood Frame* é que as paredes funcionam como “*shafts* visíveis”, facilitando a execução e manutenção das instalações. Entretanto deve-se ter cuidado nos conduítes de energia elétrica que devem ser embutidos junto aos montantes de madeira, proporcionando maior facilidade no reparo do cabeamento elétrico, quando necessário (TECVERDE ENGENHARIA S/A, 2012).

Os vazios presentes entre os montantes da estrutura são preenchidos por materiais isolantes térmicos e acústicos, junto a materiais que impedem ou retardam o alastramento de fogo, todos de acordo com as necessidades do projeto, seguindo as instruções normativas NBR 15575 (ABNT, 2013) e NBR 15220 (ABNT, 2013).

De acordo com o SINAT (2011), os materiais utilizados para o tratamento térmico e acústico da construção são geralmente feitos em poliestireno expandido, lã de vidro ou lã de rocha.

#### 4.2.7 Impermeabilização

De acordo com a diretriz n°003 (2012) e n°005 (2011) do Sistema Nacional de Avaliações Técnicas, o Sistema construtivo *Wood Frame* deve 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.

A membrana hidrófuga tem a função de evitar que a água da chuva e a umidade interna penetrem na parede, protegendo e aumentando a durabilidade da estrutura (LP BUILDING PRODUCTS, 2012). A Figura 9 mostra a membrana hidrófuga na superfície externa da edificação.

**Figura 9 - Membrana hidrófuga em estrutura em *Wood Frame***

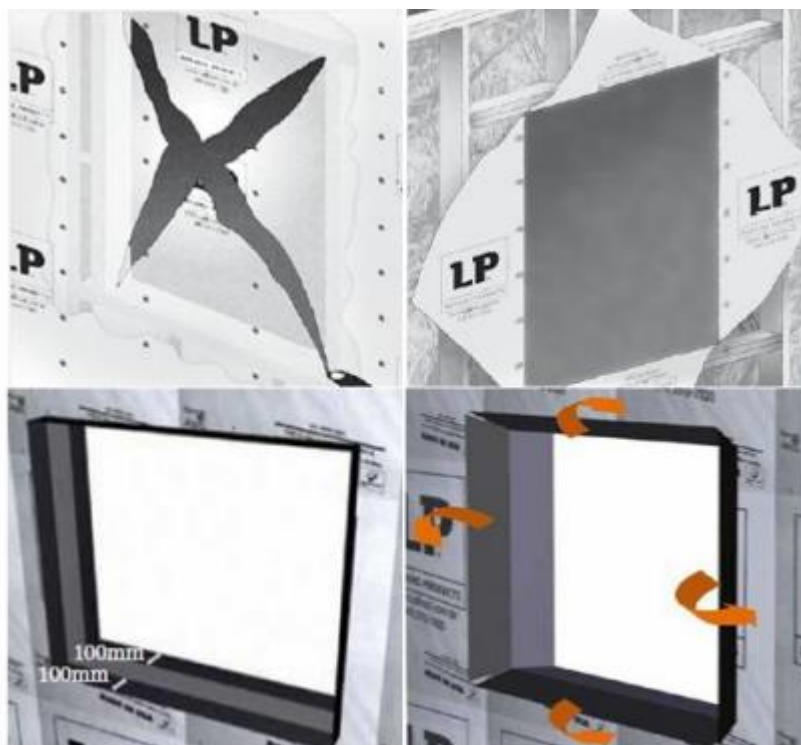


Fonte: *LP Building Products* (2011)

De acordo com Calil Junior e Molina (2010), a membrana hidrófuga tem a função de proteger o sistema das intempéries. Nas áreas expostas a água, podem ser utilizadas placas cimentícias pintura de resina acrílica, selador acrílico anti-fungo ou ainda placas de gesso acartonado resistente à umidade.

Para a impermeabilização nas aberturas, a *LP Building Products* (2012) recomenda que, após o término da aplicação do material na impermeabilizante na 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, deve-se dobrar essas abas, sobrepondo o OSB. Este processo pode ser observado na Figura 10.

Figura 10 - Impermeabilização das esquadrias



Fonte: Adaptado de LP Building Products (2012)

A LP Building Products (2012) ainda recomenda vedar todas as aberturas de esquadrias com uma fita adesiva asfáltica impermeável, que deve ser aplicada na abertura de maneira uniforme, evitando emendas e recorte, visando garantir a estanqueidade total da abertura. 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.

### 4.3 Ligações

É denominado ligação todo o dispositivo que permita assegurar a união e a transmissão de esforços entre os elementos de uma estrutura. De acordo com a NBR 7190 (ABNT, 1997), as ligações são os pontos que exigem atenção no projeto de estruturas de madeira.

As conexões que são utilizadas para conectar os painéis de revestimento aos membros de estrutura, são amplamente utilizadas na construção de *Wood Frame*, pois essas conexões têm grande influência no comportamento estrutural (XINLEI HUANG, 2013).

Além de dissipar energia quando sujeito a cargas sísmicas, as conexões entre os membros de estrutura e os painéis de revestimento servem a outro propósito importante, elas são a principal fonte de resistência e rigidez para paredes de cisalhamento na estrutura de *Wood Frame* (DOLAN & MADSEN, 1992).

Existe uma ampla variedade de ligações que podem ser utilizadas na edificação em *Wood Frame*. Estas ligações podem ser feitas por pregos, parafusos, grampos ou chapa de dentes estampados.

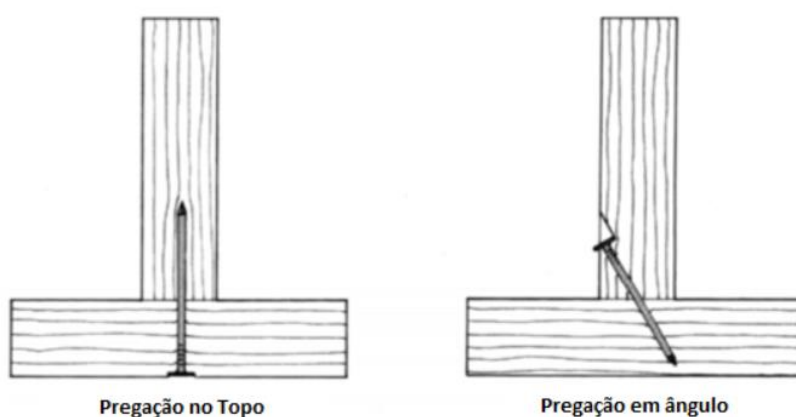
#### 4.3.1 Ligações pregadas

As ligações pregadas são aquelas que utilizam prego como conector, sendo este cravado na peça por meio de impacto manual ou por pistola de pregos pneumática.

De acordo com Allen e Thallon (2011), existem 3 tipos de pregação entre as ossaturas e os montantes na construção em *Wood Frame*, que se adaptam a situações específicas de acordo com a metodologia construtiva.

A pregação em ângulo, chamada de “*toe nail*”, é utilizada apenas em casos onde não é possível realizar a pregação no topo, chamada de “*end nail*” ou pregação em ângulo, conforme a Figura 11.

**Figura 11 - Tipos de pregação entre as ossaturas e os montantes**



Fonte: Adaptado de Allen e Thallon (2011)

Os painéis de OSB devem ser fixados aos montantes e soleiras por meio de pregos comuns 17x27, seguindo critérios de *WFCM for One -and Two- Family Dwellings* (2015).

A representação das conexões aos elementos estruturais é apresentada no Quadro 4.

**Quadro 4 – Conexões entre elementos estruturais**

| Conexão                             | Pregos                      | Espaçamento                                  |
|-------------------------------------|-----------------------------|--|
| Soleira superior - soleira superior | 2 pregos comuns 19x36       | 30cm   |
| Soleira superior em interseções     | 4 pregos comuns 19x36       | Em ambos os lados da junta                   |
| Montante – Montante                 | 2 pregos comuns 19x36       | 60cm   |
| Montante – Soleira Inferior         | 2 pregos galvanizados 19x36 | Por conexão                                  |
| Montante – Soleira Superior         | 2 pregos comuns 19x36       | Por conexão                                  |
| OSB – Quadro estrutural             | Prego comum 17x27           | 15cm nas bordas e 30cm no interior do painel |

Fonte: adaptado de *WFCM for One -and two- Family Dwellings (2015)*

De acordo com a NBR 7190 (ABNT, 1997), a pré-furação das peças pregadas não pode ter diâmetro maior que o próprio diâmetro do prego. E para estruturas provisórias, admite-se o emprego de ligações pregadas sem pré-furação desde que seja utilizado madeiras moles de baixa densidade, que permitam a penetração dos pregos sem risco de fendilhamento.

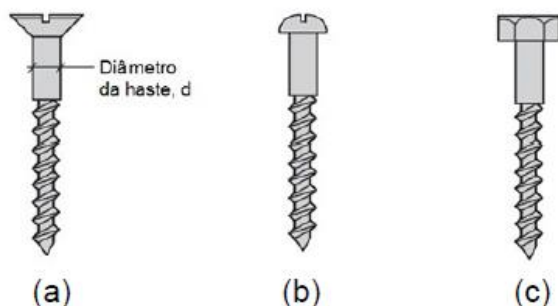
#### 4.3.2 Ligações parafusadas

Os parafusos se diferenciam entre si pela forma da rosca, podendo ser total ou parcialmente roscado, pela forma da haste, cabeça e acionamento. Pfeil & Pfeil (2003) definem que parafusos são basicamente de dois tipos: rosqueados auto-atarraxantes, ou passantes com porcas e arruelas que são utilizados em ligações estruturais.

Segundo Porteous & Kermani (2007), os parafusos auto-atarraxantes são utilizados quando se necessita de resistência mais elevada que os pregos proporcionam, e apresentam maior facilidade de remoção.

Devem ser instalados sempre rosqueados, e assim como os pregos, precisam de pré-furação. Os tipos mais encontrados são mostrados na Figura 12.

**Figura 12 – Tipos de parafuso auto-atarraxantes; (a) cabeça chata; (b) cabeça arredondada; (c) cabeça sextavada**



**Fonte – Adaptado de Porteous e Kermani (2007)**

Segundo Pfeil & Pfeil (2003) os parafusos com porcas e arruelas, normalmente são estruturais e apresentam formato cilíndrico, uma extremidade com cabeça, outra com rosca e porca, além de usar-se arruelas para diminuir a pressão de apoio.

Há vários tipos de parafusos encontrados no mercado, entretanto, a norma NBR 8800 (ABNT, 2008) indica as normas internacionais que cada tipo de parafuso deve atender. A norma EN ISO 4016 (2000) determina a geometria dos parafusos, enquanto que a norma EN ISO 898-1 (1999) define as características do aço empregado no parafuso.

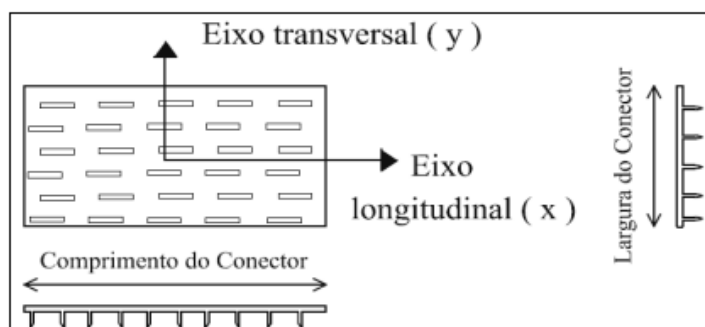
Para que as ligações parafusadas sejam consideradas rígidas, a pré-furação deve ser feita com diâmetro do furo não maior que o diâmetro do parafuso, acrescido de 0,5mm. Entretanto, se for empregado na pré-furação um diâmetro maior que o do parafuso, deve-se considerar a ligação como deformável.

#### 4.3.3 Chapas de Dentes Estampados (*Gang Nail*)

As chapas dentadas ou com dentes estampados são aquelas que resistem à tração, flexão e cisalhamento, portanto, as ligações em estruturas de madeira realizadas com as Chapas de dentes estampados, não necessitam de acessórios, como por exemplo, os parafusos, que em suas ligações necessitam de arruelas para garantir a fixação das barras de madeira (BARALDI, 1996). NBR 7190 (ABNT, 1997),

A Norma Brasileira NBR 7190 (ABNT, 1997), define duas direções longitudinal e transversal da chapa metálica CDE, em relação à direção da aplicação da força, conforme apresenta a Figura 13.

Figura 13 – Direções do conector CDE, em relação a direção da força aplicada



Fonte: NBR-7190 (1997)

Segundo Baraldi (1996), as principais características das ligações por chapas de dentes estampados, são:

- A resistência necessária é obtida pela escolha adequada da dimensão da chapa, sendo sempre usada aos pares nas ligações
- Melhor aproveitamento do material
- Qualidade técnica dos projetos
- Controle de Qualidade
- O sistema apresenta bom comportamento estrutural para grandes vãos de estruturas, em até 20 metros

Entretanto, a variação da umidade das peças de madeira, no momento da prensagem, influencia significativamente na resistência e na rigidez das ligações, e de maneira diferenciada de acordo com a espécie de madeira utilizada (MARTINS, 2007).

#### 4.4 Comportamento estrutural do sistema *Wood Frame* frente às cargas sísmicas e de vento

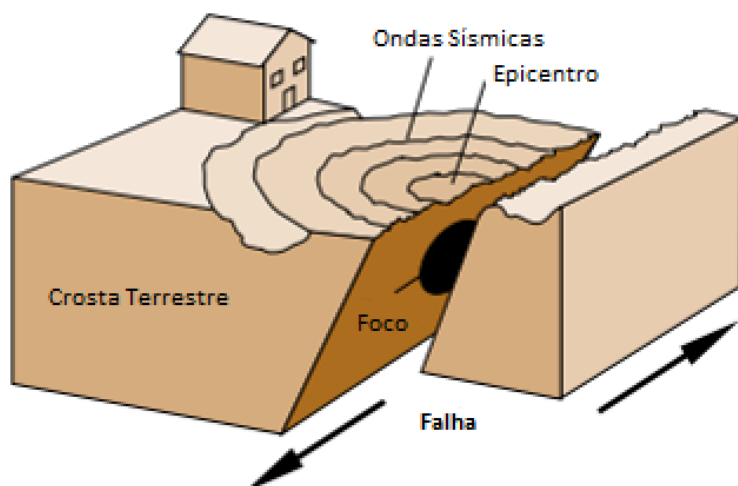
A alta resistência das paredes de *Wood Frame* a furacões, sismos e outras forças da natureza é fornecida pela estrutura da madeira que colaboram para composição estrutural da parede, como as chapas estruturais de vedação (OSB), os elementos de fixação, e as chapas de vedação externa e internas (CANADA MORTGAGE AND HOUSING CORPORATION, 2016).

#### 4.4.1 Origem das cargas sísmicas

Grande parte dos Sismos, se originam em regiões de junções das placas que constituem a crosta terrestre. Essas placas estão constantemente mudando, criando tensões e distorções. Onde a tensão for maior do que a resistência da crosta, haverá um deslizamento repentino que libera energia e causa ondas sísmicas na superfície da Terra. (FÉRNANDEZ, ALFARO, GUTIERREZ E ALONSO, 2019).

O local onde a energia é liberada é chamado de foco do terremoto, e o ponto na superfície da Terra diretamente acima do foco é chamado de epicentro (Figura 14). A quantidade de energia liberada no epicentro é normalmente medida usando a escala de magnitude Richter.

**Figura 14 – Simbologias básicas do sismo**



**Fonte – Adaptado de *Canadian Wood Council* (2003)**

De acordo com o *Canadian Wood Council* (2003), o sismo move a fundação, mas as forças inerciais da estrutura tentam manter os andares superiores da edificação em suas posições originais, causando grandes patologias na estrutura.

As forças geradas durante o sismo dependem do peso da edificação e da rapidez com que o solo se movimenta. Os terremotos afetarão os edifícios de forma diferente, dependendo das características do movimento do solo e das características da estrutura do edifício (*CANADIAN WOOD COUNCIL*, 2003).

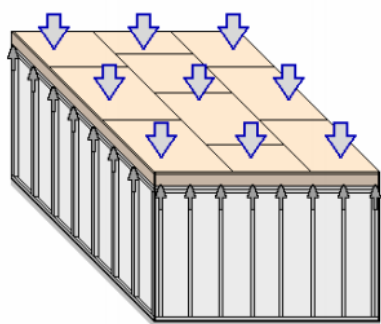


#### 4.4.2 Paredes diafragmas ou paredes de cisalhamento

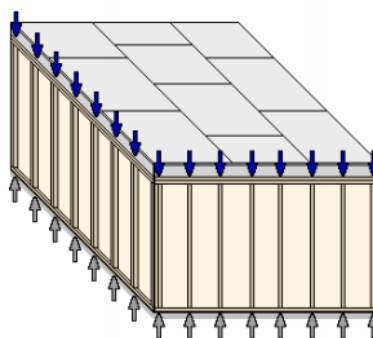
No sistema de Wood Frame seu comportamento estrutural é definido pelas ações verticais, provenientes do peso próprio da estrutura, e pelas ações horizontais provenientes de ações sísmicas e eólicas.

As ações verticais são transmitidas à fundação pela compressão dos montantes, o que caracteriza um caminho simples e direto percorrido pelas forças internas, conforme mostra a Figura 15.

**Figura 15 - Distribuição das ações verticais**



a) Ações verticais: Cargas permanentes e sobrecargas atuantes no piso e na cobertura.

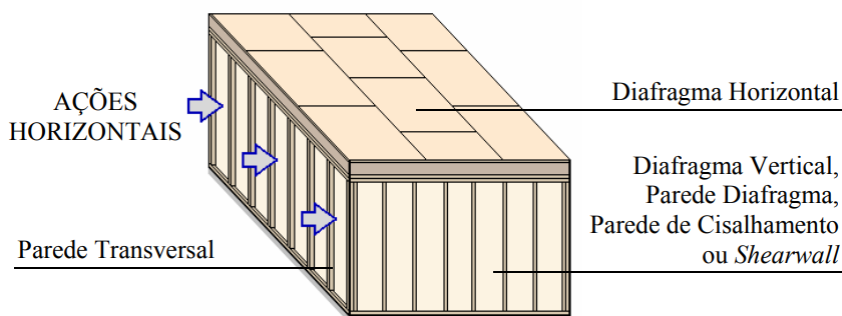


b) Montantes estruturais: Transmitem os esforços para a fundação com um comportamento de pilar contraventado.

**Fonte: Anderson Silva (2004)**

A estrutura das paredes, composta por montantes e placas de fechamento, formam os diafragmas verticais. O caminho percorrido pelas forças internas é esquematizado na Figura 16.

**Figura 16 - Nomenclatura dos diafragmas**

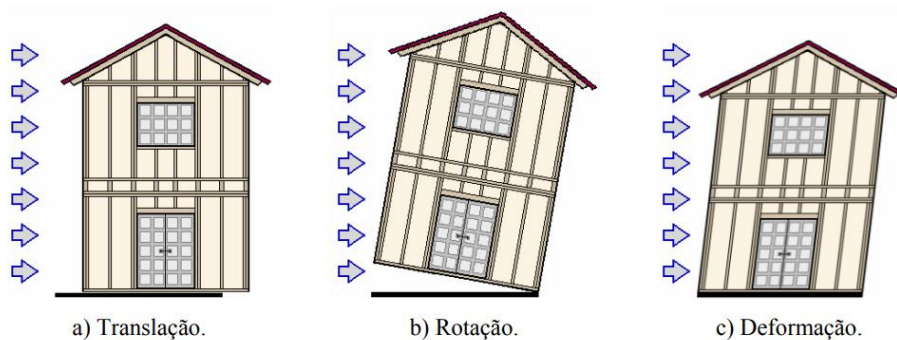


**Fonte: Anderson Silva (2004)**

Os diafragmas são elementos estruturais responsáveis pela resistência às ações horizontais, sendo o cisalhamento em seu plano como principal mecanismo resistente ao contraventamento (VELOSO & MARTINEZ, 2002).

Portanto, para o eficaz desempenho da edificação, a restrição aos deslocamentos de translação, rotação e deformação, representados na Figura 17, devem ser considerados no modelo de cálculo.

**Figura 17 Desempenho estrutural das edificações leves**



**Fonte: Anderson Silva (2003)**

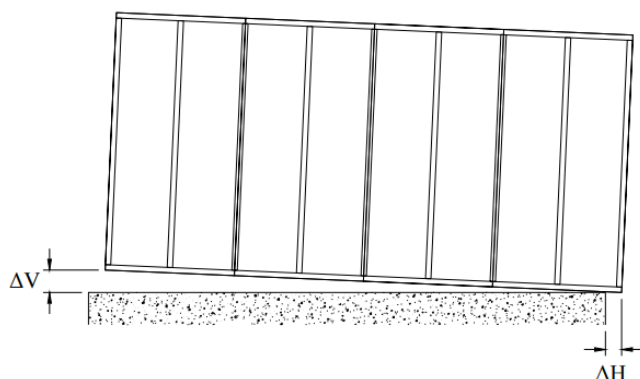
A determinação da rigidez nas ligações das paredes diafragma se torna imprescindível no seu dimensionamento. Para o desempenho funcional da edificação devem ser considerados os deslocamentos de translação, rotação e deformação da estrutura.

Para o estudo dos deslocamentos provenientes na edificação, definem-se duas análises no comportamento global da estrutura, que são caracterizadas por:

- Mudança de posição: movimento de corpo rígido da parede que associa os deslocamentos de translação e rotação da edificação às deformações dos elementos de ancoragem, representado na Figura 18.

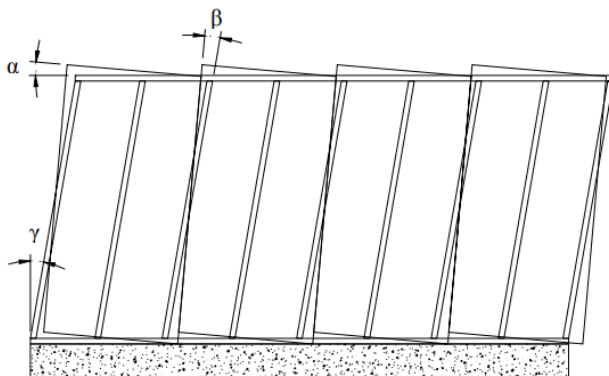
- Mudança de forma: a própria deformação da parede que associa as deformações dos materiais às deformações das ligações painel-quadro e montante-banzo, representado na Figura 19.

**Figura 18 - Mudança de posição: Translação e rotação da parede**



Fonte: Adaptado de Gupta e Kuo (1987b)

**Figura 19 - Mudança de forma: Deformação da parede**



Fonte: Adaptado de Gupta e Kuo (1987b)

Onde:

$\Delta v$  = deslocamento vertical

$\Delta H$  = deslocamento horizontal

$\alpha$  = deformação angular dos pinos na direção horizontal

$\beta$  = deformação angular dos pinos na direção vertical

$\gamma$  = deformação angular do quadro

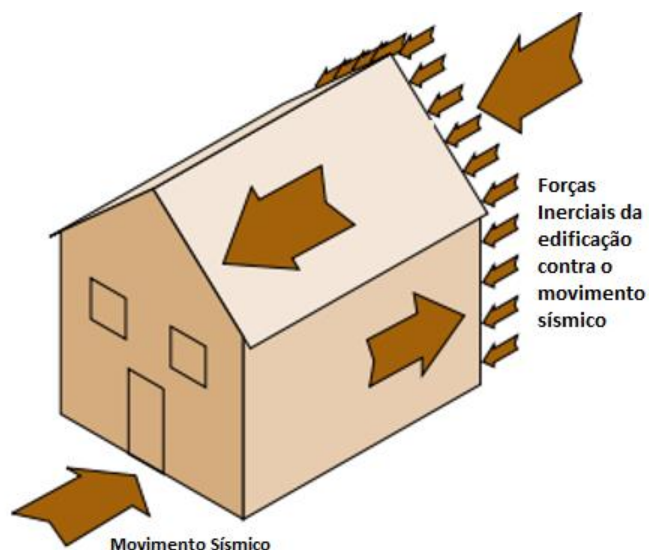
Portanto, para uma análise global das paredes diafragma são necessários ensaios utilizando protótipos em escala real. Assim, os modelos numéricos se tornam ferramentas importantes na determinação da rigidez e resistência dessas estruturas, pelo fato de apresentarem resultados muito aproximados dos obtidos experimentalmente (XINLEI HUANG, 2013).

#### 4.4.3 Comportamento do sistema construtivo em Wood Frame frente à cargas sísmicas

De acordo com o *Canadian Wood Council* (2003), as forças geradas pelo movimento do solo durante o terremoto concentram os esforços na região do telhado e nos pisos onde a massa do edifício é maior.

As forças na cobertura e no piso devem ser resistidas por paredes e toda a estrutura deve estar adequadamente conectada à fundação, como representado na Figura 20.

**Figura 20 – Forças Sísmicas em uma estrutura**



Fonte: Adaptado de *Canadian Wood Council* (2003)

As seguintes partes da construção em *Wood Frame* são críticas para a resistir às forças sísmicas:

- Ancoragem à fundação;
- Resistência e ductilidade das paredes;

- Resistência e continuidade dos pisos horizontais, telhado e tetos;
- Interligação de todos os elementos dos quadros estruturais.

De acordo com o *Canadian Wood Council* (2003), as estruturas feitas em madeira possuem propriedades que aumentam naturalmente seu desempenho durante as cargas sísmicas, como:

- Força e rigidez:

As forças laterais de um terremoto tendem a distorcer a edificação. Paredes diafragmas são essenciais para fornecer resistência necessária para a edificação se manter íntegra. Paredes construídas com compensado ou revestimento estrutural OSB são eficazes para resistir aos esforços sísmicos.

Em locais onde são registrados fortes terremotos, a rigidez e a resistência das paredes podem ser aumentadas aumentando a espessura dos painéis estruturais e aumentando o número ou tamanho das ligações.

Além disso, a pesquisa e a experiência mostraram que elementos não estruturais contribuem para a resistência lateral da estrutura. Por exemplo, acabamentos internos, divisórias e muitos tipos de revestimento externo contribuem para a resistência lateral da estrutura.

- Ductilidade:

Em comparação com outros materiais, como alvenaria e concreto, que devem ser cuidadosamente projetados e detalhados para garantir um bom desempenho sísmico, os sistemas de madeira são inerentemente mais dúcteis.

Ductilidade é a capacidade da estrutura de ceder e deformar sem entrar em colapso. É necessário que uma estrutura tenha a capacidade de garantir resistência gerada pela flexão da estrutura quando sujeito às cargas de um terremoto.

- Peso:

A estrutura no modelo em *Wood Frame*, se comparada à de concreto armado apresenta uma considerável diferença no peso total da edificação. Como as forças em um terremoto são proporcionais ao peso da estrutura, pode-se esperar que estruturas em *Wood Frame* tenha um melhor desempenho frente às ações sísmicas, se comparada às estruturas de concreto armado.

- Redundância das ações

Edifícios que têm vários caminhos de carga são considerados estruturalmente redundantes e fornecem um nível extra de segurança à terremotos. As estruturas suportadas por pórticos pesados dependem de relativamente poucos membros estruturais e conexões para garantir sua estabilidade. Uma falha de projeto ou de fabricação em qualquer componente pode significar sobrecarga sobre a estrutura.

A construção de *Wood Frame* é composta por centenas de elementos estruturais e milhares de conexões de pregos. Isso significa que a falha de um caminho de carga pode muitas vezes ser compensada por membros e juntas adjacentes.

#### 4.4.4 Comportamento do sistema construtivo em *Wood Frame* frente à cargas de vento

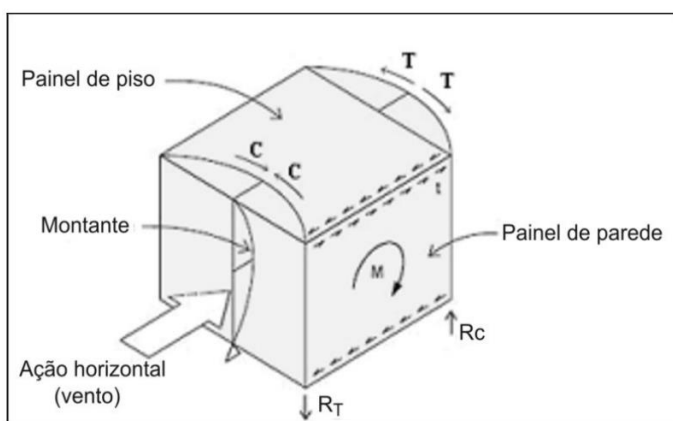
De acordo com o *American Wood Council* (2019), as estruturas em *Wood Frame* são projetadas para resistir aos esforços do vento atuando em uma estrutura, entretanto para ser calculado o esforço final gerado por este tipo de carga deve-se ter conhecimento de outros fatores que influenciam diretamente no resultado desta carga, como:

- Velocidade básica do vento, que de acordo com a NBR 6123 (ABNT, 1998) é a velocidade de uma rajada de vento de 3 segundos, excedida em média uma vez em 50 anos, a 10 metros acima do terreno, em campo aberto e plano.
- Fator topográfico, onde se é levado em consideração as variações do relevo do terreno,
- Rugosidade do terreno que varia de acordo com as características da superfície do terreno.
- Dimensões da edificação junto às suas características construtivas.
- Fator estatístico, onde são considerados conceitos estatísticos, o grau de segurança requerido pela edificação e a vida útil da estrutura.
- Coeficientes aerodinâmicos nas edificações.

Pelo fato de existir grande rigidez nas paredes e pisos, o sistema construtivo em *Wood Frame*, tem grande capacidade de resistir aos esforços de vento e as paredes da estrutura transferem os esforços gerados pelas cargas distribuídas pelo vento para o piso superior e inferior da edificação (MOLINA & JUNIOR, 2010).

Por simplificação, o piso é analisado como uma viga horizontal submetida aos esforços de flexão transmitida pela parede. A força cortante que surge nesta viga deverá ser resistida pelo conjunto formado pelas vigas que compõem o piso e as placas de OSB (MOLINA & JUNIOR, 2010). O comportamento estrutural do *Wood Frame* sob a ação do vento é apresentado na Figura 21.

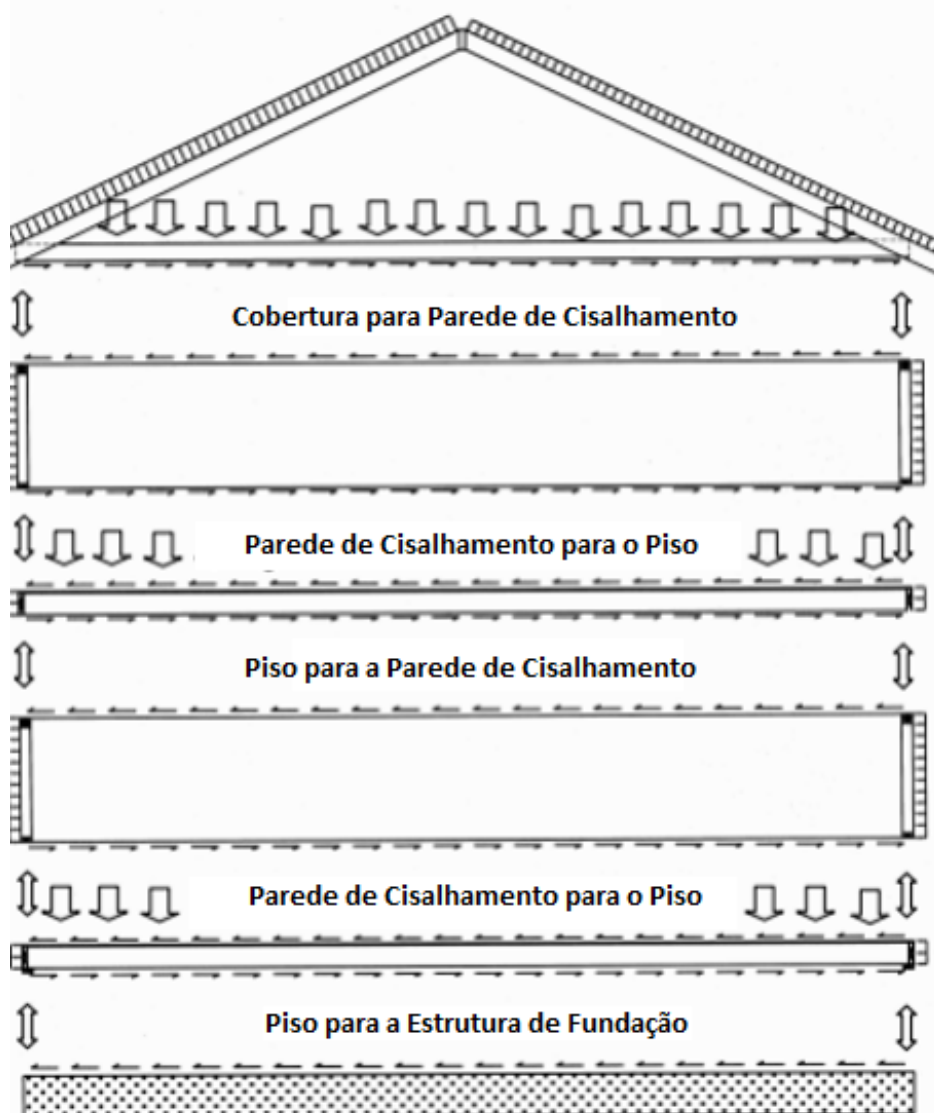
**Figura 21 - Comportamento estrutural do *Wood Frame* sob ação do vento**



**Fonte: Molina e Junior (2010)**

Quando os painéis estruturais são adequadamente fixados ao piso de madeira, ao telhado e à estrutura da parede, eles formam diafragmas e paredes de cisalhamento que são excepcionais para resistir a ventos fortes (AMERICAN WOOD COUNCIL, 2001), conforme a Figura 22.

Figura 22 - Diagrama de forças na estrutura



Fonte: Adaptado de *American Wood Council* (2001)

De acordo com o *American Wood Council* (2019), o comportamento dessas estruturas deve ser considerado como de painéis, com cargas distribuídas ao longo de suas áreas, no caso dos pisos, e de seu comprimento, no caso das paredes.

Cargas concentradas são permitidas, e devem ser avaliadas pontualmente, verificando a necessidade de reforços além dos componentes já dimensionados para as cargas distribuídas (*AMERICAN WOOD COUNCIL*, 2019).



## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao longo do desenvolvimento do presente trabalho buscou-se apresentar e descrever aspectos de interesse relacionados aos conceitos básicos do sistema *Wood Frame*, tendo em vista proporcionar um melhor entendimento dos diferentes elementos que integram a estrutura deste sistema construtivo.

O *Wood Frame* apresenta propriedades que são de grande importância no momento que a estrutura é solicitada aos esforços de vento ou de sismos. A interação entre as paredes, pisos, cobertura e fundação mostra que o sistema em *Wood Frame* possui inúmeras qualidades tanto no âmbito da distribuição de esforços pela estrutura quanto na área da sustentabilidade na construção civil.

É possível concluir que o sistema construtivo *Wood Frame* possui aspectos que favorecem a sua implantação em larga escala no território brasileiro, pois o mercado tem disponibilidade de matéria-prima e capacidade de suprir as demandas de insumos das diversas etapas construtivas.

Os sistemas tradicionais alvenaria e concreto armado demonstram características desfavoráveis quanto à praticidade de execução e ao planejamento da obra. Nesse contexto, o sistema construtivo em *Wood Frame* propicia racionalização, padronização e, conseqüentemente, maior controle de qualidade ao processo, com rigoroso controle de qualidade na produção e na sua execução, se comparado aos sistemas mencionados.

Para a implementação do sistema construtivo em *Wood Frame* no Brasil é necessário que se tenha uma clara diferenciação do sistema de construção leve do modelo adotado no passado de casas de madeira, com sua estrutura mais pesada.

O sistema construtivo é constituído por características que são aceitas em quaisquer regiões do Brasil, sendo possível diversas adequações de conforto termoacústico para adaptá-lo a região de interesse com o objetivo de um bom desempenho para a edificação.

O *Wood Frame* tem sido o modelo mais utilizado no mundo para a construção de casas de madeira e o Brasil é visto como um mercado promissor pelas condições favoráveis e por ser um mercado carente de soluções sustentáveis na área da construção civil.

## REFERÊNCIAS

ABIPA – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE PAINÉIS DE MADEIRA. Disponível em: <<http://www.abipa.org.br>>.

AMERICAN WOOD COUNCIL. **Wood Frame Construction Manual for One- and Two- Family Dwellings**. Leesburg, VA, 2015. Disponível em: <https://www.awc.org/pdf/codes-standards/publications/wfcm/AWC-WFCM2015-ViewOnly-1510.pdf>

ARAUJO, V. A. Classification of wooden housing building systems. **BioResources Technology**, v. 11, n. 3, p. 7889-7901, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) **NBR-7190:1997**: projeto de estruturas de madeira: procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) **Projeto de Revisão NBR-7190**: projeto de estruturas de madeira. Rio de Janeiro: ABNT, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 6122**: Projeto e execução de fundações. Rio de Janeiro, ABNT, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8800**: Projeto estruturas de aço e de estrutura mista de aço e concreto de edifícios. Rio de Janeiro, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) **NBR 15.575-4**: Edificações Habitacionais – Desempenho – Parte 4: Requisitos para os Sistemas de Vedações Verticais internas e externas. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

ASTM. Standard Test Methods for Cyclic (Reversed) Load Test for Shear Resistance of Vertical Elements of the Lateral Force Resisting Systems for Buildings. **ASTM E2126 – 11**, ASTM, West Conshohoken, PA, 2011.

BARALDI, L. T. **Método de ensaio de ligações de estruturas de madeira por chapas com dentes estampados**. 1996. 105 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia das Estruturas) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, 1996. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18134/tde-28032018-102738/pt-br.php>. Acesso em: 10 ago. 2020.

BENSON, T. **The Timber-Frame Home: Design, Construction, Finishing**. Taunton Press: Connecticut, 1997.

BRANCO, J. M, G. **Comportamento das ligações tipo cavilha em estruturas mistas madeira – betão**, 2003. 150f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil Especialização em Estruturas Geotécnicas e Fundações) – Universidade de Minho Escola de Engenharia, Braga, Portugal, 2003. Disponível em: <http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/17386>. Acesso em: 12 ago. 2020.

CALIL JR, C.; DIAS, A. A. Utilização da madeira em construções rurais. **Revista Brasileira em Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v.1, p.71-77, set/dez 1997. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/i/1997.v1n1/>. Acesso em: 12 ago. 2020.

CALIL JR, C.; MOLINA, J. C. Sistema construtivo em *wood frame* para casas de madeira. **Semina: Ciências Exatas e Tecnológicas**, v. 31, n. 2, p. 143-156, jul./dez. Londrina, 2010. DOI: 10.5433/1679-0375.2010v31n2p143. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/277982862\\_Sistema\\_construtivo\\_em\\_wood\\_frame\\_para\\_casas\\_de\\_madeira](https://www.researchgate.net/publication/277982862_Sistema_construtivo_em_wood_frame_para_casas_de_madeira). Acesso em: 2 jul. 2021.

CANADIAN WOOD COUNCIL/ CONSEIL CANADIEN DU BOIS- **Wood-Frame Construction – Meeting the Challenges of Earthquakes**, Building Performance Series No. 5, 2003.

CMHC - CANADA MORTGAGE AND HOUSING CORPORATION. **Canadian Wood-Frame Housing Construction**. Disponível em: [www.cmhc-schl.gc.ca](http://www.cmhc-schl.gc.ca). Acesso em: 2 ago. 2021.

CARDOSO, L. A. **Estudo do Método Construtivo Wood Framing Para Construção de Habitações de Interesse Social**. Santa Maria, 2015. 79 f. Monografia (Trabalho de Conclusão do Curso de Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2015. Disponível em: <https://www.tecverde.com.br/wp-content/uploads/2016/07/CARDOSO-L.-A.-Estudo-do-me%CC%81todo-construtivo-wood-framing-para-construc%CC%A7o%CC%83es-de-HIS.pdf>. Acesso em: 2 jul. 2021.

CLOUTIER, A. **Oriented strand board (OSB): raw material, manufacturing process, properties of wood-base fiber and particle materials**. In: 1st International Seminar on Solid Wood Products of High Technology. Belo Horizonte-MG, 1998. p.173-185.

CRASTO, R. C. de M. **Arquitetura e Tecnologia em Sistemas Construtivos Industrializados**. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal Ouro Preto. Minas Gerais, 2005. Disponível em: <http://www.repositorio.ufop.br/handle/123456789/6246>. Acesso em: 4 jul. 2021.

COUTTS, R. S. P. A review of Australian research into natural fibre cement composites. **Cement and Concrete Composites**, vol 27, edição 5, p.518-526, 2005. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/278151328\\_A\\_review\\_of\\_Australian\\_research\\_into\\_natural\\_fibre\\_cement\\_composites](https://www.researchgate.net/publication/278151328_A_review_of_Australian_research_into_natural_fibre_cement_composites). Acesso em: 2 jul. 2021.

CAMPOS, R. J. A. **Diretrizes De Projeto Para Produção De Habitações Térreas Com Estrutura Tipo Plataforma E Fechamento Com Placas Cimentícias**. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Edificação e Saneamento) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2006. Disponível em: <http://www.uel.br/pos/enges/portal/pages/arquivos/dissertacao/24.pdf>. Acesso em: 8 set. 2020.

DIAS, A. M. N.; CINCOTTO, M. A. **Revestimento à base de gesso de construção**. São Paulo: EPUSP, Boletim Técnico PCC n.:142,1995. Disponível em: [http://antac.pcc.usp.br/files/text/publications/BT\\_00142.pdf](http://antac.pcc.usp.br/files/text/publications/BT_00142.pdf) . Acesso em: 12 ago. 2020.

FERREIRA, O. P. (coord.).**Madeira: uso sustentável na Construção Civil**. 2. ed. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas: SVMA, 2009.

FÉRNANDEZ, C.; ALFARO, P.;ALONSO, G.G.; Francisco, M. A. C. **¿Qué mueve las placas tectónicas?**. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, [en línea], v. 27, n. 3, p. 238-245, 2019. Disponível em: <https://raco.cat/index.php/ECT/article/view/372905>. Acesso em: 7 jul. 2021.

FONSECA, F. S.; ROSE, S. K.; CAMPBELL, S. H. **Nail, Wood Screw, and Staple Fastener Connections**. Brigham Young University: CUREE. 2002. ISBN 1-931995-07-9. Disponível em: [https://www.curee.org/publications/woodframe/downloads/CUREEpub\\_W-16.pdf](https://www.curee.org/publications/woodframe/downloads/CUREEpub_W-16.pdf). Acesso em: 10 set. 2020

FONSECA, F S; ROSE, S K.; CAMPBELL, S H. **Nail, Wood Screw, and Staple Fastener Connections**, 2002. Brigham Young University.

FOSHI, R. O.; YAO, F. (2000). "**Determining Embedment Response Parameters from Connector Tests**." *Proceedings, 6th World Conference on Timber Engineering*, Whistler, Canadá.

FUTURENG. **Wood Framing**. Disponível em: <<http://www.futureng.pt/woodframing>>. Acesso em: 24 jun. 2021.

GUPTA, A K.; KUO, G P. **Wood-framed shear walls with uplifting**. In: *Journal of Structural Engineering*. New York: ASCE, 1987b. v. 113, n. 2, p. 241-259.

Huang, X., **Diaphragm stiffness in wood-frame construction**, T, University of British Columbia, 2013, doi: <http://dx.doi.org/10.14288/1.0073549>.

JODIN, P. (Université de Metz, França). **Notas de Aula- Tópicos especiais: Ligações em estruturas de madeira laminada colada**, Curso de PósGraduação em Engenharia Civil, UFSC, Florianópolis, 1996.

JONH; V. M; CINCOTTO, M. A. **Alternativas de gestão dos resíduos de gesso**. São Paulo 2003. Disponível em: <https://www.sorocaba.unesp.br/Home/Graduacao/EngenhariaAmbiental/SandroD.Mancini/alternativas-para-gestao-de-resiudos-de-gesso-v2.pdf>. Acesso em 15 de ju de 2021.

KRAWINKLER, H; PARISI, F; IBARRA, L; AYOUB, A MEDINA, R. **Development of a Testing Protocol for WoodFrame Structures**,2001. Department of Civil and Environmental Engineering Stanford University. Disponível em: [https://www.curee.org/publications/woodframe/downloads/CUREEpub\\_W-02.pdf](https://www.curee.org/publications/woodframe/downloads/CUREEpub_W-02.pdf). Acesso em:12 set 2020.

LP BUILDING PRODUCTS. Manual CES – Construção Energética Sustentável. Curitiba, 2011. Disponível em [https://www.lpbrasil.com.br/wp-content/uploads/2017/06/Constru%C3%A7%C3%A3o-CES\\_PDV.pdf](https://www.lpbrasil.com.br/wp-content/uploads/2017/06/Constru%C3%A7%C3%A3o-CES_PDV.pdf). Acesso em 20 de jun de 2021.

LE GOVIC, C. **Les assemblages dans la construction en bois**. Centre Technique du Bois et de L'Ameublement, mar.1995)

LEITE, Januária Cecília Pereira Simões; LAHR, Francisco Antônio Rocco. **Diretrizes Básicas para projeto em Wood Frame**. Faculdade de Engenharia e Arquitetura da Universidade FUMEC. Revista FUMEC, jul/dez de 2015, volume 07.

MARTINS, Odilon. **Estudo das ligações por conectores de chapas com dentes estampados em peças estruturais de madeira**. 2007. 117f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2007.

MOLINA, J. C.; CALIL JÚNIOR, C. (2010). **Sistema construtivo em wood frame para casas de madeira**. Semina: Ciências Exatas e Tecnológicas, jul./dez. de 2010, p 143-156.

MEIRELLES, C. R. et al. **Evolução das coberturas em madeira no Brasil**. Equador: CLEFA, 2005.

OLIVEIRA, Marcos Antonio Mello. **Ligações com pinos metálicos em estruturas de madeira**, 2001, Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo.

PAESE, M. C. B. **Análise de sistemas construtivos em madeira implantados na região de Curitiba**. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade Federal do Paraná, Setor de Tecnologia, Paraná, 2012.

PFEIL, Walter; PFEIL, Michèle. **Estruturas de Madeira: Dimensionamento Segundo a Norma Brasileira NBR7190/97, e critérios das Normas Norte-Americana NDS e Européia EUROCODE6**, ed. Rio de Janeiro-RJ: TLC-Livros Técnicos e Científicos Editora S.A.,2003.

PORTEOUS, Jack; KERMANI, Abdy. **Structural timber design to Eurocode 5**. Blackwell Publishing, 2007.

RAMAGE, M. H. **The wood from the tress: The use of timber in construction. Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 68, p. 333-359, 2017.

SACCO, Marcelo de Freitas; STAMATO, Guilherme Corrêa, **Light Wood Frame – Construções com Estrutura Leve de Madeira**. Revista Técnica, São Paulo, nº140, nov 2008.

SALGADO, Julio C. P. **Técnicas e Práticas Construtivas para Edificações**. 2ed. São Paulo: Érica, 2009.

SCHAFER, B, W. FINAL REPORT: **Sheathing Braced Design of Wall Studs**, 2013. Baltimore, Maryland. Johns Hopkins University

SISTEMA NACIONAL DE AVALIAÇÕES TÉCNICAS. Diretrizes para Avaliação Técnica de Produtos - **Sistemas construtivos estruturados em peças de madeira maciça serrada, com fechamentos em chapas delgadas** (Sistemas leves tipo “Light Wood Framing”). Diretriz n° 005. MINISTÉRIO DAS CIDADES - Secretaria Nacional da Habitação. Brasília, 2011.

SILVA JUNIOR, Josué da. **Avaliação experimental da resistência de ligações em corte duplo em madeira com parafusos passantes**. 2017. 80 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2017.

TECVERDE ENGENHARIA S/A. **Casa inteligente. 2º simpósio de madeira e construção. Como projetar em Wood Frame**. Disponível em [https://www.tecverde.com.br/wp-content/uploads/2016/07/casa-inteligente\\_2o.-simpo%cc%81sio-de-madeira-e-construc%cc%a7a%cc%83o.pdf](https://www.tecverde.com.br/wp-content/uploads/2016/07/casa-inteligente_2o.-simpo%cc%81sio-de-madeira-e-construc%cc%a7a%cc%83o.pdf). Acesso em 09 de setembro de 2020.

TECVERDE ENGENHARIA LTDA. **Como projetar em Wood Frame**. 2012 Disponível em: <https://www.scribd.com/document/78512406/6491-Diretrizes-Para-Projetar-Em-WoodFrame-Tecverde>. Acesso em: 01 Out. 2020.

TIEGHI, ANA LUIZA. **Madeira tem potencial para substituir aço e concreto na construção civil**. Folha de São Paulo (2017): disponível em <<https://www1.folha.uol.com.br/sobretudo/morar/2017/11/1934567-madeira-tem-potencial-para-substituir-aco-e-concreto-na-construcao-civil.shtml>>. Acesso em: 01 nov 2020

THALLON, R. Graphic Guide to Frame Construction. Newtown: Taunton, 2008

The CUREE-Caltech Woodframe Project – Earthquake hazard Mitigation of Woodframe Construction), Element 1 – Testing and Analysis – Task 1.4.8.1 – **Nail and Screw Fastener Connections**.

VALLE. Ângela. **Rigidez de ligações com parafusos em estruturas de madeira laminada colada**, 1999, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

VALLE. Ângela do; Moraes. Poliana Dias de; SZUCS. Carlos Alberto; TEREZO. Rodrigo Figueredo. **Estruturas de Madeira**, 2012, Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Departamento de Engenharia Civil.

VELOSO, Luís A. C. M.; MARTINEZ, Miguel A. B. **Modelos analíticos para a avaliação do comportamento diafragma de paredes de madeira**. In: VIII EBRAMEM, Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeira. Uberlândia: UFU, 2002. Anais, 1 cd-rom, 11 p.

WEBER, M. S. (2011). **Sistema Nacional de Avaliação Técnica de Produtos Inovadores – SINAT (84º ENIC)**. Brasília: PBQP-H. Fonte: Ministério da Cidadania

ZENID, GERALDO JOSÉ, **Madeira na Construção Civil**, p. 01, 2015.