

FACULDADE DE CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS DE EXTREMA – FAEX  
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL  
RAYSON SAULO ROSA DOS SANTOS

**COMPARATIVO ENTRE OS SISTEMAS CONSTRUTIVOS: ALVENARIA  
CONVENCIONAL E *WOOD FRAME***

EXTREMA

2018

RAYSON SAULO ROSA DOS SANTOS

**COMPARATIVO ENTRE OS SISTEMAS CONSTRUTIVOS: ALVENARIA  
CONVENCIONAL E *WOOD FRAME***

Trabalho de Conclusão de Curso,  
apresentado a Faculdade de Ciências  
Sociais e Aplicadas de Extrema-FAEX,  
como parte dos requisitos necessários para  
obtenção do título de Bacharel em  
Engenharia Civil.

Orientadora: Prof. Ma. Sc. Luana  
Bernadete Dariva.

EXTREMA  
2018



**ATA DE DEFESA DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**  
**CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**  
**FAEX – FACULDADE DE EXTREMA**

Em sessão às 17h30 do dia 23 de novembro de 2018 o aluno Rayron Saulo Rosa Santos apresentou o Trabalho de Conclusão de Curso, intitulado “**Comparativo entre os métodos construtivos: alvenaria convencional e wood frame**” como requisito para conclusão do Curso de Engenharia Civil, perante uma Banca Examinadora composta pelos seguintes membros:

Rayron Saulo Rosa Santos (Aluno)

Prof.ª Luana Bernardete Dariva (orientadora)

Prof.ª Ma. Renata Martinho de Camargo

Prof. Marcos Aurélio Manfredini Junior

Aprovado  (✓)  
Aprovado com restrições ( )  
Reprovado ( )

Dedico este trabalho a minha família e amigos,  
pelo apoio e motivação ao longo desse  
período, principalmente a minha mãe, Sra.  
Neusa Maria e minha avó Benedita Maria

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a minha mãe e minha avó, por sacrificarem tanto para eu poder ter essa oportunidade de estudar e poder investir na minha profissão, meus irmãos, a minha orientadora Luana Bernadete Dariva, pelo conhecimento e muita atenção e todos aqueles que me ajudaram a elaborar este trabalho.

“Capricho é fazer o seu melhor na condição  
que tem, enquanto não tem condições  
melhores, para fazer melhor ainda.”  
Mario Cortella

## RESUMO

O trabalho tem como objetivo apresentar um comparativo e análise de alguns dos atuais métodos construtivos no mercado da construção civil, sendo eles, alvenaria convencional e *wood frame*, ambas sobre fundação radier, tendo como foco principal o custo benefício de cada sistema. O trabalho também aborda um breve histórico de cada método juntamente com uma breve explicação de sua execução, e também aborda seus respectivos pontos positivos e negativos de cada método construtivo. Para a elaboração do trabalho foi necessário realizar o levantamento de informações baseados em dados cedidos por empresas especializadas. Com os dados concedidos foi possível fazer o levantamento de cada sistema construtivo e observar as vantagens e desvantagens quando comparados aos valores finais. Observou-se que o *wood frame* em relação a alvenaria convencional apresenta algumas vantagens como agilidade, facilidade de construção no seu processo construtivo, porém pouco utilizada no Brasil devido à falta de conhecimento e por questões culturais.

**Palavras-chave:** Métodos Construtivos, Alvenaria Convencional, *Wood Frame*.

## **ABSTRACT**

The work aims to analyze and measure some of the current building methods on the construction market, being them, conventional masonry and wood frame, either in slab-on-grade foundation, has its main focus the cost and benefits of each one. The job also shows a short historic of each one along with a short explanation of its execution, and also show the positive and negative points of these building methods. For the work's development was necessary do an information gathering based in data provide by specialized companies on the building methods mentioned above. With the data provided was possible to do the survey of each construction system and see the vantages and disadvantages when compared to the final amounts. It was observed that wood frame in relation to conventional masonry shows some vantages such as agility and construction facility on its construction process, however its little used in brasil due to lack of knowledge and cultural issue.

**Keywords:** Building Methods, Conventional Masonry, Wood Frame.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Fundação <i>wood frame</i> tipo radier.....	28
Figura 2 - Conexão entre paredes e laje de fundação.....	29
Figura 3 - Estrutura <i>Wood Frame</i> .....	31
Figura 4 - Conexão entre painéis de OSB e estrutura da parede.....	32
Figura 5 - Camada de impermeabilização da estrutura com painéis.....	33
Figura 6 - Impermeabilização das aberturas.....	34
Figura 7 - Instalação elétrica e Hidro sanitária no sistema <i>wood frame</i> .....	35
Figura 8 - Estrutura do telhado <i>wood frame</i> .....	36
Figura 9 - Revestimentos <i>wood frame</i> .....	37
Figura 10 - Locação da parede.....	39
Figura 11 - Juntas de assentamento.....	40
Figura 12 - Elevação da Alvenaria.....	41
Figura 13 - Encunhamento.....	42
Figura 14 - Vergas, Contra vergas e Cintas de Amarração.....	43
Figura 15 - Cobertura e estrutura.....	44
Figura 16 - Projeto piloto.....	49
Figura 17 - projeto piloto adaptado para <i>wood frame</i> .....	50
Figura 18 – projeto em <i>wood frame</i> .....	51

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Especificação dos parafusos de ancoragem .....	29
Tabela 2 – Altura e Espaçamento entre montantes. ....	30
Tabela 3 - Traços de argamassa para assentamento .....	40
Tabela 4 - Resumo da Estimativa de Custo para a Alvenaria Convencional .....	53
Tabela 5 - Resumo estimativa de custo para <i>Wood Frame</i> .....	54

## LISTA DE ABREVIATURAS

SINAT	Sistema Nacional de Avaliações Técnicas de produtos inovadores
NBR	Norma Brasileira
CMHC	<i>Canada Mortgage and house corporation</i>
WFCM	<i>Canada Mortgage and House Corporation</i>
OSB	<i>Oriented Standard Board</i>
FSC	<i>Forest Stewardship Council</i> (Concelho de Manejo Florestal).
CERFLOR	Sistema de Certificação Florestal Brasileiro do Inmetro.
PIB	Produto Interno Bruto
FGV	Fundação Getúlio Vargas
Pnad	Pesquisa Nacional por Amostra de Domicilio
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
FCP	Fundação da Casa Popular
DATec	Documento de avaliação técnica

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	13
1.1	Justificativa.....	14
1.2	Objetivo .....	14
1.2.1	Objetivo Geral .....	14
1.2.2	Objetivos Específicos .....	15
2	REFERENCIAL TEÓRICO .....	16
2.1	Habitação .....	16
2.1.1	Habitação de interesse social.....	17
2.1.2	Déficit habitacional Brasileiro.....	17
2.2	Sistema Construtivo industrializado.....	18
2.3	Construções Sustentáveis .....	18
2.3.1	Madeira como material sustentável.....	19
2.3.2	Madeira como material de construção.....	20
2.4	Alvenaria Convencional .....	21
2.5	<i>Wood frame</i> .....	22
2.6	Etapas Construtivas .....	23
2.7	Estudos e Serviços preliminares .....	23
2.7.1	Limpeza do terreno.....	24
2.7.2	Sondagens.....	24
2.7.3	Canteiro de obra .....	25
2.7.4	Serviços de movimento de terra .....	25
2.8	Fundação.....	26
2.9	Etapas construtivas <i>Wood Frame</i> .....	27
2.9.1	Fundação <i>Wood Frame</i> .....	27
2.9.2	Fixação da estrutura na fundação .....	28
2.9.3	Sistemas de Paredes.....	29
2.9.4	Painéis OSB.....	32
2.9.5	Impermeabilização .....	32
2.9.6	Isolamento Termo acústico e térmico .....	34
2.9.7	Instalações Elétricas e Hidros Sanitárias.....	35
2.9.8	Estrutura das Coberturas .....	35
2.9.9	Revestimento interno e acabamentos finais .....	36

2.10	Etapas Construtivas Sistema Convencional .....	37
2.10.1	Fundação alvenaria convencional .....	37
2.10.2	Sistemas de paredes Alvenaria Convencional.....	38
2.10.3	Locação das paredes .....	38
2.10.4	Execução das alvenarias .....	39
2.10.5	Encunhamento .....	41
2.10.6	Vergas, Contravergas, e Cintas de Amarração.....	42
2.10.7	Cobertura e Estrutura.....	43
2.10.8	Impermeabilização .....	44
2.10.9	Revestimento .....	45
2.11	Orçamento e estimativa de custos .....	46
3	MATERIAIS E MÉTODOS .....	48
3.1	Estudo de Caso .....	48
3.2	Estimativas de custo .....	51
4	ANÁLISE DE RESULTADO .....	53
5	CONCLUSÃO .....	56
	REFERÊNCIAS .....	58
	ANEXOS .....	

## 1 INTRODUÇÃO

A questão habitacional sempre foi um tema bastante discutido no Brasil e um dos problemas mais graves do país. Ter um imóvel próprio que ofereça conforto qualidade e vida é o sonho de qualquer um. No Brasil, no entanto, esta realidade ainda está muito distante de boa parte da população que, por necessidade e falta de oportunidades melhores, acaba se fixando em moradias improvisadas e precárias, presente em todas as regiões do país.

Segundo a fundação Getúlio Vargas (FGV), dados mais recentes são os de 2015, e tem como base a Pesquisa Nacional por Amostra de Domicilio (Pnad), do IBGE, o Brasil retrata um déficit habitacional de 7,757 milhões de moradias. Desde 2009, o déficit aumentou 5,9% ou 430 mil moradias. Esse crescimento é puxado pelo ônus com o aluguel, que subiu 68%, a carência de habitação atinge mais as famílias de baixa renda.

A composição do déficit habitacional, segundo a pesquisa, se modifica de acordo com cada região analisada. Percebe-se então que um dos problemas atuais enfrentadas no Brasil é a questão da moradia com o custo mais acessível. O desejo pela casa própria vem se destacando cada vez mais, tendo em vista os altos índices de déficit habitacional existente no país.

Analisando o contexto acima, pode-se dizer que ao decorrer dos anos o ramo da construção civil teve avanços tecnológicos significativos, tanto na maneira de se projetar quanto na de construir, novos métodos construtivos estão obtendo cada vez mais o seu espaço no mercado, derrubando os mitos e preconceitos quanto ao uso de certos materiais na construção.

Diante dos dados apresentados, surge nesse contexto como uma alternativa para a alvenaria convencional, com o foco em construções mais acessíveis, porém com a mesma qualidade o *wood frame* que Segundo Duarte, Taguchi e outros (2013, p.74) definem como um

“[...] sistema construtivo composta por perfis de madeira que em conjunto com as placas estruturais formam painéis estruturais capazes de resistir às cargas verticais, perpendiculares e de corte [...]”.

O *wood frame* é um sistema financeiramente viável e apresenta superioridade em alguns pontos como conforto térmico e acústico. No entanto, no Brasil, ainda é muito pouco conhecido e empregado, devido ao desconhecimento técnico sobre o sistema, pelo preconceito associado utilização da madeira como material de construção.

Assim o presente trabalho tem como ênfase analisar e comparar os métodos construtivos em suas diversas etapas, aplicando um estudo de caso. Para a realização e progresso do trabalho,

adotou-se um projeto piloto de uma residência de 60m<sup>2</sup>, esse projeto foi adaptado para os sistemas construtivos apresentados para a apuração de dados, para realizar a estimativa de custo que tornou possível o comparativo.

## **1.1 Justificativa**

A alvenaria convencional é um dos métodos mais antigos de construção civil utilizada no Brasil, porém, o cenário habitacional brasileiro ainda não é satisfatório. O sistema construtivo convencional diante das novas tendências do mercado, não é uma alternativa viável, sendo necessário a busca por novas tecnologias para manter o equilíbrio entre custo, tempo e qualidade. É possível ver o avanço tecnológico e o surgimento de novos métodos construtivos, entretanto, a construção civil brasileira encontra-se atrasada em relação a outros países onde os sistemas de construção industrializados a seco são empregados em grande escala. Com os programas do governo federal no incentivo a diminuição do déficit habitacional, o desenvolvimento de novos métodos construtivos tende a trazer maior lucratividade devido à produção em grande escala. É no sentido de apresentar um sistema construtivo como uma alternativa que o presente estudo se justifica.

## **1.2 Objetivo**

### **1.2.1 Objetivo Geral**

O objetivo geral do trabalho é analisar os métodos construtivos do *Wood Frame* e alvenaria convencional, e compará-las nas suas diversas etapas de execução, por meio de um estudo de caso de uma casa unifamiliar localizada em cambuí -MG.

### 1.2.2 Objetivos Específicos

- Comparativo entre alvenaria convencional e *Wood frame*;
- Levantar as diferenças dos processos construtivos;
- Realizar uma estimativa de custo final;



## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Habitação

Entende-se como uma necessidade básica de onde e de como morar, é parte de um contexto no qual e com o qual as relações são mantidas, se baseia em um aglomerado de elementos básicos como educação, saúde, dentre outros quesitos nos quais são fundamentais a vida humana. Assim o direito à moradia tem como componentes essenciais a disponibilidade de serviços e infraestrutura, acessibilidade, referentes à implementação de políticas habitacionais que atendam às necessidades dos grupos mais vulneráveis. As habitações apresentam diversas características e se diferem de acordo com a renda, e estão diretamente associadas à classe social do indivíduo que o habita (RODRIGUES,1990).

Rodrigues (1990, pag.11) afirma que

“De alguma maneira é preciso morar. No campo, na pequena cidade, na metrópole, morar como vestir, alimentar, é uma das necessidades básicas do indivíduo. Historicamente mudam as características da habitação, no entanto é sempre preciso morar”.

A habitação tem encargo primordial acomodar. Com o rápido desenvolvimento de suas habilidades, o homem passou a utilizar materiais disponíveis em seu meio, tornando o abrigo cada vez mais elaborado, conforme as necessidades locais. Mesmo com toda a evolução tecnológica, sua função primordial tem permanecido a mesma, ou seja, proteger o ser humano das intempéries e de intrusos. A habitação deve cumprir suas funções, proporcionar conforto e segurança. Um dos principais problemas urbanos é a questão habitacional que afeta em maior escala as populações com rendas mais desfavoráveis, problema de difícil solução, dos quais as causas estão diretamente ligadas com o processo de urbanização (ABIKO, 1995).

### **2.1.1 Habitação de interesse social**

O termo habitação de interesse social teve início com o advento da Revolução Industrial, promovendo a imigração da população rural para os centros ao redor das industriais ocasionando uma concentração populacional. Habitação de interesse social está ligada diretamente à renda das classes sociais mais pobres, aos financiamentos cada vez mais burocráticos e precários concedidos pelo governo, e a falta de implantação de políticas habitacionais no país, a cultura e a história, fatores ligados à problemática dessa classe habitacional, está direcionada a aquelas pessoas que ao longo de sua vida não conseguiram e sonham em obter a sua casa própria, e estão vivendo em condições desfavoráveis (STECHHAHN,1990).

### **2.1.2 Déficit habitacional Brasileiro**

Segundo a fundação Getúlio Vargas (FGV), dados mais recentes são os de 2015, e tem como base a Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílio (Pnad), do IBGE, o Brasil apresenta um déficit habitacional de 7,757 milhões de moradias. Desde 2009, o déficit cresceu em um percentual de 5,9%, ou seja, 430 mil moradias. Esse crescimento é puxado pelo ônus com o aluguel, que subiu 68%, essa problemática tem um maior impacto em famílias de baixa renda. A habitação pode ser considerada, um dos principais problemas sociais urbanos do Brasil, constantemente milhares de pessoas lutam pelo acesso à moradia.

A primeira tentativa de resolver a problemática habitacional no país se deu em 1946, durante o Governo de Vargas, voltada diretamente para a provisão de residências às populações de pequeno poder aquisitivo, com o objetivo de viabilizar a aquisição da casa própria. Neste sentido foi instituído o Decreto-Lei n.º 9.218, de 1º de maio de 1946, Fundação da Casa Popular (FCP) (SILVA, 1987).

Partindo dessa premissa, em 2007, o Governo Federal criou durante a gestão do Ex Presidente da República Luiz Inácio Lula da Silva, o Programa de Aceleração do Crescimento (PAC), que consiste em um aglomerado de medidas a fim de incentivar o investimento privado, programa de desenvolvimento econômico, melhoria das condições de vida da população brasileira, ou seja, promover o crescimento do Produto Interno Bruto (PIB) (BONDUKI, 2008).

Num momento de crise como a vivida nos últimos anos, com variação do produto interno bruto brasileiro negativo, a criação de projetos de investimento por parte do governo para a retomada do crescimento é de grande importância. O contexto atual da política habitacional tem em evidência o programa chamado Minha Casa, Minha Vida, que surge como uma resposta do governo à crise econômica para impulsionar o mercado da construção civil, gerar empregos e ao mesmo tempo o crescimento econômico.

## **2.2 Sistema Construtivo industrializado**

Segundo Rosso (1990), a industrialização da construção civil pode ser entendida como uso de tecnologias a fim de preservar a habilidade do artesanato pelo uso de máquinas, se consiste em técnicas construtivas com o intuito de aperfeiçoar o resultado final.

Segundo Greven e Baldauf (2007) os sistemas construtivos industrializados têm se tornado cada vez mais necessários para a construção civil moderna, devido a necessidade de uma maior produtividade dentro de menores espaços de tempo. Os canteiros de obra vêm se transformando, em locais de montagem dos sistemas, a industrialização também traz como vantagens uma maior organização do canteiro de obras e uma redução do desperdício de material, impactante em termos de despesas e também de meio ambiente.

Apesar das inúmeras vantagens oferecidas pelos sistemas construtivos industrializados em relação aos convencionais, seu uso ainda é muito pequeno no Brasil. Grande parte das edificações ainda é realizada utilizando sistemas construtivos convencionais, como o concreto armado e alvenaria.

## **2.3 Construções Sustentáveis**

Construção sustentável é um conceito denominado como um conjunto de medidas adotadas durante todas as etapas da obra que visam a sustentabilidade da edificação. Através da adoção dessas medidas é possível minimizar os impactos negativos sobre o meio ambiente além de promover a economia dos recursos naturais e a melhoria na qualidade de vida dos seus ocupantes. Uma obra sustentável leva em consideração todo o projeto da obra desde a sua pré

construção onde devem ser analisados o ciclo de vida do empreendimento e dos materiais que serão usados, passando por cuidados com a geração de resíduos e minimização do uso de matérias-primas com reaproveitamento de materiais durante a execução da obra até o tempo de vida útil da obra e a sustentabilidade da sua manutenção.

De acordo com Antunes e Laureano (2008) não existem materiais para construção civil que não agridam, que sejam 100% sustentável, ao meio ambiente, pois desde a extração da matéria-prima até o seu transporte eles danificam e poluem o meio ambiente, porém existem alternativas que minimizam, ou seja, agride em escala menor, quando comparados aos convencionais empregados.

Segundo Pinto (1992) a construção civil é responsável por grande parte do volume de resíduos sólidos gerados em meios urbanos, praticamente todas as atividades desenvolvidas no setor são geradoras de entulho, por ano, no mínimo 33 mil toneladas de resíduos da construção civil são recolhidas no Brasil, tem sido notícia frequente porque vem há tempos causando sérios problemas urbanos, sociais e econômicos. O gerenciamento desses resíduos torna-se mais complicado quanto maior for a quantidade produzida.

### **2.3.1 Madeira como material sustentável**

Utilizando os conceitos apresentados, podemos dizer que a madeira tem grande aptidão para a sustentabilidade, partindo sempre do pressuposto que se trata de madeira de floresta plantada ou de manejo sustentável aprovado pelo IBAMA. A madeira é o único material utilizado em estruturas que pode ser plantado, a matéria prima que a natureza utiliza é CO<sub>2</sub>, água e energia solar. produzida basicamente consumindo energia solar. A energia utilizada no processamento e no transporte é ínfima se comparada com a energia necessária para produção de cimento, aço e alumínio.

Da produção de madeira da Amazônia, 80% é destinada ao mercado interno brasileiro, sendo que o estado de São Paulo é o maior consumidor (20% da produção total). Outros estados da federação engrossam essa necessidade que tende a aumentar. Oferta da matéria prima centraliza-se principalmente em poucas espécies, exercendo uma pressão muito grande sobre as florestas nativas (AMBROZEWICZ, 2012).

O aproveitamento das florestas naturais ou plantadas, pelo projeto de manejo florestal aprovado pelo IBAMA, é a forma correta de utilizar estes recursos naturais, por partir do

princípio de sustentabilidade, ou seja, provendo uma utilização que permite a recomposição da floresta de uma determinada área, viabilizando-a econômica, social e ambientalmente. Estão disponíveis no Brasil o sistema do FSC – *Forest Stewardship Council* (Conselho de Manejo Florestal) e o sistema de Certificação Florestal Brasileiro do Inmetro (CERFLOR) que certifica a produção adequada ambientalmente. (AMBROZEWICZ, 2012).

### 2.3.2 Madeira como material de construção

No decorrer da história madeira se tornou uma matéria prima indispensável na construção. No Brasil as casas indígenas surgem como as primeiras aparições de edificações construídas com o emprego deste material, que apesar de primitivas, atendiam as necessidades e as exigências climáticas da região. A técnica do pau a pique e da taipa de pilão foram correntes na construção brasileira até meados do século XIX (MENDES; VERISSIMO; BITTAR, 2011).

Mendes, Verissimo e Bittar (2011), apontam que, na época, o processo mais simples de assentamento era o pau a pique, técnica apreendida do índio, que consiste na fixação de varas e toras próximas, com bases incinerada para evitar apodrecimento pela umidade, herança indígena sobre as primeiras construções erigidas pelos colonizadores. O cenário então muda com o processo de colonização, a utilização da madeira na construção passa a ter outros fins com a chegada dos colonizadores, as técnicas construtivas então, passaram de certa forma responder as tradições culturais diferenciadas. Na segunda metade do século XIX, desenvolveu-se no Brasil uma política de colonização, com o objetivo de incentivar a entrada de imigrantes para a ocupação dos grandes vazios demográficos.

De acordo com Batista (2007), após a segunda metade do século XIX, as transformações ocorridas no Brasil, foram marcadas por um início de modernidade. A intensa imigração foi um dos fatores provenientes destas mudanças, introduzindo no país novas tecnologias construtivas e o início da industrialização. Os imigrantes alemães, por sua vez, construíram suas casas com enxaiméis, estrutura de madeira com peças diagonais de travamento cujos intervalos são preenchidos por tijolos. Já os poloneses e italianos, de origem camponesa, estabeleceram-se em colônias próximas às cidades, enquanto as casas dos italianos eram construídas em alvenaria de tijolos, as dos poloneses empregavam troncos de árvores sobrepostos horizontalmente, com encaixes nos cantos de possibilitou uma padronização construtiva. A industrialização da extração de madeira e a instalação de serrarias, principalmente no Sul do país onde a matéria-

prima era abundante, no final do século XIX, permitiu a introdução de novos métodos construtivos e a difusão da arquitetura em madeira.

Madeira é o produto natural proveniente do lenho dos vegetais superiores (árvores e arbustos lenhosos). As características de heterogeneidade e anisotropia guardam estreita relação com a origem de ser vivo. É um dos mais antigos materiais de construção utilizado pelo homem. É um material de grande beleza e larga utilização nas construções. No entanto é muitas vezes mal-empregado, de forma intuitiva, trazendo uma série de problemas. Suas características devem ser bem estudadas, a fim de que não sejam nem superestimadas e nem subestimadas, a fim de seu uso ser mais econômico e com qualidade (AMBROZEWICZ, 2012).

A madeira é um dos mais importantes e versáteis materiais de construção. Com ela se fazem estruturas, vedações, telhados, esquadrias, móveis etc. É o único material que participa de todas os sistemas e etapas da construção de edifícios, desde um simples andaime ou uma forma descartável até um nobre revestimento de parede. É o único material natural renovável. Era, antes da Revolução Industrial, o único material que poderia arcar com os serviços estruturais de flexão. Os outros materiais naturais, a pedra e a argila, somente podiam trabalhar à compressão (AMBROZEWICZ, 2012).

Ainda segundo Ambrozewicz (2012), Uma das grandes vantagens da madeira é que pode ser obtida por preços competitivos e em grande quantidade, com reservas renováveis; apresenta boa resistência mecânica, com a vantagem de peso próprio reduzido; pode ser trabalhada com ferramentas simples, tendo peça que podem ser desdobradas em outras conforme a necessidade permitindo a reutilização; permite o uso em dimensões reduzidas; tem boas condições naturais de isolamento térmico e absorção acústica; não sofre ataques de gases e produtos químicos e em seu estado natural e apresenta uma infinidade de padrões estéticos e decorativos. E suas desvantagens são: combustibilidade; matéria heterogêneo; sensibilidade às variações de temperatura; facilidade de deterioração por agentes biológicos; deformabilidade e formas alongadas e de seção transversa reduzida.

## **2.4 Alvenaria Convencional**

A alvenaria é uma das formas mais antigas de construção empregada pelo homem. Desde a Antiguidade ela tem sido utilizada em grande escala pelo ser humano em suas habitações, monumentos e templos religiosos. Como exemplo pode ser citado a pirâmide de Queops, onde

foram utilizados mais de 2 milhões de blocos de pedra. Apesar do uso intenso, apenas no início do século XX, passou-se a estudá-la com base em princípios científicos e experimentação laboratorial (ACCETI, 1998).

A alvenaria pode ser entendida como um componente construído em obra pela união entre unidades (blocos e tijolos) e o elemento de ligação (argamassa de assentamento) formando um conjunto monolítico e estável (SALGADO, 2017).

## 2.5 *Wood frame*

O sistema construtivo *Wood Frame*, empregado em grande escala em diversos países do mundo, foi desenvolvido há mais de 100 anos tem sua origem norte-americana, também conhecido como construção a seco, tem como principal componente o emprego da madeira, que em conjunto formam painéis estruturais capazes de resistir as cargas verticais, perpendiculares e de corte. (DUART, TAGUCHI, 2013)

Segundo a empresa *LP Building Products* (2013): A construção a seco, tem esse nome devido a racionalização de água no processo executivo. Um exemplo desse tipo de construção seria o Sistema de Construção Energitérmica Sustentável, que abrange os sistemas construtivos *Wood Frame* e *Steel Frame*.

Segundo Duarte, Taguchi e outros (2013, p.74) *wood frame* é um

“[...] sistema construtivo composta por perfis de madeira que em conjunto com as placas estruturais formam painéis estruturais capazes de resistir às cargas verticais, perpendiculares e de corte [...]”.

Segundo CWHC (1967), *wood frame* é empregado em grande escala na América do Norte e proporciona umas das construções mais acessíveis e confortáveis. Atualmente *wood frame* é o resultado de muitos anos de pesquisa e estudos.

O emprego desse sistema é muito comum em países desenvolvidos como Canadá e Estados Unidos, devido as inúmeras vantagens como a rentabilidade, diminuição do tempo de execução, economia de energia, entre outros. A madeira é um dos materiais para construção mais antigos em todo o mundo, a utilização desse material como elemento estrutural no Brasil ainda é cercada de muito preconceito e desconhecimento. Porém nos últimos anos o *Wood Frame* vem ganhando seu espaço no mercado como mais uma alternativa para a construção,

rompendo essas limitações quanto ao uso da madeira e provando que é possível erguer edificações de qualidade, de forma veloz e sem desperdício.

Segundo Silva (2010) a NBR 7190:1997 - Projeto de Estruturas de Madeira - não constitui informações específicas para o dimensionamento do *wood frame*, fazendo-se assim, necessário obter normas específicas de outros países e adaptá-las para a concepção do projeto, a norma atual, apresenta critérios para execução e controle das estruturas de madeira, tais como pontes, e coberturas, levando em consideração a segurança.

## **2.6 Etapas Construtivas**

Segundo Azeredo (1997) as etapas construtivas são os conjuntos de serviços de obra, interdependentes e que se complementam definindo elementos que dão características definitivas à obra, os quais, depois de concluídos, permitem o início de uma nova etapa. As etapas construtivas vão se desenvolvendo e se complementando até a concretização do projeto. Este é o caso da superestrutura, composta de serviços como forma (corte, montagem e colocação), armação (corte, montagem e colocação), concretagem (lançamento e cura) e desforma, etapa esta que somente pode ser executada após o término parcial ou total da infraestrutura. Também as alvenarias constituem uma etapa construtiva que poderá ser começada após terminada a estrutura onde ela se apoia, e apenas após acabada poderá ter início a etapa construtiva seguinte, os revestimentos. É indispensável um conhecimento consistente das etapas construtivas de uma obra e de seus serviços componentes para o bom desenvolvimento da programação e do controle das obras, pois ele permite ao engenheiro trabalhar com mais fluência e segurança as atividades de orçamentação, elaboração de cronogramas físico, de compras e de desembolso e no acompanhamento de obras, tão importante para o controle dos resultados desejados.

## **2.7 Estudos e Serviços preliminares**

Segundo Azeredo (1997) no estudo preliminar são focalizados os aspectos social, técnico e econômico, a localização do lote e suas características, as características de uso, as opções



possíveis, as avaliações de custo e de prazo. Os serviços preliminares são o conjunto de atividades e providências tomadas como preparação para o início da obra. Sendo eles:

### **2.7.1 Limpeza do terreno**

A limpeza do terreno proporciona maior facilidade de trabalho nos serviços, como levantamento plano-altimétrico, para a obtenção de um resultado fiel do terreno, assim como os serviços de reconhecimento do subsolo (sondagens). Para se fazer a limpeza do terreno pode-se carpir, roçar ou destocar, de acordo com o que exige a vegetação (AZEREDO, 1997).

### **2.7.2 Sondagens**

Segundo Azeredo (1997), para se identificar qualquer problema de Mecânica dos Solos se faz necessário o estudo das condições do subsolo, sendo no reconhecimento da disposição, composição e espessura das suas camadas, assim como das suas características, nível de água e respectiva pressão. Os métodos empregados para exploração do subsolo podem ser classificados em:

- a) Com retirada de amostras: abertura de poços de exploração de sondagens;
- b) Ensaio *in loco* - auscultação, ensaios de bombeamento, ensaios de palheta, medida de pressão neutra, prova de carga, medida de recalque e ensaios geofísicos.

Quanto às amostras de solo, isto é, a porção de solo representativa da massa da qual ela foi extraída, distinguimos as deformadas que se destinam apenas à identificação e classificação do solo e as indeformadas que se destinam à execução de ensaios para determinação das propriedades físicas e mecânicas do solo. Considera-se nessa amostra a conservação de textura, estrutura e umidade, perdendo-se, entretanto, as pressões confinantes, isto é, o estado de tensão a que estava submetida a amostra. Podem ser realizadas muito antes da decisão de início da obra para subsidiar etapas anteriores como estudo de viabilidade ou projeto de contenções e fundações. As sondagens dão informações que permitem definir: Tipo de equipamento a ser

usado na escavação e retirada do solo; Tipo de contenção; Tipo de fundação a ser usado no edifício (AZEREDO, 1997).

### **2.7.3 Canteiro de obra**

Consideremos que o terreno esteja limpo e com o movimento de terra executado. O canteiro deve estar de acordo com as necessidades, assim como a distribuição conveniente do espaço disponível obedecendo às necessidades, assim como a distribuição conveniente do espaço disponível. Poderá ser feito de uma só vez ou em etapas independentes, conforme o andamento dos serviços. No canteiro devemos considerar: ligações de água e energia elétrica; distribuição de áreas para materiais a granel não perecíveis; armazém de materiais perecíveis; escritório; alojamento; sanitário; distribuição de máquinas; circulação; entre outros (AZEREDO, 1997).

### **2.7.4 Serviços de movimento de terra**

Atividade que tem como finalidade alterar o relevo natural de um terreno e que é constituída em 3 etapas distintas, sendo elas, escavação, transporte e aterro. Sua aplicação se dá para o preparo do terreno, geralmente de pequeno volume quando comparada com a aplicada em estradas, barragens, entre outras obras de grande porte. A expressão movimento de terra é comumente utilizada na área da construção de edifícios, onde a preocupação maior é a saída e entrada de terra no canteiro, devido a onerosidade do serviço, deixando em segundo plano como de como é constituída. Movimento de terra é a parte da terraplenagem que se dedica ao transporte, ou seja, entrada ou saída de terra do canteiro de obras (AZEREDO, 1997).

Os serviços ligados a movimentação de terra podem ser entendidos como um conjunto de operações de escavação, carga, transporte, descarga, compactação e acabamentos executados a fim de passar-se de um terreno no estado natural para uma nova conformação topográfica desejada. O empolamento é um termo que se deve levar em consideração quando se trata de movimento de terra. Quando se move a terra do seu lugar natural, o seu volume em geral aumenta, o volume de vazios aumenta, pois em seu estado natural ela se encontra já

compactada. A relação de empolamento de cada tipo de material pode ser estabelecida, de acordo com a tabela de propriedade de materiais. O empolamento é expresso por uma porcentagem do volume original. Por exemplo, se um aumento volumétrico de argila seca for de 40%, isso significa que 1,00 m<sup>3</sup> de argila, no estado natural (antes da escavação), encherá um espaço de 1,40 m<sup>3</sup> no estado solto (depois de escavado) (AZEREDO, 1997).

## 2.8 Fundação

A fundação é todo elemento de infraestrutura de uma edificação, é um dos elementos principais de uma construção seja ela de pequeno ou de grande porte, entende-se como infraestrutura os elementos estruturais que estão envoltos pelo maciço de solo sobre o qual está apoiada a superestrutura. Tomando conhecimento dos dados iniciais a respeito do projeto, concepção e cálculo, execução e sondagens pode-se seguir com a classificação dos tipos de fundações. As fundações podem ser classificadas em superficiais e profundas, de acordo com sua profundidade (REBELLO, 2008).

Segundo a NBR 6122/1996 As fundações superficiais têm como limite o apoio em profundidades inferiores a duas vezes a menor dimensão da fundação, a carga é transmitida ao terreno pelas pressões distribuídas sob a base da fundação e podem ser executadas na forma de radiers, baldrames, sapatas corridas e sapatas isoladas. As fundações profundas têm suas profundidades de apoio maiores do que três metros, também relativos à cota original do terreno, utilizadas quando o solo superficial não apresenta capacidade para suportar as cargas aplicadas, transmitem a carga ao terreno pela base (resistência de ponta) e por atrito lateral (resistência de fuste), ou pela junção das duas e podem ser executadas com estacas, tubulões e caixões.

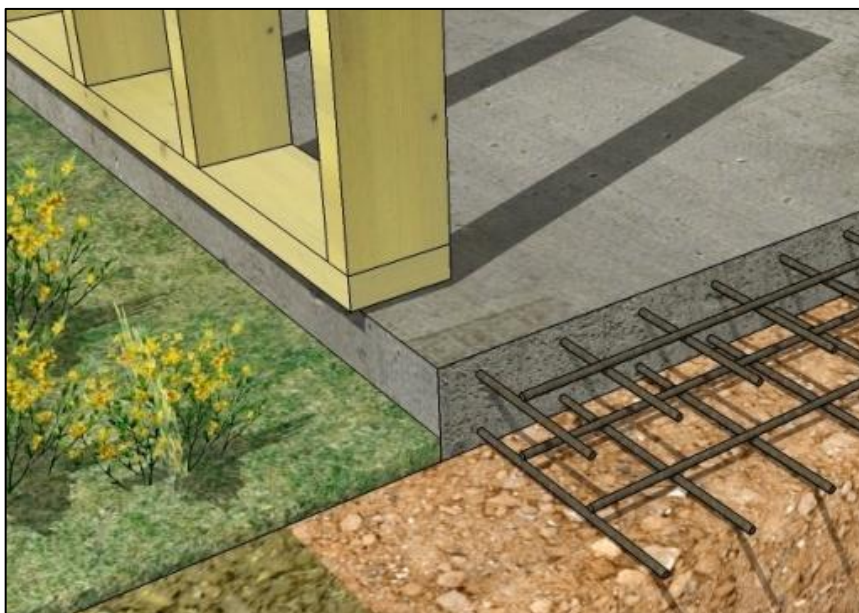
Segundo Salgado (2017), para a perfeita decisão sobre o tipo de fundação se faz necessário não só o conhecimento das cargas atuantes no solo, como também das características do solo. Para tanto, é imprescindível a realização de sondagens para a verificação do solo.

## **2.9 Etapas construtivas Wood Frame**

Este capítulo explora aspectos teóricos e conceituais referentes ao método construtivo *wood frame*, para o seu entendimento, introduzindo alguns conceitos básicos e as etapas construtivas desde a limpeza do terreno até sua finalização. A construção desta unidade foi baseada nas publicações de Tecverde, *WFCM for One and Two Family* (2015), CMHC (1967) e Thallon (2011), Junior e Molina (2010).

### **2.9.1 Fundação *Wood Frame***

O *Wood Frame* é considerado uma construção leve, quando comparada a uma estrutura convencional em alvenaria, então é possível utilizar uma fundação em radier conforme Figura 1, pois a sua estrutura mais leve diminui as cargas suportadas pela fundação. Esse tipo de fundação é recomendado para terrenos com poucos desníveis e superfícies homogêneas, onde além da finalidade de suporte e distribuição das cargas da estrutura, conta também com a função de piso para o pavimento térreo da edificação. Com uma altura de 12 a 15 cm, esta fundação deve ser assentada sobre uma camada de saibro compactado e necessita de armadura superior e inferior (TECVERDE, 2017).



**Figura 1** – Fundação *wood frame* tipo radier

**Fonte** – Tecverde (2017)

### 2.9.2 Fixação da estrutura na fundação

Com o intuito de fixar os painéis a fundação e impedir que ela se movimente quando exposta a pressão do vento, podendo ser o movimento de translação ou de tombamento, são executadas as ancoragens que variam conforme o tipo de fundação, as cargas atuantes sobre a estrutura, condições climáticas do local da construção e a ocorrência de abalos sísmicos (SANTIAGO, CRASTO; FREITAS, 2012).

Segundo *WFCM for One and Two Family* (2015) as predes devem ser ancoradas para resistir as cargas provenientes da construção, vento, neve, entre outros. Para conexão entre os montantes 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 a tabela 1.

Tabela 1 - Especificação dos parafusos de ancoragem

Diâmetro do parafuso de Ancoragem	Espaçamento máximo (in)	Espaçamento máximo (cm)
5/8"	24	60

Fonte: 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). (WFCM for One and Two Family 2015)

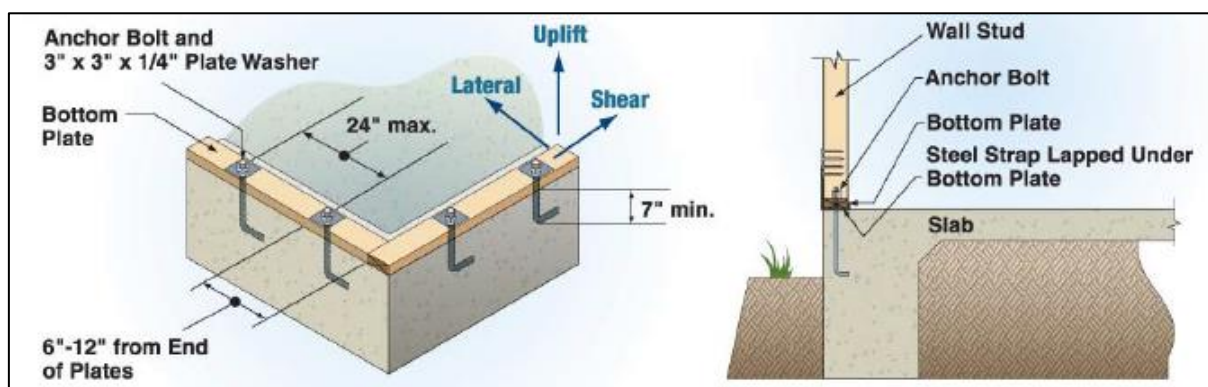


Figura 2 - Conexão entre paredes e laje de fundação.

Fonte: WFCM for One- and Two- Family Dwellings (2015).

A Figura 2 mostra um esquema das conexões entre a soleira inferior com a laje de fundação de acordo com o tipo de fundação usado no projeto piloto (Radier) e a bitola do parafuso de ancoragem.

### 2.9.3 Sistemas de Paredes

A execução ou instalação das paredes se dá após a cura da laje de função já com as ancoragens justaposta antes da concretagem, as paredes do sistema *wood frame* geralmente são produzidas fora do canteiro de obra, sua produção se dá enquanto o concreto ainda está em processo de cura, e são transportadas para o canteiro somente quando necessárias, ou seja quando der início à fixação das estruturas de parede, para que possam ser adequadamente fixadas

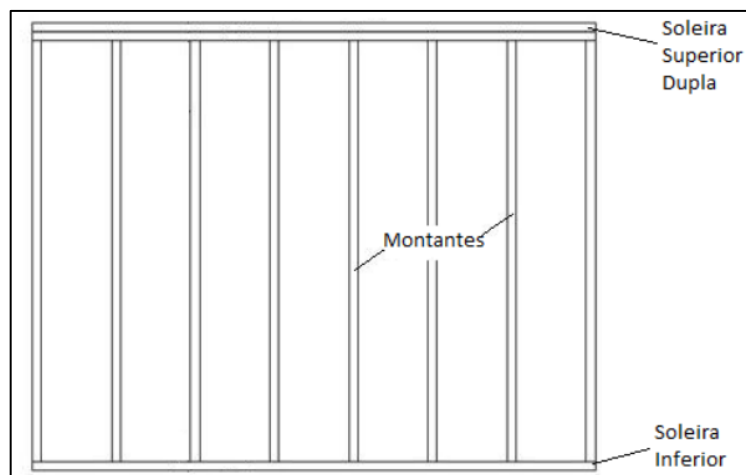
De acordo com WFCM *for One and Two Family* (2015), a altura das paredes, Como regra, nenhuma parede (paredes não portante) deve exceder 6 m (20') em altura. É recomendado, entretanto, que paredes portantes de carga não excedam 3 m (10') de altura. O espaçamento entre elementos verticais não pode exceder 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.

**Tabela 2** – Altura e Espaçamento entre montantes.

Dimensão		Paredes estruturais						Paredes não estruturais					
		altura de paredes sem suporte lateral		Máximo espaçamento o quando suportado telhado e teto somente		Máximo espaçamento o quando suportado um andar, telhado e teto		Máximo espaçamento o quando suportado 2 andares, telhado e teto		altura de paredes sem suporte lateral		Máximo espaçamento o	
In	mm	In	m	In	cm	In	cm	In	cm	In	m	In	cm
2x 4	38x90	10	3	24	60	16	40	-	-	14	4, 2	24	40
2x 6	38x140	10	3	24	60	24	60	16	40	20	6	24	40

**Fonte:** Autoria Própria (adaptado do *US Wall Guide*), 2018.

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 3. O espaçamento máximo entre montantes é de 60 cm e a seção transversal mínima, para paredes portantes de carga, é de 38x89mm (TECVERDE, 2015).



**Figura 3** - Estrutura *Wood Frame*

Fonte: TecVerde (2015)

Na composição de uma edificação em *Wood Frame*, existem paredes portantes de carga e paredes não portantes. No caso do projeto piloto adotado, 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.

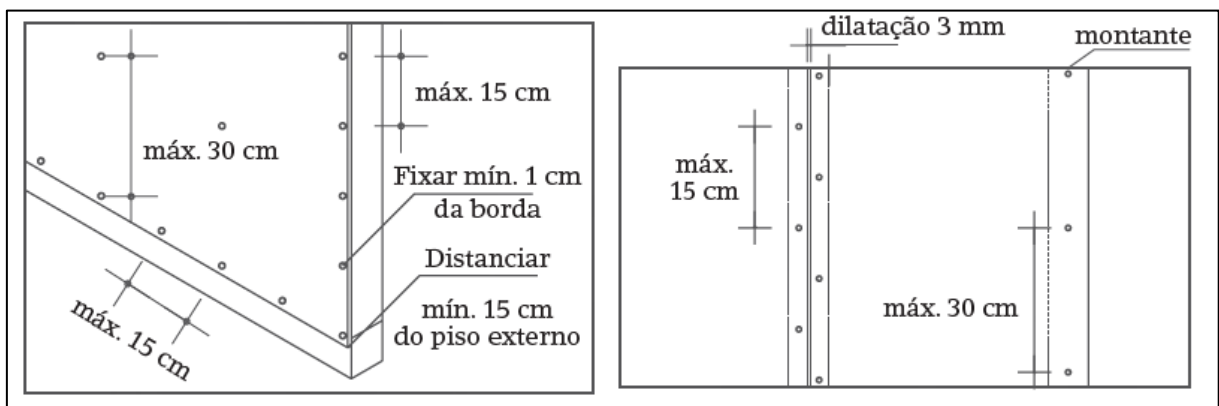
Segundo Tecverde (2015), janelas e portas em paredes portantes de carga requerem quadros estruturais especiais, de modo a permitir, que, mesmo com a inserção da abertura, a capacidade estrutural seja mantida. As vergas (header) podem ser construídas de diferentes formas, entretanto, devem ser capazes 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.



### 2.9.4 Painéis OSB

De acordo com Tecverde (2016) os painéis OSB devem ser capazes de resistir e transferir as cargas horizontais, principalmente as provenientes das ações do vento. O espaçamento máximo entre pregos nas bordas do painel é de 15 cm e 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.

Segundo LP Building (2012), painel de OSB é uma placa estrutural, usado para fechamento interno e externo, cobertura entre outros, promovendo contraventamento, resistência, conforto acústico e térmico, entre outros, e a fixação dos painéis deve manter uma distância de 1 cm entre cada borda do painel e a linha de fixação conforme figura 4. Os pregos/parafusos devem ser fixados a cada 15 cm no perímetro do painel e a cada 30 cm nos apoios intermediários.



**Figura 4** - Conexão entre painéis de OSB e estrutura da parede

**Fonte:** LP Building (2012).

### 2.9.5 Impermeabilização

A diretriz n°003 (2016) e n°005 (2017) do SINAT aponta que, o *wood frame*, deve conter barreiras impermeáveis à água, de modo a bloquear a passagem de água pelas aberturas

impossibilitando o contato com a madeira, as principais medidas tomadas são a aplicação de membranas, e devem garantir estanqueidade de pisos, coberturas, juntas, entre outras.

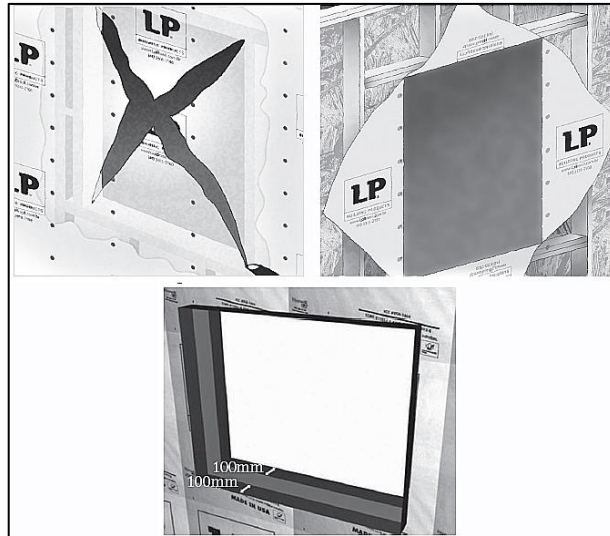
Segundo Tecverde (2015) após a etapa de *framing*, ou seja, toda a estrutura estiver pronta, uma camada hidrófuga deve ser executada sobre as paredes, de acordo com a figura 5, empregados como uma camada de proteção da estrutura contra umidade, a metodologia de execução deve obedecer às orientações do 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 8.



**Figura 5** - Camada de impermeabilização da estrutura com painéis

**Fonte:** TecVerde (2015)

Segundo LP Building (2012), nas aberturas de janelas e portas a impermeabilização tem que ser feitas de maneira a apresentar um corte em X, de vértice a vértice, conforme figura 6, após a finalização de aplicação da membrana hidrófuga. Formadas as abas, devem ser dobradas para o interior. A vedação de todas as aberturas deve conter um reforço com uma fita adesiva asfáltica impermeável, aplicada uniformemente nas aberturas, não contendo emendas e rasgos, garantindo a total impermeabilização das esquadrias. A aplicação da fita se dá na parte interna da abertura com abas de no mínimo 10cm, lado interno e externo, como mostra a Figura 9.



**Figura 6** - Impermeabilização das aberturas

**Fonte:** LP Building (2012)

### 2.9.6 Isolamento Termo acústico e térmico

De acordo com a diretriz n°003 (2016) e n°005 (2017) do SINAT, o isolamento térmico são feitas com placas de lã de rocha, poliestireno expandido ou outro material com comportamento similar que capaz de propiciar o isolamento correto. Os isolantes acústicos, de baixa densidade, podem ser as placas de lã de rocha ou lã de vidro e fibras cerâmicas, poliuretano, entre outros.

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. 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.

### 2.9.7 Instalações Elétricas e Hidros Sanitárias

Segundo Junior e Molina (2010) as instalações elétricas, telefônicas e hidráulica do sistema *wood frame*, além de prático é mais rápida que os convencionais, e pode ser idêntico ao de uma construção convencional. as paredes que irão receber as instalações devem estar indicadas no projeto, pois as mesmas não podem ter função estrutural. São fixadas à estrutura interna da parede conforme figura 7, através de braçadeiras ou fitas metálicas aparafusadas. A passagem de tubulação de gás pela prede não é permitido, pois esta pode acumular e armazenar gases provenientes da tubulação.

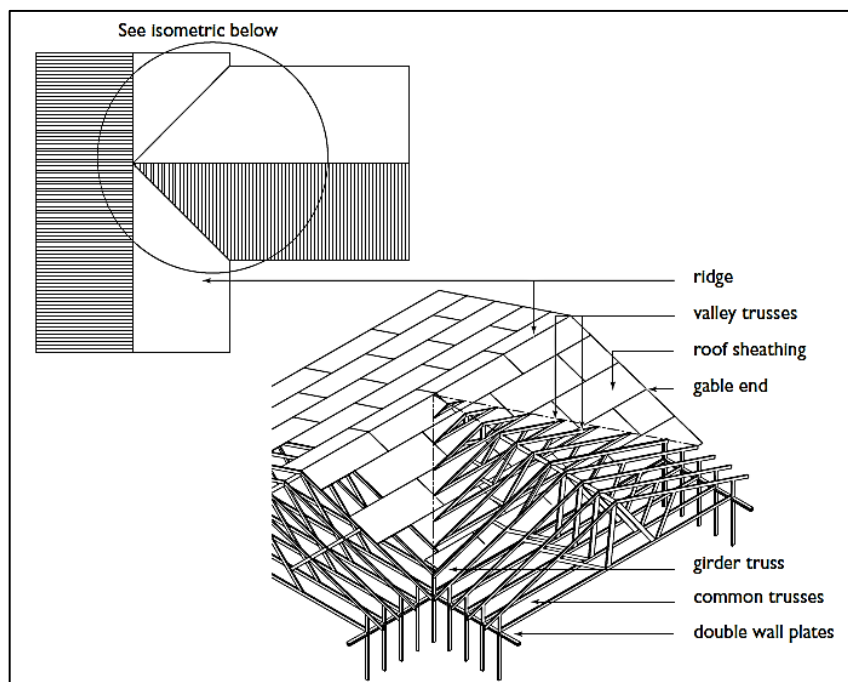


**Figura 7** - Instalação elétrica e Hidro sanitária no sistema *wood frame*

**Fonte:** tecverde (2017)

### 2.9.8 Estrutura das Coberturas

Segundo a Tecverde (2016) não há restrições quanto ao emprego do telhado, comumente a cobertura do sistema *wood frame* se dá em fechamento com tesouras poucas espaçadas, dispensando a utilização de caibros e terças, fechamento em painéis OSB com a aplicação de uma supercobertura, conforme a figura 8, que garante a estanqueidade dos painéis, em seguida se dá a aplicação das telhas shingles.



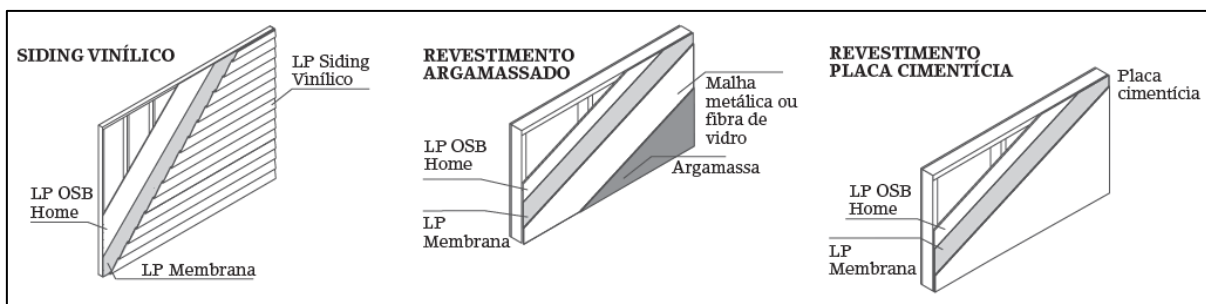
**Figura 8** - Estrutura do telhado *wood frame*

Fonte: CWHC (2015)

Segundo LP Building (2012) a fixação dos painéis deve ser feita com pregos/parafusos de 2", essas fixações devem ser feitas a cada 15 cm no perímetro do painel e a cada 30 cm nos apoios intermediários. Sobre os painéis deve ser aplicada uma Subcobertura, um feltro asfáltico que evita que a água da chuva conduzida pelo vento atinja a placa OSB e também que a eventual umidade da estrutura atinja as telhas asfálticas.

### 2.9.9 Revestimento interno e acabamentos finais

A execução do revestimento é parte da versatilidade do método construtivo, varia de acordo com o tipo de revestimento e ambiente, podendo ser utilizado tanto na parte interna quanto externa. O revestimento também atende os requisitos de arquitetura e funcionam como isolante térmico, podendo ser tanto em PVC, conhecido como siding vinílico, dentre outros inúmeros materiais como placas cimentícias que dão uma finalização semelhante aos revestimentos convencionais de argamassa, além de tijolos aparentes, representados na figura 9. A instalação é rápida e fácil, sendo que a execução deve seguir as boas práticas e normativas relacionadas (JUNIOR; MOLINA, 2010).



**Figura 9** - Revestimentos *wood frame*

**Fonte:** LP Building (2018)

## 2.10 Etapas Construtivas Sistema Convencional

Este capítulo explora aspectos teóricos e conceituais referentes ao método construtivo convencional, para o seu entendimento, introduzindo alguns conceitos básicos e as etapas construtivas desde a limpeza do terreno até sua finalização. A construção desta unidade foi baseada nas publicações de Azeredo (2002), Salgado (2007) e NBR 8545 (1984).

### 2.10.1 Fundação alvenaria convencional

Dependendo do tipo de terreno e sua topografia, pode ser executada tanto em radier quando em sapata corrida e deve-se sempre respeitar o isolamento correto contra a umidade. Quando a fundação for executada em sapata corrida ou viga baldrame, o contra piso pode ser tanto de concreto apoiados sobre as vigas da fundação. Assim como construções em *wood frame*, o projeto piloto adotado possui pequena área e carga, sendo uma estrutura leve, exigindo menos da fundação, e para o intuito comparativo dos sistemas construtivos, foi adotado o mesmo tipo de fundação para ambos, ou seja, fundação tipo radier.

### **2.10.2 Sistemas de paredes Alvenaria Convencional**

Alvenaria é conhecida como obras que constituem pedras naturais, tijolos ou blocos de concreto, ligados através de argamassa, e deve oferecer resistência, durabilidade e impermeabilidade. A aplicação de tijolos satisfaz plenamente estas condições, nesse caso, utilizando produtos específicos. A impermeabilidade à umidade tem interesse especial sob o ponto de vista higiênico. (AZEREDO, 1997).

De acordo com Azeredo (1997) as alvenarias de tijolos são constituídas entre nós, esqueleto da edificação, empregadas isoladamente ou em combinação com o concreto armado.

A alvenaria pode ser executada utilizando os seguintes materiais:

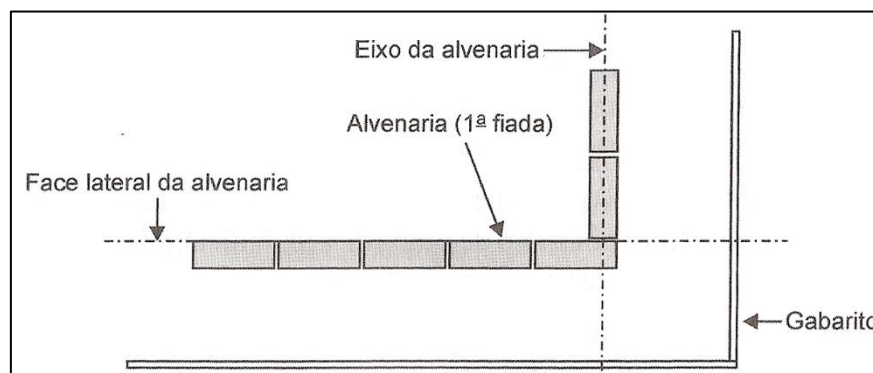
- a) Tijolos de barro cozido - comum; laminado; furado, com quatro furos, com seis furos, com oito furos; refratário baiano;
- b) Blocos de concreto;
- c) Concreto celular;
- d) Pedras naturais.

As vedações verticais podem ser entendidas como um subsistema do edifício formado por elementos que dividem os ambientes internos, controlam a ação de agentes indesejáveis, constituindo suporte e proteção para as instalações do edifício e ainda servem para proporcionar condições de habitabilidade necessária às edificações. A alvenaria pode ser entendida como um componente construído em obra pela união entre unidades (blocos e tijolos) e o elemento de ligação (argamassa de assentamento), formando um conjunto monolítico e estável (SALGADO, 2017).

### **2.10.3 Locação das paredes**

Antes da locação da parede, é necessário conferir a posição de cada componente estrutural, como pilares, vigas e outros. Com base na marcação da primeira fiada, é preciso marcar o início da alvenaria, com posição de eixo de cada parede, ou na maioria das vezes, o alinhamento da face do lado em que o pedreiro vai executar a alvenaria. Para lançar as medidas, é recomendável que a trena seja de aço, para evitar distorções, marcando inicialmente os cantos

e encontros de parede. Um esquadro de 90 graus é indispensável na marcação e colocação da primeira fiada. (Salgado 2017).



**Figura 10** - Locação da parede

Fonte: Salgado (2017).

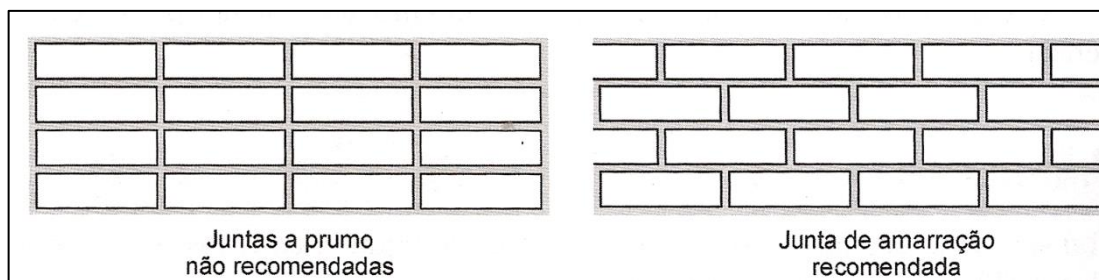
Como exemplo ilustrativo a figura 10 apresenta a marcação da primeira etapa do processo, a locação da primeira fiada. A marcação dos pontos deve seguir as informações conforme o projeto garantindo a linearidade da alvenaria.

Segundo Salgado (2017), caso o piso ou viga não esteja nivelada, deve-se proceder ao nivelamento da primeira fiada, não ultrapassando 2cm nessa regularização. Caso seja necessário um complemento, deve ser feito na segunda fiada.

#### 2.10.4 Execução das alvenarias

A execução das alvenarias deve seguir rigorosamente as indicações de projeto, traços de argamassa, vãos e demais detalhes que venham a fazer parte. Entende-se por fiada de uma alvenaria a camada de tijolos ou blocos assentados. As juntas de assentamento são feitas em amarração para fins de distribuir adequadamente as tensões, variando de 1 a 2 cm de espessura. A junta pode ser frisada ou reta em ambas as faces da alvenaria, devendo-se adotar sistemas de impermeabilização quando necessárias (SALGADO, 2017).





**Figura 11** - Juntas de assentamento

Fonte: Salgado (2017).

Como exemplo ilustrativo, a figura 11, apresenta a montagem de uma alvenaria considerando tijolos comuns. Recomenda-se que as juntas verticais estejam desencontradas das juntas verticais da fiada para haver melhor distribuição de tensões proveniente das cargas.

Segundo Salgado (2017) argamassa são utilizadas para a união dos elementos de alvenaria (tijolos ou blocos) e são compostas de cimento, cal hidratada (ou saibro) e areia. Para preparar a alvenaria para receber o revestimento (emboço), faz-se necessária a aplicação de uma fina camada de argamassa de cimento e areia para a criação de uma superfície rugosa (chapisco). Usualmente, para os procedimentos convencionais, temos a seguinte composição (traço) da argamassa de assentamento:

**Tabela 3** - Traços de argamassa para assentamento

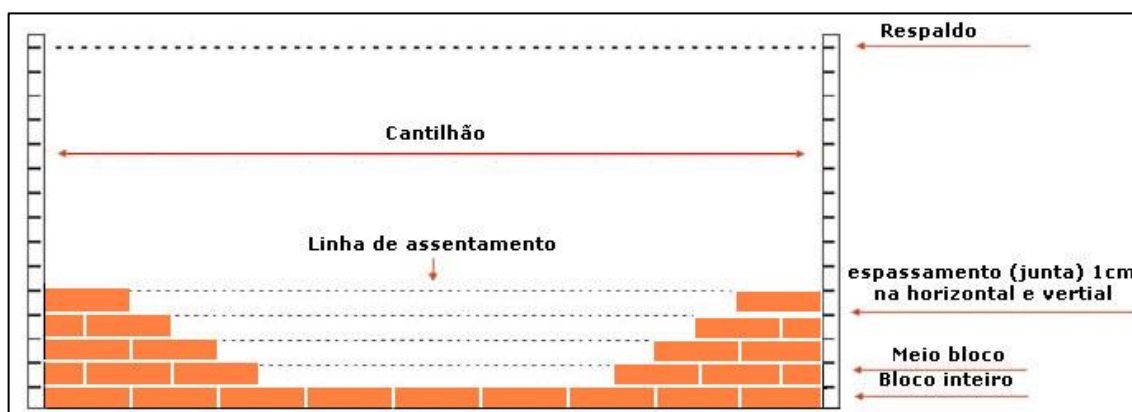
Traços (volume) de argamassa para assentamento de alvenaria			
	Composição em volume		
	cimento	Cal hidratada	Areia
Argamassa de assentamento	1	2	6 a 10
Argamassa de encunhamento	1	3	10 a 12

Fonte: Salgado (2017)

A argamassa é uma mistura de agregados aglomerantes com água. Normalmente a argamassa utilizada em obra é feita com areia natural lavada, misturada com cimento Portland e cal, ou com apenas um desses elementos. Cimento e cal são os aglomerantes. O tipo de aglomerante é definido pelo responsável técnico da obra, de acordo com a utilização da argamassa. Os tipos de argamassa dependem do aglomerante utilizado. Assim existe argamassa de cal, cimento e mista, tanto para assentamento quanto para revestimento. É um componente destinado a unir os blocos entre si. A alvenaria fica um bloco monolítico (grande pedra), pois seus esforços são transmitidos para a argamassa. Este tipo de argamassa também é um agente

de acomodação de deformações. Além de unir blocos e tijolos. A argamassa sela as juntas e ajuda a distribuir as cargas que as construções suportam. (Ambrozewicz 2012).

A NBR 8545 (1984) afirma que o assentamento dos componentes cerâmicos deve ser planejado de tal forma que nos encontros de paredes sejam realizadas juntas de amarração conforme figura 12. Devem ser executadas no mínimo 24 horas após a execução da impermeabilização da viga baldrame, garantindo assim a estanqueidade da alvenaria.



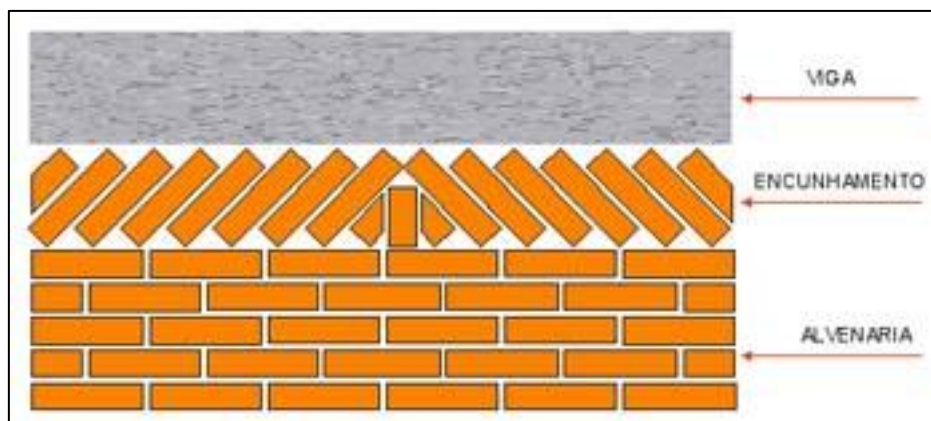
**Figura 12** - Elevação da Alvenaria

Fonte: vedação (2018)

A NBR 8545 (1984) explica que em todos os vãos de portas e janelas sejam moldadas vergas e contra-vergas, excedendo 20 cm para cada lado do vão com altura mínima de 10 cm. Quando o vão ultrapassar 2,4 m elas devem ser calculadas como vigas. Muitas vezes não há necessidade de ligação entre a alvenaria e a estrutura. Nestes casos as alvenarias de diferentes alinhamentos são assentadas com as chamadas amarrações entre as suas fiadas. Ou seja, uma parede estará engastada ou ligada com uma outra parede.

### 2.10.5 Encunhamento

Em alvenarias destinadas a fechamento de vãos entre estruturas (vigas e pilares) deve-se deixar um pequeno vão entre a alvenaria e a viga estrutural, porque se elevá-las até o final, pode acontecer um destacamento da alvenaria da construção devido à acomodação entre as diversas fiadas da alvenaria, além da acomodação estrutural. Para prevenir tal situação, a alvenaria é interrompida cerca de 20 cm antes do encontro com a viga. (Salgado 2017).



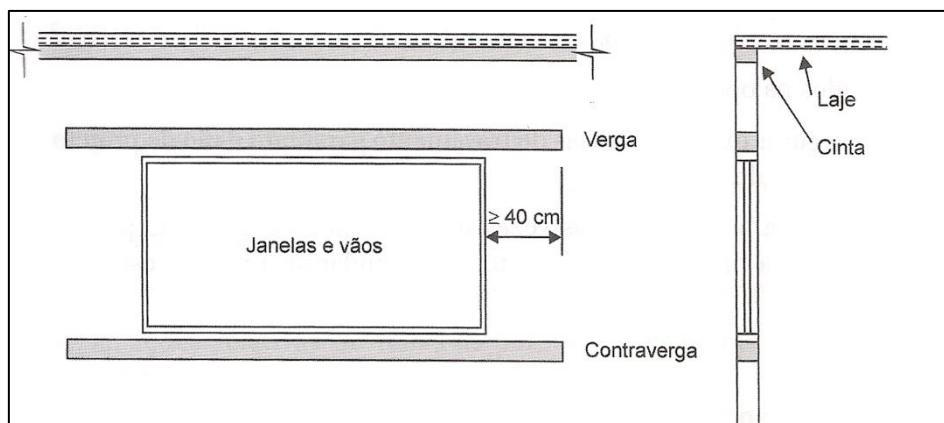
**Figura 13** - Encunhamento

Fonte: IBDA fórum da construção (2018)

A figura 13 ilustra detalhes do encunhamento e como deve ser executado. Segundo Júlio Salgado pode ser executado com tijolos assentados e inclinados com argamassa normal e pressionados entre a viga e a alvenaria executada, ou o preenchimento do vão pode ser feito com o uso de espuma expansiva de poliuretano e neste caso o vão entre a alvenaria e a viga não deve ser superior a 3 cm.

#### **2.10.6 Vergas, Contravergas, e Cintas de Amarração**

Os contornos dos vãos de portas e janelas estão sujeitos a tensões concentradas, em virtude das solicitações mecânicas a que as paredes estão sujeitas, causando fissuras indesejáveis nos cantos e no meio do vão dos caixilhos. Para evitar este problema, lança-se mão das vergas, contravergas e cintas. Tal reforço deve dar suporte às movimentações. (Salgado 2017).



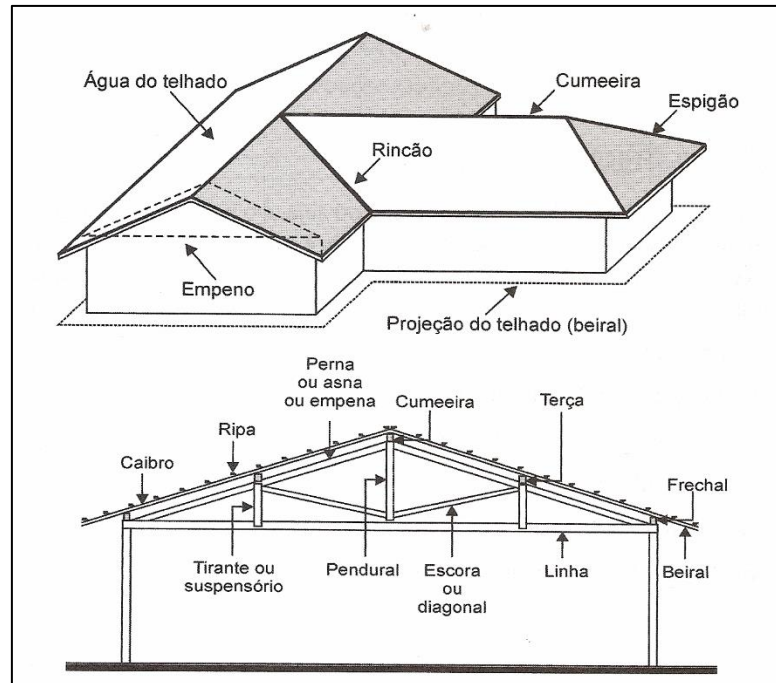
**Figura 14 - Vergas, Contra vergas e Cintas de Amarração**

**Fonte:** Salgado (2017)

A figura 14 ilustra detalhes de aberturas e vãos, e os elementos estruturais empregados para o seu devido assentamento, sendo: vergas elemento executada acima dos caixilhos, contravergas elemento executado abaixo dos vãos de janelas e vãos abertos em alvenaria, e cinta de amarração que são vigas de pequena seção executada no final da alvenaria com a finalidade de promover a solidarização entre as alvenarias da construção.

### 2.10.7 Cobertura e Estrutura

A cobertura é o elemento da construção que tem como primeira finalidade proteger a obra e o seu conteúdo contra as intempéries e ações da natureza, o que a humanidade procurou desde os primórdios dos tempos. Desde os abrigos rústicos nas cavernas até hoje, muito mudou quanto ao material utilizado, técnicas construtivas, tipos de acabamento, elementos estruturais ou não é uma infinidade de características e formas de coberturas. A cobertura de uma obra é composta basicamente de dois elementos, que são estrutura, constituídas de vigas e peças, metálicas ou de madeira, chamadas de tesouras, destinadas a suportar os elementos de cobertura, e a cobertura, que cobre a estrutura (telhas), dando proteção a obra. Pode-se ainda acrescentar à cobertura outros elementos destinados à captação das águas pluviais, tais como calhas e condutores. A estrutura de uma cobertura é composta de um sistema treliçado destinado a suportar todo o carregamento da cobertura, além dos esforços provenientes da ação de intempéries com chuva, vento, neve. (Salgado 2017).



**Figura 15** - Cobertura e estrutura

**Fonte:** Salgado (2017)

A figura 15 representa uma estrutura básica de uma cobertura e os elementos que a compõem destinados a suportar todo o carregamento da cobertura, além dos esforços provenientes da ação das intempéries, como variações climáticas.

### 2.10.8 Impermeabilização

A água na construção civil é muito importante, pois faz parte da constituição da argamassa, concretos, tintas, entre outros. Além disso, é indispensável para a limpeza dos ambientes, porém, pode ser um elemento indesejável nas construções quando não precisamos dela. Assim, são necessárias medidas para contê-la é necessário recorrer a sistemas de impermeabilização (SALGADO, 2017).

### 2.10.9 Revestimento

Como o próprio nome sugere, todas as construções, sejam estruturais ou de vedação necessitam de algum elemento que as proteja das intempéries, como vento, chuva, sol, variações de umidade, entre outras, que ao longo do tempo causam danos à obra. Esse elemento que dá proteção à construção, além de estanqueidade às edificações chama-se revestimento. Os revestimentos são os mais diversos, inclusive alguns destinados a condições e ambientes específicos devido a particularidade de uso (SALGADO, 2017).

Segundo Salgado (2017) os revestimentos mais conhecidos e utilizados são os de argamassa, cerâmicos e os de pedra. Os tradicionais são os de argamassa, sendo os mais apropriados para proteger alvenarias internas e externas, sua forma de aplicação é geralmente lisa. Um revestimento completo de argamassa assume três etapas.

**Chapisco:** primeira camada de revestimento, aplicada diretamente sobre a alvenaria, com a finalidade de proporcionar melhor aderência para a camada seguinte. Consiste numa argamassa de traço 1:3 de cimento e areia média, numa espessura que varia de 5 a 7 mm.

**Emboço:** segunda camada, deve ser aplicada após 24 horas do chapisco, tem a finalidade de regularizar a superfície da alvenaria, preencher os eventuais vazios e corrigir distorções encontrada no prumo quando da execução da alvenaria, aplicada geralmente em torno de 2 a 2,5 cm de espessura e seu traço é bastante variável, dependendo dos componentes utilizados em sua composição.

**Reboco:** conhecida como revestimento fino, terceira e última camada deve ser executada somente 21 dias depois do emboço. Consiste em argamassa de cimento, cal hidratada e areia fina peneirada, aplicada para dar acabamento ao emboço, numa espessura não maior do que 5 mm, corrigindo irregularidades. O traço usual em volume para esse revestimento é 1:3 (cal e areia fina) com adição de 50 kg de cimento por m<sup>3</sup> de argamassa.

Os revestimentos cerâmicos são largamente empregados em áreas sujeitas a presença de água constante, como cozinhas e banheiros. Para o seu assentamento é necessário um perfeito controle das juntas, empregadas para a absorção de movimentações térmicas e estruturais. Antigamente o assentamento era executado com argamassa de cimento, cal e areia preparada na obra, mas atualmente a argamassa já são preparadas em fabrica, bastando adicionar água conhecidas como cimento-cola ou cimento colante.

## 2.11 Orçamento e estimativa de custos

A estimativa de custo, estabelecimento do preço, é o levantamento de custo de um empreendimento, tem como base, vários itens a serem considerados, que influenciam e contribuem para esse exercício, envolvendo o exercício de previsão, análise e valorização dos itens, sendo necessária atenção e habilidade. Como o orçamento é feito antes da efetiva construção do produto, é necessário muita atenção e estudo para que não haja lacunas (MATTOS, 2014).

Mattos (2014, pag. 34) define estimativa de custo como...

“[...]uma avaliação expedita feita com base em custos históricos e comparação de projetos similares. Em geral é feita a partir de indicadores genéricos, números consagrados que servem para uma primeira abordagem da faixa de custo da obra[...]”.

O conhecimento detalhado do serviço é um dos requisitos básicos para um bom orçamentista, com um trabalho bem executado, é possível estabelecer a melhor maneira de atacar a obra e realizar cada tarefa, assim como identifica as dificuldades de cada serviço e seus custos de execução. O orçamento pode ser determinado como uma soma dos custos diretos (mão de obra, material, equipamento) e dos custos indiretos (equipes de apoio, despesas gerais do canteiro de obra, entre outros) e por fim adicionando os impostos e lucros para chegar ao preço de venda (MATTOS, 2014).

O orçamento não tem que ser exato, porém preciso, não se pode falar em orçamento padronizado ou generalizado, por mais que se tenha como base algum trabalho anterior, é sempre necessário adaptar o orçamento em questão. O orçamento para a construção de uma casa em uma cidade é diferente de uma casa igual em outra cidade, este está diretamente ligado às empresas e condições locais (MATTOS, 2014).

Mattos (2014, pag. 22) afirma que

“um dos fatores primordiais para um resultado lucrativo e o sucesso do construtor é uma orçamentação eficiente. Quando o orçamento é mal feito, fatalmente ocorrem imperfeições e possíveis frustrações de curto prazo. Aliás geralmente erra-se para menos, mas errar para pouco é bom[...]”.

Do ponto de vista do proprietário, o orçamento deve conter todos os serviços, quantificado e cotado devidamente com os respectivos preços, cujo somatório define o preço

total. Do ponto de vista do construtor, orçamento é a descrição de todos os insumos, quantificados e cotados devidamente com os respectivos preços, acrescidas de despesas indiretas (mais o lucro e os impostos), cuja somatória define o custo total (MATTOS, 2014).



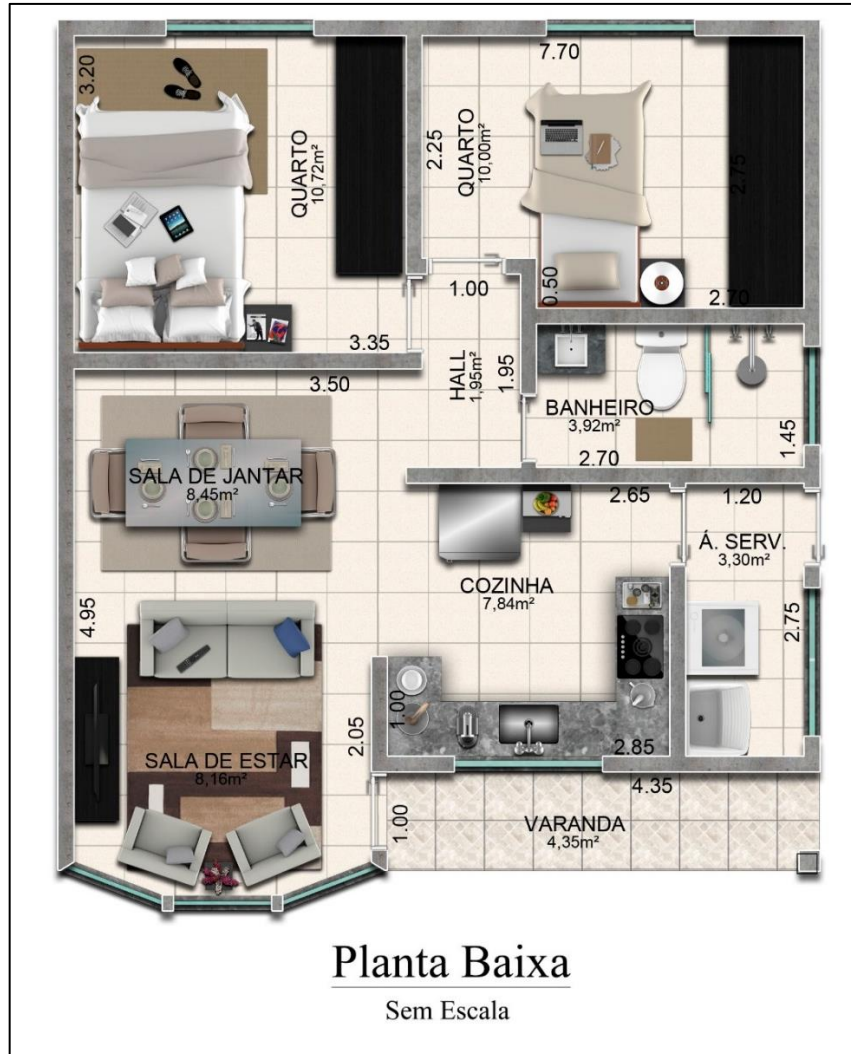
### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa científica não é apenas um relatório de fatos empíricos, mas o desenvolvimento de um caractere interpretativo aos dados obtidos, sendo imprescindível correlacionar com a teoria tendo como base um modelo teórico dos dados e fatos colhidos ou levantados. nenhuma pesquisa parte do ponto zero, mesmo que exploratória, alguém em algum lugar, já deve ter feito a busca por tal conhecimento, sendo necessário e imprescindível a busca por estas fontes, para que não haja desperdício de tempo com descobertas já expressas (MARCONI, LAKATOS, 2003).

A pesquisa se faz necessário quando não há informações e relatos necessários para a solução do problema, a pesquisa desenvolve-se ao longo de um processo que envolve inúmeras fases, desde a adequada formulação do problema até a satisfatória apresentação dos resultados. Se justifica através de muitas razões, classificadas em dois grupos, razões de ordem intelectual que decorrem do desejo de conhecer pela própria satisfação de conhecer, e os de razões de ordem prática que decorrem do desejo de conhecer com vista a fazer algo de maneira mais eficaz. Para o seu êxito a pesquisa depende de certos fundamentos intelectuais e sociais do pesquisador, entre os quais: conhecimento do assunto apresentado, curiosidade e criatividade (GIL, 2008).

#### 3.1 Estudo de Caso

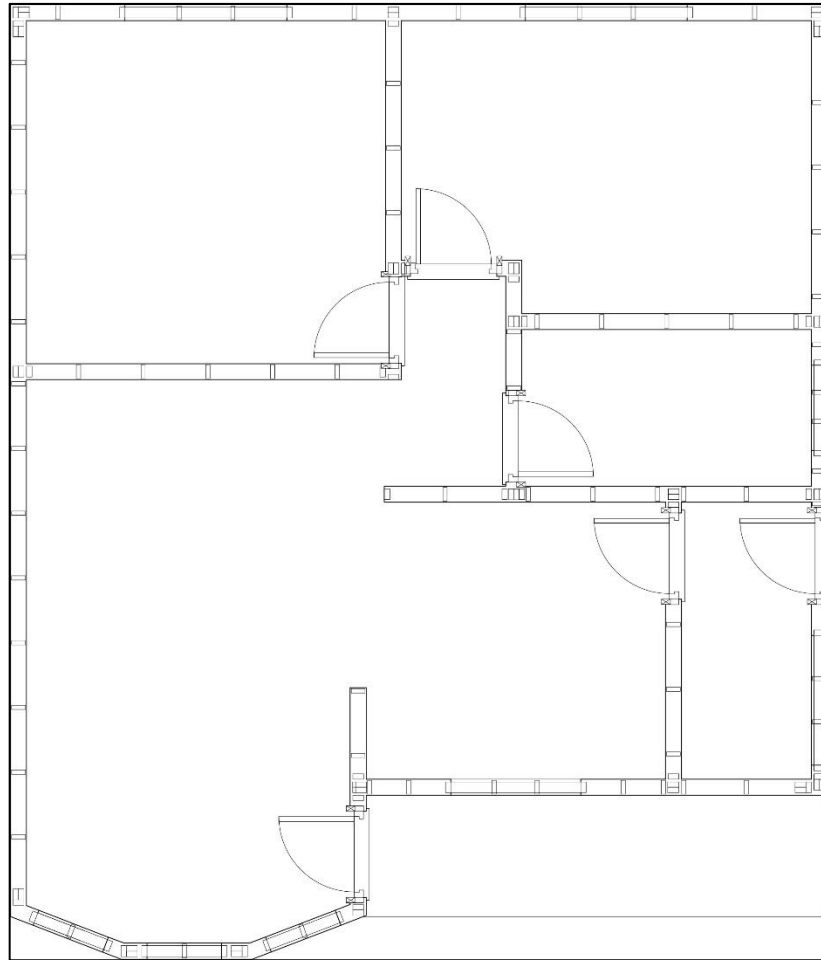
Para ao desenvolvimento do presente trabalho houve a necessidade de desenvolver um projeto piloto de autoria própria, uma residência unifamiliar com 60m<sup>2</sup>, projetada inicialmente para se situar em Cambuí MG. O projeto foi adaptado para os respectivos sistemas construtivos apresentados, para posteriormente elaborar a estimativa de custo de cada método, possibilitando o comparativo dos sistemas e análise dos resultados.



**Figura 16 - Projeto piloto**

**Fonte:** Autoria Própria, 2018.

O projeto piloto consiste em uma residência unifamiliar, com 2 quartos, um banheiro, sala cozinha com área de serviço conforme figura 16. O mesmo foi adaptado para os respectivos sistemas construtivos, para o levantar os serviços e materiais necessários para a conclusão do mesmo.



**Figura 17** - projeto piloto adaptado para *wood frame*

**Fonte:** Autoria Própria, 2018

O projeto em *Wood frame*, figura 17, foi desenvolvido em plataforma Bim, de acordo com os dados apresentados. A madeira utilizada para projetar em *wood frame* foi a 38x89mm (referente ao padrão americano 2"x4") conforme as especificações do projeto. Os montantes e as tesouras (cobertura), foram espaçados a cada 60cm.



**Figura 18** – projeto em *wood frame*

**Fonte:** Autoria Própria, 2018

### 3.2 Estimativas de custo

Para o início da estimativa de custo da obra foi necessário identificar e quantificar os serviços e materiais necessários, para isso, foram utilizadas planilhas de autoria própria, relações de custo pelo SINAP, e orçamentos fornecidos por empresas especializadas, a fim de

se estimar os custos dos referentes sistemas construtivos e realizar os comparativos para a construção adotada.

#### 4 ANÁLISE DE RESULTADO

Analisando as estimativas de custos realizadas percebe-se que cada sistema tem sua vantagem, porém, podemos perceber que o sistema construtivo *Wood Frame* apresenta uma economia de 16,79%, e o seu tempo de execução é menor, conforme dados oferecidos pela empresa especializada. Na composição dos custos, o serviço que apresenta maior peso em relação aos outros, é a mão-de-obra, decorrente a isso, é possível constatar um déficit com relação aos trabalhadores qualificados, exclusivamente quando se trata do *Wood Frame*, sistema desconhecido pela maioria, fazendo se necessário contratar mão de obra especializada, o que acaba tornando a obra mais onerosa, fazendo com que a alvenaria convencional seja uma escolha mais viável, quando comparada a este aspecto. Através da utilização das planilhas e de dados do mercado, foi possível fazer a estimativa de custo de cada sistema. O gráfico e tabela 3 e 4 abaixo, demonstram de maneira mais visual a diferença entre estes dois sistemas.

**Tabela 4** - Resumo da Estimativa de Custo para a Alvenaria Convencional

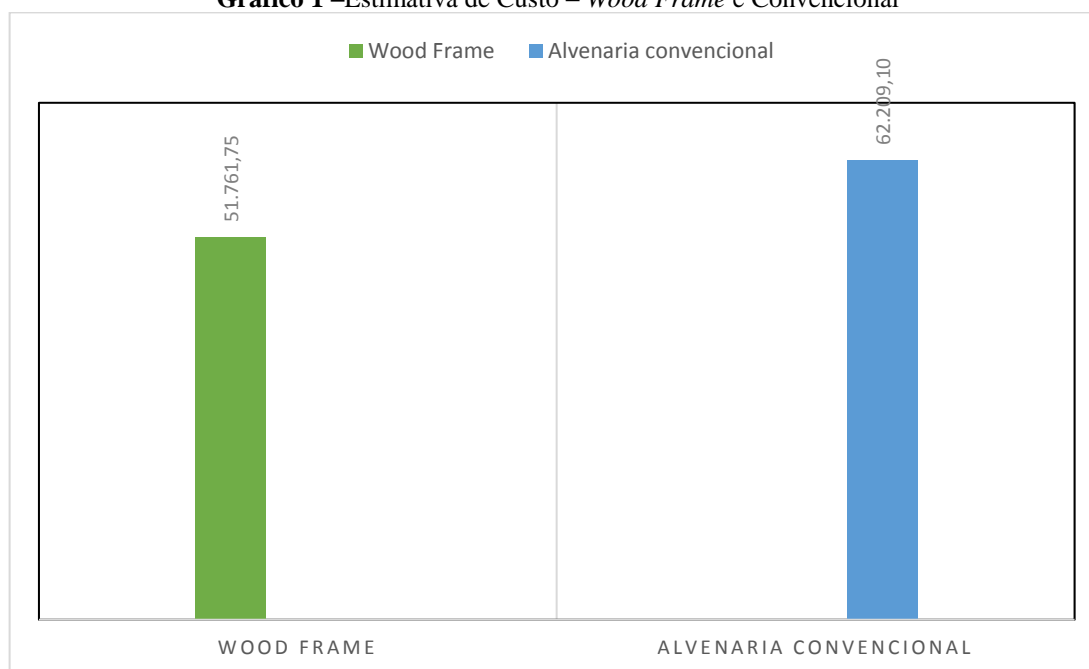
<b>Serviços</b>	<b>Preço total</b>	<b>Peso [%]</b>
Serviços preliminares gerais	2.000,00	3,21
Infraestrutura	7.280,00	11,70
Supra estrutura	5.007,00	8,05
Paredes e painéis	9.100,00	14,63
Esquadrias	3.750,00	7,41
Vidros e plásticos	2.400,00	3,86
Cobertura	5.726,50	9,21
Revestimento interno	3.603,80	5,79
Revestimento externo	1.870,00	3,01
Pintura	3.151,80	5,07
Pisos	7.2000,00	11,57
Acabamentos	270,00	0,43
Instalações elétricas	2.580,00	4,15
Instalações hidráulicas	2.550,00	4,10
Instalações esgoto e água pluvial	2.550,00	4,61
Louças e metais	2.870,00	4,88
complementos	300,00	0,48
<b>Total</b>	<b>62.209,10</b>	<b>100</b>

**Fonte:** Autoria própria, 2018.

**Tabela 5** - Resumo estimativa de custo para *Wood Frame*

Serviços	Preço total	Peso [%]
Serviços preliminares gerais	2.000,00	3,86
Infraestrutura	7.280,00	14,06
Paredes e painéis	16.035,25	30,98
Vidros e plásticos	2.400,00	4,64
Cobertura	5.726,50	11,06
Pisos	7.2000,00	13,91
Acabamentos	270,00	0,52
Instalações elétricas	2.580,00	4,98
Instalações hidráulicas	2.550,00	4,93
Instalações esgoto e água	2.550,00	4,93
Louças e metais	2.870,00	5,54
complementos	300,00	0,58
<b>Total</b>	<b>51.761,75</b>	<b>100</b>

Fonte: Autoria própria, 2018.

**Gráfico 1** –Estimativa de Custo – *Wood Frame* e Convencional

Fonte: Autoria própria, 2018.

Observa-se também que o custo final entre os dois sistemas é relativamente próximo, sendo a convencional mais oneroso. Segundo a SHINTEC, empresa especializada em construções sustentáveis, afirma que os custos entre os sistemas são muito próximos, quanto se

trata de construção unitária, a vantagem do *Wood frame* se dá quando a demanda é alta, ou seja, conjuntos habitacionais, sendo possível obter uma economia significativa no resultado final.



## 5 CONCLUSÃO

A evolução tecnológica se faz necessário no cenário construtivo brasileiro, a adequação de novos métodos construtivos e materiais alternativos, que possam vir a substituir as técnicas convencionais, pode servir de apoio e solução para países como o Brasil, onde além de apresentar grandes índices de déficit habitacional, apresenta também condições precárias de habitação, sendo que é um país rico em recursos naturais e renováveis, como madeira, material de grande abundância em território nacional. Portanto, partindo da ideia de que o atual cenário necessita adaptar-se às condições e a busca pelo desenvolvimento, o presente trabalho abordou uma alternativa aos sistemas construtivo convencionais o *wood frame*, utilizados em países desenvolvidos, como Estados Unidos e Canadá, que apresenta um aglomerado de vantagens, como apresentado no respectivo trabalho.

O *Wood frame* é um sistema ainda desconhecido nacionalmente e o preconceito em relação ao emprego da madeira como material de construção ainda é uma barreira que dificulta a sua aplicação na construção civil brasileira, a ausência de norma nacional também é um fator que torna o sistema menos atrativo aos olhos dos construtores brasileiros.

Realizada a comparação entre os dois sistemas, percebemos que cada um apresenta sua particularidade, sistemas construtivos que se diferem em diversos quesitos, sendo que o sistema convencional no âmbito atual, é o sistema dominante e o mais empregado no Brasil. Os sistemas industrializados levam uma grande vantagem em relação ao sistema de alvenaria convencional quando o assunto é tempo de execução. Nos sistemas industrializados a sustentabilidade que estes sistemas proporcionam, se torna outro ponto chave na escolha, por serem construções a seco, utilizarem materiais renováveis, e por proporcionarem um menor índice de resíduos de construção, ponto de suma importância no cenário atual, onde os olhos estão voltados para sustentabilidade, sendo que a construção civil é responsável por mais da metade do volume de resíduos sólidos gerados em meios urbanos, praticamente todas as atividades desenvolvidas no setor são geradoras de entulho.

Pode-se chegar à conclusão que o sistema *wood frame*, levando em consideração a problemática do cenário, é o método que se faz mais eficaz para a solução, o sistema apresenta várias vantagens em relação às convencionais, primeiramente pela agilidade da construção e o custo relativamente menos oneroso, porém, também apresentam desvantagens, um dos pontos negativos encontrados na realização do trabalho, se deu pela dificuldade do levantamento de custo do *wood frame*, o que levou o respectivo levantamento ter como base projetos já

elaborados e finalizados, estimativa de custo por m<sup>2</sup>, dados fornecidos pela Shintec, em parcerias com outras empresas especializadas, questão normativa também foi um dos pontos negativos, pois a norma brasileira NBR 7190:1997 - Projeto de Estruturas de Madeira - não constitui informações específicas para o dimensionamento do *wood frame*, fazendo-se assim, necessário obter normas específicas de outros países e adaptá-las para a concepção do projeto, a norma atual, apresenta critérios para execução e controle das estruturas de madeira, tais como pontes, e coberturas, levando em consideração a segurança.

Sabemos que o Brasil já avançou bastante na área, mas ainda há um caminho a percorrer, especialmente no que se refere às falhas verificadas em obras. Hoje, o grande desafio da construção civil é a mudança de cenário na construção industrializada, é fundamental que o setor inove, empregando os princípios de novas tecnologias.

## REFERÊNCIAS

- ABIKO, A. K. **Introdução à Gestão Habitacional**. Escola Politécnica da USP, São Paulo, 1995.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7190 - Projeto de Estrutura de Madeira**. Rio de Janeiro, 1997.
- ACCETI, K. M. **Contribuições ao Projeto Estrutural de Edifícios em Alvenaria**. São Carlos, 1998.
- ALLEN, E., THALLON, R., & SCHREYER, A. (2017). *Fundamentals of Residential Construction*. JOHN WILEY PROFESSIO.
- AMBROZEWICZ, P. L. (2012). *Materiais de Construção*. São Paulo: PINI.
- ANTUNES, A. P., & LAUREANO, A. M. **Construção Sustentável: Principais Tecnologias e Inovações**. Universidade do Sul de Santa Catarina - Tubarão, 2008.
- AZEREDO, H. A. **O Edifício até sua Cobertura**. Edgard Blucher, São Paulo, 1997.
- BATISTA, F. D. **A Tecnologia Construtiva em Madeira na Região de Curitiba: da Casa Tradicional à Contemporânea**. Santa Catarina: UFSC, 2007.
- BONDUKI, N. G. **Política habitacional e inclusão social no Brasil: revisão histórica e novas perspectivas no governo Lula**. São Paulo, 2008.
- CWHC. *Canaian Wood Frame House Construction*. Canada, CMHC, 1967.
- DUARTE, M. A., TAGUCHI, M. K., BENETTI, D., FERREIRA, A. A., & PANDOLFI, T. N. **Sistemas Construtivos**. Curitiba, Editoralt, 2013.
- GIL, A. C. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. 6º ed. São Paulo, Atlas, 2008.
- GREVEN, H. A., & BALDAUF, A. F. **Introdução à Coordenação Modular da Construção no Brasil**. Porto Alegre, Coleção Habitare, 2007.
- JUNIOR, C. C., & MOLINA, J. C. **Sistema Construtivo em Wood Frame para Casas de Madeira**. Londrina, 2010.
- LP BUILDING PRODUCTS. **Manual CES - Construção Energética Sustentável**. Curitiba, 2012.

MARCONI, M. A., & LAKATOS, E. M. (2003). **Fundamentos de Metodologia Científica**. 5° ed., São Paulo, Atlas, 2003.

MATTOS, A. D. **Como Preparar Orçamentos de Obras**. São Paulo, Pini, 2014.

MENDES, C., VERÍSSIMO, C., & BITTAR, W. **Arquitetura no Brasil**. Rio de Janeiro, Imperial Novo Milênio, 2011.

PINTO, T. P. **Entulho de Construção: Problema Urbano que pode Gerar Soluções**. São Paulo, 1992.

REBELLO, Y. C. **Fundações: Guia Prático de Projeto, Execução e Dimensionamento**. São Paulo, Zigurate, 2008.

RODRIGUES, A. M. **Moradia nas cidades brasileiras**. São Paulo, Contexto, 2001.

ROSSO, T. **Racionalização da Construção**. São Paulo, Universidade de São Paulo, 1990.

SALGADO, J. P. **Técnicas e Práticas Construtivas para Edificações**. São Paulo, Saraiva, 2017.

SANTIGO, A. K., FREITAS, A. S., & CRASTO, R. M. **STEEL FRAMING: ARQUITETURA**. Rio de Janeiro, 2012.

SILVA, F. **Wood frame** - Construções com perfis e chapas de madeira. 2010.

SISTEMA NACIONAL DE AVALIAÇÃO TÉCNICA. **Diretrizes para Avaliação Técnica de Produtos** - Sistemas construtivos estruturados em perfis leves de aço conformados a frio, com fechamentos em chapas delgadas (Sistemas leves tipo “*Light Steel Framing*”). Diretriz N° 003. Brasília, 2015.

SISTEMA NACIONAL DE AVALIAÇÕES TÉCNICAS. **Diretrizes para Avaliação Técnica de Produtos** - Sistemas construtivos estruturados em peças de madeira maciça serrada, com fechamentos em chapas delgadas (Sistemas leves tipo “*Light Wood Framing*”). Diretriz n° 005. Brasília, 2015.

STECHHAHN, C. **Habitação Vertical Multifamiliar Flexível: Atendendo a diversidade contemporânea**. Ribeirão Preto, 2016.

TÉCNICA, S. N. **Diretrizes para Avaliação Técnica de Produtos** - Sistemas construtivos estruturados em perfis leves de aço conformados a frio, com fechamentos em chapas delgadas (Sistemas leves tipo “*Light Steel Framing*”). Curitiba, 2015.

TECVERDE. **Como Projetar em Wood Frame**. Curitiba, 2015.

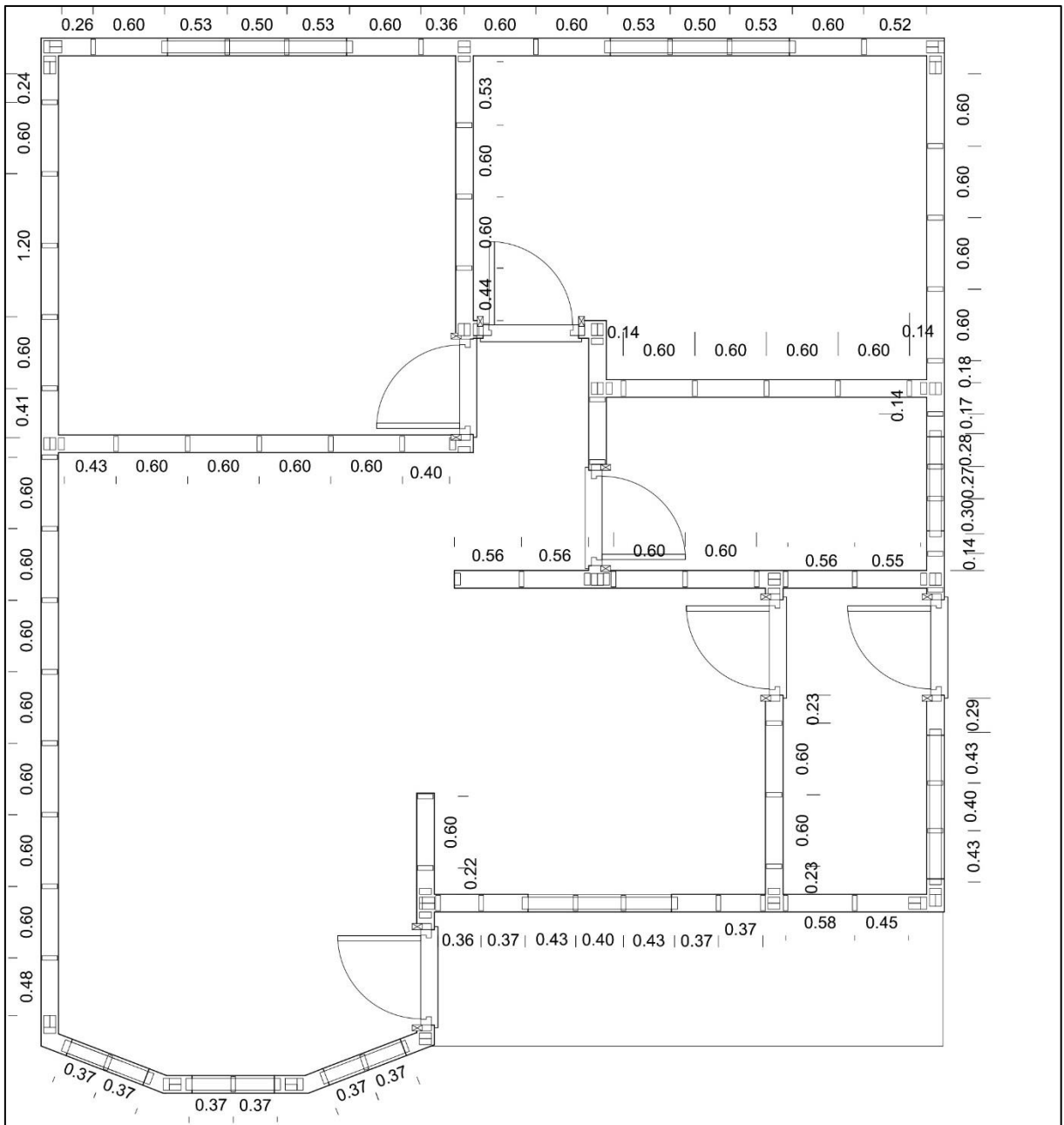
TECVERDE. **Sistema Construtivo Tecverde**. Curitiba, 2016.

TRUS JOIST. *U.S Wall Specifier's Guide*, 2017.

WFCM. *Wood Frame Construction Manual or one and two-family dwellings*. 2015.

ANEXOS

ANEXO I – Projeto adaptado para o sistema *wood frame*



# Planta Baixa - Wood Frame

Escala 1:50

## ANEXO II – Planilha estimativa de custo (Alvenaria convencional)

SERVIÇOS	UNIDADE	QUANTIDADE	CUSTO UNITARIO [R\$]	CUSTO TOTAL [R\$]	Peso [%]	DESCRIÇÃO
<b>SERVIÇOS PRELIMINARES GERAIS</b>				<b>2.000,00</b>	<b>3,21</b>	
Serviços Técnicos	vb	1,00	2.000,00	2.000,00	100,00	Projetos
<b>INFRAESTRUTURA</b>				<b>7.280,00</b>	<b>11,70</b>	
Limpeza do Terreno	m²	150,00	4,00	600,00	8,24	retirada de elementos residuais do terreno
Escavações Manuais	m³	2,00	40,00	80,00	1,10	escavações
Locação da Obra	m²	60,00	5,00	300,00	4,12	marcação da obra gabarito
Fundação Superficial	vb	1,00	4.000,00	6.000,00	82,42	fundação tipo radier
Impermeabilização	vb	1,00	300,00	300,00	4,12	impermeabilização fundação
<b>SUPRAESTRUTURA</b>				<b>5.007,00</b>	<b>8,05</b>	
Concreto Armado, Inclusive Forma	m³	7,00	1.700,00	1.707,00	34,09	concreto usinado e bombeado FCK=25mpa para as vigas superiores, pilares, e respaldos
Laje de Forro	m²	60,00	55,00	3.300,00	65,91	laje h:8cm (trilho isopor)
<b>PAREDES E PAINÉIS</b>				<b>9100</b>	<b>14,63</b>	
Alvenaria em Tijolo Maciço	m²	160,00	55,00	8.800,00	96,70	alvenaria em tijolo maciço, onde as 3 primeiras fiadas serão impermeabilizadas
Vergas e Contravergas de concreto	m	30,00	10,00	300,00	3,30	vergas e contravergas em todos os vãos em concreto
<b>ESQUADRIAS</b>				<b>3.750,00</b>	<b>6,03</b>	
Porta de Entrada Completa	conj.	1,00	1.000,00	1.000,00	26,67	porta de madeira tipo mexicana (pesada) 0,80x2,10, espessura 3.5cm
Porta Interna Completa	conj.	5,00	550,00	2.750,00	73,33	kit de portas em madeira semi oca lisa para cera ou verniz
<b>VIDROS E PLÁSTICOS</b>				<b>2.400,00</b>	<b>3,86</b>	
Temperado/Lâminado	m²	8,00	300	2.400,00	100	janelas, portas e basculantes em vidro temperado 6mm incolor (blindex)
<b>COBERTURA</b>				<b>5.726,50</b>	<b>9,21</b>	
Estrutura para telhado	m²	65,00	45,00	2.925,00	51,08	
Telhas	m²	65,00	35,00	2.275,00	39,73	
Calhas e Rufos	m	19,50	27,00	526,50	9,19	tera calhas e rufos nas divisas dos lotes e da cobertura
<b>REVESTIMENTOS INTERNO</b>				<b>3.603,80</b>	<b>5,79</b>	
Chapisco	m²	200,00	4,00	800,00	22,20	chapisco aplicado em alvenaria no traço de 1:3, com preparo manual
Emboço	m²	21,92	15,00	328,80	9,12	massa única para recebimento de pintura ou cerâmica em argamassa traço 1:2:8
Reboco	m²	165,00	15,00	2.475,00	68,68	
<b>REVESTIMENTOS EXTERNO</b>				<b>1.870,00</b>	<b>3,01</b>	
Chapisco	m²	85,00	4,00	340,00	18,18	chapisco aplicado em alvenaria no traço de 1:3, com preparo manual
Reboco Paulista	m²	85,00	18,00	1.530,00	81,82	
<b>PINTURA</b>				<b>3.151,80</b>	<b>5,07</b>	
Pintura interna	m²	200,00	11,00	2.200,00	69,80	2 demão de latex acrílica sem massa corrida
Pintura externa	m²	85,00	11,00	935,00	29,67	2 demão de latex sem massa corrida
Pintura sobre madeira	m²	1,68	10,00	16,80	0,53	2 demão de verniz sobre a porta
<b>PISOS</b>				<b>7.200,00</b>	<b>11,57</b>	
Contra Piso	m²	60,00	55,00	3.300,00	45,83	contra piso em traço 1:3 e 3cm-preparado para receber o porcelanato
Porcelanato	m²	60,00	65,00	3.900,00	54,17	porcelanato tipo pi-4
<b>ACABAMENTOS</b>				<b>270,00</b>	<b>0,43</b>	
Rodapés	m	5,00	12,00	60,00	22,22	rodapés em porcelanato com 6cm de altura, em toda parede
Soleiras	m	0,80	25,00	20,00	7,41	soleiras no tamanho do vão portas
Peitoris	m	9,50	20,00	190,00	70,37	peitoris no tamanho do vão janelas
<b>INSTALAÇÕES ELÉTRICAS</b>				<b>2.580,00</b>	<b>4,15</b>	
Tubulações e caixas nas lajes	vb	1,00	300,00	300,00	11,63	toda tubulação e condutas sera marca tigre
Tubulações e caixas nas alvenarias	vb	1,00	400,00	400,00	15,50	
Enfição	vb	1,00	500,00	500,00	19,38	toda enfição sera marca tigre
Quadros de Distribuição	un.	1,00	180,00	180,00	6,98	a obra terá 4 circuitos
Tomadas interruptores e disjuntores	vb	1,00	500,00	500,00	19,38	todas as tomadas e interruptores serão marca siemens
Quadro de entrada de energia	un.	1,00	700,00	700,00	27,13	
<b>INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS</b>				<b>2.550,00</b>	<b>4,10</b>	
Instalações Hidraulicas	vb	1,00	650,00	650,00	25,49	material utilizado sera marca tigre
tubulação agua fria e quente	vb	1,00	1.200,00	1.200,00	47,06	material utilizado sera marca tigre
reservatorio de agua fria	un.	1,00	700,00	700,00	27,45	tera 01 cx. Dagua com capacidade para 1.000lts, em pvc.
<b>INSTALAÇÕES ESGOTO E AGUA PLUVIAL</b>				<b>2.550,00</b>	<b>4,10</b>	
tubulação	vb	1,00	1.950,00	1.950,00	76,47	material utilizado sera marca tigre ou similar
rede de drenagem do lote	vb	1,00	600,00	600,00	23,53	as aguas pluviais serão captadas e conduzidas em tubulação fechada até a via publica
<b>LOUÇAS E METAIS</b>				<b>2.870,00</b>	<b>4,61</b>	
vasos sanitários	un.	1,00	400,00	400,00	13,94	
lavatórios	un.	1,00	400,00	400,00	13,94	
pia de cozinha	un.	1,00	620,00	620,00	21,60	
bancadas	m²	1,00	600,00	600,00	20,91	bancada em granito
tanques	un.	1,00	250,00	250,00	8,71	granilite
torneira e registros	un.	1,00	600,00	600,00	20,91	
<b>COMPLEMENTOS</b>				<b>300,00</b>	<b>0,48</b>	
Limpeza final	vb	1,00	300,00	300,00	100,00	
<b>TOTAL</b>				<b>62.209,10</b>	<b>100,00</b>	



ANEXO III - Planilha estimativa de custo (Wood Frame)

SERVIÇOS	UNIDADE	QUANTIDADE	CUSTO UNITARIO [R\$]	CUSTO TOTAL [R\$]	Peso [%]	DESCRIÇÃO
<b>SERVIÇOS PRELIMINARES GERAIS</b>				2.000,00	3,86	
Serviços Técnicos	vb	1,00	2.000,00	2.000,00	100,00	Projetos
<b>INFRAESTRUTURA</b>				7.280,00	14,06	
Limpeza do Terreno	m²	150,00	4,00	600,00	8,24	retirada de elementos residuais do terreno
Escavações Manuais	m³	2,00	40,00	80,00	1,10	escavações
Locação da Obra	m²	60,00	5,00	300,00	4,12	marcação da obra gabarito
Fundação Superficial	vb	1,00	6.000,00	6.000,00	82,42	fundação tipo radier
Impermeabilização	vb	1,00	300,00	300,00	4,12	impermeabilização fundação
<b>PAREDES E PAINÉIS</b>				16.035,25	30,98	
Montantes	m²	160,00	55,00	8.800,00	54,88	madeira pinus 38x89mm
Painel estrutural OSB 11,1mm	m²	100,00	38,51	3.851,00		painéis externo sem acabamento
Painel estrutural OSB 11,1mm	m²	25,00	135,37	3.384,25	1.128,08	painéis interno com acabamento (placa cimentícea)
<b>VIDROS E PLÁSTICOS</b>				2.400,00	4,64	
Temperado/Lâminado	m²	8,00	300	2.400,00	100	janelas, portas e basculantes em vidro temperado 6mm incolor (blindex)
<b>COBERTURA</b>				5.726,50	11,06	
Estrutura para telhado	m²	65,00	45,00	2.925,00	51,08	
Telhas	m²	65,00	35,00	2.275,00	39,73	
Calhas e Rufos	m	19,50	27,00	526,50	9,19	tera calhas e rufos nas divisas dos lotes e da cobertura
<b>PISOS</b>				7.200,00	13,91	
Contra Piso	m²	60,00	55,00	3.300,00	45,83	contra piso em traço 1:3 e 3cm-preparado para receber o porcelanato
Porcelanato	m²	60,00	65,00	3.900,00	54,17	porcelanato tipo pi-4
<b>ACABAMENTOS</b>				270,00	0,52	
Rodapés	m	5,00	12,00	60,00	22,22	rodapés em porcelanato com 6cm de altura, em toda parede
Soleiras	m	0,80	25,00	20,00	7,41	soleiras no tamanho do vão portas
Peitoris	m	9,50	20,00	190,00	70,37	peitoris no tamanho do vão janelas
<b>INSTALAÇÕES ELÉTRICAS</b>				2.580,00	4,98	
Tubulações e caixas nas lajes	vb	1,00	300,00	300,00	11,63	toda tubulação e conduítes sera marca tigre
Tubulações e caixas nas alvenarias	vb	1,00	400,00	400,00	15,50	
Enfição	vb	1,00	500,00	500,00	19,38	toda enfição sera marca tigre
Quadros de Distribuição	un.	1,00	180,00	180,00	6,98	a obra terá 4 circuitos
Tomadas interruptores e disjuntores	vb	1,00	500,00	500,00	19,38	todas as tomadas e interruptores serão marca siemens
Quadro de entrada de energia	un.	1,00	700,00	700,00	27,13	
<b>INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS</b>				2.550,00	4,93	
Instalações Hidraulicas	vb	1,00	650,00	650,00	25,49	material utilizado sera marca tigre
tubulação agua fria e quente	vb	1,00	1.200,00	1.200,00	47,06	material utilizado sera marca tigre
reservatorio de agua fria	un.	1,00	700,00	700,00	27,45	tera 01 cx. Dagua com capacidade para 1.000lts, em pvc.
<b>INSTALÇÕES ESGOTO E AGUA PLUVIAL</b>				2.550,00	4,93	
tubulação	vb	1,00	1.950,00	1.950,00	76,47	material utilizado sera marca tigre ou similar
rede de drenagem do lote	vb	1,00	600,00	600,00	23,53	as aguas pluviais serão captadas e conduzidas em tubulação fechada até a via publica
<b>LOUÇAS E METAIS</b>				2.870,00	5,54	
vasos sanitários	un.	1,00	400,00	400,00	13,94	
lavatórios	un.	1,00	400,00	400,00	13,94	
pia de cozinha	un.	1,00	620,00	620,00	21,60	
bancadas	m²	1,00	600,00	600,00	20,91	bancada em granito
tanques	un.	1,00	250,00	250,00	8,71	granilite
torneira e registros	un.	1,00	600,00	600,00	20,91	
<b>COMPLEMENTOS</b>				300,00	0,58	
Limpeza final	vb	1,00	300,00	300,00	100,00	
<b>TOTAL</b>				51.761,75	100,00	