

**REDE DE ENSINO DOCTUM
UNIDADE JOÃO MONLEVADE
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

**BRUNO SALES ALVES
THAIS CARNEIRO PONCIANO**

**COMPARATIVO DE VIABILIDADE ENTRE OS
SISTEMAS CONSTRUTIVOS *WOOD FRAME* E
ALVENARIA CONVENCIONAL PARA RESIDÊNCIAS
DE PEQUENO PORTE NA REGIÃO DO MÉDIO
PIRACICABA**

**JOÃO MONLEVADE
2018**

**BRUNO SALES ALVES
THAIS CARNEIRO PONCIANO**

**COMPARATIVO DE VIABILIDADE ENTRE OS SISTEMAS CONSTRUTIVOS
WOOD FRAME E ALVENARIA CONVENCIONAL PARA RESIDÊNCIAS DE
PEQUENO PORTE NA REGIÃO DO MÉDIO PIRACICABA**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado para obtenção do grau de bacharel em Engenheiro Civil no curso de Engenharia Civil, da Faculdade Doctum de João Monlevade.

Orientador: Prof. Esp. Rodrigo Francisco de Resende Ribeiro

JOÃO MONLEVADE

2018

BRUNO SALES ALVES
THAIS CARNEIRO PONCIANO

COMPARATIVO DE VIABILIDADE ENTRE OS SISTEMAS CONSTRUTIVOS
WOOD FRAME E ALVENARIA CONVENCIONAL PARA RESIDÊNCIAS DE
PEQUENO PORTE NA REGIÃO DO MEDIO PIRACICABA

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado
para obtenção do grau de bacharel em
Engenheiro Civil no curso de Engenharia Civil,
da Faculdade Doctum de João Monlevade.

João Monlevade, 10 de dezembro de 2018.

BANCA EXAMINADORA



Prof. Rodrigo Francisco de Resende Ribeiro – Esp. – (Doctum) – Orientador



Prof. Albênio Thales Arthuro Portes – Esp. – (Doctum)



Prof. Rieder de Oliveira Neto – Me. – (Doctum)

Dedicamos à Deus todo esforço que tivemos para concluir esse trabalho, dedicamos também aos nossos pais e familiares que sempre nos incentivaram para alcançar esse objetivo.

AGRADECIMENTOS

Queremos agradecer primeiramente a Deus por nos dar forças e inteligência, sem ele nada disso seria possível. Aos nossos familiares e amigos por todo apoio, em especial a Jonatan Fonseca Machado e Celio Antônio Peixoto, por todo incentivo e conhecimento compartilhado.

Agradecemos todos os docentes que estiveram de alguma forma presente nesses anos e nos proporcionaram inúmeros ensinamentos nesta etapa de nossas vidas, principalmente ao nosso orientador Professor Rodrigo Francisco de Resende Ribeiro por todo auxílio e dedicação e ao Professor Wagner Cavallare de Souza pelas contribuições durante o semestre.

Em síntese, agradecemos a todos que direta ou indiretamente colaboraram para a realização e conclusão deste trabalho.

**“A ciência pode nos divertir e fascinar, mas
é a engenharia que muda o mundo”,**

Isaac Asimov

RESUMO

A possibilidade de utilizar novos materiais e tecnologias construtivas residenciais com um custo baixo na região do Médio Piracicaba, incentivou a realização desse trabalho, cujo foco principal é comparar o custo de residências no sistema construtivo convencional e o *wood frame*. Apesar do *wood frame* ser um método construtivo bem antigo e disseminado em alguns países, no Brasil ainda caminha a passos curtos. Este trabalho retrata e coleta dados sobre o uso da madeira na construção civil e os principais elementos do sistema construtivo em *wood frame* e do sistema convencional, na busca de realizar orçamentos para uma melhor avaliação da viabilidade econômica. Essa pesquisa se caracteriza como uma revisão bibliográfica de livros, artigos técnicos e científicos e visa pontuar as vantagens e desvantagens de cada sistema. O presente estudo se faz através da comparação de um modelo de casa com aproximadamente 40,79 m², construídos no método convencional e no *wood frame*. Foi exposto que cada método e técnica têm seus prós e contras em relação ao custo/benefício de cada um. Os quadros comparativos demonstram as tecnologias de cada sistema, bem como seu custo total, materiais e mão de obra. As informações mostradas neste trabalho encorajam a concluir que o sistema construtivo *wood frame* possui vários aspectos relevantes que favorecem a sua implantação na região do Médio Piracicaba, pois tem disponibilidade da matéria prima e em relação a mão de obra é possível investir na capacitação e qualificação de profissionais.

Palavras-chave: *Wood Frame*. Sistema Convencional. Viabilidade.

ABSTRACT

The alternative of using residential construction technologies and new materials with a low cost in the Médio Piracicaba region stimulated the completion of this work, whose main focus is to compare the cost of homes in the conventional building system and Wood Frame. Although wood frame is a very old and widespread construction method in some countries, in Brazil is slowly being developed. This paper presents and collects data on the use of wood in construction and the main elements of the construction system in wood frame and the conventional system, in the search of budgets for a better evaluation of economic viability. This research is characterized as a bibliographic review of books, technical and scientific articles and aims to score the advantages and disadvantages of each system. The present study is made by comparing a house model with approximately 40.79 m², built in the conventional method and in the wood frame. It was exposed that each method and technique has their pros and cons in relation to the cost/benefit of each one. Comparative tables demonstrate the technologies of each system, as well as their total cost, materials and labor. The information shown in this paper encourages the conclusion that the wood frame construction system has several relevant aspects that favor its implantation in the region of the Médio Piracicaba, since it has availability of the raw material and in relation to labor it is possible to invest in the training and qualification of professionals.

Keywords: Wood Frame. Conventional System. Viability.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Vedação externa do sistema	30
Figura 2 – Revestimento OSB.....	32
Figura 3 – Tijolo 8 furos.....	35
Figura 4 – Elementos da estrutura do concreto armado	38
Figura 5 – Revestimento	40
Figura 6 – Projeto arquitetônico	42
Figura 7 – Comparativos de custos.....	47

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Descritivo das etapas construtivas.	43
Tabela 2 – Estimativa de custos sistema convencional	44
Tabela 3 – Estimativa de custos <i>wood frame</i>	45

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
COHAB	Companhia de Habitação do estado de Minas Gerais
IBAMA	Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Renováveis
LVL	Laminated Venner Lumber
MDF	Medium-Density Fiberboard
NUTAU/USP	Núcleo de Pesquisa em Tecnologia de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo
OSB	Oriented Strand Board
PBQP-H	Secretaria Nacional da Habitação Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat
SINAT	Sistema Nacional de Avaliações Técnicas

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	17
2 OBJETIVOS	19
2.1 OBJETIVO GERAL	19
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	19
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	20
3.1 VIABILIDADE DE PROJETO	20
3.1.1 O Planejamento dos empreendimentos	22
3.1.2 Orçamento de materiais na região do médio Piracicaba	22
3.2 O <i>WOOD FRAME</i> NA CONSTRUÇÃO CIVIL	23
3.2.1 Histórico de utilização do <i>wood frame</i>	23
3.2.2 Características gerais de projeto	26
3.2.3 Aplicação na engenharia civil	28
3.2.4 Etapas construtivas de uma edificação em <i>wood frame</i>	29
3.3 O CONCRETO ARMADO E ALVENARIA DE VEDAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL	32
3.3.1 Histórico de utilização da alvenaria convencional	32
3.3.2 Características gerais de projeto	34
3.3.3 Aplicação na engenharia civil	36
3.3.4 Etapas construtivas de uma edificação em alvenaria convencional	37
4 MATERIAIS E MÉTODOS	41
4.1 CARACTERIZAÇÃO DO PROJETO	42
4.2 ETAPAS DO PROJETO	44
4.2.1 Levantamento de custos	44
5. ANÁLISE COMPARATIVA DE VIABILIDADE	46
5.1 VANTAGENS E DESVANTAGENS DO USO DE <i>WOOD FRAME</i>	48
5.2 VANTAGENS E DESVANTAGENS DO USO SISTEMA CONVENCIONAL	49
6. CONCLUSÃO	50
REFERÊNCIAS	51
ANEXO(S)	55
ANEXO A – PROJETO ARQUITETÔNICO	56
ANEXO B – PROJETO ÁGUA	57
ANEXO C – PROJETO ELÉTRICO	58

ANEXO D – PROJETO ESGOTO.....59

1 INTRODUÇÃO

Uma parcela considerável da população não tem acesso a uma moradia com o mínimo necessário para se viver, desta forma são necessário métodos alternativos viáveis de menor impacto ambiental e econômico. Os profissionais da área da construção civil necessitam pensar em sistemas construtivos alternativos. Por tratar de questões econômicas e ambientais, as construções convencionais tendem a ser altamente prejudiciais ao ambiente.

Com a dificuldade de substituir as matérias primas em habitação, o sistema com estrutura em concreto armado e fechamento em alvenaria (conhecido como “sistema convencional”) torna-se caro devido à alta demanda financeira. Para um país como o Brasil e para uma região do interior de Minas, como Médio Piracicaba, onde se tem uma grande deficiência de casas com baixo custo, ter acesso a uma boa moradia unifamiliar, com custo acessível, é um grande desafio. A hipótese é de que pouco se busca e se conhece sobre soluções alternativas ao sistema convencional.

Alternativas para a construção que utilizam recursos constituídos por materiais renováveis como o *wood frame* pode ser uma solução para o problema.

Nas construções brasileiras, a escassez de conhecimento de outros sistemas, gera o predomínio do uso do sistema convencional, sobre o uso de outros possíveis sistemas construtivos.

O sistema construtivo convencional ainda é a mais empregada na região, pela sua popularidade e pelo hábito que os trabalhadores da construção civil têm no uso do sistema. A alternativa pensada para ser comparada ao sistema convencional, o *wood frame*, sistema comumente utilizado na América do Norte e Europa que trabalha com estruturas leves em madeira, ganhou espaço entre os investimentos, por ser um método eficaz e rápido e com um menor impacto ambiental do que a construção por sistema convencional. No médio Piracicaba, devido a falta de conhecimento técnico e alguns fatores culturais o *wood frame* ainda é pouco utilizado.

O *wood frame* é um método construtivo de edificações industrializado, no qual a estrutura é formada por perfis de madeira que formam painéis de pisos revestidos com outros materiais. A madeira é proveniente de áreas plantadas e submetida a tratamento contra ataques de organismos xilófagos, além de proporcionar o conforto

acústico e térmico conciliados com proteção da edificação contra intempéries e fogo. Este trabalho visa gerar um comparativo de viabilidade construtiva de uma casa com estrutura em *wood frame* e alvenaria convencional.

2 OBJETIVOS

Como forma de contribuir com dados técnicos à sociedade em geral, seja à projetistas, construtores, consumidores finais, ou ao setor acadêmico, este trabalho visa os seguintes objetivos:

2.1 OBJETIVO GERAL

Fazer um comparativo de viabilidade entre o sistema construtivo convencional (com fechamento em alvenaria) e o *wood frame* na região do médio Piracicaba.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar o levantamento de dados de viabilidade construtiva, como orçamento, disponibilidade na região, através de revisões bibliográficas;
- Identificar as vantagens e desvantagens do *wood frame* e do sistema construtivo convencional;
- Analisar a viabilidade econômica através da comparação de custos por meio da elaboração de orçamentos de uma residência de pequeno porte em *wood frame* e em alvenaria

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 VIABILIDADE DE PROJETO

Segundo Limmer (1997, p. 40), um empreendimento pode ser compreendido como um projeto de metas estabelecidas a ser realizado segundo um delineamento que envolve condições de prazo, custo, qualidade e risco.

É o conjunto de bens capaz de produzir receitas por meio de comercialização ou exploração econômica (NBR 14653-1, 2001, p.4).

Conforme NBR 14653-4 (ABNT, 2002), os empreendimentos podem ser considerados conforme o nível e conforme a base. Primeiramente, ele é dividido em: concepção ou anteprojeto, projeto, implantação ou execução, pré-operação, operação, paralisado ou embargado, desativado e o desmonte. Na base são abalizados como: empreendimentos imobiliários, de base imobiliária, de base industrial, de base rural, de base comercial e serviços, de base mineral e com base em concessões de serviços públicos.

Goldman (2004, p. 176) conceitua muito valiosa a integração imobiliária, mesmo ao fundamentar os vários planos de estabilização monetária e também como nos mais estágios políticos que o Brasil atravessou, ela possui um valor significativo, e um respeito maior pela seguridade que representa.

Cerqueira (2009) descreve que a administração do empreendimento compreende a coordenação dos projetos, o desenvolvimento do projeto arquitetônico legal e a especificação definitiva para submissão à aprovação dos órgãos competentes, os trabalhos de orçamento, planejamento e legalização do empreendimento, além da etapa de comercialização.

De acordo com Martins (2013, p.3), depois de muitos anos de pouco investimento em infraestrutura e habitação, o país reencontrou sua rota de progresso na construção civil. Com o progresso da tecnologia e a busca pela diminuição de despesas, assim como em todos os outros segmentos, a construção civil teve que se adaptar à outra realidade.

A norma NBR 15575 (ABNT, 2013) chegou para estabelecer parâmetros e objetivos que podem ser mensurados, visa buscar dessa maneira o disciplinamento de todos os elos da construção civil, diminui as inseguranças quanto a performance dos materiais acessíveis no mercado e o desempenho do produto acabado.

O estudo de viabilidade de mercado tem por objetivo diminuir os riscos e incertezas inerentes a atividade empresarial. Contribui com empreendedor e seu corpo profissional a idealizar um projeto que seja lucrativo e ao mesmo tempo adequado às exigências do público potencial definido pela localização do terreno. Outros proveitos desse estudo seriam: aumento das possibilidades de atender o consumidor final do produto habitacional intensifica, portanto, o conceito e a representação da empresa juntamente ao mercado (TAVARES, 2011).

Gehbauer (2002) conceitua o estudo de viabilidade como a conferência entre a previsão de custo do mesmo e os rendimentos que se esperam lucrar por meio da sua venda, engloba todo planejamento técnico fundamental imprescindível, a partir da ideia inicial, até a elaboração do anteprojeto, para organizações de incorporação/construção. O estudo de possibilidade do empreendimento é o instante em que as causas como localização, capital e concepção do produto são reunidas, de tal maneira que se adquira uma incorporação bem sucedida. A pesquisa de viabilidade consiste na coleta de conteúdos e no emprego de técnicas de engenharia de valores, considera os prazos, as taxas de desconto, e os valores estabelecidos em caixa.

As particularidades diferenciadas do mercado imobiliário estabelecem muita dificuldade no processo de decisão de investimento ou de lançamento de futuras construções. Principalmente na análise econômica, na qual, muitas vezes, esta definição é tomada pelo empresário de forma automática, de acordo com sua experiência e sua avaliação das condições de momento do mercado, não tem como base uma análise criteriosa, baseada em dados (GONZÁLEZ, 2003).

Segundo Viana (2008, apud Vianna 2014), a análise de viabilidade de um projeto quase sempre levará em consideração a projeção dos vários fatores que geram as rendas e gastos em um empreendimento. Dessa forma, saber definir quais são estes elementos e obter uma projeção precisa de seu comportamento é o que irá determinar a qualidade final em análise. Em relação ao gasto na construção o autor afirma que o custo por metro quadrado de área absoluta talvez seja o (método) de menor precisão utilizado. Há organizações que utilizam como base o custo por metro quadrado de área privativa. Esta escolha permite uma melhor comparação do gasto com a construção em função do valor de venda. O custo por metro quadrado de área total de construção é o (método) mais utilizado pelas empresas, uma vez que entende dessa forma que permite a melhor comparação entre as outras obras.

Isto diz que se dois projetos muito parecidos, em que o único aspecto divergente é um subsolo de difícil execução, por exemplo, os gastos equivalentes serão iguais, enquanto a área referente do projeto mais desafiador será maior.

3.1.1 O Planejamento dos empreendimentos

O planejamento constitui em um dos essenciais motivos para o sucesso de qualquer projeto. Na abordagem à construção residencial, torna-se importante um sistema que consiga canalizar conteúdos e experiências dos mais diversos ramos e, logo após, direcioná-los de tal forma que todas essas referências e informações sejam adotadas para a construção (GOLDMAN, 2004, p. 176).

Para Hirschfeld (1987, p. 45) o estudo de viabilidade financeira do empreendimento é uma pesquisa do projeto a ser executado a fim de fundamentar a sua construção e gera os seguintes critérios para a verificação: perspectivas jurídicas, administração comercial, técnicos e financeiros.

Segundo Limmer (1997, p. 39), o planejamento é um procedimento por meio do qual se define objetivos, discutem-se possibilidade de ocorrências de situações previstas, onde atribuem os conteúdos e comunica os resultados pretendidos, entre os diversos segmentos da empresa, ou entre as organizações.

3.1.2 Orçamento de materiais na região do médio Piracicaba

Ao manifestar-se outra ideia para a concepção de um empreendimento, procura-se conceber uma análise assertiva para obter a veracidade que o empreendimento tem um resultado convincente. Esse resultado é válido se: o capital primordial está disponível, isto é, se é possível adquirir um financiamento que arque com o investimento; que o tempo de retorno seja aceitável; e que a taxa de retorno e o valor investido seja convincente (HIRSCHFELD, 1987, p. 36).

Mattos (2006, p. 23) elucida orçamento como uma soma de despesas diretas (mão-de-obra de operários, material e maquinário), com as despesas indiretas (equipes de supervisão e suporte, gastos gerais do canteiro de obras, encargos etc) e para finalizar é acrescido os tributos e lucratividade. Associa-se assim esses quatro fatores chega-se ao preço de comercialização.

Limmer (1997, p. 36) explica orçamento como uma fase onde se estabelece todos os custos essenciais para que se execute um empreendimento, com base no plano de execução que foi determinado antecipadamente. Acredita que ao se desenvolver um planejamento orçamentário, não se dispõe de todos os conteúdos do projeto, para um planejamento que é feito antes das primícias do empreendimento. Portanto, esse planejamento pode sofrer uma grande taxa de erro.

Os níveis do orçamento por Ávila, Librelotto e Lopes (2003) reconhece que existem dois métodos básicos para que o orçamento seja executado: ora por avaliação e previsão, ora por constituição dos gastos unitários. Os autores também referem que o orçamento pode ser percebido perante duas óticas: como processo e como produto. Processo quando a finalidade é definir metas empresarias em termo de custo, lucratividade e desempenho e como produto quando o orçamento tem como objetivo definir custo e futuramente preço.

Ainda de acordo com Ávila, Librelotto e Lopes (2003) os preços e os custos na construção civil, são especificados segundo a produção, de acordo com as composições unitárias e orçadas por serviços. O custo de cada serviço deve ser composto de acordo com a os custos, a quantidade de materiais e mão de obra necessários a sua consecução. O orçamento precisa ser idêntico ao que o cliente solicita, com a elaboração de planilhas de planejamento orçamentário, onde se define os serviços do orçamento, a quantia de serviço e os gastos indiretos.

Conforme Mattos (2006, p. 26) uma das causas para que o organizador tenha um resultado convincente economicamente é que se tenha uma orçamentação eficaz. Se os orçamentos foram inadequados surgem defeitos e prováveis frustrações com o custo e o prazo.

3.2 O *WOOD FRAME* NA CONSTRUÇÃO CIVIL

3.2.1 Histórico de utilização do *wood frame*

Segundo Pfeil (2003, p.1), a madeira é provavelmente o material de construção mais antigo já adotado, devido a sua oferta e relativa capacidade de manejo. Expressa um ótimo isolamento térmico, grande vantagem para diversas finalidades e uma perfeita relação resistência/peso. Em compensação, por se tratar de uma matéria prima natural está sujeita a defeitos de crescimento, além de ser

vulnerável à decomposição biológica e ação do fogo. No entanto, tais desvantagens podem ser superadas por meio de tratamento químico e detalhes construtivos pertinentes, que ocasiona em estruturas duradouras e com satisfatório aspecto estético.

O *wood frame* pode ser utilizados em residências, edifícios públicos, edifícios comerciais, industriais, edificações, etc. Por essa versatilidade de utilização e pela alta praticidade de execução é um sistema construtivo muito vantajoso. Apresenta também, um ótimo preço e por empregar materiais que possibilitam conforto térmico e acústico. Contempla aos principais requisitos de uma edificação sustentável no qual, ao considerar 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, desde cuidados com a geração de resíduos (se for comparada a construção em alvenaria), a 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 (MOLINA; CALIL JUNIOR, 2010).

De acordo com NUTAU/USP (Núcleo de Pesquisa em Tecnologia da Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo), o processo pioneiro no *wood frame* e que originou o sistema plataforma é o *baloon frame* devido a aparência "etérea" da estrutura de madeira de 2 x 4 polegadas (5,08 x 10,16 cm). Este complexo constituiu-se numa inovação na construção, ideal para as condições americanas. O *baloon frame* foi produzido por George Washington Snow (1797 - 1870), um engenheiro civil de Chicago. Sua primeira obra no sistema foi a igreja St. Mary's em Chicago, finalizada em 1833.

Arrisca-se dizer também que um dos fatores que impulsionou o método na América do Norte foram as grandes florestas existentes na localidade, que forneciam matéria-prima necessária. De acordo com Cardoso (2015), as primeiras construções por meio deste sistema seguiram o exemplo de construção do norte europeu, chamado de *heavy timber frame*, que usava elementos robustos e pesados de madeira como estrutura da construção civil.

É natural a aplicação dessas construções em países desenvolvidos como Estados Unidos e Canadá, devido à diminuição do tempo de execução, rentabilidade, o alto grau de industrialização desse sistema e economia de energia. As primeiras casas em madeira, das quais temos notícias, foram conduzidas até o local de montagem, começou a surgir no período colonial, como nos casos das

casas pré-fabricadas em 1578, transportadas da Inglaterra ao Canadá e o da *Great House*, construída por Edward Winslow em 1624, levada da Inglaterra até Massachussets e posteriormente reconstruída em outros lugares (SOUZA, 2013).

De acordo com Souza (2013) os povos do norte da Europa, ao longo da colonização da América, carregaram consigo os seus saberes de marcenaria e carpintaria, ao ter à sua disposição inúmeras quantidades de recursos florestais. Cidades completas eram construídas com estruturas em madeira, no qual eram utilizados elementos de grande secção.

Ainda que a madeira seja um dos materiais para construção mais antigos em todo o mundo, o aproveitamento desse material como elemento estrutural no Brasil ainda é muito desconhecido. Nos últimos anos, contudo, frentes para inserir o *Wood Frame* como mais uma opção para a construção industrializada vem procurando romper com essa limitação e apresentar a possibilidade de erguer edificações de qualidade, de forma rápida e eficiente. Um obstáculo de visualizar a madeira como proposta interessante para a construção de residências no Brasil não deixa de ser paradoxal. A atividade de reflorestamento brasileira é uma das mais competitivas no mundo. Além disso, há uma grande oferta de áreas para reflorestamento praticamente de norte a sul do país. (TECHNE, 2009).

A madeira pode ser extraída de florestas plantadas ou nativas. As florestas plantadas são responsáveis pela produção de matéria-prima para as indústrias de madeira serrada, painéis e móveis, porém a implantação, manutenção e exploração destas indústrias devem seguir projetos de manejo previamente aprovados pelo Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Renováveis (IBAMA). Já as florestas nativas podem atender a necessidade do mercado de duas maneiras, a primeira através do manejo florestal, onde existe a exploração planejada e controlada da mata nativa. O outro método é o extrativismo onde a exploração comercial é somente das espécies comerciais e não há planejamento ou projetos de manejo florestal (ZENID, 2001, p.10).

Segundo Zenid (2001, p.1), o obstáculo de implantar sistemas construtivos diferentes, no Brasil, pode ser explicado pertinente à fatores históricos.

“... o desconhecimento das propriedades da madeira por muitos de seus usuários e a insistência em métodos de construção antiquados, são as maiores causas de desempenho insatisfatório da madeira frente a outros materiais. Essa situação, aliada à tradição herdada dos colonizadores

espanhóis e portugueses geraram na América Latina, um preconceito generalizado em relação ao uso mais intensivo da madeira na construção civil de edificações.” (ZENID, 2001, p. 1)

O *wood frame* é um método construtivo já consolidado em inúmeros países do mundo, entre eles Estados Unidos, Canadá, Alemanha e Japão. 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 frame* 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 de acordo com Molina (2010).

Segundo Tecverde (2015) o *wood frame* está disponível no Brasil, há cerca de 15 anos, só agora começa a se solidificar, porém em regiões com uma excelente oferta de madeira reflorestada, como o Paraná e o Espírito Santo. O sistema apresenta como vantagens a redução de 80% das emissões de CO₂ ao longo da construção e de 85% dos resíduos do canteiro. O tempo de obra é no mínimo 25% menor que no sistema convencional. A particularidade crítica nos vários sistemas do gênero é a oferta de mão de obra. É melhor neste caso, em que as paredes são armadas na fábrica e transportadas prontas até o local da construção.

3.2.2 Características gerais de projeto

Segundo a segunda revisão do manual para diretrizes para a avaliação técnica de produtos da Secretaria Nacional da Habitação Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-H) e Sistema Nacional de Avaliações Técnicas (SINAT) o que caracteriza principalmente o *wood frame*, é que este é um sistema construtivo estruturado por peças leves de madeira maciça serrada com fechamentos em chapas.

A NBR 7190 (ABNT, 1997) especifica proporções mínimas para os elementos estruturais, que foram acordadas considera-se a segurança de estruturas isostáticas

de treliças. Contudo, tais especificações são impraticáveis em estruturas de *wood frame*. Por questão da repetição de elementos que cumprem a mesma função, encontra-se a chamada redundância, ou seja, uma redistribuição de carregamentos quando um dos elementos venha a falhar, o que permite a utilização de seções menores a fim de aperfeiçoar o consumo de madeira. Uma semelhança grosseira desse comportamento é a armação de lajes de concreto. É fácil pensar que, se uma exclusiva barra dessa armação falhar, terá uma redistribuição dos carregamentos para as outras no entorno e as paredes do *wood frame* também apresentam esse mesmo comportamento.

Segundo Silva (2010) apesar de o *wood frame* ser usado em outros países, a norma brasileira NBR 7190 (ABNT, 1997) de Projeto de Estruturas de Madeira não possui critérios muito apropriados para o dimensionamento dessas estruturas leves, pois define nas suas exigências dimensões mínimas para as estruturas, ao levar em em vista a segurança de estruturas isostáticas e de treliças. Assim, é importante observar normas de outros países nesse caso, como o *Eurocode 5*.

A prática do sistema *wood frame* no Brasil depende quase que exclusiva do conhecimento do método, além das poucas fraquezas em relação a outros sistemas (Alvenaria e madeira de lei) refere-se a uma construção de casas de madeira de elevada tecnologia, flexibilidade, conforto térmico e acústico, qualidade, com preço competitivo e velocidade. (MOLINA; CALIL JUNIOR, 2010).

Quando se compara ao sistema convencional, a construção em *wood frame* possui algumas desvantagens, como a necessidade de mão de obra especializada, falta de mão obra capacitada e ferramentas apropriadas no Brasil. A resistência do mercado imobiliário quanto a mudanças e a limite de altura das edificações que é no máximo cinco pavimentos (VASQUES, 2014).

A madeira utilizada, no sistema de *wood frame*, em geral é a de Pinus, pois por ser conífera é mais leve, o que não ocorre com a grande parte das madeiras nativas brasileiras e com o eucalipto que são folhosas. A Pinus não contém cerne e seu lenho é inteiramente permeável ao tratamento de preservação. Para o *wood frame*, o procedimento resistente ao ataque de fungos e cupins mais recomendado é aquele feito em autoclave com produtos hidrossolúveis. De acordo com Molina (2010) a exposição direta da madeira às condições ambientais, em razão do seu uso sem um tratamento adequado, propicia o ataque biológico de insetos e microrganismos, que implica na a segurança das construções com esse material.

3.2.3 Aplicação na engenharia civil

Segundo a Techne (2009) o *wood frame* é um sistema destinado a casas e sobrados, isolados e geminados. Do ponto de vista de seus componentes, é muito parecido com o *light steel framing* – com a diferença de que seus perfis estruturais são fabricados com madeira maciça serrada com alta resistência natural ao ataque de organismos xilófagos ou tratadas quimicamente sob pressão. Também são fechadas com chapas delgadas, com instalações embutidas, vazios preenchidos com materiais isolantes térmicos e absorventes acústicos e proteção com barreira de vapor e impermeabilizantes. A madeira empregada deve ser de origem legal, preferencialmente certificada por órgãos acreditados.

Enquanto que nos países da América do Norte e Europa as casas em perfis leves de madeira são utilizadas desde o começo do século XX, apenas agora no início do século XXI, este método começa a ser utilizado no Brasil, e isto foi possível pois se instalou em Curitiba – PR, uma indústria cujo foco é a produção de materiais e componentes para construção em madeira, com preço competitivo no mercado da construção civil (SOUZA, 2013).

O *Eurocode 5* concentra-se à concepção de edifícios e obras de engenharia civil em madeira aplainada ou em vigas, madeira serrada, madeira laminada colada ou produtos estruturais à base de madeira, por exemplo o PLP (Painéis Lâminas Paralelas) ou painéis à base de madeira unidos com adesivos ou fixadores mecânicos. Esta norma executa os princípios e condições para a segurança e facilidade de manutenção de estruturas e base de acompanhamento e verificação dada em EN 1990: 2002. (EUROCODE 5 - DESIGN OF TIMBER STRUCTURES - Part 1-1: General - Common rules and rules for buildings - National annex to NF EN 1995-1-1:2008 - General - Common rules and rules for buildings; tradução própria).

O *wood frame* é vantajoso pois atende requisitos de flexibilidade, por exemplo, pode ser usado tanto para residências, edificações comerciais, públicas e industriais, possui alta velocidade de execução, atende as necessidades térmicas e acústicas, além de apresentar preço competitivo, também atende aos principais requisitos de uma edificação construída de forma sustentável, pois os materiais empregados favorecem o conforto térmico e acústico, há a racionalização dos materiais e a geração de resíduos é menor se comparada a construção em

alvenaria, além da eficiência energética e da utilização de tecnologias e produtos que não degradam o meio ambiente (MOLINA; CALIL JUNIOR, 2010).

3.2.4 Etapas construtivas de uma edificação em *wood frame*

A proposta de fundação mais comum para este sistema construtivo é o radier. A sapata corrida também é empregada devido a estrutura nesse sistema ser basicamente leve, com carga distribuída ao longo das paredes (TECHNE, 2008).

Em alguns países que possuem inverno rigoroso, a fundação das casas em *wood frame* é constituída por estruturas subterrâneas de paredes, tecnicamente conhecidas de *basement wall*, que criam compartimentos abaixo do nível do solo (com pelo menos 60 cm), exerce a função de aumentar a temperatura das casas, pois nesta parte o congelamento não aflige o conforto térmico dos cômodos subterrâneos (MOLINA; CALIL JUNIOR, 2010).

Ainda segundo Molina (2010) nos pavimentos superiores das casas em *wood frame*, são usados decks feitos por chapas de OSB (*Oriented Strand Board*) apoiadas sobre vigas de madeira normalmente com seções retangulares ou I (com mesas formadas por madeira maciça ou LVL (*Laminated Vener Lumber*) e alma de OSB ou compensado). Neste caso, é aconselhada a utilização de vigas I, pois possibilitam pisos leves e eficientes, resistentes aos esforços de flexão decorrentes das ações de peso próprio e acidentais. As ligações coladas (com resinas estruturais) entre a alma e as mesas da viga I, nesta situação, são inflexíveis e, com isso, o deck, ao receber as cargas, que são perpendiculares ao seu plano, indica pequenos deslocamentos. Sobre o deck de madeira são utilizados revestimentos de pisos projetados com manta intermediária ou carpetes com o objetivo de garantir a isolamento acústica. A chapa de OSB, que compõe o deck, funciona como contrapiso.

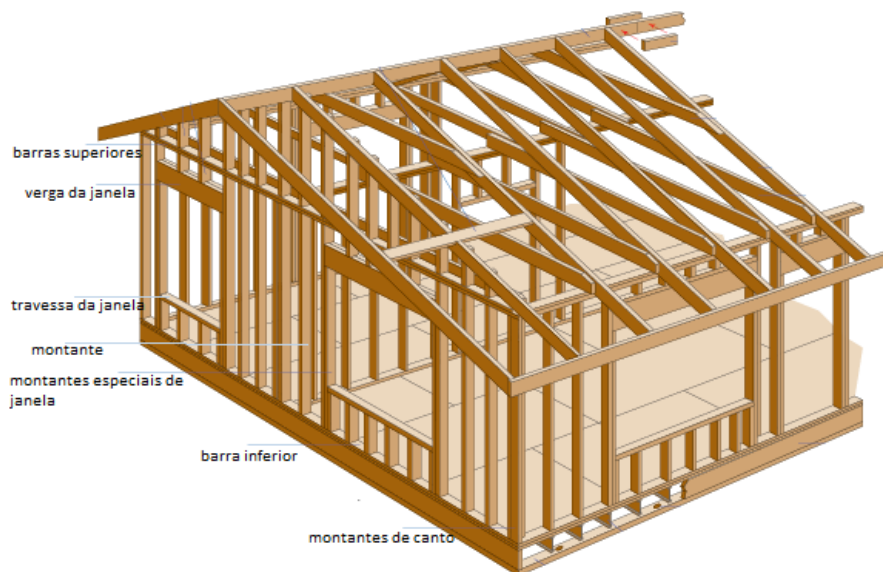
A estrutura é formada por paredes que são o suporte para o primeiro piso. A concepção é que a plataforma prende os apoios e faz o contraventamento horizontal da estrutura. A partir disso, novos painéis de paredes portantes são levantados sobre a plataforma e, assim conseqüentemente, até o telhado, podem geralmente ser desenvolvidas obras de até quatro pavimentos, sem diferenças significativas no método prescrito. Os painéis de paredes são compostos por montantes verticais de madeira com seção típica de 2" x 4" que, quando aparelhados, têm seção 38 mm x 90 mm. Os montantes são colocados com espaçamentos entre si que podem ser de

40 cm ou 60 cm, que possibilita o emprego conjunto de *drywall* e de OSB. (LP BUILDING PRODUCTS, 2011).

Cada painel é fechado com duas guias de madeira de mesma seção, uma superior e outra inferior. Após a disposição dos painéis, acima da fundação ou da plataforma, conforme a planta do pavimento, uma segunda guia de madeira é pregada sobre a guia superior, porém essa sobrepõe os encontros dos painéis. Para as ligações, são empregados pregos galvanizados, geralmente a fogo, pois precisam ter uma longa vida útil. Os tipos de pregos usados são ardox e anelado, dificulta assim o arranchamento (TECHNE, 2008).

A segundo Silva (2010), estabelece que para aberturas de portas e janelas, os montantes que se localizam na região precisam ser deslocados lateralmente, nunca eliminados. Além dos montantes acumulados nas laterais, precisam ser inclusos mais um, na altura da abertura para que sirva de apoio para as vigas, como mostra a figura 1. Na parte inferior precisam ser instalados mais dois pedaços de montantes com 38 mm a menos que a altura inferior da abertura, de forma que receba mais uma peça de montante horizontal. Para os vãos inferiores e superiores da abertura precisam ser posicionados pedaços de montantes de maneira que mantenham o espaçamento padrão de 40 cm ou 60 cm e valham de apoio para as placas, sejam de *drywall* ou OSB.

Figura 1 – Vedação externa do sistema



Fonte: SOUZA (2013)

O contraventamento vertical da estrutura é realizado com a fixação de placas de OSB nas faces externas da parede e, possivelmente, em uma determinada parede interna (TECHNE, 2009).

O revestimento externo tem como objetivo a proteção contra as ações climáticas, em especial contra a ação do sol. Souza (2013) afirma que pode ser executado com o uso de diferentes sistemas, como *sidings* de madeira, PVC ou até mesmo o aço, que foram desenvolvidos especialmente para o sistema *wood frame*. Revestimentos mais habituais como o tijolo aparente, argamassa armada ou placas cimentícias também podem ser utilizados.

Do lado interno, a placa de *drywall* garante excelente acabamento e um ótimo isolante acústico, reforçado pela lã mineral que pode ser ou não colocada no interior da parede para a obtenção de resultados específicos no que tange ao isolamento térmico e acústico. Refere-se a um sistema aberto e bastante adequado para se obter fragmento da nova norma de desempenho NBR 15.575 (ABNT, 2013) esse que será determinado de acordo com a estrutura dos diversos materiais e do custo que se define como critério (TECHNE, 2008).

OSB é um painel de madeira com uma liga de resina sintética, feita de três camadas prensadas com tiras de madeira ou *strands*, alinhados em escamas, utilizados como revestimento (figura 2). Os painéis apresentam 20 anos de garantia estrutural e bordas seladas com impermeabilizante nas cores laranja e amarelo, que garante resistência à umidade. Recebem aditivos a base de ciflutrina, inofensivo para o ser humano, e que protege contra o ataque de cupins. Ela é feita predominantemente de madeira reflorestada. (MADEIRAS MG, 2018)

Segundo Silva (2010) acima das paredes portantes do último piso são aplicadas treliças pré-industrializadas. Seu espaçamento pode ser de 60 cm ou 120 cm, que alterna de acordo com o tipo de telha a ser utilizada.

Em diversos locais, como Chile e Alemanha, o processo já alcança um patamar grande de industrialização. Todos os painéis compostos da casa são transportados para montagem no local da obra (MOLINA; CALIL JUNIOR; 2010).

Figura 2 – Revestimento OSB



Fonte: MADEIRAS MG (2018)

A manutenção das edificações construídas em *wood frame* é feita com maior facilidade e praticidade, não ocasiona os tradicionais “quebra-quebras”, também há uma redução de 1/3 nos custos de manutenção quando comparado aos sistemas tradicionais de construção, essa diminuição nas despesas com manutenção ocorre, pois, os materiais empregados na construção em *wood frame* apresentam garantia e durabilidade (LP BUILDING PRODUCTS, 2011).

3.3 O CONCRETO ARMADO E ALVENARIA DE VEDAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

3.3.1 Histórico de utilização da alvenaria convencional

O concreto armado é um processo construtivo inventado na Europa em meados do século XIX. Ele consiste na combinação do concreto – uma pasta feita de agregados miúdos e graúdos, cimento, areia e água, conhecida desde a Antiguidade – com uma armadura de aço. A novidade está justamente na reunião da propriedade de resistência à tração do aço com a resistência à compressão do concreto, que permite vencer grandes vãos e alcançar alturas extraordinárias, além disso, o concreto é um material plástico, moldável, ao qual é possível impor os mais

variados formatos. Inicialmente empregado apenas em embarcações e tubulações hidráulicas, a partir de fins do século XIX o concreto armado passa a ser utilizado também nas edificações. Junto com o aço e o vidro, ele constitui o repertório dos chamados “novos materiais” da arquitetura moderna, que são produzidos em escala industrial e viabilizam arranha-céus, pontes, silos, estações ferroviárias ou, em suma, aqueles novos objetos arquitetônicos característicos do cenário do mundo modernizado do século XX. (BENEVOLO, 1976).

De acordo com a revista *Téchne* (2008), a história do concreto no Brasil se iniciou no Rio de Janeiro no início do Século XX, mais precisamente em 1904, quando foram construídos cerca de 6 prédios pela construtora Civis e atribuições do engenheiro Carlos Poma.

Ainda segundo a revista *Téchne* (2009) até a década de 1950 as características do concreto não diferenciaram muito, começou a ser alterado pois a indústria começou a exigir uma utilização menor de recursos humanos e uma execução mais eficiente das concretagens. A escassez de espaço nos canteiros para a utilização de um número muito grande de maquinário ou de muitas máquinas grandes também teve uma influência importante na evolução do concreto que ocorreu através de estudos em cima dos materiais que o compõem, principalmente em cima do cimento, que tem sua principal função de aglomerante, que influencia diretamente na resistência do concreto de acordo com suas características.

No entender de Martins, Alvenaria é o sistema construtivo de paredes e muros, ou obras semelhantes, executadas com pedras naturais, tijolos ou blocos unidos entre si com ou sem argamassa de ligação, em fiadas horizontais ou em camadas parecidas, que se repetem sobrepostas sobre as outras e se torna um conjunto rígido e homogêneo. (MARTINS, 2009, p. 03).

Conforme Rodrigues (2010, apud Herculano, 2010) a alvenaria é o conjunto de elementos da construção civil, resultantes da união de blocos justapostos com argamassa, ou não, destinados a suportar especialmente esforços de compressão ou a simples vedação de uma área. A produtividade do serviço de alvenaria de vedação pode ser facilmente encontrada com diferentes valores, em obras semelhantes. Esta variedade pode ser grande, mas é sempre influenciada por alguns fatores que contribuem na formação, movimentação e comercialização do produto final.

Segundo Lordsleem (1999 apud MARDER, 2001), a alvenaria de vedação tem função de demarcar espaços e criar divisórias para delimitar a ação de agentes indesejáveis, entre os quais: intrusos, vento, chuva, poeira e ruído. Além das funções citadas, servem também para apoio e proteção para as instalações de edifícios, quando embutidas. Normalmente empregadas em obras que usam outro método estrutural, de aço, ou principalmente concreto armado, as alvenarias têm apenas com a função de vedação não são dimensionadas para resistir à cargas além de seu peso próprio. São tipicamente utilizadas nos edifícios construídos em municípios brasileiros.

A alvenaria de vedação é estipulada por diversos autores como a alvenaria que não é dimensionada para suportar às ações além do peso próprio. Esta alvenaria protege o edifício de intempéries como chuvas e ventos, além de repartir ambientes internos proporciona segurança e conforto dentro de um sistema elaborado. Este processo de fechamento de vãos de paredes é utilizado na maior parte das edificações (THOMAZ, 2001, p. 2).

Os blocos de vedação são aqueles destinados à execução de paredes que suportarão o peso próprio e pequenas cargas de preenchimento (armários, pias, lavatórios) e normalmente são utilizados com os furos na posição horizontal. Em contrapartida o método com bloco de alvenaria estrutural é um processo construtivo racionalizado definido pela utilização de paredes para a função estrutural, ou dispositivos complementares em substituição ao concreto, conforme NBR 8545 (1984).

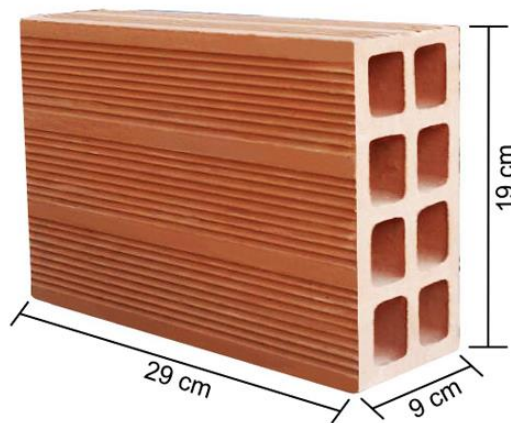
Pode-se determinar também alvenaria de vedação como aquela que tem exclusivo papel de limitar a edificação interna (divisão dos cômodos) e externamente e de proteger e vedar o interior da edificação das ações externas (vento, chuva, sol e etc.), sem função estrutural, e necessita de suportar somente ao seu peso próprio.

3.3.2 Características gerais de projeto

O concreto não é utilizado para a vedação das edificações, essa função é destinada a outros materiais, comumente é utilizada a alvenaria cerâmica (tijolos) para a execução deste papel, toda via o gesso tem sido bastante utilizado, principalmente para as divisórias internas dos edifícios e também como forro. De acordo com a Revista da Madeira (2013), a alvenaria é o método mais empregado

para o fechamento de paredes de edifícios, muros a monumentos, no qual os blocos mais populares são os de cerâmica e de betão. As características dos insumos utilizados, as imperfeições ao nível da concepção e as deficiências na realização, são responsáveis por irregularidades nas edificações que provocam além de acréscimo no custo, tempo de realização e desgaste da obra. Trata-se de procedimentos não adaptáveis com o interesse útil e econômica da alvenaria e implica no resultado previsto neste processo construtivo. No Brasil, o sistema convencional ainda impera devido a forte cultura construtiva brasileira e a maior necessidade de planejamento no caso de outros métodos construtivos. As duas formas de blocos cerâmicos mais utilizados são: Blocos de vedação destinados à execução de paredes, com capacidade de suportar seu peso próprio e pequenas cargas, normalmente utilizados com os furos na horizontal, e o bloco estrutural ou portante, que além de atuarem função de paredes, podem ser utilizados em projetos para suprir a necessidade de pilares e vigas de concreto, devido a sua alta resistência mecânica. No fechamento de paredes, o bloco cerâmico mais empregado é o de 06 (seis) e 08 (oito) furos conforme a figura 3.

Figura 3 – Tijolo 8 furos



Fonte: CERÂMICA ATLANTA (2018)

A aplicação da alvenaria como uma sistema de construção, é tão remota quanto o desenvolvimento da arquitetura, criada com as anteriores sociedades, cerca de 9.000 a 7.000 A.C. A “simplicidade” da disposição de uma pedra sobre outra, provocou a continuidade dos recém-sedentários que, seguramente, desenvolveram os elementos e as inovações ao longo dos tempos (VASQUES, 2014).

Segundo Azevedo (1997, p. 125) alvenaria é toda obra construída por meio de pedras naturais tijolos ou blocos de concreto que tem por objetivo garante resistência, durabilidade e impermeabilidade. A utilização de tijolos oferece a resistência e durabilidade. A impermeabilização se garante com a utilização de produtos específicos. As alvenarias podem ser classificadas como de vedação ou estrutural. O autor explica que a alvenaria mais empregada é a de tijolos de barro cozido, a matéria prima é a argila misturada com pedra arenosa. Ainda Azevedo afirma que após selecionar a argila, ela é misturada com um pouco de água até se transformar em uma pasta. São cozidos no forno por uma temperatura entre 900 e 1100 °C. A cor do tijolo muda de acordo com a qualidade da argila aplicada. Através do teste de sonoridade pode-se diferenciar o grau de cozimento de um tijolo, pois ele bem cozido evidencia um som particular. Um tijolo de qualidade deve ter uma cor agradável, reentrâncias bem definidas e arestas vivas.

Na alvenaria de vedação poucos materiais são comumente aplicados, os principais são a argamassa de assentamento e os blocos. Com o desenvolver do setor e com a necessidade da criação de novos materiais, a argamassa e os blocos sofreram algumas modificações. A evolução do setor proporcionou uma enorme variedade dos tipos e das características desses materiais, com a finalidade de atender as exigências técnicas e por consequência trazer eficiência ao produto final. Silva (2007) afirma que no passar dessa evolução dos materiais, os essenciais foram a argamassa industrializada e o bloco de concreto.

Ainda de acordo com Vasques (2014) a construção em alvenaria como elemento de fechamento, perdeu a condição de principal estrutura suporte, no início do século XX, com o surgimento de edifícios em grandes alturas, mantém, porém, sua supremacia em edifícios de um e dois pavimentos. Na década de 60, ressurgiu na Europa e EUA, com o desenvolvimento do PCAE (Processos Construtivos de Alvenaria Estrutural), para os edifícios de multipavimentos, mas ainda é bastante utilizado como material para vedação, principalmente vedação externa dos edifícios.

3.3.3 Aplicação na engenharia civil

A estrutura de concreto armado pode basicamente ser dividida em fundações e superestrutura (muitas vezes o concreto armado é utilizado também em ocasiões que fogem dessas subdivisões, por ser um elemento muito adaptável ele pode servir

para ocasiões como, execução de caixas de esgoto e inspeção e para detalhes arquitetônicos, como pergolados, por exemplo). A fundação, que pode ser direta (são as fundações rasas, vigas baldrame, sapatas ou radiers) ou fundações indiretas (denominadas também como fundações profundas, exemplificadas pelas estacas que podem ser de diversos materiais diferentes). A superestrutura (vigas, pilares e lajes) é a responsável por sustentar a edificação dos esforços que ele irá sofrer pela sua utilização (pessoas, móveis, veículo, seu peso próprio e etc.) e dos esforços provocados pela natureza (o vento é um exemplo) e também por transmitir esses esforços para a fundação que os transmitirá para o solo. (CASTELAR, 2017)

As principais funções da alvenaria são de proteção e separação dos ambientes, deve apresentar algumas características específicas como resistência às mudanças de temperatura, isolamento térmico e acústico, resistência às intempéries como a ação do sol, da chuva e do vento além de garantir a segurança dos usuários. (TAVARES, 2011)

Nas edificações a alvenaria também exerce a função de sustentação das esquadrias (portas e janelas) onde neste caso deverá receber a adição das chamadas vergas e contra-vergas que são elementos de concreto armado localizados logo acima e abaixo (quando forem janelas) das aberturas com a finalidade de distribuição dos esforços que a esquadrias irá sofrer. (MARTINS, 2009)

3.3.4 Etapas construtivas de uma edificação em alvenaria convencional

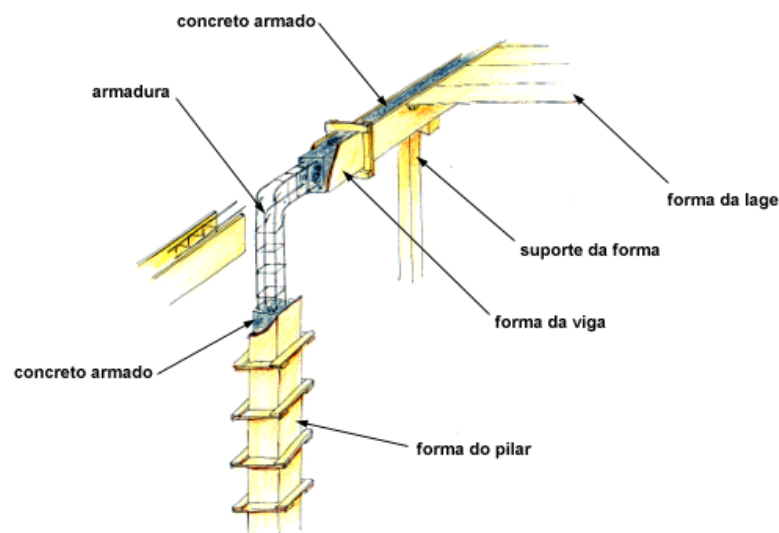
Concreto armado é a conciliação do concreto (mistura homogênea de cimento, agregado graúdo, agregado miúdo e água) e de aço (classes CA50 ou CA60 na maioria das vezes), a NBR 6118 (ABNT, 2003) define concreto estrutural como o termo que se trata ao espectro completo das aplicações do concreto material estrutural, e elementos de concreto armado, cujo comportamento estrutural depende da união entre concreto e armadura, e nos quais não se aplicam alongamentos iniciais das armaduras antes da materialização dessa união.

O concreto armado é a forma mais aplicada para estruturas de edificações na construção civil do Brasil. A revista *Téchne* (2009) denomina o concreto como o personagem principal da história da engenharia civil brasileira.

O sistema convencional possui lajes, vigas e pilares e toda essa estrutura é feita de concreto armado. A alvenaria de tijolos cerâmicos é utilizada apenas para

fechamento de paredes, por isso esse sistema pode ser chamado de não portante. O peso da construção, neste caso, é distribuído nos pilares, vigas, lajes e fundações. Para execução, insere-se barras de aço (conhecidas como armadura) no concreto moldado *in loco* com formas de madeira (figura 4). A instalação elétrica e hidráulica só pode ser feita, após a construção das paredes, é preciso quebrá-las para embutir. A etapa de revestimento, caracterizada pela aplicação do chapisco, massa grossa (emboço), massa fina (reboco) e pintura, deve ser iniciada em seguida. Os revestimentos possuem inúmeras funções, desde proporcionar um acabamento adequado à alvenaria, como também garantir resistência mecânica, a umidade e proteção aos agentes agressivos (PILOTTO & VALLE, 2011).

Figura 4 – Elementos da estrutura do concreto armado



Fonte: EDIFIQUE (2018)

O radier é um tipo de fundação superficial na qual toda a carga da edificação é transferida para uma laje maciça de concreto. Por se tratar de uma fundação direta – que distribui uniformemente todo o peso da edificação no terreno –, pode ser utilizado em variados tipos de solo, desde que seja feita uma análise conjunta do cálculo estrutural e do estudo da capacidade de carga do solo.

Os revestimentos podem garantir desde um acabamento apropriado à alvenaria, como também assegurar resistência mecânica, além de defender da umidade e dos fatores agressivos, e também por serem responsáveis por promover

maior conforto térmico acústico; que tornam condições que apontam o critério dos produtos que constituem o revestimento de uma obra. (VASQUES, 2014).

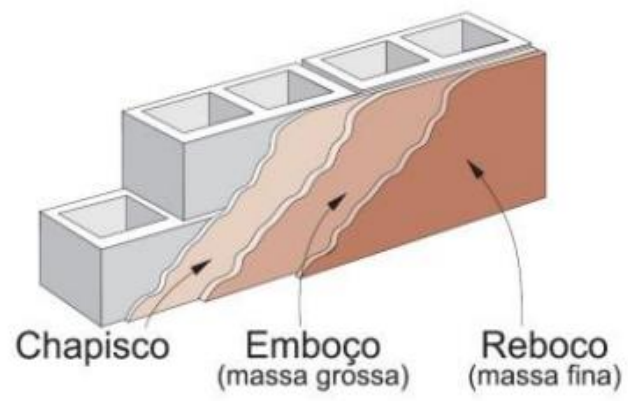
A partir de uma pesquisa feita por Lima (2006) foi evidenciado que o tijolo cerâmico vazado é o mais empregado atualmente nos canteiros de obra, no qual ele é de domínio público há vários anos. Este tipo de tijolo contém uma densidade média de 1300 kg/m^3 ao ser trabalhado com mão-de-obra convencional. Seus lados passam por vitrificação o que faz com que a argamassa tenha uma boa aderência. Possuem diferenciação volumétrica baixa ao absorver e expelir água e manuseio fácil, porém tem como inconveniente a necessidade de quebra do material. Um metro quadrado deste elemento deve ser feito com 25 unidades de um tijolo.

A primeira base feita é o chapisco (figura 5). Tem uma área porosa e constituída de argamassa, possui como fim assegurar que o revestimento que vem a seguir tenha uma maior ligação ao substrato (PILOTTO & VALLE, 2011).

Ainda de acordo com Pilotto & Valle (2011) o emboço é a camada que deve ser elaborada após ao chapisco, é fundamental para a sua aplicação, montar, com o apoio do prumo, um quadro com quatro taliscas por vez, fixadas com uma pequena quantidade de argamassa, com o objetivo de que o emboço fique plano e a parede praticamente finalizada para o acabamento final. A massa é aplicada com o ajuda de uma régua, regularizada com o amparo de um sarrafo, e em seguida o acabamento é elaborado com uma desempenadeira de madeira para minimizar o consumo do reboco. A espessura desta camada é de cerca de 2,5 cm em média sobre tijolos cerâmicos comuns.

O reboco a última camada previamente à massa corrida ou gesso, colocada após o emboço. Seu papel é a de corrigir toas as irregularidades que possa ter acontecido na aplicação do emboço e é colocada com desempenadeira de madeira (VASQUES, 2014).

Figura 5 – Revestimento



Fonte: VASQUES (2014)

4 MATERIAIS E MÉTODOS

Segundo o método de classificação abordado por Gil (2002, p. 18), este estudo pode ser denominado quanto à sua natureza como estudo aplicado, já que o trabalho tem como objetivo de incitar a disseminação do método construtivo em *wood frame* de forma a incentivar investimentos no setor, portando como foco a região do médio Piracicaba. Este estudo analisa diversas características em relação ao tema, e tem como objetivo verificar as informações colhidas por revisões bibliográficas, tabelas, documentos e estudo de campo. Assim, a partir da coleta de dados, foi executada uma leitura geral não estabilizada das informações e dos documentos obtidos. Deste modo foi possível observar os pontos fracos, fortes, as oportunidades de mercado e as ameaças. No que se refere aos procedimentos práticos, ou seja, o procedimento utilizado para as coletas de dados caracteriza-se como pesquisa bibliográfica. É um estudo organizado sistematicamente com base em materiais publicados. São exigidas a busca de informações bibliográficas e a seleção de documentos que se relacionam com os objetivos da pesquisa.

Após o estudo dos ambientes interno e externo, foi obtida uma visão mais objetiva e direta, possibilita a verificação da viabilidade tática de investimentos no segmento.

Ainda em relação aos métodos técnicos, o estudo também é classificado como uma pesquisa, pois provém da solicitação de dados a um grupo expressivo de indivíduos envolvido na situação estudada para, após a análise quantitativa, atingir as conclusões correspondentes aos dados coletados; e como um estudo de caso, que resulta de um estudo aprofundado de um ou de poucos objetivos, possibilita um conhecimento maior e aprofundado (GIL, 2002, p. 20).

É um estudo tanto quantitativo quanto qualitativo. Qualitativo devido se preocupar com características da realidade que não podem ser quantificados, e quantitativo devido enfatizarem a assertividade e analisar os dados numéricos obtidos (GERHARDT; SILVEIRA, 2009).

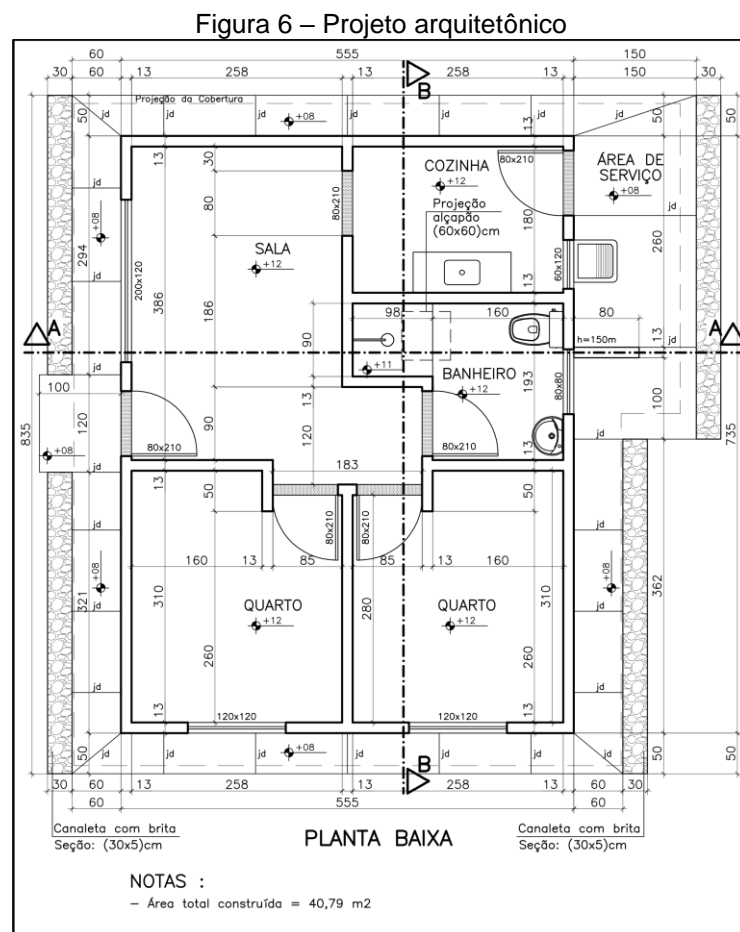
A metodologia para o desenvolvimento deste trabalho é dividida em quatro etapas:

- Etapa 1: Estudo detalhado e coleta de dados sobre o uso da madeira na construção civil, sobre o sistema construtivo *wood frame* e seu desenvolvimento no Brasil e o mesmo para alvenaria convencional.

- Etapa 2: Análise dos principais elementos da construção em *wood frame* e alvenaria convencional baseado em livros, artigos e publicações.
- Etapa 3: Caracterização do projeto em *wood frame* e alvenaria convencional.
- Etapa 4: Elaboração dos orçamentos da edificação (não inclui acabamentos) e do processamento destes dados para avaliação da viabilidade econômica do *wood frame* comparado à alvenaria.

4.1 CARACTERIZAÇÃO DO PROJETO

Os projetos foram caracterizados em suas dimensões através de um projeto Disponibilizado pela Companhia de Habitação do Estado de Minas Gerais (COHAB) memorial descritivo e quantitativo de uma residência em concreto armado e alvenaria, de 40,79 m². Este projeto pode ser visto no ANEXO dos quais retratam os projetos: arquitetônico, água, elétrico e esgoto.



Fonte: COHAB MINAS (2012)

Tabela 1 – Descritivo das etapas construtivas.

Etapa	Casa em <i>wood frame</i>	Casa em alvenaria convencional
Fundações	Tipo Radier com 10 cm de espessura.	Tipo radier com 20 cm de espessura.
Estrutura e parede	Estrutura em perfis de pinus autoclave, lâ de vidro 9 mm, revestimento externo OSB, membrana (barreira contra umidade).	Estrutura em concreto armado, paredes em alvenaria de tijolos cerâmicos 8 furos.
Cobertura	Estrutura treliçada em madeira Pinus tratada, telha shingle.	Estrutura com tesouras, caibros e ripas em madeira de lei, telhas cerâmicas
Impermeabilizações	Nos locais onde ficarão ancoradas as paredes e áreas molhadas, haverá impermeabilização da fundação.	Nos locais onde ficarão ancoradas as paredes e áreas molhadas, haverá impermeabilização da fundação.
Esquadrias	Portas de entrada de serviço e janelas em metal. Portas interiores e de entrada social em madeira.	Portas de entrada de serviço e janelas em metal. Portas interiores e de entrada social em madeira.
Instalações elétricas	Interna embutida nas paredes e sobre o forro	Embutidas nas paredes e sobre o forro.
Instalações hidrossanitárias	Interna embutida nas paredes e sobre o forro.	Embutidas nas paredes e sobre o forro.
Revestimentos internos	<i>Drywall</i> , paredes com tratamento de junta, entregue no ponto de pintura, forro de gesso rebaixado com lâ de vidro.	Execução de chapisco, reboco e emboço nas paredes, forro de gesso rebaixado.
Revestimentos externos	Placa cimentícia de 8 mm.	Execução de chapisco e reboco nas paredes

Fonte: Autor (2018).

Há tempos atrás, se por um lado estabelecia o valor de um projeto pela montante de seu custo mais o lucro esperado pela construtora e pelos investidores, recentemente, o custo de uma obra é determinado pelo lucro mais a economia do processo construtivo. Assim, com um mercado que determina os preços, caso se pretenda permanecer a rentabilidade do empreendimento, é necessário analisar uma racionalização dos custos da construção, para quem sabe até potencializar os resultados.

Na constituição dos valores um dos elementos que possui máxima importância, é a mão-de-obra. Por esta causa, atualmente é um dos principais encargos das organizações.

As pesquisas da dimensão de trabalho foram geradas por meio de análise do projeto arquitetônico e de dados examinadas com empresas especializadas.

Para o levantamento da quantidade de insumos, utilizaram-se composições unitárias de preço. Alguns itens já foram fornecidos, no entanto, para aqueles que ainda não possuíam, as estimativas foram feitas a partir de índices de consumo com base em outras obras já executadas.

E o prazo para de execução das obras foram de 8 meses para o sistema convencional, já para o sistema *wood frame* foi de 2 meses.

4.2 ETAPAS DO PROJETO

4.2.1 Levantamento de custos

Após a seleção do projeto arquitetônico foi feito o orçamento em seus valores de material e mão de obra para o mais perto da realidade possível. Os orçamentos realizados com as limitações de preços de mão de obra e de material condizentes com a cidade do projeto trouxeram um resultado muito mais preciso da pesquisa. Os dados da Tabela 2 foram concedidos pela empresa Constru Lar, que atende a região do Médio Piracicaba, localizada em Rio Piracicaba.

Tabela 2 – Estimativa de custos sistema convencional

Sistema convencional	Materiais	Mão de obra	Total	%
Fundação	R\$ 4.785,50	R\$ 3.985,00	R\$ 8.770,50	15,16%
Super-estrutura	R\$ 4.580,20	R\$ 3.554,00	R\$ 8.134,20	14,06%
Alvenaria de vedação	R\$ 2.925,00	R\$ 1.535,00	R\$ 4.460,00	7,71%
Cobertura	R\$ 6.154,20	R\$ 2.212,00	R\$ 8.366,20	14,46%
Esquadrias	R\$ 6.084,40	R\$ 1.002,00	R\$ 7.086,40	12,25%
Instalações hidráulicas	R\$ 2.625,30	R\$ 1.727,00	R\$ 4.352,30	7,52%
Instalações elétricas	R\$ 4.251,90	R\$ 3.102,00	R\$ 7.353,90	12,71%
Revestimento alvenaria	R\$ 1.569,00	R\$ 4.720,00	R\$ 6.289,00	10,87%
Contra piso	R\$ 1.528,23	R\$ 1.278,00	R\$ 2.806,23	4,85%
Limpeza final	R\$ 0,00	R\$ 253,00	R\$ 253,00	0,44%
Total	R\$ 34.503,73	R\$ 23.368,00	R\$ 57.871,73	100,00%
Preço por m ²	R\$ 1.418,77			

Fonte: Autor (2018).

De acordo com os dados retratados acima, o valor referente à fundação, corresponde a 15,16% do custo total e para realização de instalações hidráulicas e elétricas, as paredes devem ser quebradas, o que causa retrabalho, desperdício e entulho. A mão de obra possui um valor elevado, pois o tempo de execução da obra foi calculado para 6 meses.

Tabela 3 – Estimativa de custos *wood frame*.

Sistema <i>wood frame</i>	Materiais	Mão de obra	Total	%
Fundação	R\$ 2.325,90	R\$ 803,00	R\$ 3.128,90	6,95%
Impermeabilizações	R\$ 2.054,50	R\$ 762,00	R\$ 2.816,50	6,26%
Paredes	R\$ 6.814,40	R\$ 3.109,20	R\$ 9.923,60	22,05%
Cobertura	R\$ 5.680,00	R\$ 1.937,00	R\$ 7.617,00	16,93%
Esquadrias	R\$ 4.139,00	R\$ 720,00	R\$ 4.859,00	10,80%
Instalações hidráulicas	R\$ 1.614,00	R\$ 1.349,00	R\$ 2.963,00	6,58%
Instalações elétricas	R\$ 779,00	R\$ 652,00	R\$ 1.431,00	3,18%
Revestimento interno	R\$ 5.395,00	R\$ 2.758,00	R\$ 8.153,00	18,12%
Revestimento externo	R\$ 3.936,00	R\$ 0,00	R\$ 3.936,00	8,75%
Limpeza final	R\$ 52,00	R\$ 120,00	R\$ 172,00	0,38%
Total	R\$ 32.789,80	R\$ 12.210,20	R\$ 45.000,00	100,00%
Preço por m ²	R\$ 1.103,21			

Fonte: Autor (2018).

Na realização do orçamento do sistema de *wood frame* o maior custo foi representado pela execução de paredes, diferentemente do sistema convencional, que foi a fundação. Por se tratar de um sistema mais leve de madeira, não há a necessidade que a fundação seja complexa, necessita que seja apenas muito bem executada, nivelada, em esquadro e com medidas precisas. As instalações elétricas e hidráulicas são embutidas no interior da parede, sem quebra e com o mínimo de desperdício. Os dados foram fornecidos pela empresa Madeiras MG, localizada em Belo Horizonte, mas atende a região do Médio Piracicaba.

5. ANÁLISE COMPARATIVA DE VIABILIDADE

Pode-se explicar análise como a observação e interpretação de uma determinada informação ou de um conjunto de informações. Segundo o dicionário Aurélio (2017) análise é “o exame minucioso de alguma coisa em cada uma de suas partes, é o método de exame pelo qual se sobe das consequências ou efeitos aos princípios ou causas”.

Comparação é a observação de duas características ou resultados obtidos por duas ações iguais ou diferentes. É a observação de determinado item tomado outro como referência. É a observação das semelhanças e diferenças que dois ou mais itens possuem. É confrontar uma coisa com outra para lhe determinar diferença, semelhança ou relação.

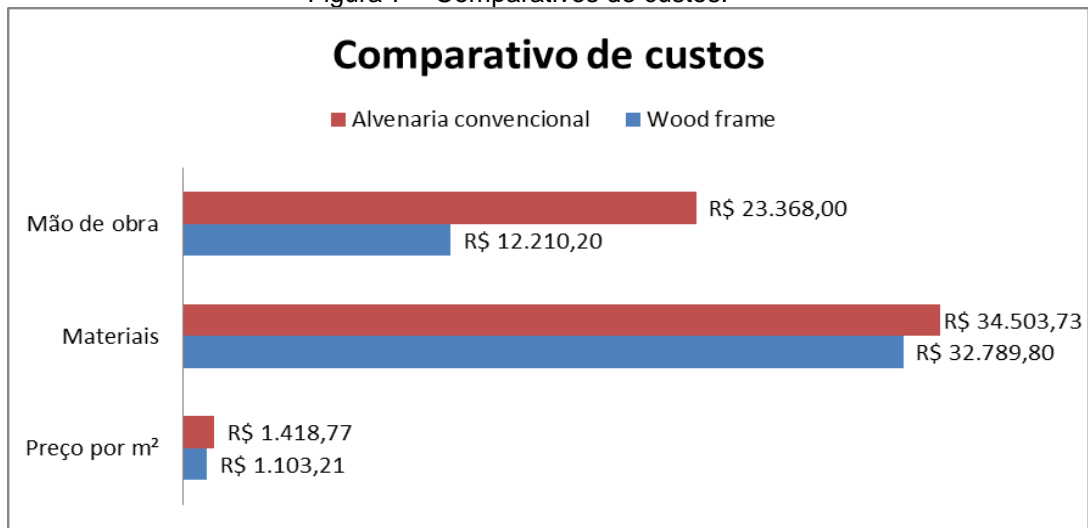
Assim, pode-se determinar análise comparativa como a observação e interpretação das características de um item, utilizado outro como referência. É o confronto das características observadas em um item contra as características de outro, das quais foi mostrada qual dos dois esta mais perto do resultado que gostaríamos de obter.

Pode-se assim definir a análise comparativa do impacto econômico como qual o item analisado possui o maior ou menor custo de execução e análise comparativa do impacto ambiental como qual o peso do item analisado no meio ambiente, ou como qual dos itens analisados influencia mais ou menos no meio ambiente.

A residência em *wood frame* ficou com um custo final de construção de R\$45.000,00. Do valor total, R\$32.789,80 destinados aos materiais e R\$12.210,20 para a mão de obra.

A residência feita em sistema convencional ficou com um custo final de construção de R\$57.871,73 no qual R\$ 34.503,73 destinados aos materiais e R\$23.368,00 para a mão de obra.

Figura 7 – Comparativos de custos.



Fonte: Autor (2018).

Em quase todas as etapas construtivas da casa orçada em *wood frame* houve uma redução nas despesas totais, no qual destacam-se:

- Fundações: conforme dito anteriormente, no *wood frame* a redução com os custos de fundação ocorre porque as paredes apresentam menor peso próprio o que possibilita a redução da espessura do radier em comparação com a fundação de uma casa em alvenaria
- Estruturas, paredes e revestimentos externos: o aumento de gastos está ligado ao maior custo dos painéis das paredes e das chapas de cimentícias que formam o revestimento externo.
- Cobertura: na construção em *wood frame*, os gastos com a cobertura são mais baixos uma vez que na estrutura é usada madeira mais barata, mas isso não significa menor qualidade da cobertura.
- Esquadrias: a redução dos gastos com instalação das esquadrias na edificação em *wood frame* ocorre por meio da diminuição do tempo de instalação das portas e janelas.
- Instalações elétricas e hidrossanitárias: a redução de custos com as instalações está ligada à diminuição do tempo de instalação das tubulações, pois são embutidas entre os montantes das paredes em *wood frame* ainda na fábrica.

5.1 VANTAGENS E DESVANTAGENS DO USO DE *WOOD FRAME*

Vantagens:

- Obra seca e limpa, que gera menos resíduo;
- Pré-construção em ambiente industrializado e reduz o tempo da obra;
- Utiliza madeira de reflorestamento, única matéria prima renovável na construção civil;
- Sustentabilidade, rapidez e limpeza da obra, durabilidade e eficiência das construções;
- Estabilidade do preço da matéria prima;
- Flexibilidade de projeto;
- Conforto e resistência.

Desvantagens:

- Mão de obra especializada;
- Altura das edificações de no máximo cinco pavimentos;
- Baixa oferta de mão de obra especializada;
- Baixa oferta de ferramentas específicas;
- Resistência do mercado à mudança.
- Garantia dada pela empresa de apenas 5 anos

Segundo a empresa Madeiras MG, onde foi realizado o orçamento da residência em *wood frame* as vantagens para o consumidor são:

- Rapidez na entrega.
- Execução modular, que possibilita a ampliação de acordo com a necessidade.
- Facilidade nas instalações elétricas e hidráulicas.
- Garantia de durabilidade.
- Alta qualidade dos produtos.
- Alta resistência a impactos.
- Manutenção fácil e de baixo custo.
- Excelente isolamento térmico acústico.

5.2 VANTAGENS E DESVANTAGENS DO USO SISTEMA CONVENCIONAL

Dentre as vantagens podemos citar:

- Bom isolamento térmico e acústico;
- Boa estanqueidade à água;
- Excelente resistência mecânica ao fogo;
- Durabilidade superior a qualquer outro material;
- Facilidade de produção por montagem ou conformação;
- Facilidade e baixo custo dos componentes;
- Excelente versatilidade e flexibilidade;
- Ótima aceitação pelo usuário e sociedade.

Dentre as desvantagens podemos citar:

- Baixa produtividade na execução;
- Elevada massa por unidade de superfície;
- Domínio técnico centrado na mão de obra executora;
- Necessidade de materiais adicionais para ter a textura lisa;
- Deficiente na limpeza e higienização;
- “Desconstrução” para instalação de rede hidrossanitária e elétrica, o que gera desperdício.

6. CONCLUSÃO

Ao considerar as informações expostas neste trabalho, é possível concluir que o sistema construtivo *wood frame* possui vários aspectos interessantes que favorecem a sua implantação em larga escala na região do médio Piracicaba, pois o mercado tem disponibilidade de matéria-prima e capacidade de suprir as demandas de insumos das diversas etapas construtivas. Apesar da baixa disponibilidade de mão de obra qualificada, é possível investir no treinamento de pessoal para execução de obras neste método de construção.

Também é possível afirmar que a construção em *wood frame* é baseada nos princípios da sustentabilidade, pois usa como base para a montagem da sua estrutura madeira originária de florestas plantadas. A madeira é considerada um material de construção renovável, além de favorecer o desenvolvimento socioeconômico das comunidades florestais, já que a madeira usada é preferencialmente vinda de florestas certificadas.

Embora seja um país com grande potencial florestal, existe grande preconceito em relação ao uso da madeira como material na construção civil, diferentemente do que ocorre nos países norte-americanos, europeus e no Japão.

Assim como outros fatores envolvidos na realização de um projeto arquitetônico, a disponibilidade de mão-de-obra também influenciará para a escolha de um ou outro sistema de construção. Já o sistema *wood frame*, mesmo que de forma tímida na região, pode ser considerada a melhor opção a ser adotada, pois este sistema mostra uma clara vantagem em termo de custo sobre o outro sistema considerado.

Próximos trabalhos podem ser feitos ao analisar este comparativo realizado em apenas uma residência. Caso seja construído um bairro de habitação popular em *wood frame*, com 250 casas, por exemplo. Ao analisar proporcionalmente os valores, a economia seria de R\$3.217.932,00.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7190:1997: **Projeto de estruturas de madeira**: procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 1997.
- _____. NBR 14.653-1: **Avaliação de bens – Parte 1: Procedimentos Gerais**. Rio de Janeiro: ABNT, 2001
- _____. NBR 14.653-4: **Avaliação de bens – Parte 4: Empreendimentos**. Rio de Janeiro: ABNT, 2002.
- _____. NBR 15.5575: **edifícios habitacionais: desempenho**. Rio de Janeiro: ABNT, 2013
- _____.NBR 8545: **Execução de alvenaria sem função estrutural de tijolos e blocos cerâmicos**. Rio de Janeiro: ABNT, 1984.
- _____.NBR 6118: **Projeto de estruturas de concreto - Procedimento**. Rio de Janeiro: ABNT, 2014.
- ÁVILA, Antônio Victorino; LIBRELOTTO, Liziane Ilha; LOPES, Oscar Ciro. **Orçamento de obras**. Apostila da disciplina Planejamento e Controle de Obras – Universidade do Sul de Santa Catarina – Curso de Arquitetura e Urbanismo. Florianópolis, 2003. Disponível em: < <http://pet.ecv.ufsc.br/arquivos/apoio-didatico/ECV5307-%20Or%C3%A7amento.pdf>>. Acesso em 27 set 2018.
- AZEVEDO, Hélio Alves de. **O edifício até sua cobertura**. São Paulo: Edgard Blücher, 1997.
- BENEVOLO, Leonardo. **História da Arquitetura Moderna**. São Paulo, Perspectiva, 1976.
- CARDOSO, Larriê Andrey. **Estudo Do Método Construtivo Wood Framing para construção de habitações De interesse social**. Santa Maria, 2015. Disponível em < <http://www.tecverde.com.br/wp-content/uploads/2016/07/CARDOSO-L.-A.-Estudo-do-me%CC%81todo-construtivo-wood-framing-para-construc%CC%A7o%CC%83es-de-HIS.pdf>>. Acesso em 9 Set 2018.
- CERQUEIRA, Letícia Mourão. **Viabilidade econômica de empreendimentos residenciais**. Belo Horizonte, 2009. Disponível em: <<http://pos.demc.ufmg.br/novocecc/trabalhos/pg2/63.pdf>> acesoo 15 set 2018.
- COHAB. Companhia de Habitação do estado de Minas Gerais. Disponível em: <<http://www.cohab.mg.gov.br/>>. Acesso em 17 Set 2018.
- EDIFIQUE. **Estrutura de Concreto Armado**. Disponível em: <www.edifique.arq.br/estconcr.htm>. Acesso em: 05 ago. 2018
- EUROCODE 5. **Design of Timber Structures - Part 1-1: General - Common rules and rules for buildings - National annex to NF EN 1995-1-1:2008 - General - Common rules and rules for buildings**. Disponível em: <<https://eurocodes.jrc.ec.europa.eu/showpage.php?id=135>>. Acesso em 27 set. 2018.

GEHBAUER, Fritz. **Planejamento e Gestão de Obras: um resultado prático da cooperação técnica Brasil – Alemanha**. 2. Ed. Curitiba. CEFET-PR, 2002

GIL, Antônio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. Ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GOLDMAN, Pedrinho. **Introdução ao planejamento e controle de custos na construção civil brasileira**. 4. ed. São Paulo: Pini, 2004.

GONZÁLEZ, M Aurélio Stumpf. **Empreendimentos Imobiliários**. Unisinos, 2003

HERCULANO , Mateus Teixeira. **Produtividade em alvenaria de vedação de blocos cerâmicos: análise comparativa**. Ceará, 2010. Disponível em: <http://www.deecc.ufc.br/Download/Projeto_de_Graduacao/2010/Mateus_Herculano_Produtividade%20em%20Alvenaria%20de%20Vedacao%20de%20Blocos%20Ceramicos.pdf>. Acesso em: 15 ago 2018

HIRSCHFELD, Henrique. **Engenharia econômica e análise de custos**. 4. Ed. São Paulo: Atlas, 1987.

LIMA JUNIOR, João da Rocha. **Decidir sobre Investimentos no Setor da Construção Civil**. Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil. São Paulo, 1998.

LIMMER, Carl Vicente. **Planejamento, orçamentação e controle de projetos e obras**. 1. Ed. Rio de Janeiro: LTC, 1997.

LP BUILDING PRODUCTS. **Manual construção energitêmica sustentável - steel frame | wood frame – construção seca**. Curitiba, 2011. Disponível em: <<http://www.lpbrasil.com.br/download/manual-ces.asp>>. Acesso em: 16 ago. 2018.

MADEIRAS MG. **OSB**. Disponível em: <<http://madeirasmg.com.br/plus/modulos/conteudo/?tac=osb>>. Acesso em: 16 set. 2018.

MARDER, Tiago stum. **A produtividade da mão-de-obra no serviço de alvenaria no município de Ijuí**. Ijuí, 2001. Disponível em <http://www.projetos.unijui.edu.br/petegc/wp-content/uploads/tccs/tcc-titulos/2001/A_Produtividade_da_Mao_de_Obra_no_Servico_de_Alvenaria_no_Municipio_de_Ijuí.pdf>. acesso em: 15 ago 2018.

MARTINS, João Guerra. **Alvenarias – Condições Técnicas de execução**. 2. Ed. São Paulo, 2009.

MATTOS, Aldo Dórea. **Como preparar orçamentos de obras: dicas para orçamentistas, estudos de caso, exemplos**. 1. ed. São Paulo: Pini, 2006.

MOLINA, Julio Cesar; CALIL JUNIOR, Carlito. **Sistema construtivo em Wood frame para casas de madeira**. Semina: Ciências Exatas e Tecnológicas. Londrina, pp.143-156, 2010. Disponível em: <

<http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/semexatas/article/viewFile/4017/6906>>. Acesso em 16 out. 2018.

PILOTTO, Gisah Abramovici; VALLE, Thompson Ricardo do. **Comparativo de Custos de Sistemas Construtivos, Alvenaria Estrutura e Estrutura em Concreto Armado no caso do Empreendimento Piazza Maggiore**. Curitiba, PR. 2011. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2011. Disponível em: <http://www.dcc.ufpr.br/mediawiki/images/2/2a/Tfc_2011_Thompson_Gisah.pdf>. Acesso em 1 out 2018.

PFEIL, Walter; PFEIL, Michele. **Estruturas de Madeira**. 6. Ed. Rio de Janeiro, 2003.

SACCO, Marcelo de Freitas; STAMATO, Guilherme Corrêa. **Light Wood Frame - Construções com Estrutura Leve de Madeira**. Revista Técnica, São Paulo, n. 140, nov. 2008. Disponível em: <<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/140/artigo287602-3.aspx>>. Acesso em: 27 jun. 2018.

SINAT. **Diretrizes para Avaliação Técnica de Produtos, Sistemas construtivos estruturados em peças leves de madeira maciça serrada, com fechamentos em chapas** (Sistemas leves tipo “Light Wood Framing”) 2017. Disponível em: <http://pbqp-h.cidades.gov.br/projetos_sinat.php>. Acesso em: 17 maio 2018

SILVA, Fernando Benigno da. **Wood Frame construções com perfis e chapas de madeira**. Técnica, v. 161, ago. 2010. Disponível em: <<http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/161/sistemas-construtivos-286726-1.aspx>>. Acesso em: 17 maio 2018.

SOUZA, Laurilan Gonçalves. **Análise comparativa do custo de uma casa unifamiliar nos sistemas construtivos de alvenaria, madeira de lei e Wood Frame**. Florianópolis, SC. 2013. Instituto de Pós Graduação IPOG. Disponível em: <[file:///C:/Users/RenanSilver/Downloads/analise-comparativa-do-custo-de-uma-casa-unifamiliar-nos-sistemas-construtivos-de-alvenaria-madeira-de-lei-e-wood-frame-1335716%20\(3\).pdf](file:///C:/Users/RenanSilver/Downloads/analise-comparativa-do-custo-de-uma-casa-unifamiliar-nos-sistemas-construtivos-de-alvenaria-madeira-de-lei-e-wood-frame-1335716%20(3).pdf)>. Acesso em: 13 ago 2018

TAVARES, Janson Henrique. **Alvenaria estrutural: estudo bibliográfico e definições**. 2011. 59 f. Monografia (Bacharel em Ciência e Tecnologia) – Universidade Federal Rural do SemiÁrido, Mossoró, 2011. Disponível em: <<http://www2.ufersa.edu.br/portal/view/uploads/setores/270/TFG%20-%20Eng%20Civil/TFG%20-%20Jandson.pdf>>. Acesso em: 21 maio 2018

TÉCHNE, Sistemas Construtivos - **Construções com estrutura leve de madeira**, 2008. Disponível em: <<http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/140/artigo287602-3.aspx>>. Acesso em: 17 set. 2018.

TÉCHNE, Sistemas Construtivos - **Light wood frame**, 2009. Disponível em: <<http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/148/artigo286608-4.aspx>> Acesso em: 17 maio 2018.

TÉCHNE, Sistemas Construtivos – **Wood Frame construções com perfis e chapas de madeira**, 2008. Disponível em: <<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/140/artigo287602-3.aspx>>. Acesso em: 17 maio 2018.

civil/161/sistemasconstrutivos-286726-1.aspx>. Acesso em: 17 maio 2018.

TECVERDE. **Como projetar em wood frame**. Curitiba, 2015. Disponível em: <<https://docslide.com.br/documents/6491-diretrizes-para-projetar-em-wood-frame-tecverde.html>>. Acesso em: 17 jun 2018.

THOMAZ, Ercio. **Código de práticas nº1: alvenaria de vedação em blocos cerâmicos**. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do estado de São Paulo, São Paulo, SP, 2009.

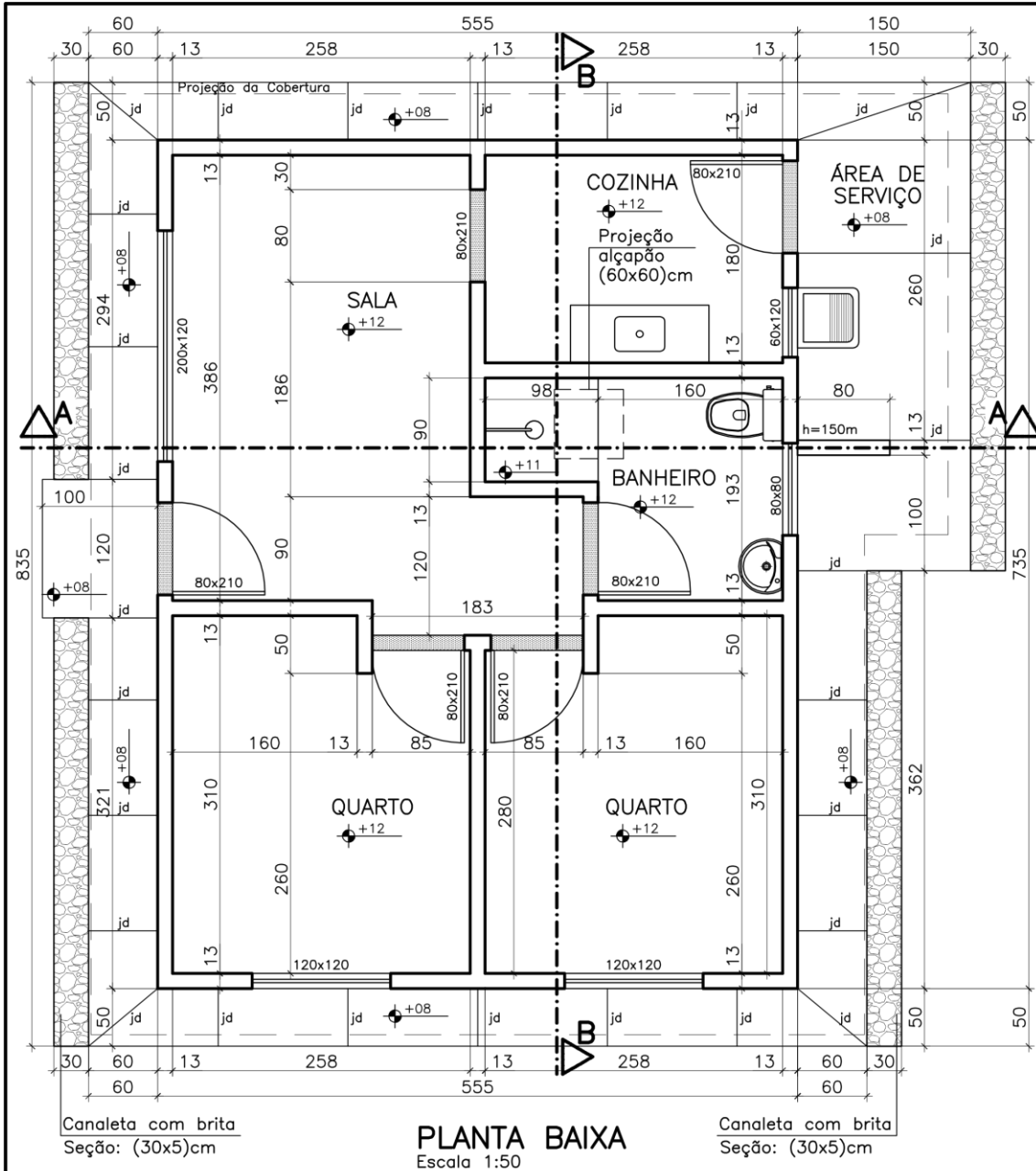
VASQUES, Caio Camargo Penteado Correa Fernandes. **Comparativo de sistemas construtivos, convencional e wood frame em residências unifamiliares**. Rev. Cognition. Lins, n. 1, 2014. Disponível em: <<http://www.revista.unilins.edu.br/index.php/cognition/article/view/193>>. Acesso em: 17 maio 2018.

VIANNA, Guilherme Barroso Hardman. **Análise de Viabilidade Econômica na Região Portuária Do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: <<http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10010602.pdf>>. acesso em: 17 set 2018.

ZENID, Geraldo José. **Qualidade da Madeira para a Construção Civil**. Revista da Madeira – REMADE, v. 71, nov. 2001. Disponível em: <http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=57&subject=Cons27tru%E7%E3o&title=Qualidade%20da%20Madeira%20para%20a%20Constru%E7%E3o%20Civil>. Acesso em: 19 jun 2018.


ANEXO(S)

ANEXO A – PROJETO ARQUITETÔNICO.



NOTAS :

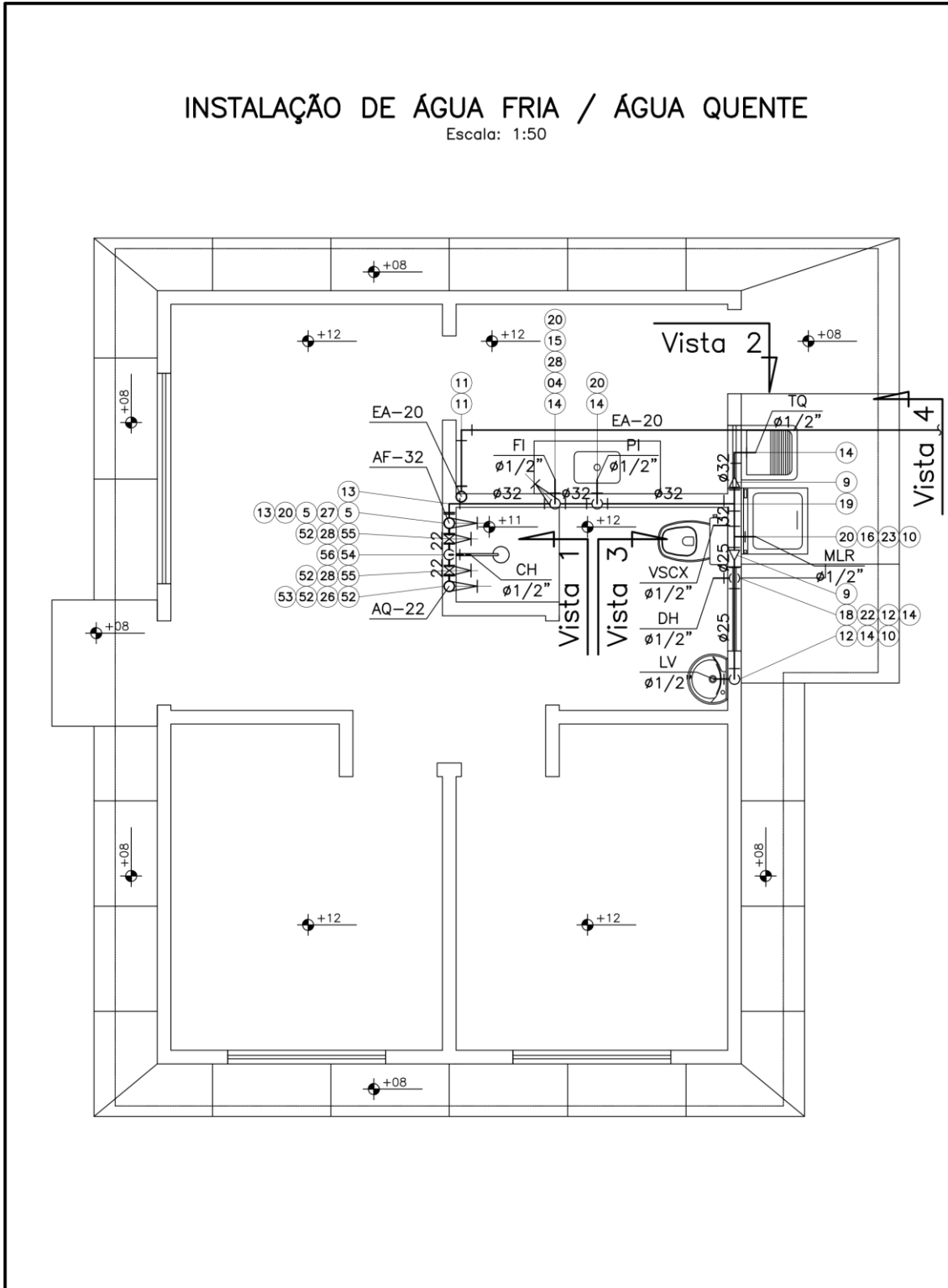
- Área total construída = 40,79 m²
- Área útil = 36,00 m²
- As alvenarias abaixo da laje terão altura igual a 270 cm, as demais, igual a 260 cm.
- A caixa d'água deverá ser assenta em superfície rigorosamente plana e limpa.
- Acabamentos conforme especificações.
- Telhado em estrutura metálica (ver projeto específico).

 COHAB MINAS		PROJETO ARQUITETÔNICO		
EMPREENDIMENTO :		MUNICÍPIO :		
PADRÃO HABITACIONAL : MG-90-1-2-41		DISCRIMINAÇÃO : PLANTA BAIXA		
DESENHO N° : 01/20	RESPONSÁVEL TÉCNICO : FÁTIMA REGINA RÊLO COSTA - CREA MG 46.748/D VINCULADO À ART N° : 575535	ÁREA : 40,79 m ²	ESCALA : 1:50	DATA : JAN./12

ANEXO B – PROJETO ÁGUA

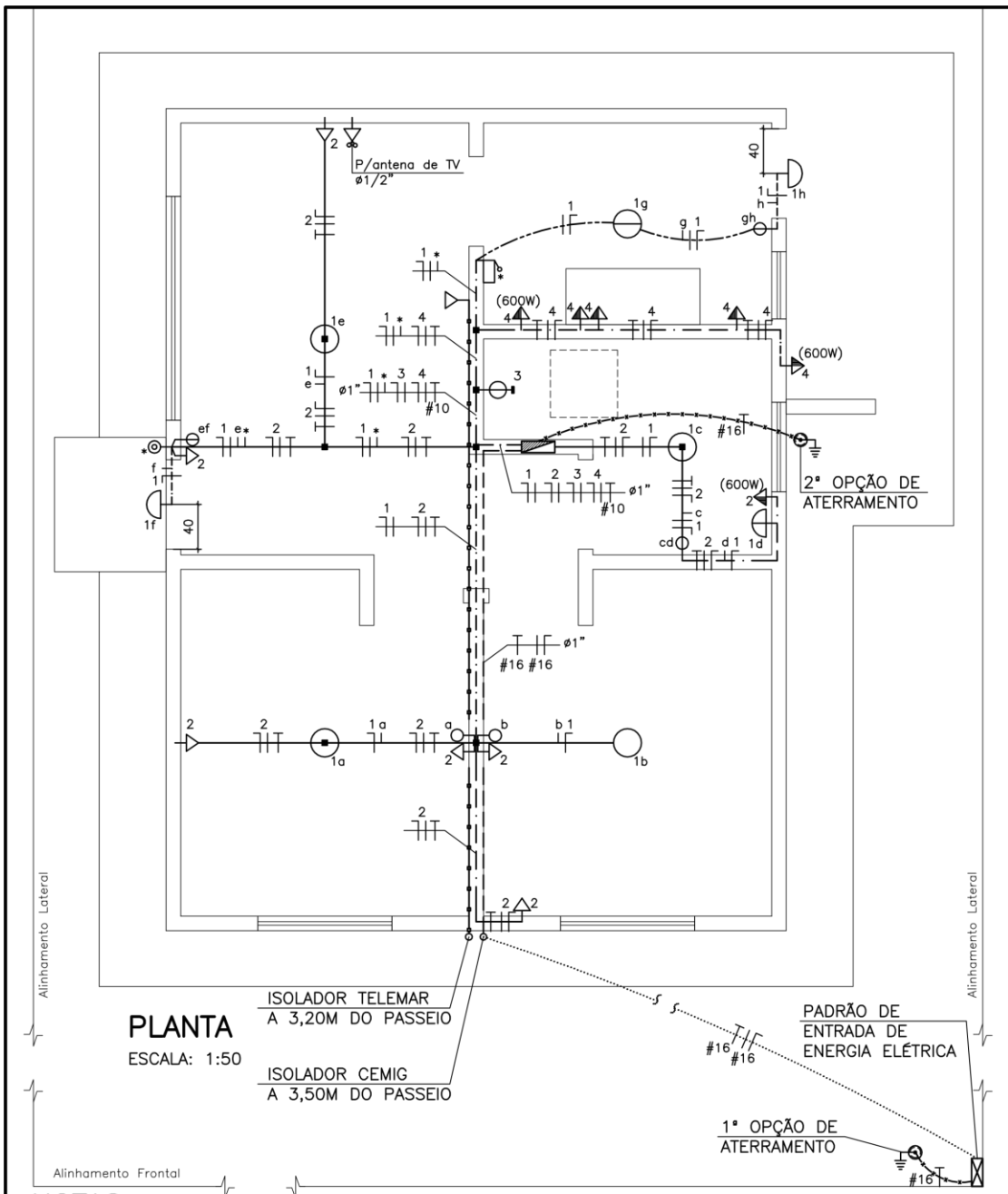
INSTALAÇÃO DE ÁGUA FRIA / ÁGUA QUENTE

Escala: 1:50



	COHAB MINAS	PROJETO HIDROSSANITÁRIO		
EMPREENDIMENTO :		MUNICÍPIO :		
PADRÃO HABITACIONAL :		DISCRIMINAÇÃO :		
MG-90-1-2-41		PLANTA BAIXA: ÁGUA FRIA / ÁGUA QUENTE		
DESENHO N° :	RESPONSÁVEL TÉCNICO :	ÁREA :	ESCALA :	DATA :
03/20	FÁTIMA REGINA RÉLO COSTA - CREA MG 46.748/D VINCLULADO À ART N° : 575539	---	1:50	FEV./12

ANEXO C – PROJETO ELÉTRICO.



PLANTA
ESCALA: 1:50

ISOLADOR TELEMAR
A 3,20M DO PASSEIO
ISOLADOR CEMIG
A 3,50M DO PASSEIO

PADRÃO DE
ENTRADA DE
ENERGIA ELÉTRICA

1ª OPÇÃO DE
ATERRAMENTO

NOTAS

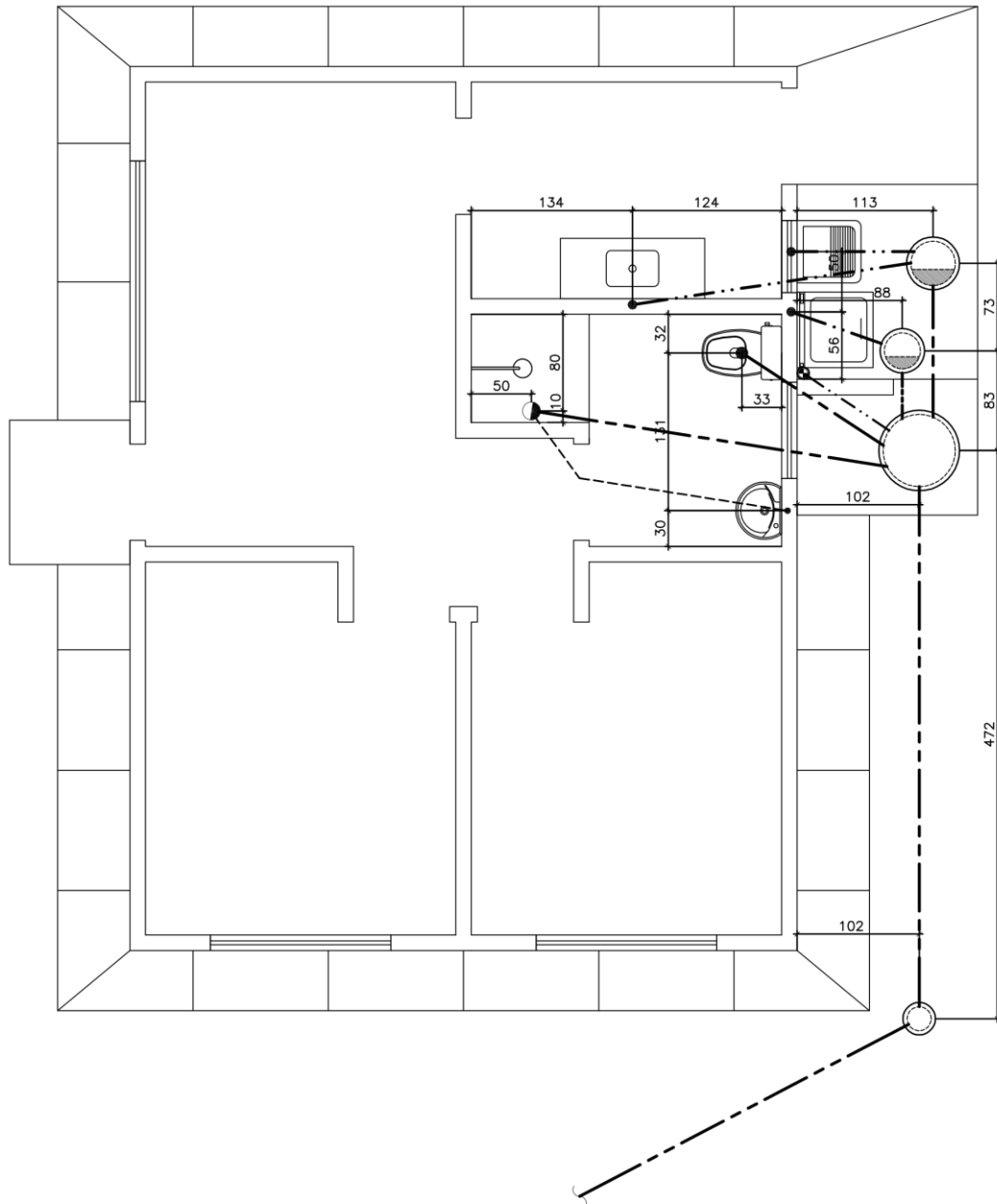
- OBRIGATORIAMENTE DEVERÁ SER INSTALADA CAIXA DE PASSAGEM ONDE HOUVER EMENDAS
- DEVERÃO SER INSTALADAS CURVAS PVC RÍGIDO NA TUBULAÇÃO DE ENTRADA DE ENERGIA
- NO PROJETO FORAM PREVISTAS DUAS OPÇÕES PARA ATERRAMENTO: UMA NO PADRÃO DE ENTRADA E OUTRA NA ÁREA DE SERVIÇO A SER DEFINIDA DE ACORDO COM A CONCESSIONÁRIA LOCAL.


 COHAB MINAS		PROJETO ELÉTRICO		
EMPREENDIMENTO :		MUNICÍPIO :		
PADRÃO HABITACIONAL : MG-90-1-2-41		DISCRIMINAÇÃO : PLANTA BAIXA		
DESENHO Nº : 01/03	RESPONSÁVEL TÉCNICO : JOSÉ ANTÔNIO COSTA CINTRA - CREA MG 25.918/D VINCULADO À ART Nº : 586733	ÁREA : --	ESCALA : 1:50	DATA : MAIO/12

ANEXO D – PROJETO ESGOTO.

INSTALAÇÃO DE ESGOTO SANITÁRIO

Escala: 1:50



 COHAB MINAS		PROJETO HIDROSSANITÁRIO		
EMPREENDIMENTO :		MUNICÍPIO :		
PADRÃO HABITACIONAL :		DISCRIMINAÇÃO :		
MG-90-1-2-41		LOCAÇÃO DOS PONTOS DE UTILIZAÇÃO		
DESENHO N° :	RESPONSÁVEL TÉCNICO :	ÁREA :	ESCALA :	DATA :
14/20	FÁTIMA REGINA RELO COSTA - CREA MG 46.748/D VINCULADO À ART N° : 575539	--	1:50	FEV./12