

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE TECNOLOGIA
ENGENHARIA CIVIL**

**ESTUDO DO MÉTODO CONSTRUTIVO WOOD
FRAMING PARA CONSTRUÇÃO DE HABITAÇÕES
DE INTERESSE SOCIAL**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Larriê Andrey Cardoso

Santa Maria, RS, Brasil

2015

**ESTUDO DO MÉTODO CONSTRUTIVO WOOD FRAMING
PARA CONSTRUÇÃO DE HABITAÇÕES DE INTERESSE
SOCIAL**

Larriê Andrey Cardoso

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Maria como parte dos requisitos para obtenção do grau de **Engenheiro Civil**.

Orientador: Prof. Dr. Joaquim Cesar Pizzutti dos Santos

Santa Maria, RS, Brasil

2015

**Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Tecnologia
Engenharia Civil**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova o Trabalho de Conclusão de Curso

**ESTUDO DO MÉTODO CONSTRUTIVO WOOD FRAMING PARA
CONSTRUÇÃO DE HABITAÇÕES DE INTERESSE SOCIAL**

elaborado por
Larriê Andrey Cardoso

como requisito parcial para obtenção do grau de
Engenheiro Civil

COMISSÃO EXAMINADORA:

Prof. Joaquim Cesar Pizzutti dos Santos, Dr.
(Presidente/Orientador)

Prof. Luiz Antônio Righi, Dr. (UFSM)

Prof. Magnos Baroni, Me. (UFSM)

Santa Maria, 10 de dezembro de 2015.

*À minha amada família e namorada, por
sempre acreditarem em mim
e serem parte fundamental dessa
conquista.*

AGRADECIMENTOS

À Deus, primeiramente, por ter me dado a vida.

À toda minha família e especialmente à meus pais, pela educação e apoio tanto emocional quanto financeiro durante todos os anos de minha vida.

À minha namorada e companheira, pelo apoio incondicional, pela paciência e por estar comigo em todos os momentos em que precisei.

Ao professor Joaquim Cesar Pizzutti dos Santos, por aceitar me orientar neste trabalho e por toda a ajuda disponibilizada.

Aos meus amigos e colegas, por serem parceiros de caminhada durante a graduação e futuros parceiros de profissão.

Às empresas Tecverde e BK, por todo material cedido, os quais foram fundamentais para execução deste trabalho.

À Stephanie Murphie e toda equipe da Habitat for Humanity – Charlotte, Carolina do Norte, Estados Unidos, por me receberem como parte da equipe, pelo material disponibilizado e por todos os ensinamentos que serviram de motivação para a escolha do tema deste trabalho.

RESUMO

Trabalho de Conclusão de Curso
Engenharia Civil
Universidade Federal de Santa Maria

ESTUDO DO MÉTODO CONSTRUTIVO WOOD FRAMING PARA CONSTRUÇÃO DE HABITAÇÕES DE INTERESSE SOCIAL

AUTOR: LARRIÊ ANDREY CARDOSO

ORIENTADOR: JOAQUIM CESAR PIZZUTTI DOS SANTOS

Data e Local da Defesa: Santa Maria, 11 de dezembro de 2015.

Este trabalho tem por objetivo estudar e analisar o método construtivo Wood Framing no âmbito da construção civil de interesse social. Através de revisão bibliográfica de literatura existente e de material teórico e prático obtido em parceria com empresas que atuam na construção de edificações nesse método, foi realizada a descrição do sistema construtivo e seus componentes, detalhamento da metodologia de execução parcialmente industrializada e apresentação de um projeto desenvolvido para uma habitação de interesse social em Wood Frame. Observou-se que o sistema, amplamente utilizado na América no Norte e em alguns países europeus, apresenta inúmeras vantagens, como facilidade e agilidade de construção, o que o torna ótima opção para execução de conjuntos habitacionais do Programa Federal Minha Casa Minha Vida. Verificou-se, também, que o desenvolvimento de projeto é simplificado em relação a tipologias estruturais convencionais, bastando atender critérios normatizados e contemplar questões executivas. Apesar disso, devido à ausência de norma nacional e em grande parte por motivos culturais, o Wood Framing é ainda bastante desconhecido no Brasil, onde a construção é tradicionalmente caracterizada por incertezas de prazos e qualidade, além de grande produção de resíduos. É no sentido da apresentação de uma alternativa construtiva viável, racional, e eficiente que o presente estudo se justifica, esperando-se resultados positivos na direção da modernização e mudança da atual construção civil brasileira.

Palavras-chave: Wood Framing, Método Construtivo, Edificações de Interesse Social.

ABSTRACT

Course Completion Assignment
Civil Engineering
Universidade Federal de Santa Maria

STUDY OF WOOD FRAMING BUILDING METHOD FOR CONSTRUCTION OF AFFORDABLE DWELLINGS

AUTHOR: LARRIÊ ANDREY CARDOSO

ADVISER: JOAQUIM CESAR PIZZUTTI DOS SANTOS

Place and Date: Santa Maria, December 11th, 2015.

This job aims to study and analyze the Wood Framing building method within the scope of affordable housing construction. Through literature review and theoretical and practical material obtained in partnership with companies that work in Wood Frame building construction, a description of the system and its components was produced, the partially industrialized construction procedure was detailed, and a Wood Frame project executed for an affordable dwelling was presented. It was noticed that the system, broadly utilized in North America and some European countries, has innumerable advantages such as easy and fast construction, what makes it a great option to build housing estates from the Federal Program 'Minha Casa, Minha Vida'. It was also verified that the production of a project is simple in comparison to conventional structural typologies, being enough meeting standardized criteria and considering executive issues. Nevertheless, because of absence of national code and mainly due to cultural reasons, the Wood Framing is still much unknown in Brazil, where the construction activity is traditionally characterized by uncertainties in the fulfilment of deadlines and quality as well as by the big amount of debris produced. It is seeking to present a building construction feasible, rational and efficient alternative that this current research is justified, hoping to obtain positive results towards the modernization and changing of the contemporary Brazilian construction.

Key words: Wood Framing, Construction Method, Affordable Dwellings.

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1 – Edificação sendo construída no Sistema Construtivo Convencional.....	27
Figura 3.2 – Edificação sendo construída no Sistema Construtivo de Paredes de Concreto moldadas no local.	28
Figura 4.1 – Paredes em Wood Frame sendo executadas em ambiente industrial.....	31
Figura 4.2 – Esquema simplificado da estrutura em Wood Frame.	36
Figura 4.3 – Quadros Estruturais de Portas e Janelas.....	37
Figura 4.4 – California Corner.	38
Figura 4.5 – Hollow Corner.....	38
Figura 4.6 – Intersecção de uma parede divisória com uma parede externa por meio de uma Ladder.....	39
Figura 4.7 – Tie usado na intersecção de paredes.	40
Figura 4.8 – Envelope de isolamento térmico na edificação.....	41
Figura 4.9 – Edificação em Wood Framing construída pela empresa Tecverde.....	42
Figura 4.10 – Residência Unifamiliar em Wood Frame com Revestimento em Siding Vinílico.	43
Figura 4.11 – Esquema da definição de Altura Média do Telhado (Mean Roof Height).	45
Figura 4.12 – Descontinuidade em “Shear Walls”.....	47
Figura 4.13 – Furos e cortes em montantes.....	48
Figura 4.14 – Detalhe de soleira dupla em intersecção de paredes.	49
Figura 4.15 – Conexão entre paredes e laje de fundação.	50
Figura 4.16 – Conexão entre painéis de OSB e ossatura da parede.	51
Figura 4.17 – Tipos de pregação.	52
Figura 4.18 – Tubulações de água e esgoto locadas e executadas previamente a concretagem da laje de fundação.	54
Figura 4.19 – Soleiras inferior e superior devidamente posicionadas e com marcação dos elementos verticais.	56
Figura 4.20 – Fixação das paredes à laje de fundação por meio de fitas metálicas e parafusos de ancoragem.....	59
Figura 4.21 – Representação da montagem de uma estrutura em Wood Frame.	59
Figura 4.22 – Parede montada com ossatura e contraventamento.....	60
Figura 4.23 – Execução da camada de impermeabilização da estrutura com painéis.....	61
Figura 4.24 – Peças acessórias executadas e prontas para receber as peças de Siding.....	62
Figura 4.25 – Representação da fixação da régua de siding na estrutura.....	63
Figura 4.26 – Procedimento de instalação de revestimento externo em PVC.....	63
Figura 4.27 – Sistemas elétrico e hidrossanitário embutidos nas paredes.....	64
Figura 4.28 – Paredes preenchidas com lã de vidro para isolamento térmico.....	65
Figura 4.29 – Revestimento interno com gesso acartonado.	66
Figura 5.1 – Projeto Arquitetônico Base.	68
Figura 5.2 – Projeto de Wood Framing: Conexões de Ancoragem da Estrutura.	69
Figura 5.3 – Projeto de Wood Framing: Plano de Corte das Soleiras.	70
Figura 5.4 – Projeto de Wood Framing: Planta de Montagem da Estrutura – Framing.....	71
Figura 5.5 – Projeto de Wood Framing: Vista Frontal de Paredes.....	72

LISTA DE QUADROS

Quadro 2.1 – Comparativo entre materiais de construção.....	18
Quadro 3.1 – Estimativa do Déficit Habitacional Brasileiro.....	24
Quadro 3.2 – Composição do déficit por faixa de renda 2007-2012.....	25
Quadro 4.1 – Especificação de pregos para união das duas peças da soleira superior.....	29
Quadro 4.2 – Especificação de pregos para montagem da estrutura das paredes.	29
Quadro 4.3 – Conjunto de peças componentes do sistema de revestimento externo em PVC.	44
Quadro 4.4 – Limites de aplicabilidade da WFCM for One- and Two- Family Dwellings.....	45
Quadro 4.5 – Especificação dos parafusos de ancoragem.....	49
Quadro 4.6 – Conexões entre elementos estruturais.	53

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 2.1 – Destino da madeira em tora extraída no ano de 2013.	20
Gráfico 2.2 – Áreas de Florestas Plantadas.	22
Gráfico 2.3 – Monitoramento da taxa de desmatamento da Amazônia Legal.	23

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	Considerações iniciais	12
1.2	Objetivos	13
1.2.1	Objetivos gerais	13
1.2.2	Objetivos específicos	13
1.3	Justificativa	14
1.4	Metodologia	14
2	A MADEIRA NA CONSTRUÇÃO CIVIL	16
2.1	Propriedades e características da Madeira	16
2.1.1	Versatilidade	16
2.1.2	Sustentabilidade	17
2.1.3	Resistência	17
2.1.4	Umidade	18
2.1.5	Deterioração da Madeira	18
2.2	Indústria Madeireira Brasileira	19
2.2.1	Potencial Produtivo	20
2.2.2	Manejo Florestal e Reflorestamento	20
2.3	Desafios do Setor	22
3	CONSTRUÇÃO CIVIL DE INTERESSE SOCIAL	24
3.1	Programa Federal “Minha Casa Minha Vida”	25
3.2	Métodos Construtivos Convencionais x Métodos Construtivos Inovadores	26
3.2.1	Sistema Construtivo Convencional	27
3.2.2	Sistema Construtivo em Paredes de Concreto	27
4	O MÉTODO CONSTRUTIVO WOOD FRAMING	29
4.1	História	32
4.2	Características do Método	33
4.3	Elementos de uma construção em Wood Frame	35
4.3.1	Ossatura de Paredes	35
4.3.2	Elementos Estruturais Pré-fabricados	37
4.3.2.1	Quadros Estruturais de Portas e Janelas Externas	37
4.3.2.2	Elementos de cantos de paredes	38
4.3.2.3	Elementos de Intersecção	39
4.3.3	Isolamento Térmico	40
4.3.4	Contraventamento e Vedação	41
4.3.5	Revestimento	42
4.4	CrITÉRIOS MÍNIMOS DE CONCEPÇÃO DA ESTRUTURA	45
4.4.1	Caminho Contínuo de transmissão de esforços	46
4.4.2	Sistemas de Paredes	46
4.4.3	Furos e cortes em elementos verticais	47
4.4.4	Soleiras	48
4.4.5	Conexões entre paredes e fundação	49
4.4.6	Painéis estruturais de OSB	50

4.4.7	Aberturas.....	52
4.4.8	Conexões entre Elementos Estruturais das Paredes.....	52
4.5	Etapas construtivas de uma edificação em Wood Frame	53
4.5.1	Marcação das paredes	54
4.5.2	Preparação das soleiras inferior e superior	55
4.5.3	Framing.....	56
4.5.4	Camada de proteção contra umidade.....	60
4.5.5	Execução do Revestimento Externo em Siding Vinílico.....	61
4.5.6	Sistemas Complementares e de Isolamento Térmico	64
4.5.7	Revestimento interno e acabamentos finais.....	65
5	DESENVOLVIMENTO DE PROJETO EM WOOD FRAMING	67
5.1	Apresentação do Projeto	67
5.2	Projeto em Wood Framing	67
5.2.1	Conexões de Ancoragem da Estrutura.....	67
5.2.2	Plano de Corte das Soleiras	68
5.2.3	Planta de Montagem da Estrutura – Framing	70
5.3	Considerações sobre o Projeto.....	72
6	CONCLUSÕES	74
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	76

1 INTRODUÇÃO

1.1 Considerações iniciais

O termo Framing, no âmbito da construção civil, refere-se a uma tecnologia construtiva inteligente e sofisticada capaz de proporcionar grande agilidade de execução, conforto satisfatório ao usuário e sustentabilidade em todas as fases de projeto incluindo o pós-ocupação.

A principal característica da tecnologia Framing é a sua estrutura, nomeada Frame, construída a seco e formada por uma elevada quantidade de perfis leves, esbeltos e espaçados igualmente ao longo de todo o perímetro de paredes. É esse grande número de elementos estruturais que permite que edificações construídas nesse sistema resistam a todos os esforços atuantes sem necessidade de estruturas com sessões transversais maiores ou compostas de materiais de alto peso específico.

O presente trabalho, mais especificamente, tem por tema o método construtivo Wood Framing, em que toda a estrutura da edificação é composta de madeira, sendo denominada Wood Frame. O ato da construção pode ser facilmente visto como um grande trabalho de carpintaria. Os elementos construtivos, na maioria dos casos, podem ser carregados manualmente, sem necessidade de equipamentos mecânicos.

Esta tecnologia vem sendo amplamente utilizada com sucesso na América do Norte e Europa, sendo o método predominante para construção de edificações de pequeno porte em muitos países desenvolvidos, como os Estados Unidos. O sistema é estruturalmente limitado a esse porte de edificações, o que se encaixa perfeitamente ao tipo de unidades habitacionais populares e de baixo padrão construídas atualmente no país.

Quando adequadamente projetada e executada apresenta inúmeras vantagens que o sobrepõe em relação a métodos construtivos que, tradicionalmente, vem sendo aplicados no Brasil. Entre elas estão a facilidade e agilidade de construção, a otimização do uso de materiais, a redução de retrabalhos e desperdícios e o alto controle no processo de produção e qualidade.

Baseado na histórica afirmação do Wood Framing em países reconhecidamente de primeiro mundo e motivado pelo atual cenário da construção civil brasileira, espera-se

apresentar uma alternativa para construção de moradias populares e de baixo padrão no país, de forma a convencer a comunidade, tanto técnica quanto leiga, sobre a eficiência dessa alternativa. Por fim, espera-se romper paradigmas culturais e derrubar estereótipos ou pelo menos despertar nas pessoas a curiosidade e o interesse em conhecer e experimentar o sistema.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivos gerais

Este projeto tem por objetivo desenvolver um estudo a respeito do sistema construtivo Wood Framing voltado à sua aplicação como alternativa para construção de projetos de habitações de interesse social, servindo assim como material teórico e prático para o incentivo da popularização do Wood Framing no Brasil.

1.2.2 Objetivos específicos

- Apresentar o sistema construtivo Wood Framing, sua história, suas características e suas tipologias construtivas;
- Descrever a madeira como material de construção e expor a situação do setor madeireiro, seus desafios e regulamentações relacionadas à produção de madeira no país;
- Apresentar dados sobre a construção de interesse social no Brasil;
- Detalhar as etapas construtivas de uma edificação em Wood Framing construída de forma parcialmente industrial;
- Realizar um projeto de uma edificação de interesse social em Wood Framing.

1.3 Justificativa

Através de uma análise das tecnologias construtivas atualmente empregadas em todo o país, ainda é possível encontrar traços de uma construção tradicional, que culturalmente vem sendo herdada e transmitida ao longo dos anos, principalmente no setor de residências unifamiliares. Como característica marcante dessa tradição pode-se citar a construção de paredes em alvenaria, método este de baixa produtividade, grande quantidade de desperdícios e com qualidade final condicionada à qualidade da mão de obra.

Por outro lado, é possível ver o surgimento de novos métodos construtivos, que trazem alternativas, mas que ainda apresentam limitações consideráveis. O sistema em alvenaria estrutural, por exemplo, possibilita diminuição de desperdícios, entretanto pode ser considerado de baixa produtividade já que sua construção depende do assentamento de blocos. Outro exemplo é o sistema construtivo com paredes de concreto moldadas “in loco” que apresenta uma elevada produtividade, mas em contrapartida abre espaço para questionamentos quanto à racionalização dos recursos utilizados diante do grande volume de concreto e aço consumido.

Apesar de recentes avanços, é visto que a construção civil brasileira encontra-se atrasada em relação a outros países onde os sistemas de construção industrializados e a seco são amplamente predominantes. É no sentido da apresentação de um sistema construtivo racional, otimizado, e eficiente que o presente estudo se justifica.

1.4 Metodologia

Para alcançar os objetivos citados anteriormente, foi utilizada a seguinte metodologia de trabalho:

a) Revisão bibliográfica:

Foi feito levantamento de material teórico nacional e internacional a respeito do tema, que serviu como base para o desenvolvimento desse estudo.

b) Levantamento de informações e dados junto a empresas do setor da construção de civil de interesse social que utilizam, ou não, o método construtivo Wood Framing: Foram estabelecidas parcerias com a empresa Tecverde de Curitiba, Paraná, com a empresa BK, de Santa Maria, e com a organização Habitat For Humanity localizada em Charlotte, Carolina do Norte, EUA. Todas as empresas cederam materiais teóricos e práticos utilizados na realização deste trabalho.

c) Realização do projeto:

Com base na revisão bibliográfica feita e no material disponibilizado pelas empresas contatadas, foi realizado projeto em Wood Framing de uma edificação residencial unifamiliar real nos moldes do programa Minha Casa Minha Vida.

2 A MADEIRA NA CONSTRUÇÃO CIVIL

De acordo com Pfeil (2003), a madeira é provavelmente o material de construção mais antigo já utilizado, devido a sua disponibilidade e relativa facilidade de manuseio. Apresenta bom isolamento térmico, ampla utilidade para diversos fins, e ótima relação resistência/peso. Em contrapartida, por se tratar de um material natural está sujeita a defeitos de crescimento, além de ser suscetível à degradação biológica e ação do fogo. No entanto, estas desvantagens podem ser superadas por meio de tratamento químico e detalhes construtivos adequados, resultando em estruturas duráveis e com bom aspecto estético.

Desde 1997 a madeira passou a ser um material da construção civil normatizado, por meio da NBR 7190. De acordo com Calil Junior et al. (2003), a criação de uma norma brasileira que regulamente o uso da madeira na construção foi um fator de incentivo ao seu emprego estrutural, visto que constituiu um importante passo para a inclusão da madeira nos mesmos critérios de dimensionamento das estruturas de concreto armado e metálicas.

2.1 Propriedades e características da Madeira

2.1.1 Versatilidade

A versatilidade no emprego da madeira é uma de suas grandes vantagens. Na construção civil ela é muito utilizada em coberturas, pontes, passarelas, formas e escoramento para elementos de concreto armado, esquadrias, paredes divisórias, forros, pisos, e estruturas de edificações, normalmente unifamiliares, entre outras aplicações. É muito utilizada também fora da construção civil, como por exemplo, na indústria de móveis, embalagens, celulose, instrumentos musicais, brinquedos, além da utilização em meios de transportes como barcos, dormentes de trilho, vagões de trem e carroçarias. A madeira também apresenta aspecto visual bastante interessante, tendo grande aplicação na arquitetura e decoração.

2.1.2 Sustentabilidade

Do ponto de vista ambiental, a madeira é considerada um dos materiais mais sustentáveis, desde que explorada conforme práticas adequadas de manejo florestal ou reflorestamento. A produção da madeira, desde o seu crescimento, extração, bem como o desdobro (corte em toras), envolve baixo consumo de energia, em comparação com outros materiais consagrados na construção civil, o que pode ser visto no quadro 2.1.

De acordo com Allen e Thallon (2011), a madeira pode ser facilmente reutilizada de uma edificação para outra e, quando descartada, sofre rápida biodegradação retornando ao ambiente natural. A madeira é o único material de construção renovável que sempre estará disponível na natureza desde que a sua extração seja feita de forma sustentável.

2.1.3 Resistência

A madeira também possui alta resistência e baixa densidade. O quadro 2.1 traça um comparativo entre a madeira e os dois principais materiais usados na construção civil: concreto e aço.

A resistência apresentada no quadro 2.1 leva em consideração as propriedades de cada material. Dessa forma, para o concreto, o valor de resistência citado se refere à resistência característica à compressão. Já para o aço, trata-se da tensão de escoamento do aço ASTM A-36, equivalente ao aço MR-250. Por fim, para a madeira, são indicados valores médios de resistência à compressão paralela às fibras, com umidade de 12%.

De acordo com Pfeil (2003), madeiras dicotiledôneas são provenientes de árvores frondosas da classe Angiosperma, como peroba, carvalho e ipê. São classificadas como madeiras duras e também conhecidas como madeiras de lei. Já as madeiras coníferas, classificadas como madeiras macias, são originárias de árvores da classe Gimnosperma, como por exemplo, o pinheiro-do-paraná e o pinus.

Material	Densidade (g/cm ³)	Energia consumida na produção (MJ/m ³)	Resistência (MPa)
Concreto	2,4	1.920	20
Aço	7,8	234.000	250
Madeira Conífera	0,6	600	50
Madeira Dicotiledônea	0,9	630	75

Quadro 2.1 – Comparativo entre materiais de construção. [adaptado de CALIL JUNIOR. et al. (2003)]

2.1.4 Umidade

A umidade da madeira tem grande importância sobre suas propriedades. Dessa forma a NBR 7190/1997 fixa o valor de umidade a 12% como umidade padrão de referência.

De acordo com Calil Junior et al. (2003), a madeira recém-cortada pode conter altos teores de umidade. É requerido, portanto, que haja prévia secagem da madeira bruta antes que esta seja convertida em produtos para aplicações diversas. A diminuição da umidade da madeira tem por consequência a diminuição da probabilidade de ataque de organismos xilófagos, aumento da estabilidade dimensional reduzindo a retração e dilatação, melhoria no desempenho de acabamentos, como tintas e vernizes e na eficiência de preservativos químicos, além de aumento dos valores numéricos de resistência e elasticidade.

2.1.5 Deterioração da Madeira

Ataque Biológico:

A madeira está sujeita à ação de inúmeros organismos xilófagos tais como cupins e fungos. Segundo Pfeil (2003) a vulnerabilidade da madeira a ataques de biodeterioradores depende da qualidade da madeira, ou seja, da espécie da madeira e da camada do tronco de onde foi retirada, e, das condições ambientais, caracterizadas pelo contato com a umidade e pelos ciclos de reumidificação. Calil Junior et al. (2003) afirma que, apesar da susceptibilidade ao apodrecimento e ação de organismos, a madeira tem sua durabilidade prolongada quando tratada adequadamente com preservativos químicos. Além disso, também

é importante prover em projeto detalhes construtivos que evitem a exposição excessiva da madeira aos raios solares e umidade externa, garantindo a maior durabilidade da madeira tratada.

Ação do fogo:

Devido a sua combustibilidade, a madeira é considerada um material de baixa resistência ao fogo. Entretanto, de acordo com Pfeil (2003), peças robustas de madeira possuem excelente resistência ao fogo, já que, sendo a madeira um mau condutor de calor, a temperatura interna cresce mais lentamente, guardando um núcleo de material íntegro, com propriedades mecânicas inalteradas.

Calil Junior et al. (2003) descreve que diferentemente do aço, madeiras não apresentam distorção quando submetidas a altas temperaturas, dificultando a ruína da estrutura.

Peças esbeltas de madeira, entretanto, requerem proteção contra o fogo, que segundo Pfeil (2003) pode ser obtida através de retardos de fogo e de detalhes construtivos que evitem ou atrasem o contato da madeira com o fogo.

2.2 Indústria Madeireira Brasileira

A madeira, proveniente tanto de florestas nativas quanto de florestas plantadas, tem grande importância na economia nacional e mundial. Inúmeros setores econômicos estão ligados direta ou indiretamente ao uso desse recurso florestal abundante. A matéria prima madeira possui uma ampla gama de utilizações que vai desde a lenha e carvão vegetal, servindo como matriz energética, até a madeira sólida ou em painéis reconstituídos para uso na construção civil e indústria moveleira. O Gráfico 2.1 demonstra que a maior parte da madeira produzida tem destino para uso na indústria.

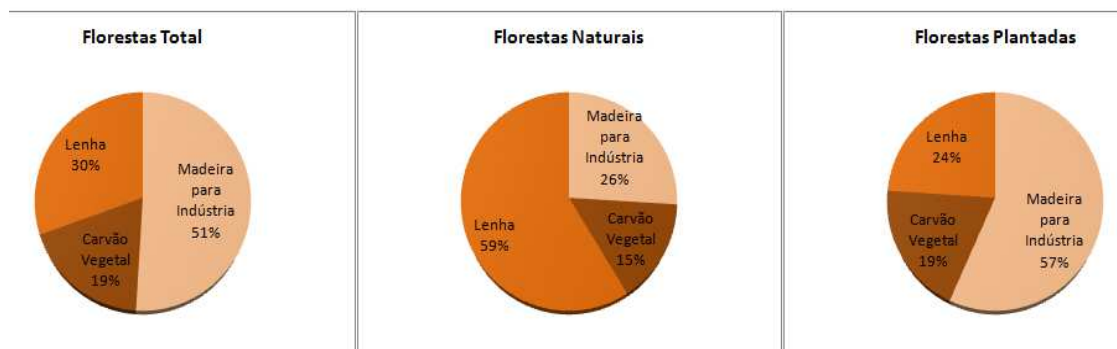


Gráfico 2.1 – Destino da madeira em tora extraída no ano de 2013. [SNIF (2015)]

2.2.1 Potencial Produtivo

O Brasil é certamente um país com grande potencial produtivo para a indústria madeireira. Com aproximadamente 463,2 milhões de hectares de florestas, o que equivale a 54,4% do território nacional, o Brasil possui a segunda maior área de florestas do mundo, estando atrás apenas da Rússia. Cerca de 98,5% dessa área corresponde a florestas nativas, enquanto que apenas 7,1 milhões de hectares, ou seja, 1,53% da área total florestada, constituem-se de florestas plantadas segundo o Sistema Nacional de Informações Florestais (2012). O Ministério do Meio Ambiente estima que 69% dessa cobertura florestal tenha potencial produtivo.

2.2.2 Manejo Florestal e Reflorestamento

De acordo com o inciso IX do Art. 2º da Resolução CONAMA nº 406-2009, de 02 de fevereiro de 2009, Manejo Florestal Sustentável é definido como:

Administração da floresta para a obtenção de benefícios econômicos, sociais e ambientais, respeitando-se os mecanismos de sustentação do ecossistema objeto do manejo e considerando-se, cumulativa ou alternativamente, a utilização de múltiplas espécies. (CONAMA, 2009).

Segundo Oliveira (1997), a atividade florestal é uma das poucas atividades em que o uso de práticas racionais de exploração, pode contribuir para o crescimento econômico e ao mesmo tempo com a preservação da qualidade de vida. Essa afirmação diz respeito à

capacidade do setor florestal de, por meio do manejo florestal e de práticas de reflorestamento, produzir bens de consumo com valor econômico, conjuntamente com outros bens que favorecem o equilíbrio ecológico. Calil Junior et al. (2003) menciona alguns destes bens, entre eles, a melhora da qualidade do ar pela fixação do dióxido de carbono e pela liberação de oxigênio decorrente da fotossíntese, a redução da incidência de áreas erodidas, e a manutenção da biodiversidade associada ao manejo florestal adequado.

A exploração florestal somente é considerada atividade legal quando ocorre em florestas exploradas sob regime sustentável, por meio de Planos de Manejo Florestal Sustentável (PMFS) ou através de desmatamentos autorizados, aprovados pelo IBAMA. Portanto, a extração de madeira ou qualquer outro produto florestal não pode ocorrer sem a devida autorização do órgão Federal competente.

Os PMFSs devem ser periodicamente monitorados pelo IBAMA ou pelos órgãos ambientais, a fim de assegurar acompanhamento e controle das operações e atividades envolvidas na Área de Manejo Florestal.

Em relação ao reflorestamento, segundo Calil Junior et al. (2003), a implantação de áreas de reflorestamento foi impulsionada na década de 1960, em razão do programa federal de incentivos fiscais, que definiu que parte do imposto de renda de empresas seria aplicada em florestas artificiais.

As florestas plantadas são organizadas para fins comerciais, como a indústria madeireira, assim como, para fins não madeireiros, como a extração de frutos e óleos. Além disso, também podem ser projetadas para recuperação ecológica de áreas degradadas.

No Brasil, de acordo com o Sistema Nacional de Informações Florestais (SNIF), os plantios de florestas comerciais iniciaram com a inserção de mudas de Eucalipto (*Eucalyptus* spp.), que apresentaram bom desenvolvimento na região do cerrado paulista, seguido da inserção do Pinus (*Pinus* spp.) com êxito no sul do país. Além disso, outros gêneros podem ser empregados nos plantios comerciais como a Acácia (*Acacia mearnsii*), Seringueira (*Hevea* spp.), Teca (*Tectona grandis*), Paricá (*Schizolobium parahyba*), Araucária (*Araucaria angustifolia*) e Álamo (*Populus* sp.). Deste modo, se torna parte do cenário brasileiro o investimento e desenvolvimento de pesquisas relacionadas à silvicultura dessas espécies para uso em plantios comerciais. No gráfico 2.2 pode-se observar as áreas de florestas plantadas no país por ano e espécie.

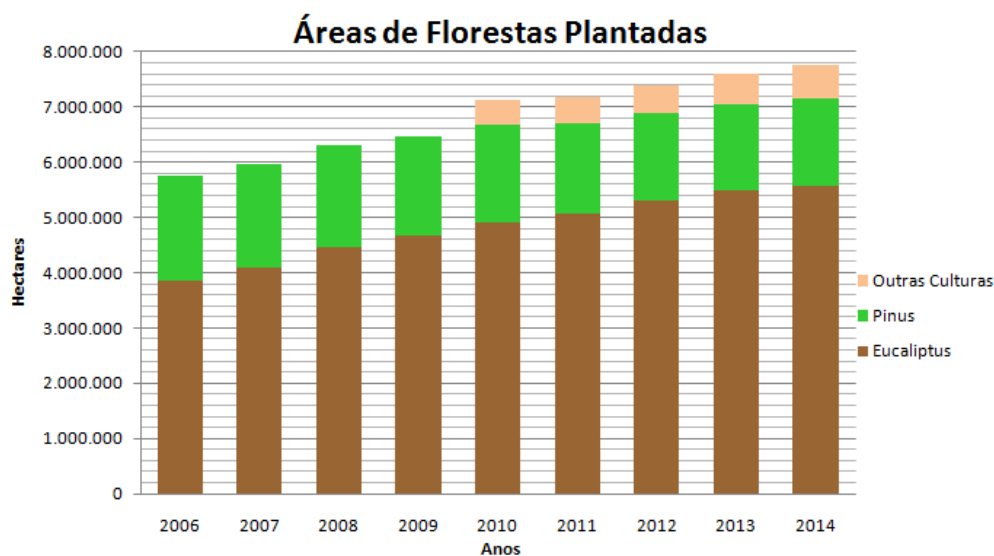


Gráfico 2.2 – Áreas de Florestas Plantadas. [SNIF (2015)]

2.3 Desafios do Setor

Apesar de esforços de órgãos federais em estabelecer a prática do manejo sustentável e reflorestamento, de modo a constituir uma indústria florestal e madeireira nacional organizada e legalizada, ainda existem inúmeros indícios de exploração seletiva e predatória. De acordo com dados do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, em publicação do projeto PRODES (2014), somente no período de 1988, ano em que o INPE iniciou o levantamento de dados por meio de satélites, até 2014, 407.675 km² da Amazônia Legal foram desmatados de forma praticamente irreversível.

Entretanto, já existem indicações de mudanças no setor. De acordo com o Ministério do Meio Ambiente (MMA), em 2004, o governo federal instituiu o Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal (PPCDAm). No gráfico 2.3 é possível notar que, desde 2004 até o ano de 2014, houve uma redução de aproximadamente 82% na taxa de desmatamento anual da Amazônia Legal.

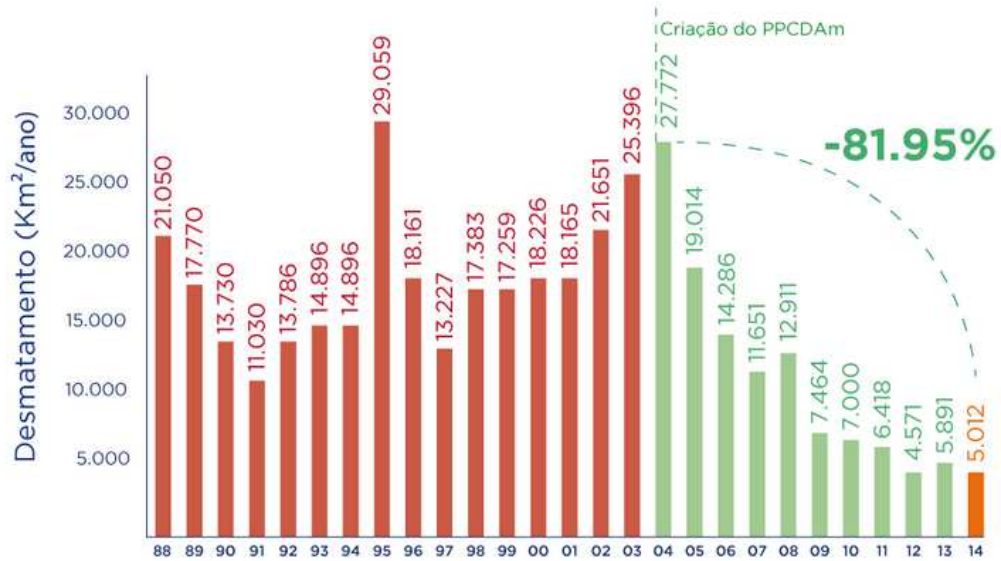


Gráfico 2.3 – Monitoramento da taxa de desmatamento da Amazônia Legal. [MMA (2015)]

A utilização da madeira como material de construção civil também tem como desafio o rompimento de preconceitos culturais inerentes ao material. O primeiro deles é a visão de que a utilização da madeira implica no desmatamento, fazendo parecer que o uso da madeira representa uma ameaça ambiental. Entretanto, a aplicação de exploração inteligente, por meio de manejo florestal controlado e políticas de reflorestamento, pode garantir a manutenção dos recursos florestais ao mesmo tempo em que ocorre a extração da matéria prima. Nakamura (2010) afirma que outro preconceito é a visão de que construir com madeira constitui processo primitivo e que gerará um produto final de baixa qualidade. Segundo Calil Junior et al. (2003), isso acontece porque, de forma usual, estruturas de madeira são concebidas por carpinteiros, muitas vezes bem intencionados, mas não preparados para exercer tal atividade. Além disso, a existência de numerosas marcenarias que trabalham com equipamentos ultrapassados e mão de obra pouco qualificada, prejudicam a qualidade do produto final e distorcem a qualidade da madeira como matéria prima.

A madeira por vezes é também associada à baixa resistência, problemas com umidade, agentes biodeterioradores e riscos de incêndio. Entretanto, de acordo com Calil Junior et al. (2003), todos estes preconceitos estão diretamente ligados à insuficiente divulgação das informações tecnológicas acerca do comportamento da madeira sob as diversas condições de serviço e à falta de projetos específicos, desenvolvidos por profissionais habilitados.

3 CONSTRUÇÃO CIVIL DE INTERESSE SOCIAL

Habitação de interesse social, também chamada de habitação popular, é o tipo de construção destinada a servir de moradia para populações de baixa renda. Segundo Carvalho (2012), a cultura atual da habitação de interesse social tem por característica o uso de grandes extensões de espaço urbano com projetos arquitetônicos padronizados, de forma a produzir unidades muito semelhantes mesmo em diferentes regiões do país.

O déficit habitacional é o parâmetro adotado nacionalmente como referência para controle da política habitacional, servindo como indicador da necessidade de reposição e/ou incremento do número de moradias. De acordo com a Nota Técnica N° 5 – Estimativas do Déficit Habitacional brasileiro (PNAD – 2007-2012) emitida pelo IPEA (2013), entre os anos de 2007 e 2012, houve redução do déficit habitacional, ao passo que houve aumento do número de domicílios. O quadro 3.1 demonstra que, apesar dessa redução do déficit, mais de 5 milhões de moradias são incapazes de oferecer condições dignas à seus residentes, seja por sua precariedade, excesso de moradores, coabitação familiar ou pagamento de aluguel não condizente com a renda familiar.

	2007	2008	2009	2011	2012
Número de domicílios	55.918.038	57.703.161	58.684.603	61.470.054	62.996.532
Déficit Habitacional	5.593.191	5.191.565	5.703.003	5.409.210	5.244.525
(%)	10,00	9,00	9,72	8,80	8,53

Quadro 3.1 – Estimativa do Déficit Habitacional Brasileiro. [adaptado de IPEA (2013)]

A Nota Técnica N° 5 também separa o déficit habitacional por renda, de forma que os dados descritos no Quadro 3.2 deixam claro que o déficit continua sendo, majoritariamente, dos domicílios habitados por famílias de baixa renda. Tais informações reiteram a necessidade de políticas nacionais além de soluções de engenharia que viabilizem a construção de habitações de interesse social possibilitando a redução do déficit habitacional para a população de classe social mais baixa.

Faixa de Renda	2007	2008	2009	2011	2012
Sem declaração de renda	1,7%	1,7%	1,9%	3,0%	2,4%
Até 3 salários mínimos (s.m.)	70,7%	70,2%	71,2%	73,0%	73,6%
Entre 3 e 5 s.m.	13,1%	14,0%	13,5%	11,7%	11,6%
Entre 5 e 10 s.m.	10,4%	10,3%	9,6%	9,1%	9,4%
Acima de 10 s.m.	4,1%	3,9%	3,8%	3,2%	2,9%

Quadro 3.2 – Composição do déficit por faixa de renda 2007-2012. [adaptado de IPEA (2013)]

3.1 Programa Federal “Minha Casa Minha Vida”

O Programa Minha Casa Minha Vida – PMCMV – foi instituído em 2009 por meio da lei 11.977. O artigo 2º define que:

O PMCMV tem como finalidade criar mecanismos de incentivo à produção e à aquisição de novas unidades habitacionais pelas famílias com renda mensal de até 10 (dez) salários mínimos, que residam em qualquer dos Municípios brasileiros. (Lei 11.977, 2009).

Os dados, descritos anteriormente no Quadro 3.1, demonstram aumento considerável no número de moradias após o ano de 2009 bem como redução do déficit habitacional. Entretanto, além do fato do déficit ainda continuar alto apesar da redução, o PMCMV tem encontrado dificuldades com produtividade e cumprimento dos prazos de entrega das construções. Segundo reportagem de março de 2015 do G1, em Corumbá, Mato Grosso do Sul, 260 unidades habitacionais do Programa Federal Minha Casa Minha Vida já estão atrasadas há um ano e meio. Além disso, no Tocantins, 300 unidades deveriam ter sido entregues em Junho do ano passado, mas o prazo já foi adiado 7 vezes. Em Salvador, Bahia, 184 apartamentos deveriam ter sido entregues em dezembro de 2010, ou seja, mais de quatro anos de atraso. Diante desse cenário marcado por incertezas, atrasos, além de baixa qualidade e grandes desperdícios, o mercado da construção civil precisa fomentar a entrada de novas tecnologias que sejam capazes de propiciar uma mudança.

3.2 Métodos Construtivos Convencionais x Métodos Construtivos Inovadores

O PMCMV trouxe grandes investimentos públicos no ramo da construção de interesse social. Aliado a esses investimentos surgiu a necessidade de se produzir mais e em menos tempo, o que fomentou a inserção de sistemas construtivos industrializados que permitam produção em série de habitações padronizadas. Entretanto, de acordo com Cardoso (2009) para que qualquer método construtivo inovador possa integrar o PMCMV, de forma a receber financiamento pela Caixa Econômica Federal, este precisa ser aprovado pelo Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-H) e ser submetido ao Sistema Nacional de Aprovação Técnica de Produtos Inovadores (SINAT).

Baseado em tais requerimentos, Cardoso (2009) afirma que o sistema tradicional de alvenaria, já enraizado na cultura nacional, tem privilégio sobre os demais, de forma que apenas sistemas construtivos que ofereçam velocidade de produção como os pré-fabricados e os sistemas de paredes de concreto moldadas no local têm condições de competir com o método convencional de construção.

Dentro deste cenário, o Wood Framing ganhou força com um método construtivo inovador capaz de gerar edificações com maior produtividade e satisfazendo as condições mínimas de desempenho. Segundo Allen e Thallon (2011) a maior parte das edificações residenciais unifamiliares nos Estados Unidos são construídas em séries repetidas, permitindo redução de custos e maior produtividade. É, portanto, evidente a compatibilidade entre o sistema construtivo e a construção de condomínios padronizados do PMCMV.

Em 2011, por meio da ação de um grupo de empresários e engenheiros interessados do setor madeireiro, o Wood Framing teve seu primeiro documento técnico aprovado pelo SINAT intitulado “Diretriz n° 005: Sistemas construtivos estruturados em peças de madeira maciça serrada, com fechamento em chapas delgadas – Sistemas leves tipo *Light Wood Framing*”. Esta diretriz apresenta critérios mínimos de desempenho e métodos de avaliação do sistema no Brasil.

Após vários ensaios realizados em instituições técnicas ligadas ao SINAT, mediante a aprovação dos resultados, foi concedido à Tecverde, empresa localizada no estado do Paraná, o documento de avaliação técnica (DATec) n° 20 – “Sistema construtivo TECVERDE: sistema leve em madeira”.

Não existem no Brasil normas técnicas que regulamentem a construção em Wood Framing, entretanto, de acordo com Espíndola e Ino (2014), a diretriz SINAT n°005 e o

DATEC n° 20 representam uma evolução significativa servindo como fundamentação técnica inicial para fornecedores, produtores, projetistas e construtores.

3.2.1 Sistema Construtivo Convencional

É dito como sistema construtivo convencional a construção de edificações com estrutura em concreto armado e com vedação em tijolos cerâmicos, conforme mostrado na Figura 3.1. É chamado de convencional por ser tradicionalmente o método mais empregado na construção civil brasileira.

O sistema é caracterizado pela baixa produtividade, qualidade condicionada à mão de obra e grandes desperdícios devido à necessidade de quebra de alvenaria para passagem do sistema elétrico e hidrossanitário.



Figura 3.1 – Edificação sendo construída no Sistema Construtivo Convencional.

3.2.2 Sistema Construtivo em Paredes de Concreto

Entre os sistemas construtivos que vem sendo utilizados no MCMV, um dos que mais tem se destacado é o sistema de Paredes de Concreto moldadas “in loco”.

Tamãna têm sido a magnitude da expansão e afirmação da construção em Paredes de Concreto no mercado da construção civil, que, em 2012, o sistema foi normatizado pela ABNT, através da NBR 16055 – Parede de concreto moldada no local para a construção de edificações – Requisitos e Procedimentos. A existência de norma técnica nacional que defina procedimentos de projeto e execução para o método construtivo, até então pouco conhecido, estimulou ainda mais o emprego do mesmo por empresas, que, por vezes, não utilizavam o sistema por falta de uma referência técnica padronizada.

De modo geral, o sistema construtivo utiliza fôrmas metálicas montadas no local da obra e, após montagem, preenchidas com concreto, já com as armaduras, instalações elétricas e instalações hidráulicas embutidas nas paredes, conforme Figura 3.2. Uma característica marcante do sistema é o fato de que a vedação e a estrutura correspondem a um único elemento.

De acordo com Carvalho (2012), o sistema construtivo é racionalizado proporcionando maior produtividade, qualidade e economia de forma que o tempo de construção de uma casa reduz de 70 dias, em alvenaria comum, para 20 dias, com o método de paredes de concreto moldadas no local. Entretanto, apesar de suas vantagens, o sistema consome altos volumes de materiais como aço e concreto que requerem elevadas quantidades de energia durante seu processo de produção.



Figura 3.2 – Edificação sendo construída no Sistema Construtivo de Paredes de Concreto moldadas no local.

4 O MÉTODO CONSTRUTIVO WOOD FRAMING

A construção em Wood Frame, segundo a American Forest & Paper Association, tem sido o método mais utilizado para execução de moradias nos Estados Unidos e atualmente vem também sendo muito empregado para construção de empreendimentos comerciais e industriais. A história da aplicação do método comprova que edificações em Wood Frame são econômicas tanto em sua construção quanto na provisão de conforto térmico ao usuário. Além disso, a madeira é um material extremamente versátil, que se adapta à arquitetura tradicional bem como a estilos contemporâneos.

É importante citar que existem diversas normatizações que regulamentam procedimentos de execução e projeto para o sistema construtivo Wood Framing. Dentro dos Estados Unidos, por exemplo, existem normas estaduais que diferem em alguns aspectos de um estado para outro, devido a condições climáticas, materiais disponíveis e/ou cultura da região, entre outros. Segundo Dias (2005), as normatizações Norte- Americanas também diferem de normatizações Europeias, entretanto, o conceito estrutural e as características principais da tecnologia permanecem as mesmas em todas as normas técnicas.

Dias (2005) em seu estudo apresentou os Quadros 4.1 e 4.2 representando algumas diferenças entre normas distintas, que encontram-se principalmente na tipologia de ligações, ou seja, quantidade, tipo e dimensões de pregos ou outros elementos de ligação.

Uniform Building Code (UBC, 1997)	International Residential Code (IRC, 2003)	Wood Frame Construction Manual (WFCM, 1995)
Pregos 10d a cada 24in. (610mm)	Pregos 16d a cada 16in. (406mm)	2 pregos 16d per foot (300mm)

Quadro 4.1 – Especificação de pregos para união das duas peças da soleira superior. [DIAS (2005)]

Modo de Pregação	Uniform Building Code (UBC, 1997)	International Residential Code (IRC, 2003)	Wood Frame Construction Manual (WFCM, 1995)
De topo	2 pregos 16d	2 pregos 16d	2 pregos 16d
Em ângulo	4 pregos 8d	3 pregos 8d	----

Quadro 4.2 – Especificação de pregos para montagem da estrutura das paredes. [DIAS (2005)]

Além disso, a metodologia construtiva também é variável, dependendo de inúmeros fatores tais como, tempo de execução, ferramentas e maquinário disponível, tamanho e características da edificação a ser construída, mão de obra, etc. De acordo com Espíndola e Ino (2014), os sistemas construtivos leves possibilitam a construção no canteiro de obras, parcialmente na fábrica e no canteiro, ou totalmente na fábrica ocorrendo somente montagem no local da obra. Uma construção em Wood Frame, portanto, pode ser executada de forma preponderantemente manual, onde a construção se torna um grande serviço de carpintaria executado completamente no canteiro de obras. Pode também ser executada de forma parcialmente industrializada, onde alguns quadros estruturais são pré-executados em ambiente fabril. A execução do Wood Framing também permite total industrialização, de forma que as paredes são inteiramente montadas dentro de uma indústria, levadas até o local da obra, e, com auxílio de guindastes ou guias, a edificação é construída por meio do encaixe das paredes já fabricadas.

De acordo com Allen e Thallon (2011), a maior parte das novas edificações construídas nos Estados Unidos são executadas completamente ou parcialmente no canteiro de obras, entretanto, cerca de 8% das residências construídas por ano são produzidas em ambiente fabril e transportadas até seu destino final.

A empresa Tecverde, detentora do DATec nº 20, executa edificações em Wood Framing no Brasil de forma totalmente industrializada, conforme mostrado na Figura 4.1. Segundo Nakamura (2010), a produtividade de uma obra em Wood Frame está diretamente relacionada ao seu nível de industrialização, havendo otimização da gestão da produção possibilitando que várias atividades sejam executadas ao mesmo tempo. Um ambiente industrializado também permite redução de mão de obra, maior controle de qualidade e diminuição significativa dos desperdícios, de forma que o índice de perdas no Wood Frame é inferior a 10%, podendo ser reduzido com experiência. As instalações dos sistemas hidráulico e elétrico são embutidas nos vãos entre os montantes de madeira, o que evita quebras e retrabalhos e reduz ainda mais a geração de resíduos e desperdícios.



Figura 4.1 – Paredes em Wood Frame sendo executadas em ambiente industrial. [adaptado de TECVERDE(20--)]

Os critérios de construção apresentados neste trabalho, assim como o projeto de uma habitação de interesse social em Wood Frame, serão detalhados e concebidos com base nas normativas americanas Wood Frame Construction Manual (WFCM) for One- and Two-Family Dwellings (2015) e North Carolina State Building Code: Building Code (2012). As etapas e os elementos construtivos serão descritos considerando construção parcialmente industrializada, onde somente elementos especiais da estrutura, tais como elementos de interseção e cantos de paredes, bem como quadros estruturais de janelas e portas são fabricados em ambiente industrial, externo ao canteiro de obras. De acordo com Allen e Thallon (2011), a introdução de componentes pré-fabricados reduziu significativamente o tempo de construção no canteiro de obras, aumentando a eficiência ao ponto que, em 2004, o maior construtor residencial dos Estados Unidos chegou a produzir mais de 105 casas por dia.

O sistema de execução parcialmente industrializado foi escolhido por conferir ganhos de produtividade, por meio da pré-fabricação de alguns elementos, sem perder a simplicidade de execução, devido ao fato da não necessidade de implantação de fábrica e de maquinário especial para transporte por exemplo. Além disso, o único documento técnico oficial brasileiro a respeito do Wood Framing, o DATec nº 20, remete a um processo de produção industrializado. Dessa forma, a descrição de um procedimento de execução diferente do já proposto tem grande importância como alternativa à aplicação do Wood Framing no país.

4.1 História

A história do Wood Framing, segundo Allen e Thallon (2011), teve início no século XVI quando imigrantes europeus que chegavam aos Estados Unidos encontram no país grande quantidade de florestas com potencial para produção madeireira, o que logicamente conduziu à construção de moradias usando a madeira como material de construção. As primeiras casas construídas seguiam o estilo de construção do norte europeu, chamado de *heavy timber frame*, que utilizava elementos robustos e pesados de madeira como estrutura da edificação.

As construções foram evoluindo com o tempo, visando se adaptar ao clima norte americano, mais intenso que o europeu. Então, na primeira metade do século XIX, após mais de 300 anos de desenvolvimento, o sistema construtivo Wood Framing surgiu quando construtores perceberam que os elementos verticais pouco espaçados, utilizados na vedação em edificações em *heavy timber frame*, eram suficientemente capazes de suportar as cargas de forma que os pilares robustos de madeira poderiam ser retirados.

De acordo com Allen e Thallon (2011), as evoluções na produção de madeira serrada e na fabricação em massa de pregos foram importantes avanços tecnológicos que aconteceram no século XIX que tiveram importância fundamental na afirmação e viabilização do sistema leve em madeira. Além disso, segundo Rodrigues (2006), devido ao grande número de imigrantes que chegavam aos Estados Unidos, a população experimentou um crescimento substancial. Para solucionar a nova demanda por moradias fez-se necessário construir de forma fácil e rápida e utilizando os materiais abundantes no local. Dessa forma surgiram as primeiras habitações em Wood Framing, sistema mais flexível, que utiliza os materiais de forma mais eficiente e que apresenta maior facilidade construtiva, em relação ao seu antecessor, o *heavy timber frame*.

Conforme a Canada Mortgage and Housing Corporation (CMHC) (2014), o sistema foi aperfeiçoado ao longo dos anos, evoluindo até o sistema atual: o Light Wood Framing que nada mais é do que a combinação de repetidos elementos estruturais tais como perfis, tesouras treliçadas e painéis de madeira que, funcionando em conjunto, produzem a rigidez necessária para resistir cargas verticais e horizontais.

4.2 Características do Método

O Wood Framing é um método construtivo já consolidado em inúmeros países do mundo, entre eles Estados Unidos, Canadá, Alemanha e Japão, de acordo com Molina (2010). É interessante notar que todos estes países são desenvolvidos e conhecidos mundialmente por sua tecnologia e modernidade. Certamente, se o uso de madeira na construção fosse algo de fato primitivo e de baixa qualidade, o Wood Framing faria apenas parte da história de cada um desses países. Entretanto, o que se percebe é a total aceitação e satisfação por parte dos consumidores em relação às moradias em Wood Frame. Além disso, é relevante a análise da diversidade climática nesses países, que compreende desde regiões desérticas, climas quentes e úmidos e até mesmo invernos extremamente rigorosos com temperaturas negativas e neve constante. Diante de todas essas questões, as moradias em Wood Frame tem, de fato, se mostrado um excelente abrigo à população.

Nos últimos 150 anos, o Light Wood Framing tem dominado amplamente o setor da construção civil na América do Norte, de forma que, segundo Allen e Thallon (2011), atualmente 90% de todas as novas edificações residenciais são construídas utilizando o sistema.

Segundo Rodrigues (2006), uma grande peculiaridade do Light Frame, tanto em madeira quanto em aço, é a sua divisão em subsistemas individuais, tais com estrutural, de isolamento térmico e acústico, de instalações elétricas e hidrossanitárias, de revestimento, etc., mas que trabalham em unidade, gerando, de forma racional e eficiente, um produto final completo e satisfatório para o cliente.

O sistema apresenta inúmeras vantagens construtivas e pós-ocupacionais. A CMHC especifica algumas delas em seu manual, revisado em 2014. Quando bem projetada e executada, uma estrutura em Wood Frame é rápida e fácil de ser construída, mantida e renovada, durável, ambientalmente sustentável, fácil de ser esfriada e aquecida, adaptável para qualquer tipo de clima sendo este quente e úmido ou mesmo extremamente frio, e capaz de atender satisfatoriamente todos os requisitos normatizados quanto a nível de ruídos e segurança a fogo.

Segundo Allen e Thallon (2011), o sistema Wood Framing possibilita grande flexibilidade construtiva, podendo ser usado na construção de edificações simples retangulares, torres cilíndricas ou mesmo telhados nas mais variadas formas. Apesar da aparente complexidade, edificações em Wood Framing podem ser construídas rapidamente e

facilmente com um investimento mínimo em ferramentas. Allen e Thallon (2011) também apresentam algumas deficiências do sistema construtivo que gera uma estrutura mais suscetível ao fogo, além de estar sujeita à deterioração por ação de microrganismos e à variações dimensionais devido à mudanças de umidade. Entretanto todos estes problemas podem ser contornados por meio de um projeto inteligente e de uma execução cuidadosa.

Em seu livro, Anderson (1975) demonstra a durabilidade das construções em Wood Frame ao afirmar que muitas casas estruturadas em madeira existentes foram construídas há mais de 200 anos atrás quando os primeiros imigrantes chegaram.

Além de durável, a madeira é um recurso natural renovável, o que torna o sistema ecologicamente correto. A organização norte-americana APA apresenta alguns dados relevantes sobre o uso da madeira na construção civil em seu livro *Advanced Framing Construction Guide* (2012). Segundo a organização, a madeira utilizada pelo mercado consumidor norte-americano é proveniente de reflorestamento, o que conduz a um impressionante número de cerca de 3 milhões de árvores plantadas diariamente, levando a taxa anual de 27% mais madeira plantada do que retirada.

Outro fator importante é o fato de que a produção industrial da madeira consome muito menos energia do que qualquer outra matéria prima. A APA afirma que em 1987, os produtos de madeira representaram 47% da matéria prima industrial, mas consumiram apenas 4% da energia usada na produção total. Além disso, para cada tonelada de madeira plantada e colhida, produziu-se 1,07 toneladas de oxigênio e absorveu-se 1,47 toneladas de dióxido de carbono. De acordo com Allen e Thallon (2011) a energia total consumida na construção de uma edificação em madeira é cerca da metade consumida na construção de uma edificação em aço e dois terços da consumida em uma edificação em concreto. Além disso, o processo construtivo de uma edificação em madeira gera menor emissão de gases do efeito estufa, menor poluição do ar, menor geração de resíduos sólidos e menor impacto ecológico.

Molina e Calil (2010) definem o método construtivo Wood Framing como um processo de alta tecnologia e produtividade, tendo como resultado final edificações com aspecto tradicional de madeira ou não, adaptável á qualquer estilo, durável, sustentável, confortável e com qualidade.

4.3 Elementos de uma construção em Wood Frame

Assim como qualquer outro tipo de construção, a execução de uma edificação envolve inúmeros aspectos distintos, dos mais simples aos mais complexos, desde as etapas iniciais como a preparação do canteiro de obras, limpeza, terraplenagem do local e execução das fundações até as etapas de acabamento como telhado, revestimento interno e externo e paisagismo.

Diante da flexibilidade e versatilidade do método construtivo, muitos elementos da construção podem ser utilizados de forma comum aos métodos construtivos convencionais brasileiros. Em uma edificação em Wood Frame, por exemplo, é usual que sejam utilizadas fundações superficiais, como radiers e sapatas corridas, devido ao peso aliviado da estrutura em madeira. Entretanto, o método permite a utilização de qualquer tipo de fundação. Para telhados utiliza-se, tradicionalmente na América do Norte, o sistema com treliças de madeira pré-fabricadas e telhas asfálticas Shingle, que, até então, são pouco popularizadas no Brasil. O método construtivo Wood Framing, no entanto, possibilita a escolha de qualquer tipo de telhado, desde que a estrutura da edificação esteja adequada para resistir o seu peso próprio. Sistemas elétricos e hidráulicos possuem a grande vantagem de serem embutidos nas paredes sem necessidade de quebra, entretanto, seu projeto e execução permanece o mesmo.

Dessa forma, serão detalhados neste trabalho apenas os elementos de construção peculiares a uma edificação em Wood Framing, ou seja, que não são comuns aos sistemas construtivos convencionais utilizados no Brasil.

4.3.1 Ossatura de Paredes

As paredes constituem o elemento estrutural de uma edificação em Wood Frame. São elas compostas essencialmente de quadros estruturais com elementos repetitivos e pouco espaçados. A estrutura de um quadro estrutural de parede é composta basicamente por elementos horizontais (soleira inferior e superior) e elementos verticais (montantes), conforme representado na Figura 4.2. O espaçamento máximo entre montantes é de 60 cm e a seção transversal mínima, para paredes portantes de carga, é de 38x89mm.

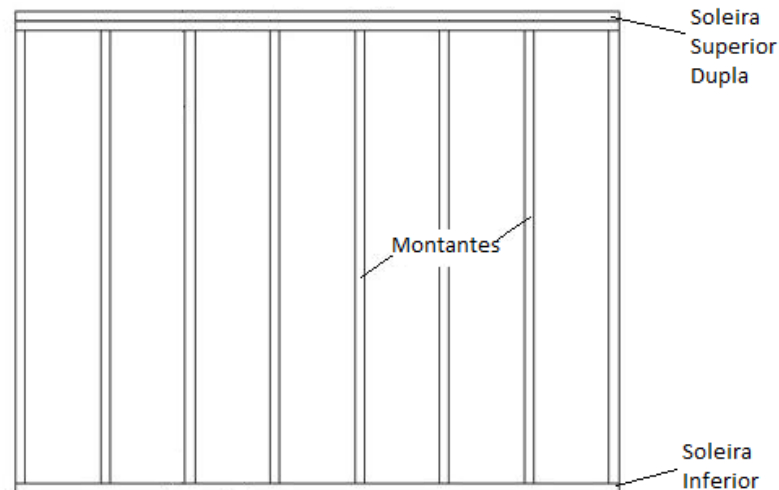


Figura 4.2 – Esquema simplificado da estrutura em Wood Frame.

Na composição de uma edificação em Wood Frame, existem paredes portantes de carga e paredes não portantes. No caso de uma habitação de interesse social, de um único pavimento, e, onde a área construída é relativamente pequena, as paredes portantes de carga são geralmente as paredes externas. Dessa forma, toda a carga proveniente do telhado é suportada unicamente pelas paredes externas. É importante, portanto, que as treliças sejam anexadas às soleiras superiores das paredes externas, de forma que, sua projeção horizontal coincida com os montantes e demais elementos verticais. As paredes não portantes são normalmente as paredes divisórias internas, e devem ser capazes de resistir o peso próprio de sua estrutura e revestimento.

De acordo com Allen e Thallon (2011), as madeiras mais utilizadas em edificações em Wood Frame na América do Norte são as provenientes de árvores coníferas da família *Pinaceae* de diferentes gêneros tais como *Abies*, *Picea* e *Pinus*. Segundo o DATec nº 20, pertencente à empresa Tecverde, os montantes e soleiras são constituídos de peças autoclavadas de madeira serrada do tipo *Pinus*, devidamente certificada pelos órgãos competentes e proveniente de ações de reflorestamento. Além disso, as peças de madeira devem ser tratadas com Arsenato de Cobre Cromatado (CCA), apresentando retenção mínima de 4,0 kg i.a/m³.

4.3.2 Elementos Estruturais Pré-fabricados

4.3.2.1 Quadros Estruturais de Portas e Janelas Externas

Janelas e portas em paredes portantes de carga requerem quadros estruturais especiais, conforme Figura 4.3, de modo a permitir, que, mesmo com a inserção da abertura, a capacidade estrutural seja mantida. As vergas (header) podem ser construídas de diferentes formas, entretanto, devem ser capazes de resistir às cargas atuantes sobre ela provenientes do telhado ou de pavimentos superiores.

As vergas são sustentadas pelos umbrais que são peças de seção idêntica aos montantes, apenas com altura limitada ao nível das vergas. Os umbrais devem ser unidos a um montante chamado de king stud, formando um par de montantes nas laterais de janelas e portas. A contraverga das janelas é uma peça única horizontal de mesma seção transversal dos montantes. Cripples são elementos verticais inseridos após a fixação dos painéis de OSB de forma a cobrir juntas entre chapas, funcionando de sustentação e elemento para pregação de painéis cujas juntas ocorram no meio de janelas.

É indicado isolar termicamente as vergas por meio da inserção de material isolante na face externa da verga, melhorando o desempenho térmico da edificação.

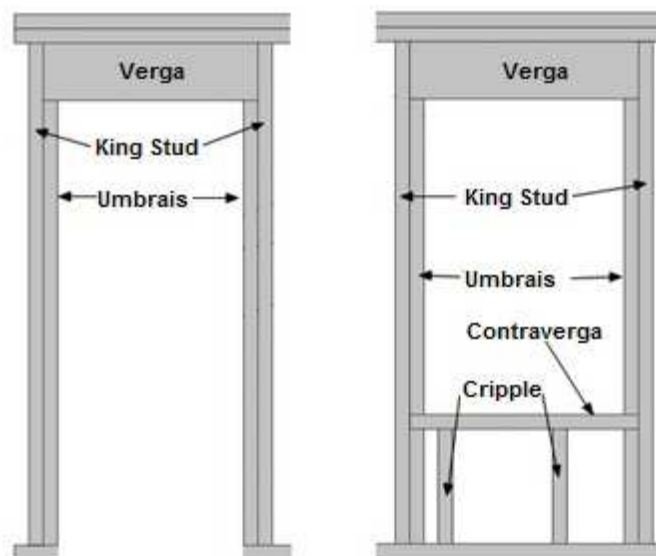


Figura 4.3 – Quadros Estruturais de Portas e Janelas. [adaptado de CARPENTRY-PRO-FRAMER (20--)]

4.3.2.2 Elementos de cantos de paredes

California Corner:

Cantoneira composta por dois montantes pregados. É utilizado nos cantos de paredes externas fazendo a união entre duas paredes formando um ângulo de 90°, como mostrado na Figura 4.4. Permite que a manta de isolamento térmico seja instalada de forma a isolar maior parte possível da parede.

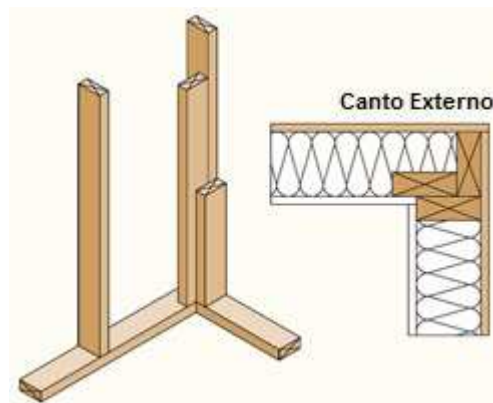


Figura 4.4 – California Corner. [adaptado de APA (2012)]

Hollow Corner

Elemento composto por dois montantes unidos através pequenas peças de bloqueio de mesma seção dos montantes, conforme Figura 4.5. Utilizada em cantos de ângulos retos em paredes interiores.

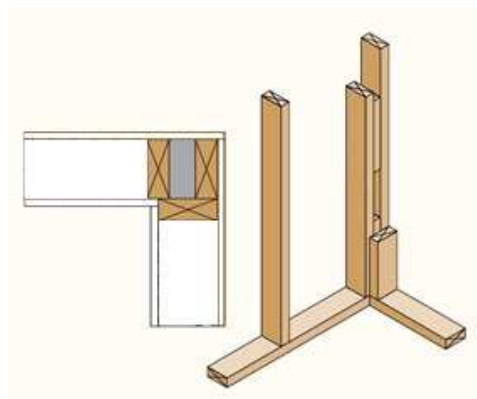


Figura 4.5 – Hollow Corner. [APA (2012)]

4.3.2.3 Elementos de Intersecção

Ladder:

São elementos verticais pré-fabricados utilizados em intersecções de paredes externas com paredes internas. Tem a vantagem de permitir a colocação de camada de isolamento térmica atrás de paredes divisórias, garantindo completo isolamento térmico da edificação. São chamados de Ladders (escada, em inglês), pela semelhança desse elemento com escadas de madeira.

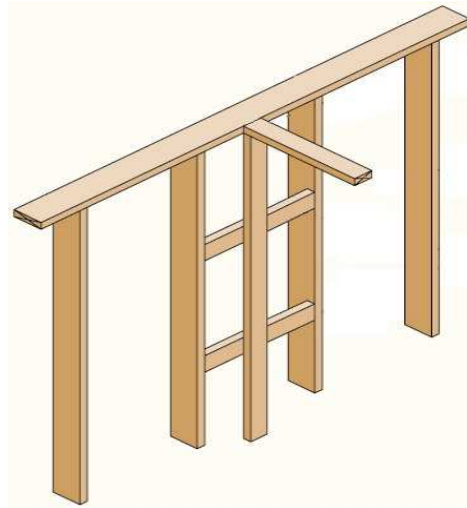


Figura 4.6 – Intersecção de uma parede divisória com uma parede externa por meio de uma Ladder.
[APA (2012)]

Tie:

São elementos com mesma composição do Hollow Corner, entretanto suas peças de bloqueio são posicionadas com sua maior dimensão perpendicular aos montantes, como demonstrado na figura 4.7. São utilizados em intersecções de paredes internas.

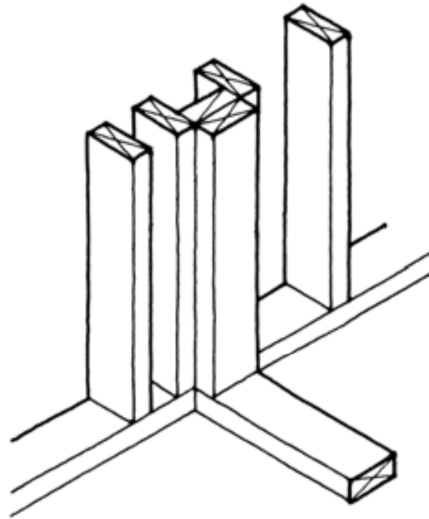


Figura 4.7 – Tie usado na intersecção de paredes. [adaptado de DIAS (2005)]

4.3.3 Isolamento Térmico

De acordo com Allen e Thallon (2011), todo componente de uma parede em Wood Frame contribui em parte com a resistência térmica da edificação. Entretanto, a grande parte dessa resistência é devido à camada de isolamento térmico inserida no interior das paredes e sobre o forro, de forma a envelopar toda construção, conforme Figura 4.8. O objetivo dessa camada é retardar a passagem de calor através das superfícies externas da edificação, de maneira a manter o interior mais frio no verão e mais quente no inverno, e, portanto, reduzir o consumo de energia com aquecimento e resfriamento.

Quanto maior a resistência térmica de um material, melhor o seu desempenho no isolamento térmico. Dessa forma, os materiais mais indicados para essa camada são mantas em lã de vidro ou lã de rocha.

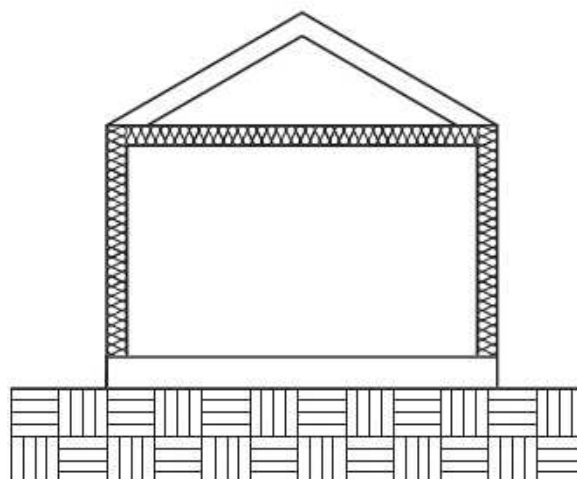


Figura 4.8 – Envelope de isolamento térmico na edificação. [adaptado de ALLEN e THALLON (2011)]

4.3.4 Contraventamento e Vedação

Para realizar o fechamento e vedação da estrutura, painéis estruturais de OSB, do inglês *Oriented Strand Board*, são fixados diretamente à ossatura das paredes. Esses painéis tem dimensões de 1,20 x 2,40 m, com espessuras de 9,5 , 11,1 , 15,1 e 18,3 mm, e dimensões de 1,20 x 3,00 m, com espessuras de 9,5 e 11,1 m. De acordo com o fabricante, a multinacional LP Building Products, o painel é composto de tiras de madeira provenientes de reflorestamento e, devido a seu processo de fabricação com três camadas perpendiculares de tiras orientadas unidas com resina e prensadas sob alta temperatura, apresentam grande resistência mecânica. Dessa forma, os painéis de OSB, além de função de fechamento e vedação das paredes, em razão de suas características, possuem também função estrutural de contraventamento.

A vedação da estrutura é completada com a instalação de uma segunda camada com função de impermeabilização visando proteger a ossatura das paredes, bem como os painéis de OSB da umidade proveniente do ambiente externo à edificação. A camada deve ser impermeável à água, entretanto permeável ao vapor de água para permitir a eliminação da umidade que possa, porventura, ingressar na estrutura proveniente do interior da edificação. Segundo DATec nº 20, a permeabilidade ao vapor de água médio deve ser de $1,30 \times 10^{-2}$ ng/Pa.s.m. A composição desta camada inclui a utilização de painéis rígidos a base de

poliestireno expandido com dimensões semelhantes aos painéis de OSB ou mantas na forma de rolo fabricadas à base de fibras de polietileno de alta densidade ou polipropileno.

4.3.5 Revestimento

Como parte da versatilidade do método construtivo, o revestimento é extremamente adaptável ao estilo pretendido para a edificação. Uma moradia construída em Wood Frame, seja ela uni ou multifamiliar, apresenta inúmeras possibilidades de revestimento final, permitindo ao usuário ou construtor dar qualquer aspecto arquitetônico para a residência construída. A Tecverde, empresa que constrói em Wood Framing no país, utiliza revestimento com placas cimentícias, gerando uma aparência arquitetônica de uma moradia construída no sistema convencional em alvenaria, como pode ser notado na Figura 4.9.



Figura 4.9 – Edificação em Wood Framing construída pela empresa Tecverde. [TECVERDE(20--)]

O revestimento mais comum para construção de casas populares nos Estados Unidos é o revestimento externo em PVC, chamado de Siding vinílico. Este é de fácil e rápida instalação, e dá à edificação um aspecto de revestimento de madeira. A Figura 4.10 mostra uma edificação unifamiliar com o revestimento de PVC.







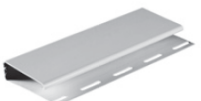
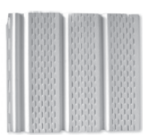
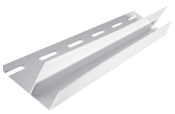
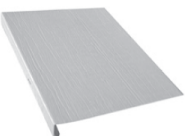


Figura 4.10 – Residência Unifamiliar em Wood Frame com Revestimento em Siding Vinílico.

O siding vinílico representa um completo método de revestimento externo, composto por inúmeras peças com dimensões e funções específicas detalhadas no Quadro 4.3.

O sistema apresenta inúmeras vantagens em relação aos sistemas de revestimento convencionais. Além da simplicidade e rapidez na instalação, não necessita pintura e possui ótimo custo/benefício devido à facilidade de manutenção. É extremamente leve, o que reduz ainda mais o peso total da edificação. Por ser feito de material impermeável, aumenta a estanqueidade da estrutura e, segundo a fabricante que produz o siding vinílico no Brasil, a LP Building Products, é resistente ao intemperismo tendo durabilidade de 20 anos.

Internamente também há versatilidade na escolha do revestimento de paredes e forro. O revestimento das paredes é normalmente feito com gesso acartonado, fixado diretamente à ossatura das paredes por meio de pregos especiais para drywall. Para áreas molhadas, podem ser utilizadas placas de gesso acartonado do tipo Resistentes à Umidade ou placas cimentícias, com revestimento cerâmico ou pintura acrílica. O revestimento do forro também pode ser feito em gesso acartonado fixado aos banzos inferiores das tesouras do telhado por meio de parafusos de drywall ou ainda com régua de PVC.

Peça	Função	Dimensões (m)	Imagem
Siding Vinílico – Modelo Americano	Revestimento de Paredes	0,20x3,80	
Siding Vinílico – Modelo Alemão	Revestimento de Paredes	0,20x3,80	
Cantoneira externa	Acabamento de encontro de paredes em ângulos externos	3,00	
Cantoneira interna	Acabamento de encontro de paredes em ângulos externos	3,00	
Perfil de início	Travamento da primeira peça de siding vinílico	3,80	
Perfil de arremate	Acabamento em contornos de aberturas e encontros de paredes com beirais	3,80	
Perfil de término	Travamento da última peça de siding vinílico	3,80	
Moldura	Acabamento em contornos de aberturas	3,80	
Beiral vinílico	Revestimento de Beirais com ventilação	0,30x3,60	
Perfil F	Acabamento e travamento dos beirais	3,60	
Tabeira	Acabamento do espelho do beiral	3,80	

Quadro 4.3 – Conjunto de peças componentes do sistema de revestimento externo em PVC. [adaptado de LP BUILDING MATERIALS (2015)]

4.4 Critérios Mínimos de Concepção da Estrutura

Existem inúmeras normas que regulamentam tanto projeto quanto execução para uma determinada estrutura em Wood Frame. Normas locais que apresentam particularidades devido à cultura e às condições climáticas da região, normas específicas que regulamentam diferentes tipologias de edificações ou determinados aspectos e/ou materiais de uma edificação qualquer, além de códigos nacionais, continentais e mesmo internacionais.

Para este projeto, os critérios básicos de dimensionamento serão retirados da normativa norte-americana Wood Frame Construction Manual (WFCM) for One- and Two-Family Dwellings (2015), escrita pela American Wood Council (AWC), que se aplica unicamente para pequenas moradias habitadas por uma ou duas famílias, encaixando-se, portanto, perfeitamente para o caso de habitações de interesse social.

A aplicabilidade das provisões descritas na WFCM for One- and Two-Family Dwellings são restritas a construções com dimensões inferiores às definidas no quadro 4.4. A Figura 4.11 esclarece o conceito de Altura Média do Telhado.

Dimensões da Edificação	
Altura Média do Telhado (MRH)	10,05 m (33')
Número de pavimentos	3
Comprimento e largura da Edificação	24,38 m (80')

Quadro 4.4 – Limites de aplicabilidade da WFCM for One- and Two-Family Dwellings. [adaptado da WFCM for One- and Two-Family Dwellings (2015)]

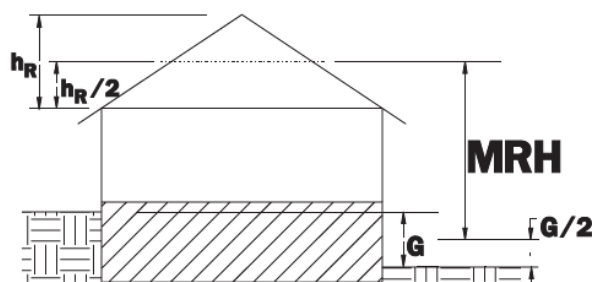


Figura 4.11 – Esquema da definição de Altura Média do Telhado (Mean Roof Height). [WFCM for One- and Two-Family Dwellings (2015)]

4.4.1 Caminho Contínuo de transmissão de esforços

Deve-se prover um caminho contínuo para a carga, desde a cobertura até a fundação. Dessa forma, o carregamento que chega às tesouras do telhado deve ter seu ponto de aplicação da carga no centro de gravidade dos elementos verticais do último pavimento, que por sua vez, devem coincidir com elementos verticais dos pavimentos subjacentes, e assim por diante, de modo a transmitir as cargas verticais e horizontais da edificação à fundação.

O telhado deve ser suportado pelas paredes portantes, que, no caso de habitações de interesse social de um único pavimento, são normalmente as paredes externas. O North Carolina State Building Code: Building Code (2012) define que, em paredes com elementos verticais espaçados em 60 cm (24”), tesouras devem estar apoiadas sobre soleira superior dupla e de forma que o ponto de aplicação de carga coincida com a posição dos elementos verticais. A excentricidade permitida é de 12,5 cm (5”) para a ambos os lados.

4.4.2 Sistemas de Paredes

A altura das paredes é limitada pelo índice de esbeltez dos montantes. A relação do comprimento vertical livre pela largura não pode ser superior a 50. Como regra, nenhuma parede deve exceder 6 m (20’) em altura. É recomendado, entretanto, que paredes portantes de carga não excedam 3 m (10’) de altura.

O espaçamento entre elementos verticais não pode exceder 60 cm (24”) de centro a centro. A dimensão mínima dos montantes é de 38 x 89 mm.

Montantes devem ser contínuos entre elementos horizontais de suporte.

Em todos os cantos externos da edificação devem ser instalados pelo menos 3 montantes.

Pelo menos duas paredes da estrutura, denominadas “Shear walls”, devem ser projetadas de forma a resistir forças laterais paralelas ao plano da parede. “Shear walls” devem ser posicionadas na estrutura de forma a resistir cargas em duas direções ortogonais distintas.

“Shear walls” devem ser preferencialmente contínuas. Em casos onde haja descontinuidades, a distância entre segmentos de parede não deve superar 1,20 m (4’), conforme Figura 4.12.

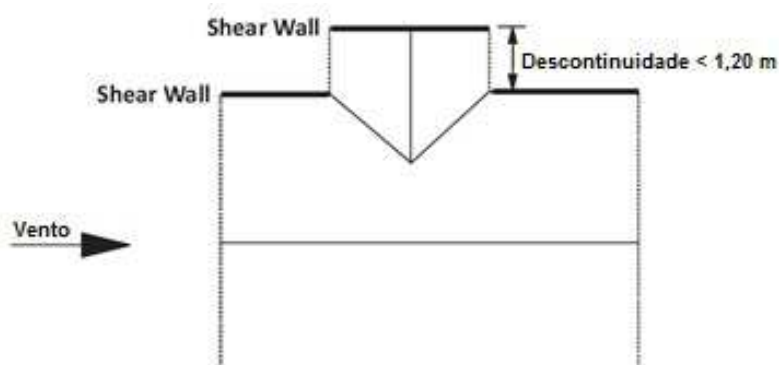


Figura 4.12 – Descontinuidade em “Shear Walls”. [adaptado de WFCM for One- and Two- Family Dwellings (2015)]

4.4.3 Furos e cortes em elementos verticais

Visto que tanto sistemas elétricos quanto hidráulicos são construídos embutidos nas paredes, haverá, por vezes, a necessidade de furos e/ou cortes nos montantes. Estes devem ser executados conforme indicações da Figura 4.13.

Furos e/ou cortes laterais em montantes estruturais não devem ser efetuados no terço médio da altura do elemento vertical. A profundidade de cortes laterais não deve exceder em 25% a largura do montante e furos devem ter dimensões inferiores a 40% da largura do montante. Além disso, a extremidade de um furo deve estar distanciada no mínimo 1,6 cm (5/8”) da face externa dos montantes. Quando necessário furos de diâmetro maior, devem ser usados montantes duplos, dessa forma, a dimensão do furo fica limitada em 60% da largura do montante.

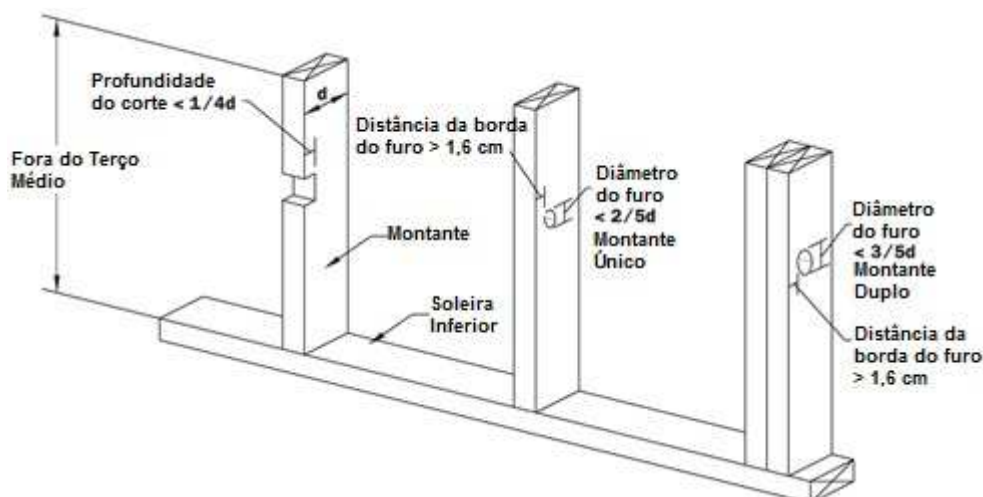


Figura 4.13 – Furos e cortes em montantes. [adaptado de WFCM for One- and Two- Family Dwellings (2015)]

4.4.4 Soleiras

Todos os elementos verticais devem estar apoiados em soleira inferior que deve possuir no mínimo as mesmas dimensões dos elementos verticais. Soleiras inferiores podem estar diretamente conectadas e apoiadas na fundação de forma a transmitir cargas a ela.

Paredes externas devem possuir soleira superior única ou dupla, dependendo das cargas a serem suportadas. De acordo com o North Carolina State Building Code: Building Code (2012), todas as paredes portantes de carga, externas ou internas, devem possuir soleira superior dupla. As juntas entre perfis das soleiras superiores não devem estar sobrepostas, devendo estar espaçadas em pelo menos 1,20 m (48”). Em intersecções, as soleiras de diferentes paredes devem se sobrepor, de forma que a soleira superior mais alta de uma parede sobreponha a soleira superior mais baixa de outra parede, como mostrado na Figura 4.14, garantindo ligação mais eficiente da estrutura. Nesse caso, as soleiras superiores devem ser pregadas uma a outra com 8 pregos comuns 19x36, próximo ao início e fim de cada perfil.

Para paredes não portantes de carga, como é o caso da maioria das paredes internas, é requerido apenas uma única soleira superior. É usual, entretanto, na prática, a utilização de soleira dupla em todas as paredes, portantes ou não, para garantir amarração eficiente entre as mesmas e uniformizar o pé direito da estrutura.



Figura 4.14 – Detalhe de soleira dupla em intersecção de paredes [adaptado de WFCM for One- and Two- Family Dwellings (2015)]

4.4.5 Conexões entre paredes e fundação

Para conexão entre “Shear walls” e a laje de fundação, parafusos de ancoragem devem ser concretados juntamente com a fundação, estando chumbados na laje em, no mínimo 17,5 cm (7”). Parafusos de ancoragem devem estar posicionados entre 15 cm (6”) e 30 cm (12”) da borda de cada soleira inferior. O espaçamento entre parafusos de ancoragem é função da bitola do parafuso, de acordo com o Quadro 4.5. O espaçamento máximo permitido, em qualquer caso, é de 1,80 m (6’).

Diâmetro do Parafuso de Ancoragem	Espaçamento máximo (cm)
1/2“	77,5
5/8”	120

Quadro 4.5 – Especificação dos parafusos de ancoragem. [adaptado da WFCM for One- and Two- Family Dwellings (2015)]

Para conexão das demais paredes externas com a laje de fundação, permite-se a utilização de tiras metálicas, concretadas na laje, analogamente aos parafusos de ancoragem. Esse elemento metálico deve ser galvanizado, ter largura mínima de 1-1/4” (aproximadamente 3,15 cm) e espessura de 20 gauge (aproximadamente 1 mm). A Figura 4.15 mostra um esquema das conexões entre a soleira inferior com a laje de fundação.

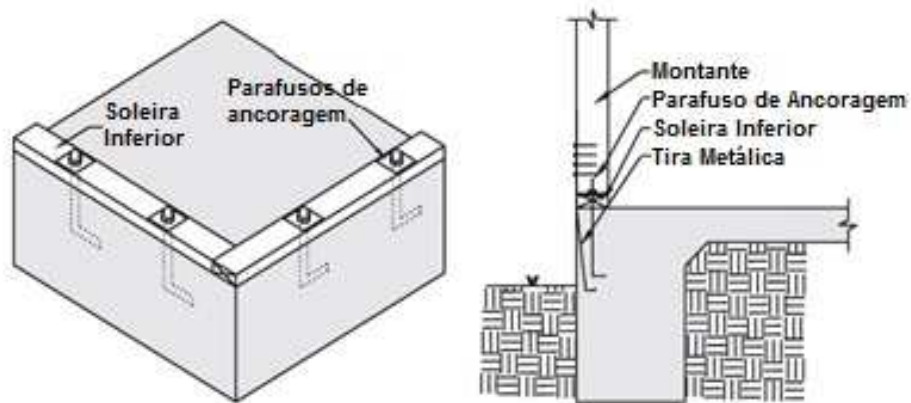


Figura 4.15 – Conexão entre paredes e laje de fundação. [adaptado de WFCM for One- and Two-Family Dwellings (2015)]

4.4.6 Painéis estruturais de OSB

Os painéis estruturais de OSB devem ser capazes de resistir e transferir as cargas horizontais, principalmente relacionadas às ações do vento.

O padrão de pregação dos painéis na estrutura varia com base nas velocidades do vento da região e do espaçamento entre montantes. O espaçamento máximo entre pregos nas bordas do painel é de 15 cm. É importante atentar para que pregos em uma única linha ou coluna nas extremidades dos painéis nunca tenham espaçamento inferior a 7,5 cm.

Para a pregação em montantes no interior do painel, permite-se um espaçamento de até 30 cm. Para casos de edificações com montantes espaçados de 60 cm e que estão localizadas em regiões sujeitas a ventos muito elevados deve-se manter o espaçamento de 15 cm entre pregos, mesmo no interior dos painéis. O padrão de pregação em painéis OSB está representado na figura 4.16.

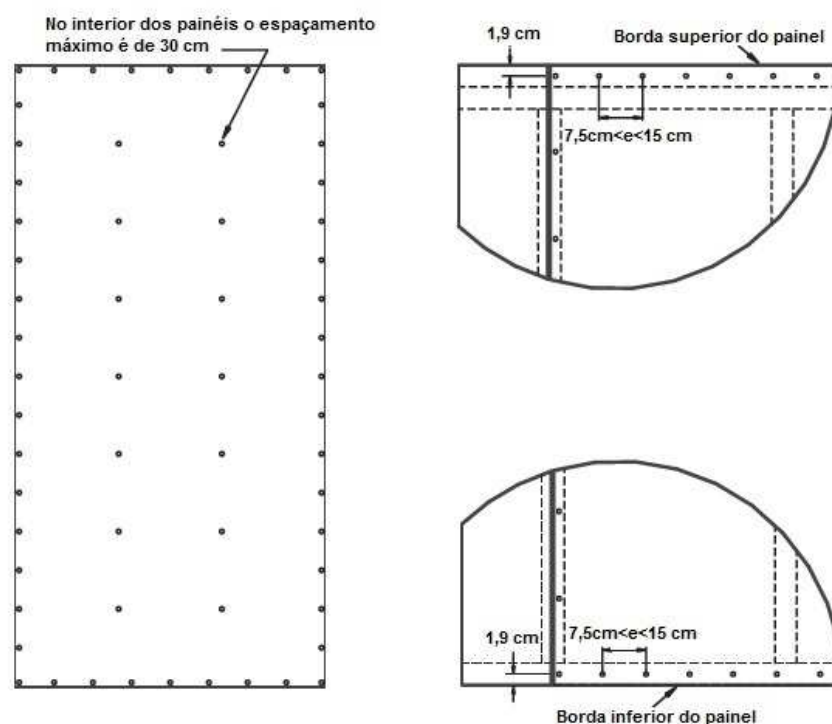


Figura 4.16 – Conexão entre painéis de OSB e ossatura da parede. [adaptado de WFCM for One- and Two- Family Dwellings (2015)]

Em edificações com montantes espaçados em 60 cm, os painéis de OSB, anexados na estrutura com sua maior dimensão paralela aos montantes, devem ter espessura mínima de 11,1 mm para resistir ao arraste e cisalhamento gerado pelas forças do vento. A utilização de painéis de espessura de 9,5 mm é permitida em situações em que os painéis sejam anexados com sua maior dimensão perpendicular aos suportes, o que acontece no caso de instalação de painéis no forro ou no telhado. Para emprego de painéis de 9,5 mm na estrutura das paredes, deve-se diminuir o espaçamento dos montantes para 30 ou 40 cm.

Todas as bordas dos painéis estruturais devem ser suportadas por elementos verticais e horizontais da ossatura das paredes. Juntas entre painéis devem obrigatoriamente ocorrer sobre um montante ou outro elemento vertical. Caso isso não ocorra, é necessário adicionar um novo montante para permitir que o painel seja anexado ao quadro estrutural da parede.

Painéis devem ser contínuos a partir da soleira inferior até a soleira superior, tendo todos os seus cantos coincidindo com os elementos estruturais da parede. A borda superior do painel estrutural deve ser pregada à soleira superior. Da mesma forma, a borda inferior do painel estrutural deve ser pregada à soleira inferior.

4.4.7 Aberturas

Todas as aberturas externas ou em qualquer parede portante de carga devem conter verga capaz de suportar os esforços atuantes na região. As vergas devem ser sustentadas por Montantes inteiros (King studs) e montantes limitados ao nível da verga (Trimmers ou Jack Studs), conforme mostrado na Figura 4.3. O número mínimo de montantes inteiros em cada lado da verga é a metade do número de montantes que ocupariam o espaço da abertura.

4.4.8 Conexões entre Elementos Estruturais das Paredes

Tratando-se de uma construção em madeira, a maior parte das conexões se dá pelo uso de pregos. Sendo assim, para a conexão entre elementos que compõe a estrutura deve-se seguir as especificações a respeito do tipo de prego, espaçamento entre pregos e tipo de pregação. O Quadro 4.6 apresenta de forma sintetizada todas as conexões entre elementos da estrutura das paredes.

Existem 3 tipos de pregação em uma construção em Wood Framing, conforme Figura 4.17, que se adaptam a situações específicas de acordo com a metodologia construtiva. A pregação em ângulo, chamada de *toe nail*, é utilizada somente em casos onde não é possível realizar a pregação do tipo *end nail*, como por exemplo, na conexão entre tesouras de madeira e a soleira superior.

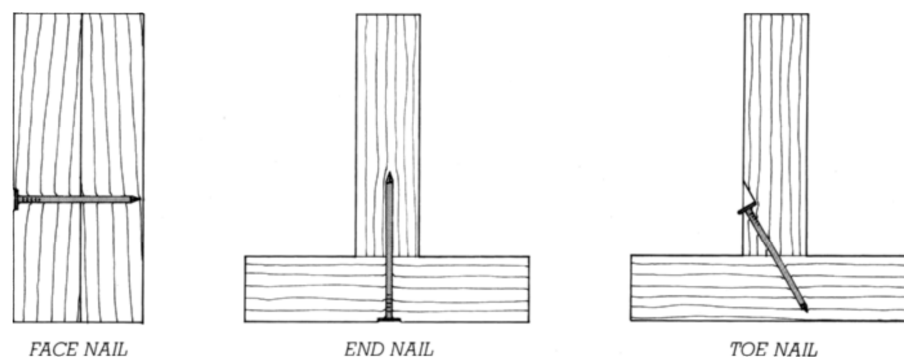


Figura 4.17 – Tipos de pregação. [Allen e Thallon (2011)]

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

Quadro 4.6 – Conexões entre elementos estruturais. [adaptado da WFCM for One- and Two- Family Dwellings (2015)]

4.5 Etapas construtivas de uma edificação em Wood Frame

As etapas construtivas a seguir detalhadas são baseadas no “CONSTRUCTION MANUAL – Approved Methods”, escrito por Anna Carter (2005) utilizado em Charlotte, NC, pela Habitat for Humanity para construção de casas em Wood Framing. A metodologia de construção consiste na industrialização parcial do processo, de forma que alguns componentes são pré-montados em ambiente industrial, entretanto, a montagem da estrutura de modo geral é feita no canteiro de obras.

Antes que a construção da estrutura em Wood Frame comece a ser executada, uma série de atividades deve ser realizada no local da obra. O terreno deve ser limpo e terraplanado. Os parafusos e tiras metálicas de ancoragem, assim como tubulações do sistema elétrico, hidrossanitário e pluvial devem ser devidamente posicionadas. Somente após execução da laje de fundação é que o canteiro de obras está pronto para receber a estrutura.

4.5.1 Marcação das paredes

Essa é a primeira etapa de uma construção em Wood Framing, após executada a fundação. É de extrema importância que as fundações tenha sido precisamente marcadas e executadas, pois a marcação das paredes será feita com base no radier existente.

Os coletores e subcoletores de esgoto devem estar embutidos na laje de fundação. Dessa forma, faz-se necessária extrema precisão no posicionamento dos pontos de esgoto para garantir que as tubulações verticais, como das pias e lavatórios, por exemplo, coincidam futuramente com as paredes. Em caso de sistema de abastecimento direto, em que a alimentação predial é feita sem reservação, as tubulações de água fria devem ser executadas previamente a concretagem da laje de fundação, deixando-se as esperas precisamente localizadas de modo análogo ao sistema de esgoto, conforme mostrado na Figura 4.18.



Figura 4.18 – Tubulações de água e esgoto localadas e executadas previamente a concretagem da laje de fundação.

As ferramentas necessárias para a marcação das paredes são: trena ou fita métrica preferencialmente de grande extensão, lápis de carpinteiro e Giz de linha com fio marcador.

Antes de iniciar de fato a marcação das paredes, é importante que a laje de fundação seja medida para checar se as dimensões correspondem ao projeto e fazer possíveis ajustes nas dimensões, caso necessário.

Inicia-se a marcação pelas paredes externas, marcando-se dois pontos a 10 cm da borda da laje, o que corresponde à espessura da soleira mais a espessura do painel de OSB. Com base nesses pontos, traça-se uma linha com o Giz de linha. O procedimento deve ser repetido ao longo de todo o perímetro da edificação, de acordo com o projeto.

Após as paredes externas, inicia a marcação das paredes internas. Com base no projeto, traça-se linhas paralelas distanciadas da espessura das soleiras, aproximadamente 9 cm, a menos que seja especificada soleira diferente. É aconselhável iniciar a marcação pelas paredes mais longas, até que todas as paredes estejam marcadas na laje.

Para facilitar a identificação das paredes e evitar que paredes com dimensões semelhantes sejam confundidas, todas as intersecções e cantos de paredes devem ser nomeados por uma letra e um número e marcados na laje. A sequência de letras inicia-se no fundo da casa aumentando sucessivamente até a parede frontal. A numeração, por sua vez, cresce da esquerda para direita, sendo a parede lateral externa da esquerda a número 1.

4.5.2 Preparação das soleiras inferior e superior

A marcação nas soleiras inferior e superior serve como base para futura montagem dos quadros estruturais. Dessa forma, é importante que este serviço seja executado com cuidado e precisão, seguindo o projeto e obedecendo aos procedimentos de execução.

As ferramentas e materiais necessários para o procedimento são: trena ou fita métrica, serra de esquadria, esquadro, lápis de carpinteiro, martelo, perfis de madeira de pinus serrada de seção 38x89 mm, e prego comum 19x36.

O primeiro passo é pregar parcialmente dois perfis de madeira, que correspondem à soleira inferior e superior. O perfil da soleira inferior deve necessariamente de madeira tratada, para evitar deterioração da madeira por contato com umidade proveniente da laje. A intenção desse passo é evitar repetir serviços, visto que as soleiras inferior e superior devem ter exatamente a mesma medida e as mesmas marcações. Além disso, esse procedimento evita que soleiras de um mesmo quadro se separem, o que pode causar confusão no momento de montagem dos quadros estruturais da parede.

As soleiras pregadas devem ser medidas e cortadas no tamanho exato das paredes, de acordo com projeto. Em paredes longas, onde o comprimento da soleira não é suficiente, havendo necessidade de duas soleiras, a junta entre peças horizontais deverá ser posicionada

preferencialmente sobre quadros estruturais de janela. Depois de medidos e cortados, os perfis pregados devem então ser posicionados diretamente sobre as paredes previamente marcadas na laje de fundação e então visivelmente identificados de acordo com a numeração dos cantos e intersecções já definidos e escritos na laje.

Os elementos verticais devem então ser marcados nas soleiras pregadas, de acordo com projeto, conforme mostrado na Figura 4.19. A marcação inicial deve ser feita em uma única soleira com lápis de carpinteiro. Após revisar a marcação, esta deverá ser transferida para a outra soleira e marcada definitivamente com caneta hidrográfica. A letra X representa um montante vertical, enquanto que outros elementos tais como cantos, intersecções, janelas e portas devem ser escritos nos perfis.



Figura 4.19 – Soleiras inferior e superior devidamente posicionadas e com marcação dos elementos verticais.

4.5.3 Framing

Depois de concluída a marcação das paredes na laje e a preparação das soleiras, a edificação está pronta para a próxima etapa, que é a montagem dos quadros estruturais das paredes, sua amarração entre si e com a laje e a colocação dos painéis em OSB para

contraventamento. Esta etapa é conhecida como Framing, e, consiste, portanto, na montagem e fixação de toda estrutura.

Antes do início da montagem das paredes, as respectivas soleiras superiores e inferiores devem estar pregadas uma a outra, posicionadas no local das paredes, e devidamente marcadas, de acordo com o item anterior. É importante que todos os materiais que serão usados estejam disponíveis no canteiro de obras para não atrasar nenhuma etapa de montagem da parede. Portanto, deve haver no canteiro quantidade suficiente de todos os elementos necessários para conclusão das paredes.

Os materiais utilizados são: perfis de madeira 38x89 mm para os montantes, elementos pré-fabricados (cantos, intersecções, quadros de portas externas e janelas), painel de OSB com dimensões de 1,20 x 2,40 m e espessura de 11,1 mm, prego comum 19x36, prego galvanizado 19x36, prego galvanizado 16x18, prego comum 17x27.

Para esta fase da construção as ferramentas necessárias são: martelo, serra circular, esquadro e estilete, prumo e nível. A utilização de uma pistola de prego pneumática não é obrigatória, mas acelera grandemente o processo de conexão entre elementos.

A primeira etapa do processo de montagem da parede é checar se o comprimento dos montantes está de acordo com a altura da parede. O ideal é que os montantes já sejam comprados nos tamanhos corretos para sua utilização. É importante, portanto, que o projetista tenha isso em mente, definindo o pé direito da edificação com base nos comprimentos nominais comerciais disponíveis no mercado. É recomendado fixar a altura dos quadros estruturais em 2,40m visto que esta é a maior dimensão dos painéis OSB, utilizados para fechamento e contraventamento da estrutura. Dessa forma o montante deverá ter 2,32 m de comprimento, que, somados com a espessura de 3,8 cm de cada soleira, inferior e superior, compõem a altura de 2,40 m. Assim evita-se necessidade de cortes nos painéis, ganhando em produtividade na montagem. A soleira superior mais elevada não é utilizada para fixação do OSB e, portanto, fica acima do nível da borda superior do painel.

A montagem da estrutura deve ser iniciada pelas paredes mais longas, que normalmente são as paredes externas. As soleiras, até então pregadas entre si, devem ser separadas e espaçadas a distância de aproximadamente a altura da parede. Procede-se então a colocação dos elementos da estrutura, tais como montantes, cantos, intersecções, etc., exatamente como marcados nas soleiras. Depois de posicionados e alinhados, cada elemento deve ser pregado nas soleiras inferior e superior por meio de dois pregos 19x36 em cada soleira, totalizando quatro pregos por perfil. A montagem ocorre de forma horizontal sobre a laje, conforme mostrado na Figura 4.21. Assim deve-se montar a parede de maneira que a

soleira inferior esteja o mais próximo possível do local onde a parede será, de fato, posicionada.

Em casos de paredes de comprimento maior do que o comprimento das peças de madeira serrada que constituem as soleiras será necessária utilização de mais de um perfil, formando uma junta entre soleiras. Para evitar descontinuidades e pontos de fraqueza na estrutura, estas devem ser posicionadas sobre quadros estruturais de janelas ou portas. Caso isso não seja possível, montantes devem ser posicionados ao fim de cada soleira, formando quadros estruturais independentes, e devem ser pregados um ao outro.

Na superfície da soleira inferior que estará em contato com a laje de fundação, deve ser anexada camada impermeabilizante de mesma espessura da parede, de forma a evitar que a umidade que, porventura, ascenda através da laje, atinja a estrutura da parede, prejudicando sua durabilidade. Segundo o DATec nº 20, a base dos quadros estruturais devem ser envelopados por manta asfáltica até a altura de 20 cm em ambos os lados. Além disso, é importante ressaltar que a ligação da soleira inferior com os elementos verticais deve ser feita por meio de pregos 19x36 galvanizados, para evitar a deterioração dos mesmos pela presença de umidade.

Após todos os montantes e demais elementos estarem no local adequado, alinhados e pregados, o quadro estrutural está pronto para ser levantado e colocada em posição. Depois de erguida a parede, estando ela na vertical, esta deve ser precisamente posicionada, de acordo com a marcação na laje, checando os cantos e o posicionamento dos elementos para intersecções com paredes internas.

A fixação dos quadros estruturais de paredes externas à laje de fundação se dá efetivamente através de tiras metálicas e parafusos de ancoragem previamente posicionados e concretados juntos com a laje, como demonstrando na Figura 4.20. As tiras metálicas devem ser envoltas na soleira inferior e fixadas com pregos galvanizados 16x18. Os parafusos de ancoragem devem ser fixados na parede através de porcas e arruelas.



Figura 4.20 – Fixação das paredes à laje de fundação por meio de fitas metálicas e parafusos de ancoragem.

O mesmo procedimento de montagem deve ser feito para todas as paredes, externas e internas, checando o prumo, nível e a ortogonalidade entre elas, e utilizando reforços temporários com perfis em diagonal para manter a parede na sua posição vertical e horizontal até que ela esteja amarrada às demais paredes. Além disso, deve ser provido contraventamento temporário para as paredes, como mostrado na Figura 4.21, até que esta esteja contraventada com os painéis de OSB.

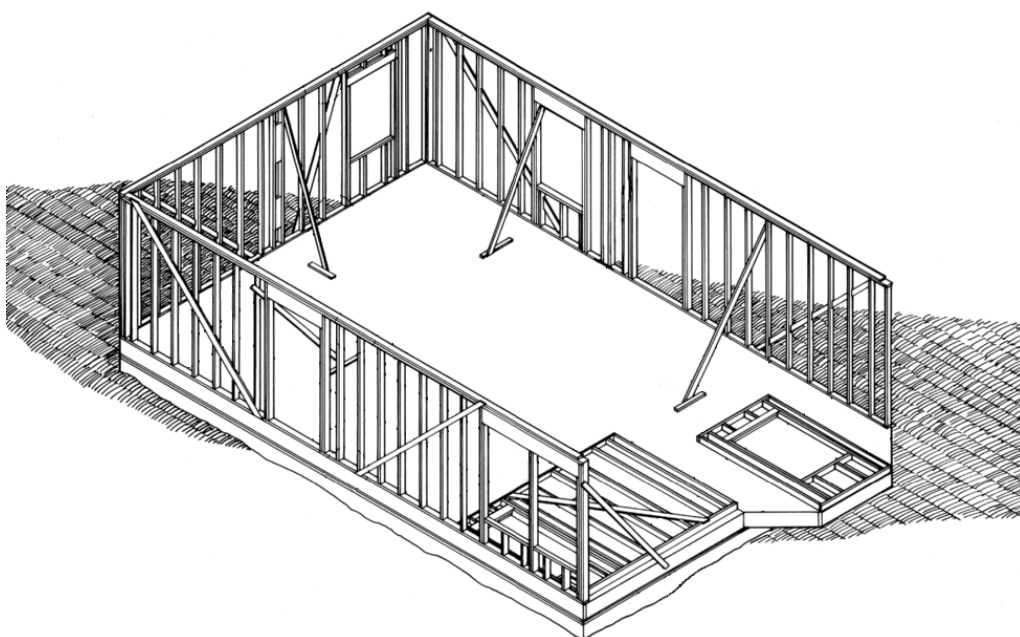


Figura 4.21 – Representação da montagem de uma estrutura em Wood Frame. [adaptado de Allen e Thallon (2011)]

Após a verticalização e amarração das paredes e de sua conexão com a fundação, a segunda soleira superior deve ser pregada sobre a soleira superior existente, respeitando a distância entre juntas, promovendo sobreposição em intersecções e cantos, e, seguindo o padrão de pregação de acordo com o WFCM for One- and Two-Family Dwellings (2015).

A etapa final da estrutura de uma parede em Wood Frame é a fixação dos painéis OSB nas paredes externas, que promovem o fechamento e contraventamento estrutural. Os painéis devem ser anexados aos montantes e soleiras por meio de pregos comuns 17x27, seguindo o espaçamento definido no WFCM for One- and Two-Family Dwellings (2015). É indicada a utilização de pistola de pregos pneumática para fixação dos painéis, de forma a agilizar o procedimento. A fixação dos painéis deve ser feita ignorando janelas e portas, como pode ser visto na Figura 4.22. As aberturas devem ser serradas posteriormente e, inseridos os cripples quando existirem juntas não apoiadas em montantes no meio de elementos de portas e janelas.



Figura 4.22 – Parede montada com ossatura e contraventamento.

4.5.4 Camada de proteção contra umidade

Assim que a etapa de framing estiver concluída, ou seja, toda a estrutura estiver pronta, uma camada hidrófuga deve ser executada sobre as paredes. Concomitantemente com

esta etapa, a execução do telhado também pode ser iniciada, independentemente da tipologia de cobertura escolhida, visto que a estrutura já está finalizada.

Existem diferentes materiais que podem ser empregados nessa camada de proteção da estrutura contra umidade, dessa forma, a metodologia de execução deve primeiramente seguir as orientações do respectivo fabricante. De modo geral, o procedimento consiste em anexar painéis ou manta à estrutura por meio de pregos especiais, parafusos ou grampos, como mostrado na Figura 4.23. As juntas devem ser seladas com fita adesiva própria. No caso de mantas deve também ser provida sobreposição mínima de 15 cm entre folhas.



Figura 4.23 – Execução da camada de impermeabilização da estrutura com painéis.

4.5.5 Execução do Revestimento Externo em Siding Vinílico

Janelas e portas devem ser instaladas após a finalização da camada de impermeabilização e antes da execução do Siding vinílico, visto que, o sistema de revestimento apresenta peças especiais para contorno das aberturas.

A execução deste tipo de revestimento, assim como qualquer outro, deve seguir as orientações do fabricante.

A primeira etapa do procedimento de execução é instalar as peças acessórias, tais como perfis de início, cantoneiras, perfis de arremate e molduras, como observado na Figura

4.24. A montagem do sistema é feita de forma que as peças se encaixem uma nas outras, assim, as peças principais de Siding vinílico devem ser instaladas em uma segunda etapa encaixando-se com as peças acessórias já posicionadas. É de extrema importância que o perfil de início, mostrado na Figura 4.26, instalado na borda inferior da parede, esteja precisamente alinhado e nivelado, pois ele servirá de base para todas as outras peças do revestimento.



Figura 4.24 – Peças acessórias executadas e prontas para receber as peças de Siding.

Com as peças acessórias devidamente instaladas, pode-se iniciar a instalação das peças principais. A primeira régua de Siding deve ser colocada de forma que sua borda inferior esteja encaixada e travada no perfil de início. A borda superior deve ser fixada ao painel de OSB por meio de pregos ou parafusos galvanizados de meia polegada espaçados em 40 cm. Perfis verticais devem ter elemento de fixação espaçado em no máximo 20 cm. Os pregos ou parafusos devem ser posicionados no centro de aberturas existentes na régua de Siding e fixados à estrutura deixando espaço de cerca de 0,5 mm entre a régua e a cabeça do parafuso, representado na Figura 4.25, de forma a permitir dilatações térmicas.

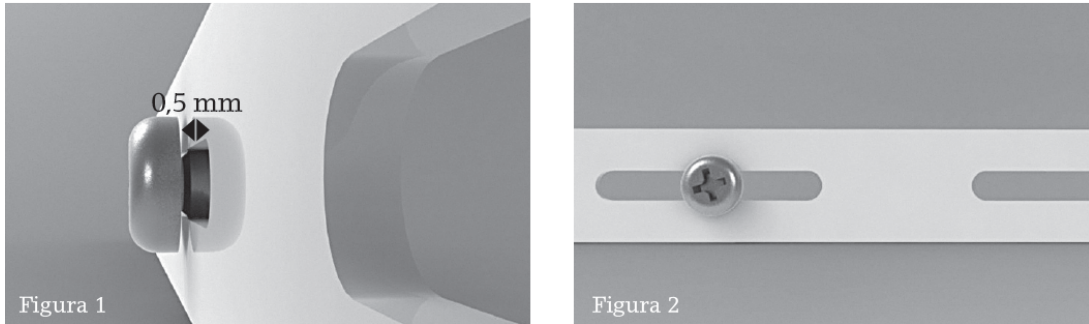


Figura 4.25 – Representação da fixação da régua de siding na estrutura. [LP BUILDING MATERIALS (2015)]

As demais régua devem ser instaladas de forma análoga, de maneira que a borda inferior da régua esteja encaixada e travada na borda superior da régua imediatamente abaixo. Nas juntas entre régua é recomendável que haja sobreposição de pelo menos 2,5 cm para evitar infiltrações. Para melhorar o travamento das peças, juntas nunca devem estar alinhadas como mostrado na Figura 4.26. Os cortes necessários para adaptar o tamanho das peças com as dimensões da edificação podem ser feitos com ferramentas simples como um alicate de corte. Recomenda-se, por questões estéticas, deixar os cortes feitos manualmente no interior de peças acessórias, deixando visíveis apenas juntas com cortes de fábrica.



Figura 4.26 – Procedimento de instalação de revestimento externo em PVC.

4.5.6 Sistemas Complementares e de Isolamento Térmico

Enquanto o exterior da edificação está sendo finalizado, os sistemas complementares podem começar a ser instalados, conforme mostrado na Figura 4.27. O primeiro sistema a ser executado deve ser o hidrossanitário, devido ao maior uso de área da cavidade das paredes e de menor flexibilidade de mudança de posição das tubulações. Após isso, o sistema elétrico também pode ser executado, sempre respeitando os limites para furação e cortes em montantes, definidos no WFCM for One- and Two-Family Dwellings (2015).



Figura 4.27 – Sistemas elétrico e hidrossanitário embutidos nas paredes.

Quando os sistemas complementares estiverem devidamente concluídos, a camada de isolamento térmico deve ser posicionada no interior das paredes externas, de forma a preencher toda a cavidade e a envolver completamente as tubulações e dutos instalados, como pode ser visto na Figura 4.28. Também é importante o preenchimento da cavidade do telhado imediatamente acima do forro, passando camada de isolamento térmico sobre o banzo inferior das tesouras. Dessa forma, cria-se um envelopamento contínuo ao longo de todo o perímetro da estrutura.



Figura 4.28 – Paredes preenchidas com lã de vidro para isolamento térmico.

4.5.7 Revestimento interno e acabamentos finais

A execução do revestimento interno, tanto de paredes quanto do forro, também varia de acordo com o tipo de revestimento escolhido, devendo sempre seguir as boas práticas de execução e normativas relacionadas.

O revestimento interno mais comum para construções em Wood Framing é feito com gesso acartonado, observado na Figura 4.29. Segundo o DATec nº20, as chapas de gesso devem ter 12,5 mm de espessura e ser fixadas aos quadros estruturais por meio de parafusos de rosca soberba com cabeça cônica lisa e comprimento de 25 a 35mm, espaçados verticalmente em, no máximo, 20 cm.



Figura 4.29 – Revestimento interno com gesso acartonado.

Após a conclusão do revestimento interno, o piso pode ser instalado, ficando a critério do usuário ou do construtor a escolha do tipo de piso. Por fim, restam apenas as atividades de instalação de aparelhos hidrossanitários e acessórios elétricos, acabamentos gerais como pintura, rodapés, guarnições de portas e janelas, e limpeza geral interna e externa, de forma semelhante a uma edificação construída no método convencional.

5 DESENVOLVIMENTO DE PROJETO EM WOOD FRAMING

5.1 Apresentação do Projeto

O projeto arquitetônico base, tomado como referência para desenvolvimento de um projeto em Wood Framing, é um projeto real, executado na cidade da Santa Maria em um dos conjuntos habitacionais do programa federal Minha Casa Minha Vida. As edificações do conjunto foram construídas utilizando o sistema de paredes de concreto moldadas no local.

Trata-se de uma edificação residencial unifamiliar com 2 dormitórios, sala conjugada com cozinha, banheiro e com área de serviço e calçadas externas, totalizando área total de 39,60 m². A figura 5.1 mostra o projeto arquitetônico da moradia.

5.2 Projeto em Wood Framing

Utilizando o projeto arquitetônico da Figura 5.1, e tendo com base as considerações e critérios normativos citados no capítulo 4 deste trabalho, foi desenvolvido o projeto estrutural da edificação considerando que esta fosse construída em Wood Frame.

5.2.1 Conexões de Ancoragem da Estrutura

A primeira prancha desenvolvida, que está apresentada na Figura 5.2, detalha as conexões que precisam ser chumbadas na laje de forma a garantir a ancoragem da estrutura leve em madeira à fundação. Assim, o projeto indica a posição e o tipo dos parafusos e tiras metálicas de forma a atender os critérios mínimos da WFCM for One- and Two-Family Dwellings (2015).

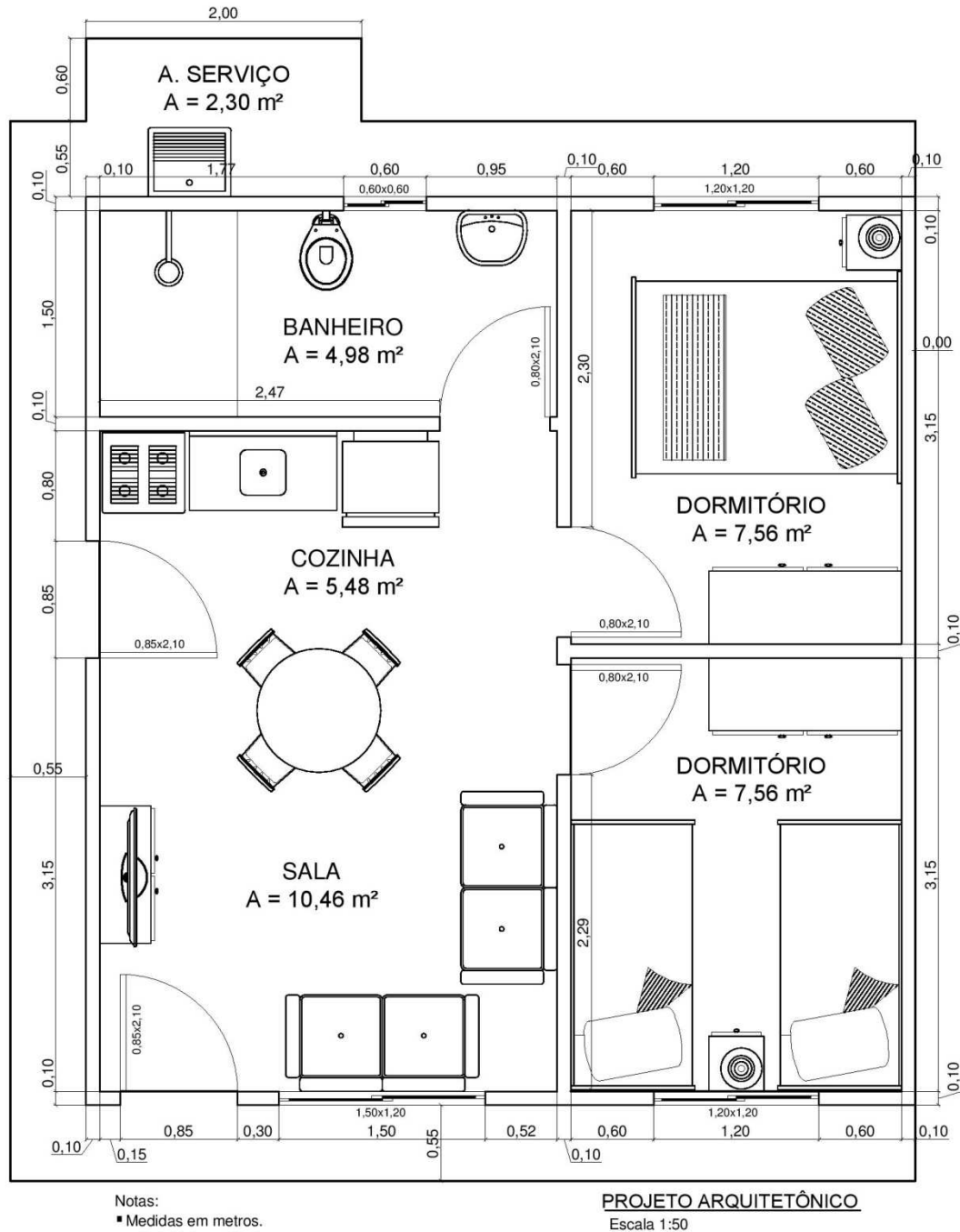
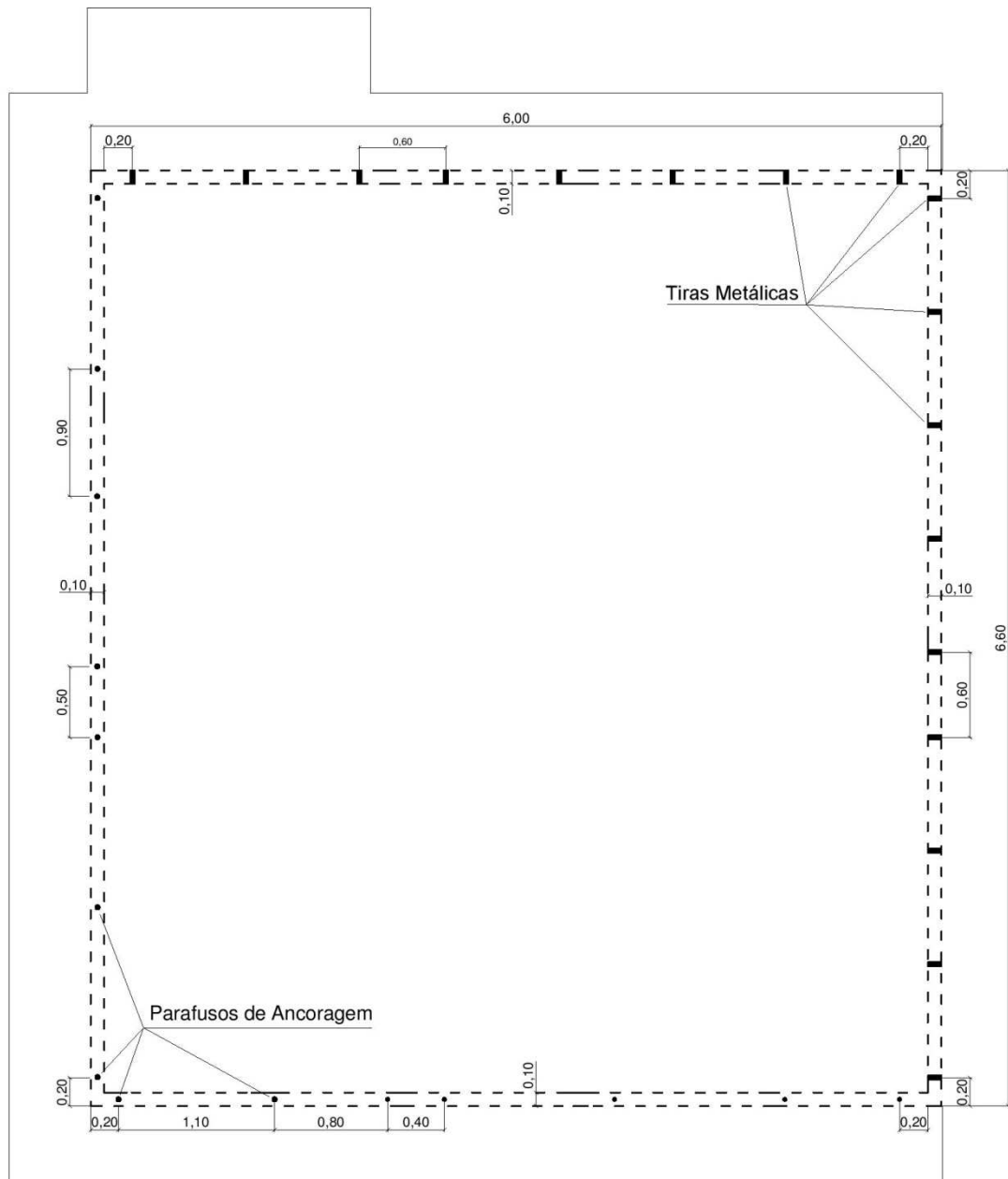


Figura 5.1 – Projeto Arquitetônico Base.

5.2.2 Plano de Corte das Soleiras

A preparação das soleiras é um dos primeiros passos da montagem de uma estrutura leve em madeira, de modo que toda a etapa de Framing depende da boa execução deste passo. Dessa forma foi elaborada uma segunda planta, apresentada na Figura 5.3, que contém as

dimensões das soleiras a serem cortadas, de maneira a atender as prescrições construtivas e requisitos normativos bem como visando facilitar a preparação das soleiras e consequentemente a etapa construtiva subsequente.



PLANTA DE CONEXÕES DE ANCORAGEM
Escala 1:50

Notas:

- Espaçamento entre parafusos de ancoragem: 120 cm de centro a centro, a menos que especificado.
- Parafuso de ancoragem: bitola 5/8"
- Espaçamento entre tiras metálicas: 80 cm de centro a centro, a menos que especificado.
- Tira metálica: largura de 3,15 cm, espessura de 20 gauge
- Medidas em metros

Figura 5.2 – Projeto de Wood Framing: Conexões de Ancoragem da Estrutura.

5.2.3 Planta de Montagem da Estrutura – Framing

A planta de Framing, apresentada na Figura 5.4, é a prancha principal de um projeto de uma estrutura em Wood Frame. Nesta planta são apresentados todos os elementos da estrutura, pré-fabricados ou não, e seu posicionamento ao longo das paredes. É baseado na planta de Framing que é feita a marcação nas soleiras e posteriormente toda a montagem da estrutura da edificação.

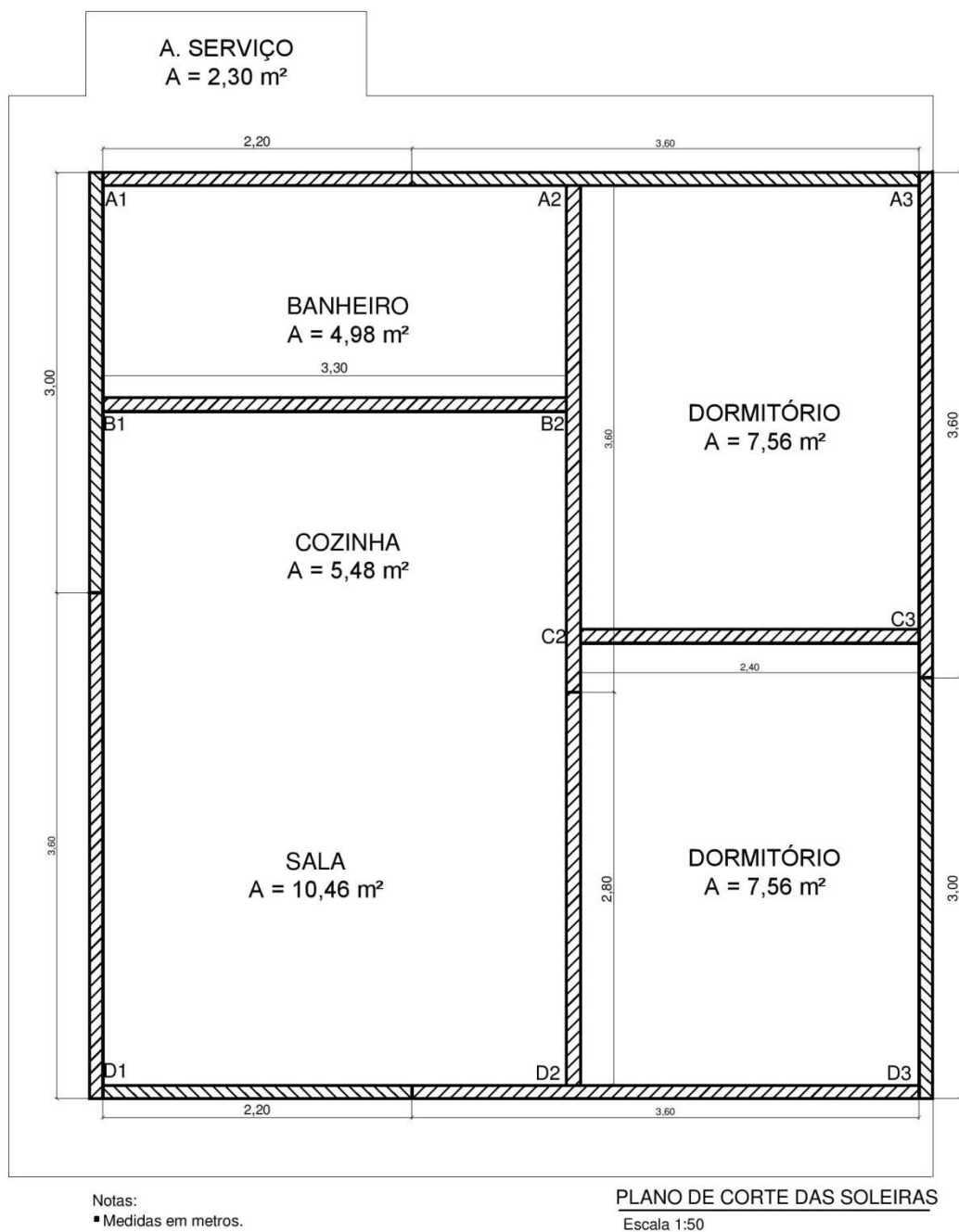
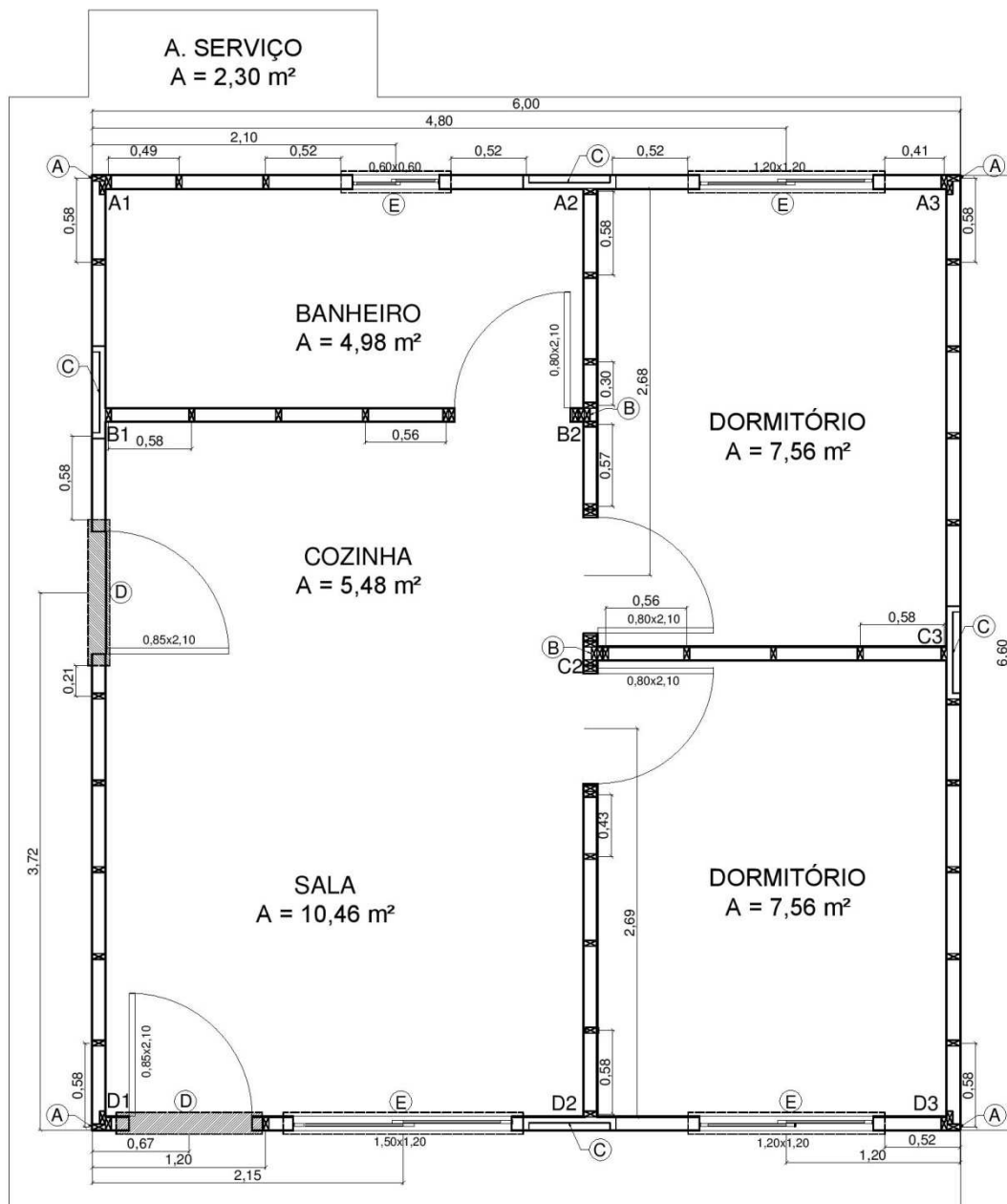


Figura 5.3 – Projeto de Wood Framing: Plano de Corte das Soleiras.



LEGENDA

		Qte.
Montantes - Perfil 38x89 cm		50
Elementos Pré-fabricados		
(A)	California Corner	4
(B)	Tie	2
(C)	Ladder de 60 cm	4
(D)	Quadro Estrutural de Porta	2
(E)	Quadro Estrutural de Janela	4

PLANTA DE FRAMING

Escala 1:50

Notas:

- Espaçamento entre montantes: 60 cm de centro a centro, a menos que especificado.
- Contraventamento com painéis OSB de 1,20 x 2,40 m e espessura de 11,1 mm.
- Medidas em metros.

Figura 5.4 – Projeto de Wood Framing: Planta de Montagem da Estrutura – Framing.

A figura 5.5 apresenta a vista frontal de duas paredes, indicando o pé direito da edificação, que fica condicionado a dimensão vertical do painel OSB e demonstrando de forma clara o resultado final da montagem da estrutura.

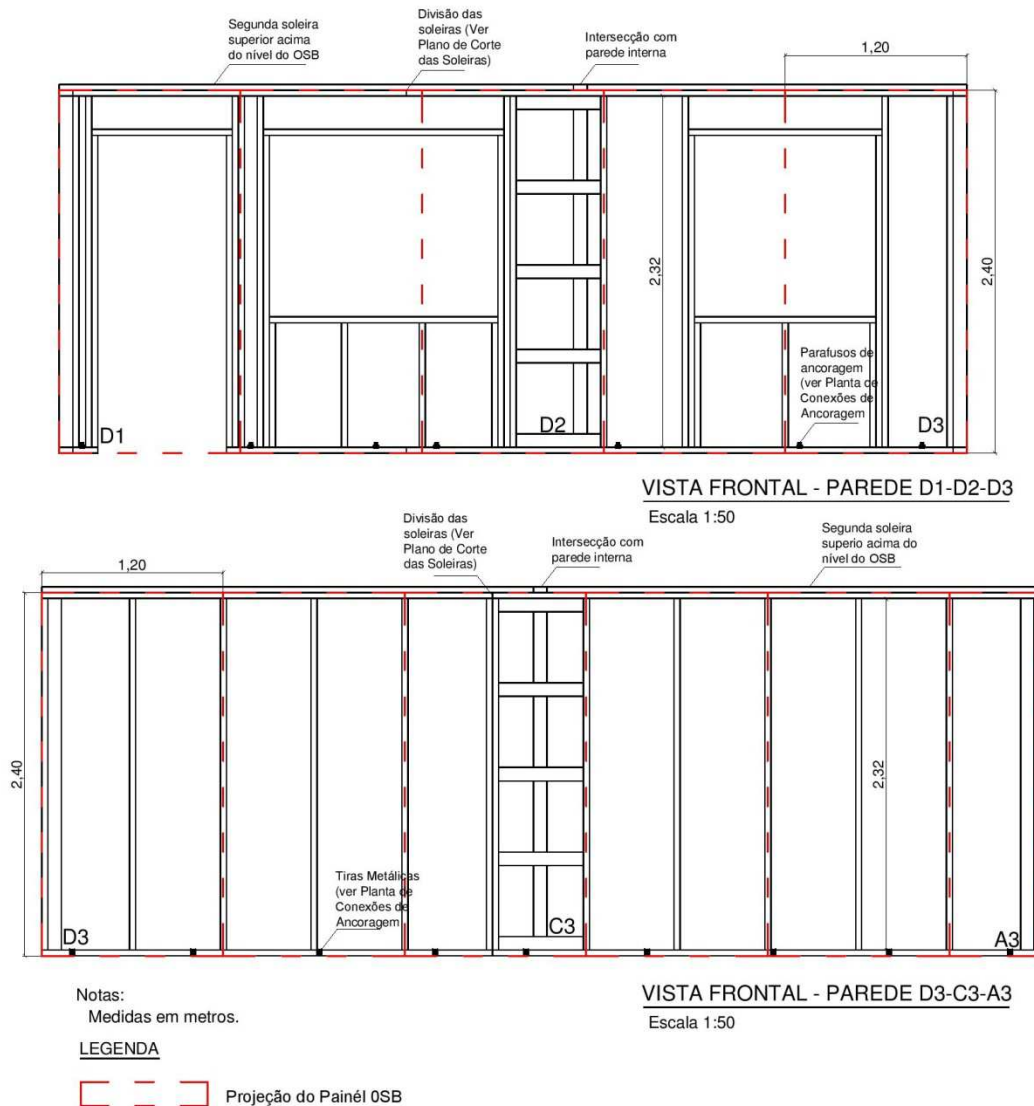


Figura 5.5 – Projeto de Wood Framing: Vista Frontal de Paredes.

5.3 Considerações sobre o Projeto

O projeto estrutural de uma edificação residencial unifamiliar em Wood Framing é bastante simplificado em relação a uma estrutura em concreto armado, por exemplo. O

dimensionamento é padronizado e, portanto, se dá seguindo os critérios mínimos de concepção estrutural e utilizando os elementos estruturais adequadamente conforme sua função. Essa simplificação se dá também pelo fato de se tratar de uma construção pequena, de um único pavimento, com baixo nível de carregamento. Para utilização do método em construções maiores, como edificações multifamiliares, deve-se levar em conta outros fatores, não citados neste trabalho, tornando o dimensionamento mais complexo.

A construção em Wood Framing deve acontecer preferencialmente de forma modular e isso deve ser contemplado em projeto. O elemento limitador é o painel de OSB que possui 1,20 m de largura. Visto que este precisa estar apoiado sobre montantes, o projeto da edificação deve ser concebido de forma a permitir uso de número inteiro de painéis ao longo de suas paredes. Como dito no desenvolvimento deste projeto, o Wood Framing é um método bastante versátil e flexível, permitindo dimensões e formatos variados. Entretanto, é recomendável a modulação da construção com base nas dimensões dos painéis estruturais de OSB para evitar perda de produtividade pela necessidade de cortes nos painéis, além de evitar a utilização de montantes extras para servir de suporte para pregação de painéis com dimensões originais alteradas.

No projeto desenvolvido, a fachada frontal possui 6 metros de comprimento, ou seja, 5 painéis de 1,20 metros. O comprimento lateral é de 6,60 metros, o que representa a utilização de 5 painéis e meio, sendo, portanto, necessário o corte de um painel em cada lateral da casa. Isso acontece porque o projeto arquitetônico não foi desenhado especificamente para uma construção em Wood Framing. Além disso, o posicionamento das portas e janelas foi ajustado, de forma a manter o espaçamento de 60 cm entre montantes diminuindo a necessidade de montantes extras ou de cripples no interior de quadros estruturais de janela.

6 CONCLUSÕES

O Wood Framing é o método construtivo predominante na construção de edificações unifamiliares em inúmeros países desenvolvidos ao redor do mundo. O sistema apresenta inúmeras vantagens em relação a outros sistemas convencionais e mesmo a sistemas recentemente implantados como é o caso do sistema de paredes de concreto moldadas no local. A construção leve em madeira tem a capacidade de aliar facilidade construtiva, alta produtividade, racionalização dos recursos, princípios de sustentabilidade e qualidade do produto final. Dessa forma, a sua aplicação na construção de habitações de interesse social poderia ser uma alternativa para solucionar problemas como o não cumprimento de prazos de entrega e a qualidade deficitária notada em muitas edificações construídas.

A metodologia construtiva com execução parcialmente industrializada, apresentada detalhadamente neste trabalho, torna a construção em Wood Framing uma atividade simples, que requer o uso de ferramentas baratas e de fácil utilização, apesar da complexidade conceitual do método em relação ao grande número de elementos envolvidos e sistemas distintos que atuam conjuntamente de modo a gerar uma edificação satisfatória. A simplicidade de execução, no entanto, não compromete a produtividade e a qualidade do produto final.

Acerca do desenvolvimento de projeto estrutural em Wood Framing, é possível concluir que este é bastante facilitado em relação a outros tipos de estrutura, como metálicas ou em concreto armado, por exemplo. Diferentemente de tipologias estruturais comumente utilizadas no Brasil, onde se faz necessário dimensionamento da seção transversal dos elementos de suporte, em estruturas em Wood Frame, no que concerne a construção de edificações residenciais unifamiliares de interesse social, a concepção estrutural é, de modo geral, padronizada, bastando atender critérios mínimos normatizados a respeito de dimensões, espaçamentos e ligações entre elementos. De fato, essa simplificação no ato de projetar a estrutura representa também um ponto positivo na utilização desse método construtivo.

Além do atendimento dos parâmetros definidos por norma, o projeto, tanto arquitetônico quanto estrutural, deve levar em conta os procedimentos executivos, de forma a facilitar a construção da edificação. A modulação da estrutura em função das dimensões dos painéis de OSB é um claro exemplo disso. Sendo assim, para a realização de um projeto

econômico e eficiente, é fundamental que o projetista compreenda, além dos critérios normativos, as etapas construtivas da execução de uma estrutura em Wood Frame.

O sistema é pouco conhecido nacionalmente e o preconceito cultural em relação à utilização da madeira como material de construção ainda é uma barreira que dificulta a sua aplicação na construção civil brasileira. A implantação do Wood Framing no país está necessariamente atrelada à sua diferenciação em relação aos sistemas tradicionais adotados para construção de casas de madeira. Além disso, o fato do método ser pouco utilizado no Brasil em relação a outros países do mundo faz com que maior parte dos fornecedores e fabricantes de produtos específicos sejam empresas estrangeiras, o que agrega custo à edificação.

A ausência de norma nacional também é um fator que torna o sistema menos atrativo aos olhos dos construtores brasileiros. Existe grande quantidade de normativas técnicas internacionais, entretanto não há padronização global, visto que estas diferem entre si em alguns aspectos. O único documento técnico nacional é o DATec n°20, que se refere apenas a metodologia de construção totalmente industrializada, sendo portanto, limitado. O sistema também possui uma série de termos técnicos em inglês. Dessa forma, devido à ausência de normativa brasileira, não há padrão de terminologia técnica na língua portuguesa.

Ainda há um caminho a ser percorrido para que o Wood Framing se torne um método construtivo popularizado em nossa cultura, assim como já é em inúmeras partes do mundo. A emissão do DATec n° 20 mostra que os primeiros passos já foram dados. É necessário que mais trabalhos sejam escritos, que mais pesquisas sejam realizadas, que maior quantidade de material teórico-prático nacional seja produzido de modo a servir como embasamento para uma mudança de cultura, tanto no meio técnico como no meio leigo, e como incentivo para a aplicação de métodos de construção mais eficientes, sustentáveis e produtivos, como é o caso do Wood Framing.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, E.; THALLON, R. **Fundamentals of Residential Construction**. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, 2011.

AMERICAN FOREST & PAPER ASSOCIATION. **Details for Conventional Wood Frame Construction**. Washington, DC, 2001.

AMERICAN WOOD COUNCIL. **Wood Frame Construction Manual for One- and Two-Family Dwellings**. Leesburg, VA, 2015.

ANDERSON, L. O. **Wood Frame House Construction**. Washington, DC: Forest Products Laboratory, 1975.

APA. **Advanced Framing Construction Guide**. Tacoma, WA, 2012.

BRASIL. Congresso. **Lei N° 11.977, de 7 de Julho de 2009**. In: SILEG: Sistema de informação do Legislativo. [S.l], 2009. Disponível em: <<http://www.camara.gov.br/sileg/integras/826725.pdf>>. Acesso em: 13 out. 2015.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução N° 406, de 02 de Fevereiro de 2009**. [S.l], 2009.

BRASIL. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Projeto Prodes: Divulgação da taxa consolidada do desmatamento da Amazônia Legal para período ago/2013 – jul/2014**. Brasília, DF, 2015. Disponível em: <http://www.obt.inpe.br/prodes/Prodes_Taxa2014.pdf>. Acesso em: 25 ago. 2015.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Desmatamento na Amazônia Legal**. Brasília, DF, 2015. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/mma-em-numeros/desmatamento>>. Acesso em: 02 set. 2015.

BRASIL. Serviço Florestal Brasileiro. **Sistema Nacional de Informações Florestais**. Brasília, DF, 2015. Disponível em: <<http://www.florestal.gov.br/snif>>. Acesso em: 03 ago. 2015.

BRASIL. Serviço Florestal Brasileiro. **Portal Nacional de Gestão Florestal**. Brasília, DF, 2015. Disponível em: < <http://www.florestal.gov.br/pngf>>. Acesso em: 05 ago. 2015.

CALIL JUNIOR, C.; LAHR, F. A. R.; DIAS, A. A. **Dimensionamento de Elementos Estruturais de Madeira**. Barueri: Manole, 2003.

CANADA MORTGAGE AND HOUSING CORPORATION. **Canadian Wood-Frame Housing Construction**. [S.l], 2014.

CARDOSO, F. F. [Entrevista disponibilizada em 20 de outubro de 2009, a Internet]. 2009. Disponível em: < <http://www.cimentoitambe.com.br/alvenaria-vai-predominar-no-minha-casa-minha-vida>>. Acesso em: 4 jul. 2015.

CARTER, A.G. Habitat for Humanity-Charlotte. **Construction Manual: Approved Methods**. Charlotte, 2005.

CARVALHO, P. P. **Desempenho Térmico de Habitações Unifamiliares de Interesse Social com Paredes de Concreto Armado na Zona Bioclimática 2 Brasileira**. 2012. 109 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria – RS, 2012.

DIAS, G. L. **Estudo Experimental de Paredes Estruturais de Sistema Leve em Madeira (Sistema Plataforma) Submetidas a Força Horizontal no seu Plano**. 2005. 165 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis - SC, 2005.

ESPÍNDOLA, L. R.; INO, A. **Diretrizes para a produção de componentes do sistema construtivo wood frame no Brasil visando a sustentabilidade**. In: Congresso Luso-Brasileiro de Materiais de Construção Sustentáveis, 2014, Guimarães – Portugal.

FAMÍLIAS sofrem com o atraso em obras do ‘Minha Casa, Minha vida’. **G1**, [S. l.], 2015. Disponível em: <<http://g1.globo.com/bom-dia-brasil/noticia/2015/03/familias-sofrem-com-o-atraso-em-obras-do-minha-casa-minha-vida.html>>. Acesso em 15 set. 2015.

INTERNATIONAL BUILDING COUNCIL. **North Carolina State Building Code: Building Code**. [S.l], 2012.

LP BUILDING PRODUCTS. Curitiba, [20--]. Disponível em: <<http://www.lpbrasil.com.br/>>. Acesso em 17 out. 2015.

MOLINA, J. C.; CALIL JUNIOR, C. Sistema construtivo em wood frame para casas de madeira. **Semina: Ciências Exatas e Tecnológicas**, Londrina, v. 31, n. 2, p. 143-156, jul./dez. 2010.

NAKAMURA, J. Light Wood Frame. **Revista Técnica**, [S. l.], 2010. Disponível em: <<http://www.revistatechne.com.br/engenharia-civil/148/imprime144162.asp>>. Acesso em 12 set. 2015.

NETO, V. C. L.; FURADO, B. A.; KRAUSE, C. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. **Nota Técnica N° 5: Estimativas do Déficit Habitacional Brasileiro (PNAD 2007-2012)**. Brasília, DF, 2013.

OLIVEIRA, J. T. S. **Características da madeira de eucalipto para a construção civil**. 1997. 429 f. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo – SP, 1997.

PFEIL, W.; PFEIL, M. **Estruturas de Madeira**. Rio de Janeiro: LTC, 2003.

RODRIGUES, F. C. **Steel Framing: Engenharia**. Rio de Janeiro, RJ: IBS/CBCA, 2006.

TECVERDE. Curitiba, 2015. Disponível em: <<http://www.tecverde.com.br/>>. Acesso em 07 ago. 2015.

TECVERDE ENGENHARIA LTDA. **DATec N° 20: Sistema Construtivo TECVERDE: “Sistema Leve em Madeira”**. São Paulo, 2013.

WALL Framing Basics. Grandville, MI, [20--]. Disponível em: <http://www.carpentry-proframer.com/wall_framing.html>. Acesso em 21 out. 2015.