

ESTUDO SOBRE A VIABILIDADE DE DIFERENTES SISTEMAS CONSTRUTIVOS PARA CONSTRUÇÃO DE RESIDÊNCIAS UNIFAMILIARES DE UM PAVIMENTO

STUDY ON THE FEASIBILITY OF DIFFERENT CONSTRUCTIVE SYSTEMS FOR THE CONSTRUCTION OF UNIFAMILIARY RESIDENCES OF A FLOOR

Bárbara Soares da Silva *
Bruna Alves Villela **
Marcelus Barroso de Souza ***
Prof. MSc. Ana Flávia Ramos Cruz ****

RESUMO

A construção civil desempenha um papel associado ao comportamento do uso de técnicas construtivas para as construções, sendo necessária a busca por outros tipos de sistemas construtivos com melhores desempenhos, custos e benefícios, visando à modernização com o intuito de praticidade, rapidez, produtividade e que causem menos impactos ambientais. Esse trabalho caracteriza pela pesquisa bibliográfica onde se procura o melhor sistema construtivo considerando vantagens e desvantagens desses sistemas e seus custos para residências unifamiliares de um pavimento. Foram comparados os métodos construtivos *Light Steel Frame*, *Wood Frame* e Alvenaria Convencional através dos resultados dos trabalhos analisados de outros autores. Criou-se um quadro comparativo de viabilidade técnica e econômica desses sistemas, a partir das pontuações obtidas foi feito um somatório para efeitos comparativos. Avaliou-se os três sistemas construtivos e seus aspectos, considerou-se as necessidades de atendimento e desempenho das edificações, satisfação dos clientes em sua função de moradia e também analisou-se a adaptabilidade dos sistemas a realidade em pequenas construções. Ao final da pesquisa concluiu-se que o sistema construtivo mais indicado depende da especificidade de cada projeto e suas particularidades. Verificou-se que existe grande potencialidade no *Light Steel Frame* que apresenta algumas vantagens em relação à Alvenaria Convencional, apontou-se também vantagens do *Wood Frame* devido a sua grande agilidade de construção. Mas a alvenaria convencional continua sendo mais econômica e a preferida pelos usuários.

Palavras-chave: Sistemas Construtivos. Alvenaria Convencional. *Steel Frame*. *Wood Frame*. Comparativo.

*Rede de Ensino Doctum – Unidade Cataguases – barbara_soares11@yahoo.com.br – graduanda em Engenharia Civil

** Rede de Ensino Doctum – Unidade Cataguases – bruna_alves_villela@hotmail.com – graduanda em Engenharia Civil

*** Rede de Ensino Doctum – Unidade Cataguases – marcelusbarroso@gmail.com – graduanda em Engenharia Civil

**** Rede de Ensino Doctum – Unidade Cataguases – prof.ana.cruz@doctum.edu.br - orientadora do trabalho

ABSTRACT

Civil construction plays a role associated with the behavior of the use of construction techniques for construction, requiring the search for other types of construction systems with better performance, costs and benefits, aiming at modernization with the aim of practicality, speed, productivity and that cause less environmental impacts. This work is characterized by bibliographic research where the best construction system is sought, considering the advantages and disadvantages of these systems and their costs for single-storey residences on one floor. The Light Steel Frame, Wood Frame and Conventional Masonry construction methods were compared through the results of the studies analyzed by other authors. A comparative table of technical and economic feasibility of these systems was created, based on the scores obtained, a summation effect for comparative effects. The three building systems and their aspects were evaluated, the needs for service and performance of the buildings were considered, customer satisfaction in their housing function and the adaptability of the systems to reality in small buildings was also analyzed. At the end of the research it was concluded that the most suitable construction system depends on the specificity of each project and its particularities. It was found that there is great potential in the Light Steel Frame that has some advantages in relation to Conventional Masonry, also pointing out the advantages of Wood Frame due to its great agility of construction. But conventional masonry remains more economical and preferred by users.

Keywords: Building Systems. Conventional Masonry. Steel Frame. Wood Frame. Comparative.

1- Introdução

Sendo a construção civil um dos pilares da economia brasileira, segundo dados da Fiesp (2018), o investimento no setor somou R\$ 599,1 bilhões e movimentava 8,8% do PIB (Produto Interno Bruto). De acordo com Andrade (1996) o tempo médio de construção de uma residência unifamiliar é de mais de nove meses, ou seja, cerca de três quartos do ano.

A construção civil dentro de determinadas condições, desempenha um papel associado ao comportamento do uso de técnicas construtivas para as edificações, sendo necessária a busca por soluções técnicas com melhores desempenhos, custos e benefícios, pois visa a modernização com o intuito de praticidade, produtividade e agilidade.

Daí a necessidade de procurar novas alternativas ao sistema mais utilizado no Brasil a alvenaria de vedação, também popularizada como alvenaria convencional ou sistema construtivo convencional. Avaliar essas alternativas pode vir a melhorar o desempenho de projetos de construção e a qualidade dessas construções, que é uma grande preocupação do setor de construção civil nos

últimos anos, que passou pela implantação de diversos programas que visam garantir a qualidade nas edificações, como o PBQP-H (Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat), lançado em 1998, com o objetivo de estabelecer duas vertentes principais para o setor da construção civil: a modernização produtiva e a melhoria da qualidade do habitat.

Houve, ainda, no ano de 2013, a publicação da NBR 15.575 (ABNT, 2013), conhecida como norma de desempenho, baseada nas necessidades e exigências dos usuários. Visando a garantia de desempenho das edificações e de seus sistemas, ela estabelece requisitos e critérios a serem atingidos para garantia de desempenho no que tange a durabilidade, o desempenho térmico e acústico, lumínico, resistência a fogo, estanqueidade e desempenho estrutural. Assim, a norma se aplica aos diversos sistemas da edificação: cobertura, vedação vertical, estrutural, sistemas de pisos, aparelhos hidrossanitários. São estabelecidos, ainda, diferentes níveis de desempenho – mínimo, intermediário e superior.

Vale destacar que a preocupação com a garantia da qualidade e do desempenho das edificações aplica-se também às edificações de interesse social e às pequenas construções, que são habitações que vem, atualmente, suprir o déficit habitacional no país, em especial aquelas edificações de programas sociais como o Minha Casa Minha Vida – MCMV (CEF, 2009).

Tendo em vista a escassez de conhecimento de outros métodos construtivos, a alvenaria convencional é a mais empregada pela sua popularidade e pelo hábito dos trabalhadores em utilizar esse sistema.

Com isso, para um país como o Brasil ter acesso a uma boa moradia unifamiliar, com um custo acessível, diversos desafios devem ser superados, uma vez que há, ainda, menor busca por soluções relacionadas a outros sistemas construtivos que viabilizem de uma forma geral e acessível a construção dessas residências. Sistemas construtivos alternativos e mais racionalizados são, ainda, vistos como sistemas caros e inviáveis, especialmente quando se pensa na realidade de habitações populares no Brasil.

Desse modo, o objeto de estudo deste trabalho são as edificações unifamiliares de um pavimento, sendo avaliados diferentes sistemas construtivos, como o convencional (que utiliza estruturas em concreto armado e fechamento de vãos com blocos, normalmente cerâmicos), *Light Steel Frame* (LSF -método que utiliza aço como principal matéria prima) e *Wood Frame* (WF – método realizado

com peças de madeira). Esses últimos são sistemas muito empregados na América do Norte e na Europa.

1.1 Objetivos

O objetivo deste trabalho é identificar, através de pesquisas bibliográficas, dentre os sistemas construtivos convencional, *light steel frame* e *wood frame*, qual pode ser considerado mais viável do ponto de vista técnico e econômico para construções de residências unifamiliares de um pavimento.

Como objetivo secundário pode-se citar a identificação de fatores considerados fundamentais no processo de análise e comparação entre sistemas e técnicas construtivas.

1.2 Justificativa

Habitações unifamiliares possuem potencial para usufruir de técnicas sustentáveis integradas ao meio ambiente e novas concepções arquitetônicas (WATANABE, 2013). Assim, buscar alternativas de técnicas construtivas adaptáveis a essas edificações é uma tarefa fundamental para garantia do desenvolvimento sustentável de um país, em seus aspectos social, econômico e ambiental.

Todo o estudo voltado para viabilizar a construção de residências unifamiliares de um pavimento se dá devido à grande demanda por habitação no Brasil. Adquirir um bem e uma residência própria traz inúmeros benefícios para a população, de modo que essas edificações deixam de ser apenas um bem econômico e passam a ter valor social.

Com o avanço da tecnologia e da economia, surge também a preocupação com o meio ambiente. Com esse crescimento vem a necessidade do aperfeiçoamento dos sistemas construtivos, com o intuito de aumentar o número de construções sustentáveis e que gerem menor resíduos de construção (RCC). Essas são as chamadas construções limpas. Segundo dados do *Green Building Council* Brasil (GBC), o Brasil ocupa o quarto lugar dos países com maior número de certificadas por sustentabilidade. A construção sustentável traz benefícios como: valorização da construção, economia e preservação ambiental.

Deste modo, pesquisas que envolvam a avaliação de técnicas construtivas inovadoras para construções populares, que sejam mais limpas, mais sustentáveis e

viáveis economicamente e tecnicamente são fundamentais para a busca pelo desenvolvimento sustentável no país.

2 - Referencial Teórico

A seguir são apresentados conceitos relevantes para o desenvolvimento da pesquisa, como a técnica empregada nos sistemas construtivos estudados, o problema da habitação no Brasil e conceitos relacionados à orçamentação de obras, necessários para a compreensão desta pesquisa.

2.1 - Aspectos técnicos dos sistemas construtivos abordados

Atualmente, no ramo da construção civil, são vistos diversos sistemas construtivos e diferentes técnicas empregadas em obras (GONÇALVES *et al.*, 2018).

- **Alvenaria Convencional**

Quando se trata da alvenaria convencional, sabe-se que é a mais vista no meio da construção civil. A técnica empregada neste sistema é basicamente a construção de vãos, onde toda a carga da estrutura é absorvida pelas lajes, pilares, vigas e fundação, pois as paredes são apenas para fechamento e separação de ambientes, sem função estrutural (AVILA, 2019).

Castro (2005, *apud* Cassar, 2018, p. 19), fala que o tipo de fundação é escolhido a partir do estudo de diversos fatores, como nível do lençol freático, parâmetros do solo, topografia, resistência, profundidade das camadas, entre outros.

Em sua execução deve-se conferir cada componente estrutural com base na marcação, utilizando esquadro para marcação de cantos e encontros de paredes. Depois de um dia, no mínimo, da impermeabilização serão erguidas as paredes conforme o projeto de arquitetura. As paredes podem ser vedadas com blocos de cimento, cerâmicos, painéis pré-moldados entre outros (MILITO, 2006)

Se as marcações das fiadas estão niveladas, o nivelamento é automático. Mesmo assim, é importante a conferência do nível a cada três ou quatro fiadas assentadas. Da mesma forma deve-se proceder com a verificação do prumo (SALGADO, 2009).

Segundo Vasques e Pizzo (2014), é necessário, após a construção das paredes, abri-las para embutir as instalações elétricas e hidráulicas. No revestimento

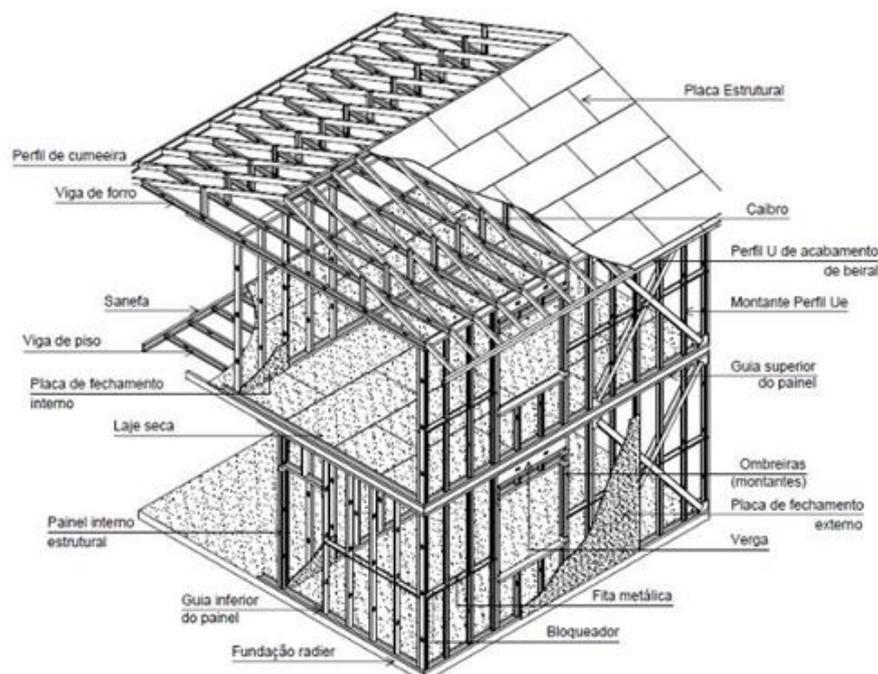
é aplicado o chapisco, massa grossa (emboço), massa fina (reboco) e por fim a pintura.

- **Light Steel Frame**

O *Steel Frame* é um sistema estruturado de perfis de aço galvanizado. Seu fechamento interno é composto além dos perfis de aço, do isolamento termo acústico, placas de drywall e acabamento. Por ser caracterizado um sistema leve, normalmente utiliza-se o radier como fundação (PEREIRA, 2019).

Para sua execução é um sistema amplo que integra diversos subsistemas como ilustrado na Figura 01.

Figura 01: *Steel Frame* e seus subsistemas



Fonte: Manual *Steel Framing*: Arquitetura (2012, p.14)

Segundo Santiago, Freitas e Crasto (2012), para a construção em *Light Steel Frame* são utilizados essencialmente três métodos. Sendo eles, o método *stick*, método por painéis e construção modular.

Para os autores, o método *stick* é caracterizado pelo corte dos perfis no canteiro de obra, assim como a montagem de painéis, colunas, lajes,

contraventamentos e tesouras de telhados também realizados no canteiro. Essa técnica é utilizada geralmente em locais onde não é viável a pré-fabricação dos perfis.

No método por painéis são pré-fabricados os elementos estruturais e não estruturais e montados no canteiro, sendo assim tendo um ganho na velocidade de montagem e minimização do trabalho na obra (SANTIAGO, FREITAS e CRASTO, 2012).

A construção modular já é completamente pré-fabricada e podem ser diretamente entregues na obra com todos os ambientes prontos, incluindo o acabamento interno e mobiliário fixos (SANTIAGO, FREITAS e CRASTO, 2012).

Para Santiago, Freitas e Crasto (2012) o *Steel Frame* é uma construção leve, com isso sua fundação é considerada mais simples, tendo em vista uma fundação rasa como o *radier* e a sapata corrida. Segundo Facco (2014) a fundação mais adequada dependerá de uma análise do solo, topografia do terreno, o cálculo estrutural e o nível do lençol freático.

Aos painéis são a sustentação, onde são transferidas as cargas solicitantes para a fundação, além de formarem paredes e elementos da vedação. Com isso, outro elemento fundamental é a vedação vertical, que auxilia na proteção da estrutura e cria divisórias para o ambiente. São utilizados as placas de OSB (*Oriented Strand Board*), as placas cimentícias e também placas de gesso acartonado (FACCO, 2014).

- **Wood Frame**

O sistema construtivo *wood frame* utiliza perfis de madeira e placas de *drywall* para a construção de casas ou edificações de até 5 pavimentos (AMARAL, 2019). Para o dimensionamento das peças estruturais, recomenda-se seguir as orientações da ABNT NBR 7.190 - Projeto de estruturas de madeira (ABNT, 1997).

Feito as medidas corretas para a obra, inicia-se a instalação da estrutura que dará a sustentação da obra. Feito isso, parte-se para o preenchimento das paredes, isolamento térmico e por fim a cobertura e vedação (PEREIRA, 2019).

No mundo o sistema *Wood Frame* é um dos mais utilizados para construção de casas de madeira. No sul do Brasil já existem empresas desenvolvendo a matéria prima, componentes e projetos destinados ao mercado de médio e alto padrão, o

que falta são profissionais com treinamento e centros de formação de mão de obra (MOLINA e CALIL, 2010).

Pesquisado nos Estados Unidos desde 1910 o Wood Frame teve seu primeiro manual de construção (Hand-Book) intitulado *Forest Products Laboratory* publicado em 1955 (revisado em 1989). Este manual apresenta as condições para construção de casas em Wood frame, passo a passo. O dimensionamento estrutural pode seguir a norma americana WFCM 2001 ou as normas do mercado comum europeu DIN 1052(1998). No Brasil pode-se utilizar NBR 7190/1997(ABNT, 1997; MOLINA e CALIL, 2010).

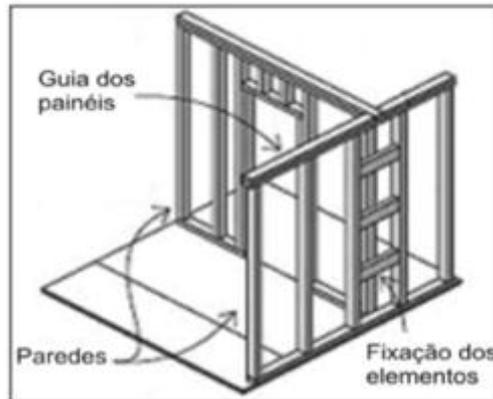
Segundo Molina e Calil (2010), o *Wood Frame* permite a execução de qualquer tipo de construção, limitado no Brasil a cinco pavimentos sendo recomendado o tratamento da madeira de toda a estrutura. Os componentes responsáveis pela sustentação são: montantes (pilares), travessas (peças horizontais com a função de diminuir a flambagem dos montantes), barroteamento (Suporte para os pavimentos superiores).

Nesse método, a fundação, por ser leve e suas cargas distribuídas pelas paredes, é muito utilizado o *radier* ou sapata corrida. Os pisos superiores são construídos utilizando *Oriented Strand Board* (OSB) sobre vigas de madeira retangulares ou *Laminated Venner Lumber*, coloca-se uma manta e posterior aplicação de piso ou carpete (MOLINA e CALIL, 2010).

As paredes são compostas por montantes verticais de madeira e utiliza-se para seu fechamento placas de OSB. Esses elementos são ligados e fixados por pregos galvanizados. Já os sistemas hidráulico e elétricos quando comparados com a alvenaria ganham em agilidade tendo em vista que são montados no vão interno das paredes antes de seu fechamento, como acontece também com o *Light Steel Frame* (MOLINA e CALIL, 2010).

Na execução desse sistema foi detalhado a fixação dos painéis de parede como ilustrado na Figura 02.

Figura 02: Detalhe de fixação entre os painéis de parede



Fonte: Molina e Calil (2010, p.15)

Para Molina e Junior (2010), os telhados são normalmente posicionados com treliças industrializadas, com espaçamentos que variam de 60 a 120 cm. Dependendo do tipo de cobertura escolhido pode-se colocar ripas sobre as treliças ou OSB para fixação de telhas tipo *shingle*.

2.2 - Habitação no Brasil

A habitação possui um papel fundamental na forma de sobrevivência do ser humano, sendo um direito de todo cidadão, por se tratar de um produto de necessidade básica de qualquer cidadão. Ela proporciona segurança, bem estar e refúgio, além de ter a função de abrigo. Assim, permite que os indivíduos desenvolvam suas capacidades e realizem seus mais diversos anseios (MONTEIRO e VERAS, 2017).

Dados da Fundação João Pinheiro (2015) mostram que o déficit habitacional no Brasil corresponde a 6,355 milhões de habitações, sendo deles 87,7% localizados na zona urbana.

Segundo Fabre (2020), as pessoas atualmente estão retomando costumes antigos, optando por residências unifamiliares, garantindo maior segurança, privacidade e preservação.

O direito à moradia está garantido na constituição federal (BRASIL,1988). Porém, essa garantia é ainda distante da realidade de muitas famílias brasileiras.

Assim, em muitas cidades no Brasil é caracterizado um processo de urbanização desigual, ambientalmente desordenado, socialmente excludente, marcado por elevados níveis de desigualdade social.

2.3 - Conceitos relevantes sobre orçamentação e metodologia de cálculo de orçamentos firmes

Segundo Xavier (2008), orçamento exige um processo denominado orçamentação, esse processo leva a base de fixação do preço de um determinado projeto. Um erro pode acarretar frustrações, prejuízos a curto e médio prazo e falta de credibilidade de uma empresa. Um orçamento é calculado considerando os custos diretos e indiretos. Os custos diretos são aqueles custos diretamente ligados com os serviços a serem feitos na obra (equipamentos, mão de obra, encargos sociais e materiais), ou seja, os insumos para realização dos serviços. Os custos indiretos são aqueles custos que não estão diretamente ligados ao serviço, mas fazem parte da administração da obra e da organização da empresa construtora (como taxas, equipes de apoio e supervisão e despesas gerais com canteiro de obras).

Segundo Queiroz (2001), os orçamentos são classificados quanto ao grau de precisão em orçamentos estimados (ou aproximados) e orçamentos firmes. Os orçamentos estimativos são utilizados para uma avaliação inicial da viabilidade de um projeto, enquanto os orçamentos firmes buscam tratar mais precisamente dos custos envolvidos no processo construtivo.

São várias as metodologias de orçamentos estimativos disponíveis em literaturas nacionais, como a metodologia de cálculo do custo unitário básico (CUB) de construção, disponível na NBR 12721 (ABNT, 2005), com dados fornecidos pelos Sindicatos das Indústrias de Construção Civil. Mensalmente os sindicatos divulgam a relação de custo por metro quadrado de área construída calculado segundo a referida norma. Os custos variam de acordo com o uso das edificações e padrão de acabamento. A NBR 12721 (ABNT, 2006) aborda, ainda, a metodologia do equivalente de área construída, que é vista como uma adaptação do método do CUB. Pode-se, ainda, na realização de orçamentos estimativos, orçar os itens principais, que muitas das vezes são obtidos através de um levantamento dos quantitativos dos principais serviços. Pode-se, ainda, utilizar bases de dados de uma

literatura específica para avaliar de forma estimativa o orçamento de um determinado empreendimento.

Em relação aos orçamentos firmes, que possuem maior grau de precisão, sua metodologia envolve levantamento de quantitativos de todos os serviços previstos em memorial de cálculo, composição de planilhas de custo unitário de cada serviço para que, a partir delas, seja obtido o custo total de cada serviço, de cada etapa construtiva e, por fim, do empreendimento como um todo. Nessa metodologia, usualmente são realizadas tomadas de preço no mercado fornecedor que devem, ainda, ser arquivadas.

3 - Metodologia

Este trabalho caracteriza-se como uma pesquisa bibliográfica em que busca-se indicar qual o sistema mais indicado para construção de uma residência unifamiliar de um pavimento, considerando as vantagens e desvantagens desses sistemas para esse tipo de residência e custo de construção.

O item 4 foi voltado para o levantamento de custos desses sistemas. Inicialmente, buscou-se promover uma caracterização das pesquisas consultadas que forneceram dados de custo dos sistemas construtivos estudados nesta pesquisa. Assim, para cada um deles (sistema convencional, LSF e WF), foi feita uma avaliação do custo de cada etapa construtiva em relação ao custo total e também foram obtidos dados do custo unitário de cada unidade de área construída nesses sistemas. Os dados orçamentários foram obtidos através das pesquisas dos autores Frasson e Bitencourt (2017), Silvestre e Figueiredo (2018) e Molin e Malandrin (2017).

Posteriormente, no item 5, foi feita uma identificação qualitativa das principais vantagens e desvantagens desses sistemas, realizada através dos trabalhos de Vasques e Pizzo (2014) e Cassar (2018).

Assim, através destas pesquisas, identificou-se diferentes fatores de análise sobre a viabilidade técnica e econômica desses sistemas. Um quadro comparativo de viabilidade técnica e econômica desses sistemas construtivos para emprego em residências unifamiliares de um pavimento foi desenvolvido como resultado final desta pesquisa, no item 6.

Nesse quadro de análise de viabilidade, para cada fator considerado essencial na comparação de viabilidade entre esses sistemas para a tipologia

residencial desta pesquisa, foram atribuídas diferentes pontuações conforme o desempenho de determinado sistema construtivo. Os sistemas construtivos foram identificados por siglas: alvenaria convencional (AC), *light steel frame* (LSF) e *wood frame* (WF). Se em determinado fator de análise um sistema construtivo se saiu melhor em desempenho que os demais, foi atribuída nota 3 a ele. Se obteve desempenho intermediário, a nota atribuída foi 2 e o sistema construtivo com pior desempenho naquele fator recebeu nota 1.

O Quadro 01 ilustra uma situação hipotética para exemplificação, em que a alvenaria convencional tenha tido um desempenho superior aos demais sistemas, o wood frame tenha tido desempenho intermediário e o light steel frame desempenho inferior.

Quadro 01: Quadro hipotético para exemplificação

Fator de análise	AC	LSF	WF
Fator 1	3	1	2

Fonte: Os autores (2020)

A partir das pontuações obtidas para cada fator de análise, foi feito o somatório das pontuações totais para efeitos comparativos entre os sistemas construtivos.

Vale destacar que o quadro acima e a metodologia de pontuação dos fatores retrata apenas uma análise qualitativa sobre esses fatores, de modo que um dos fatores pode ter peso muito maior que os demais na escolha do sistema construtivo mais indicado para determinada construção, como, por exemplo, o fator custo.

4 - Levantamento de custos dos sistemas construtivos por pesquisas bibliográficas

Este capítulo busca apresentar dados relacionados ao custo dos sistemas convencional, *light steel frame* e *wood frame*, obtidos através de pesquisas bibliográficas.

- **Descrição das pesquisas e empreendimentos dos estudos de caso**

Frasson e Bitencourt (2017) fazem um estudo através de um levantamento bibliográfico e estudo de caso comparando a Alvenaria Convencional e o *Steel Frame*, com o objetivo de apresentar as principais diferenças entre os dois sistemas em uma residência unifamiliar, com foco principal em custos e no prazo de execução da obra.

Nesse caso foi escolhida uma residência unifamiliar de 55m² de área construída. Essa residência é composta de um banheiro, dois quartos, cozinha, sala de estar e sala de jantar conjugada e uma varanda na parte externa (Figura 03), sendo utilizado para ambos os tipos de sistemas construtivos analisados a fundação do tipo radier (FRASSON e BITENCOURT, 2017).

Figura 03: Planta Baixa do Projeto de Frasson e Bitencourt.

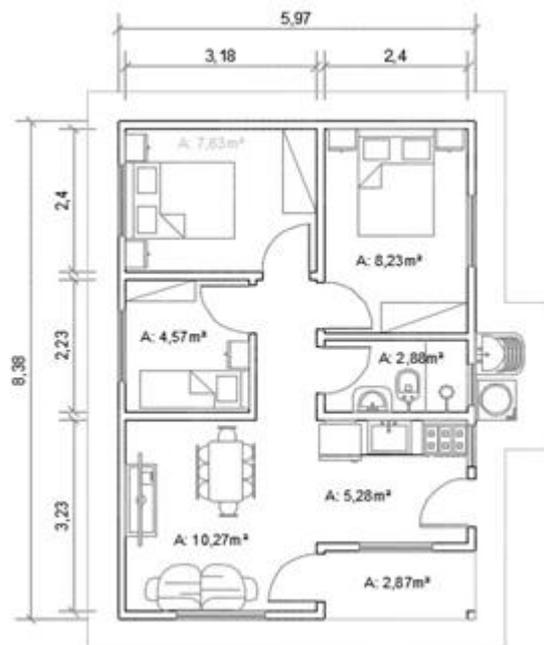


Fonte: Frasson e Bitencourt (2017)

Silvestre e Figueiredo (2018) realizaram pesquisa comparativa para o estudo de caso, que consiste na análise de determinados grupos ou comunidades, com a finalidade de obter generalizações.

Nessa pesquisa analisou-se o caso de uma residência unifamiliar no município de Dourados, MS, onde foi construído um conjunto habitacional com 230 casas construídas em *Wood Frame*, que foi comparado com o sistema de Alvenaria Convencional. Para comparação foi utilizado um projeto de 50 m² (Figura 04) composto por três dormitórios, um banheiro social, sala e cozinha conjugados (SILVESTRE e FIGUEIREDO, 2018).

Figura 4: Planta Baixa do Projeto de Silvestre e Figueiredo



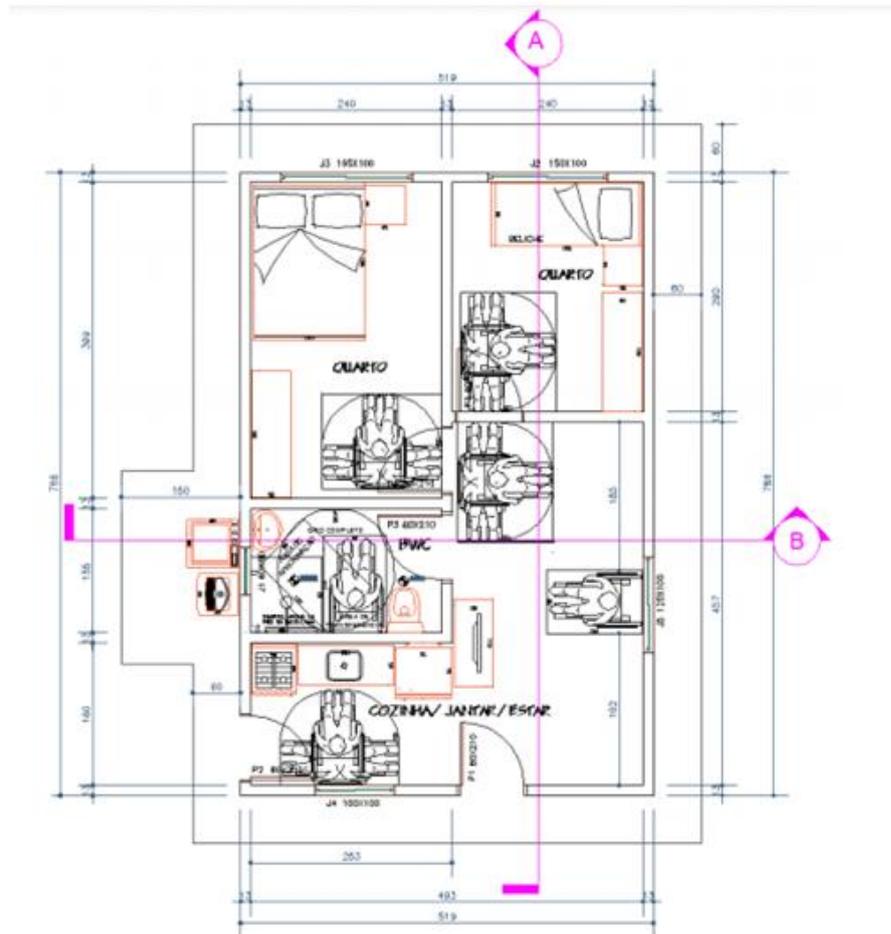
Fonte: Silvestre e Figueiredo (2018)

Molin e Malandrin (2017) realizaram um estudo de caso comparando a Alvenaria Convencional, *Wood Frame* e *Steel Frame*. Os autores utilizaram um projeto planejado para o programa Minha Casa Minha Vida realizado em um conjunto habitacional com 824 unidades construídas em Campo Mourão, PR. Eles optaram por adaptar o trabalho adequando o projeto para deficientes físicos, alterando apenas os itens de acessibilidade, sem modificar as dimensões arquitetônicas. O projeto encontra-se ilustrado na Figura 05.

No trabalho dos autores, foi utilizada como base para a realização dos orçamentos uma residência com 40,79 m² de área total, sendo 36,20 m² de área útil. Esta habitação é composta por sala de estar, cozinha, dois quartos, um banheiro e

na parte externa da casa a área de serviço, sendo adotado, para os três sistemas construtivos, como fundação o *radier* (MOLIN e MALANDRIN, 2017).

Figura 5: Planta Baixa do Projeto de Molin e Malandrin



Fonte: Molin e Malandrin (2017)

- **Orçamentação**

Para a orçamentação, Frasson e Bitencourt (2017) fizeram um levantamento de custos para o sistema de alvenaria convencional com base na tabela do Deinfra. Já para o sistema de *Steel Frame*, não encontrando órgão de grande referência que disponibilizasse de dados para os custos, foram usados dados de uma empresa.

Para o quantitativo de insumos, Silvestre e Figueiredo (2018) utilizou-se principalmente a tabela SINAPI do primeiro semestre de 2018. Para a orçamentação utilizou-se um programa gerador de preços (Cypecad). Para os dados faltantes, foram feitas estimativas de índices com bases em obras executadas.

Silvestre e Figueiredo (2018), durante suas pesquisas, perceberam que as etapas de impermeabilização, instalações hidráulicas e serviços complementares não tinham diferenças significativas nos orçamentos. A maior diferença foi localizada nas etapas de superestrutura, fechamento, revestimento, cobertura e fundação.

Molin e Malandrin (2017) fizeram a orçamentação levantando os custos diretos e indiretos, sendo os custos indiretos calculados para um conjunto habitacional com 200 unidades. O orçamento para o modelo em Alvenaria Convencional foi cedido pela empresa que realizou o modelo habitacional em estudo, empresa B. Para o orçamento do modelo em *Wood Frame* foi contratada uma empresa especializada no segmento, empresa C. Essa empresa trabalha com um Kit Tecverde, kit específico do *Wood Frame* composto pela vedação termoacústica com manta de vidro e manta impermeabilizadora, estrutura para vedação e cobertura em madeira, vedação composta por placas de OSB, acabamento com argamassa e pintura, forro de PVC e telhas cerâmicas (MOLIN e MALANDRIN, 2017).

Para o orçamento do modelo em *Steel Frame* foi contratada uma empresa especializada neste método (empresa D). Assim como a empresa C, a empresa D apresentou um kit construtivo que visa atender a superestrutura e a vedação específica para este sistema construtivo (MOLIN e MALANDRIN, 2017).

Os Quadros 02 a 04 indicam as planilhas orçamentárias sintéticas desenvolvidas nas referidas pesquisas.

Quadro 02: Orçamento de Frasson e Bitencourt

ALVENARIA CONVENCIONAL	CUSTO (R\$)	STEEL FRAME	CUSTO (R\$)
Pilares, Vigas e Lajes	5.017,85	Kit Steel Frame Completo (com lâ de vidro, painel OSB)	23.977,49
Paredes, Chapisco e Reboco	15.848,35	Kit Steel Frame (mão de obra)	14.076,00
Telhado com Telha Cerâmica, e Armação de Madeira (considerando beiral e inclinação)	11.724,01	Acessórios para Montagem	1.074,00
Forro de PVC com Estrutura Metálica	4.663,68		
TOTAL	37.253,89	TOTAL	39.127,49
TOTAL/M²	677,34	TOTAL/M²	711,41

Fonte: Adaptado de Frasson e Bitencourt (2017)

Quadro 03: Orçamento de Silvestre e Figueiredo

ALVENARIA CONVENCIONAL	CUSTO (R\$)	WOOD FRAME	CUSTO (R\$)
Fundação	4.982,88	Fundação	2.231,00
Superestrutura	4.693,08	Paredes Externas e Internas	8.632,62
Paredes Externas e Internas	2.587,27	Cobertura	3.657,15
Cobertura	2.906,94	Impermeabilização	1.247,02
Impermeabilização	845,10	Esquadrias	2.710,78
Esquadrias	2.411,07	Instalações Elétricas	790,00
Instalações Elétricas	4.181,81	Instalações Hidráulicas	2.053,46
Instalações Hidráulicas	3.206,45	Revestimentos Internos	4.892,16
Revestimentos Internos	3.931,30	Revestimento Fachada	2.236,42
Acabamentos	1.436,50	Pintura	1.700,27
Pintura	2.360,65	Serviços Complementares	576,04
Serviços Complementares	621,95		
TOTAL	34.164,98	TOTAL	30.726,91
VALOR/M²	683,30	VALOR/M²	614,54

Fonte: Adaptado de Silvestre e Figueiredo (2018)

Quadro04: Orçamento de Molin e Malandrin

ALVENARIA CONVENCIONAL	CUSTO (R\$)	WOOD FRAME	CUSTO (R\$)	STEEL FRAME	CUSTO (R\$)
Serviços Preliminares	154,59	Serviços Preliminares	154,59	Serviços Preliminares	154,59
Infraestrutura	4.647,17	Infraestrutura	3.717,73	Infraestrutura	3.717,73
Alvenaria e Estrutura	7.476,17	Alvenaria e Estrutura	-	Alvenaria e Estrutura	-
Cobertura	4.315,87	Cobertura	1.480,58	Cobertura	1.480,58
Elétrica	1.255,91	Elétrica	1.056,61	Elétrica	1.056,61
Hidráulica	4.317,61	Hidráulica	4.019,72	Hidráulica	4.019,72
Forro	1.481,46	Forro	1.481,46	Forro	1.481,46
Revestimento	6.200,72	Revestimento	-	Revestimento	-
Revestimento Cerâmico	2.509,89	Revestimento Cerâmico	2.459,51	Revestimento Cerâmico	2.459,51
Esquadrias	3.123,89	Esquadrias	3.123,89	Esquadrias	3.123,89
Pintura	2.474,72	Pintura	1.946,30	Pintura	1.946,30
Serviços Complementares	1.307,32	Serviços Complementares	1.125,57	Serviços Complementares	1.125,57
		Kit Tecverde	28.500,00	Pacote Light Steel Frame	22.469,57
TOTAL	39.265,32	Total	49.065,96	Total	43.035,53
VALOR/M²	962,62	VALOR/M²	1.202,89	VALOR/M²	1.055,05

Fonte: Adaptado de Molin e Malandrin (2017)

- **Relação percentual entre custo de cada etapa construtiva e custos totais**

A partir dos Quadros 02, 03 e 04 é possível identificar os custos obtidos por cada autor em cada etapa construtiva dos diferentes sistemas construtivos. Observa-se que o trabalho de Frasson e Bitencourt (2017) é mais sucinto no orçamento do LSF, uma vez que houve a terceirização dos serviços relacionados a esse método. É possível observar que as etapas construtivas distribuídas por sistema construtivo podem variar ligeiramente entre diferentes autores, de acordo com as adaptações e considerações feitas em cada pesquisa. Considerando os estudos de Silvestre e Figueiredo (2018) e Molin e Malandrin (2017), que são trabalhos com maior nível de detalhamento, o que facilita um comparativo entre

dados, optou-se, nesta pesquisa, por identificar o percentual de custo de cada etapa construtiva frente aos custos totais para construção com cada sistema construtivo. Os Gráficos 01 e 02 retratam a realidade encontrada por Silvestre e Figueiredo (2018), enquanto os Gráficos 03, 04 e 05 retratam os trabalhos de Molin e Malandrin (2017).

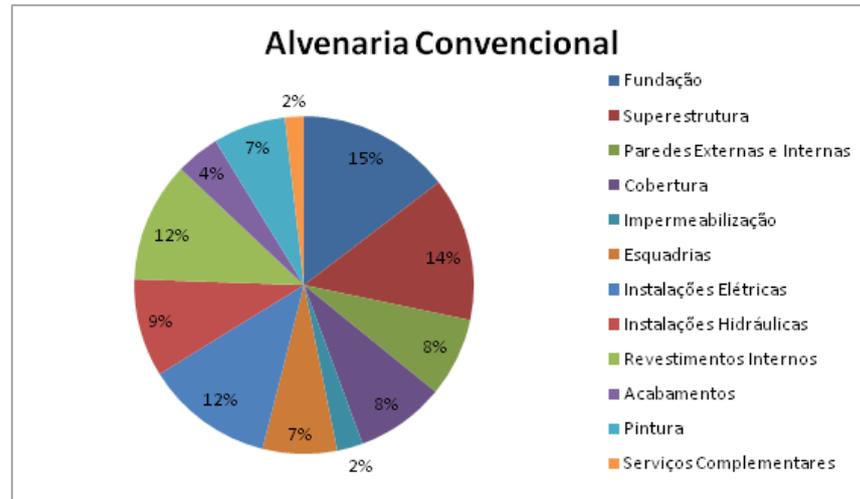


Gráfico 01: Porcentagem de custo de cada etapa construtiva de Silvestre e Figueiredo para alvenaria convencional

Fonte: Adaptado de Silvestre e Figueiredo (2018)

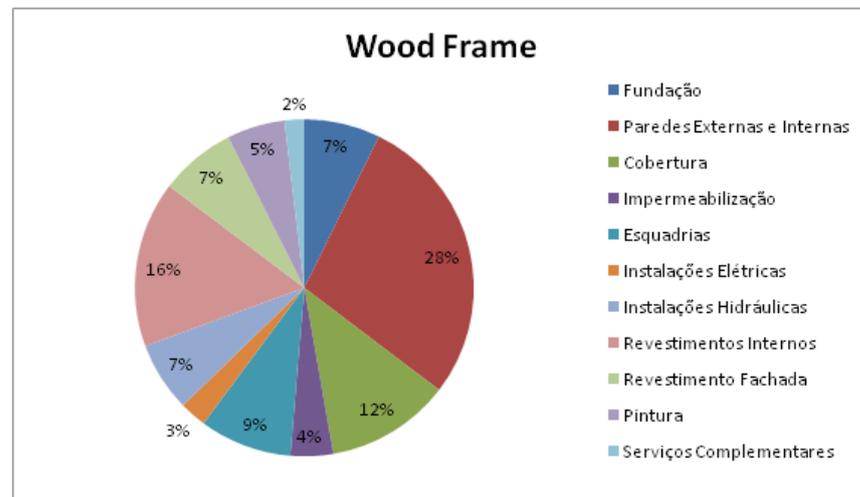


Gráfico 02: Porcentagem de custo de cada etapa construtiva de Silvestre e Figueiredo para *wood frame*

Fonte: Adaptado de Silvestre e Figueiredo (2018)

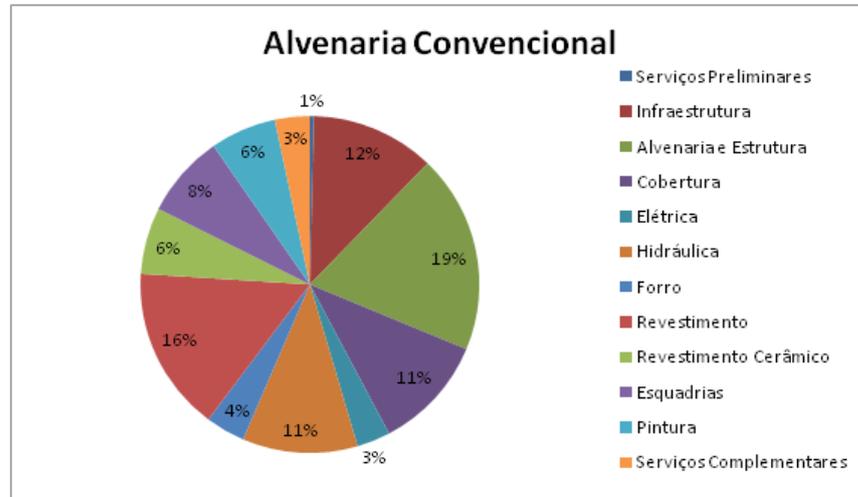


Gráfico 03: Porcentagem de custo de cada etapa construtiva de Molin e Malandrin para alvenaria convencional

Fonte: Adaptado de Molin e Malandrin (2017)

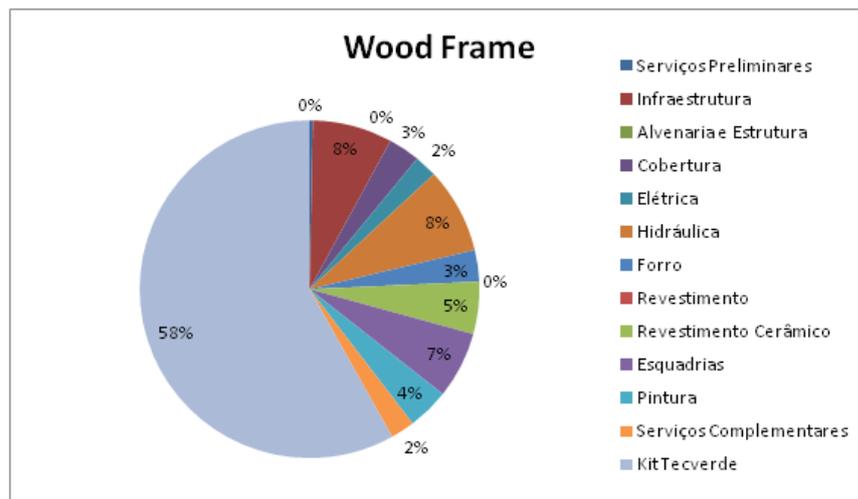


Gráfico 04: Porcentagem de custo de cada etapa construtiva de Molin e Malandrin para *wood frame*

Fonte: Adaptado de Molin e Malandrin (2017)

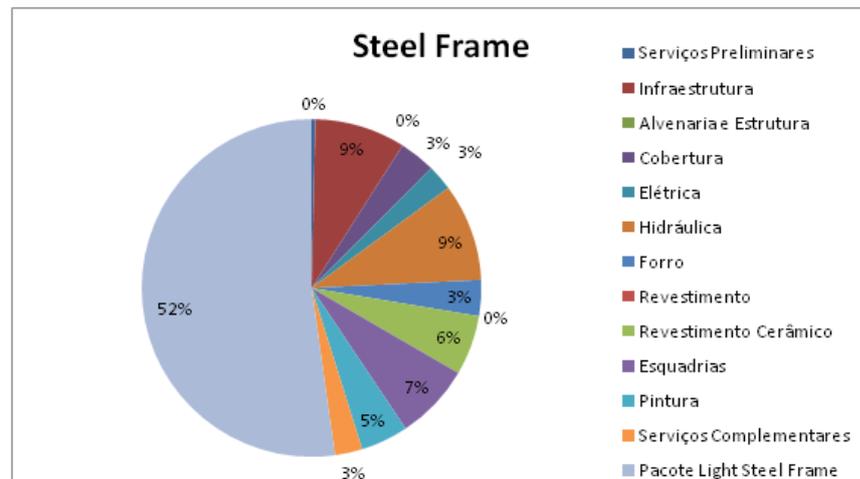


Gráfico 04: Porcentagem de custo de cada etapa construtiva de Molin e Malandrin para *steel frame*
Fonte: Adaptado de Molin e Malandrin (2017)

De um modo geral, foi possível identificar que as etapas construtivas mais onerosas dos sistemas construtivos estudados são aquelas voltadas para fundação e estruturas e o sistema de fechamento de vãos/revestimentos. No trabalho de Silvestre e Figueiredo (2018), no estudo voltado a alvenaria convencional, identificamos que 15% dos custos correspondem à fundação, 14% a estrutura e 8% as paredes externas e internas, já no *wood frame* a fundação equivale a 7% e as paredes externas e internas a 28%. No trabalho de Molin e Malandrin (2017), no estudo referente à alvenaria convencional, observamos que 12% dos custos correspondem a infraestrutura e 19% a alvenaria e estrutura, no *wood frame* a infraestrutura equivale a 8% e o kit Tecverde a 58% e no *steel frame* 8% correspondem a infraestrutura e 52% ao pacote Light Steel Frame.

- **Custos por unidade de área construída e comparativo de custo entre sistemas construtivos**

Analisando os custos encontrados pelos autores estudados, constata-se que para Frasson e Bitencourt (2017) o custo por unidade de área construída para alvenaria convencional ficou em R\$ 677,34 e para o *Steel Frame* ficou em R\$ 711,41. Silvestre e Figueiredo (2018) encontrou o custo por unidade de área construída para alvenaria convencional de R\$ 683,30 e para *Wood Frame* de R\$ 614,54. Molin e Malandrin (2017) constatou que o custo por unidade de área

construída para alvenaria convencional ficou em R\$ 962,62, para o *Wood Frame* ficou em R\$1.202,89 e para o *Steel Frame* ficou em R\$ 1.055,05.

Pelos números encontrados a percepção é que a alvenaria convencional ainda é o sistema de construção mais barato do mercado, apesar de ser o que mais impacta o meio ambiente e mais demorado para se obter um produto final.

No trabalho de Silvestre e Figueiredo (2018), os autores chegam a um resultado diferente na comparação da alvenaria convencional com o *Wood Frame*, mas os autores não detalham o tipo de fundação e superestrutura utilizados, itens que certamente influenciaram nos resultados dos autores. Assim, de um modo geral, pode-se dizer que o sistema de alvenaria convencional é, ainda, o sistema construtivo mais econômico para construção de residências unifamiliares de um pavimento (objeto de estudo deste e dos trabalhos pesquisados). Porém, outros fatores podem ser considerados na análise da viabilidade de emprego de um determinado sistema construtivo. Esses fatores foram abordados no item 5.

5 - Identificação qualitativa das principais vantagens e desvantagens desses sistemas

Para avaliar a viabilidade dos sistemas construtivos estudados, algumas de suas vantagens e desvantagens devem ser consideradas.

Assim, segundo Vasques e Pizzo (2014), as principais vantagens da alvenaria convencional são: bom isolamento térmico e acústico; excelente resistência mecânica ao fogo; ótima aceitação pelo usuário e sociedade; melhor durabilidade relacionada a qualquer outro material; facilidade para obtenção de componentes; ótima versatilidade e boa estanqueidade à água. Dentre as suas principais desvantagens, destacam-se: necessidade de desconstrução para instalação elétrica e hidrosanitária; baixa produtividade na execução; sistema construtivo mais lento; necessidade de materiais adicionais para obtenção de uma textura lisa nos sistemas de pintura; deficiência na limpeza e higienização.

Em relação do *wood frame*, sua principais vantagens são relacionadas ao fato de este ser um sistema construtivo mais limpo, com menor geração de resíduos. Obras construídas com esse sistema construtivo são consideradas obras secas. Assim, as obras são consideradas mais limpas (benefício para a sustentabilidade). Essa é uma vantagem não apenas do *wood frame*, mas também do *light steel frame*. Esses sistemas são, ainda, mais leves que a alvenaria convencional. Além

dessas vantagens, para o *wood frame* listam-se também: maior rapidez de execução, conforto e boa resistência, estabilidade do preço da matéria prima, durabilidade e eficiência das construções e uso de matéria prima renovável, uma vez que são utilizadas madeiras de reflorestamento. Dentre as desvantagens, estão a limitação quanto ao número de pavimentos (que não se aplica a esta pesquisa, uma vez que a pesquisa aborda residências unifamiliares de um pavimento) e a baixa oferta de mão de obra especializada e de ferramentas específicas (VASQUES e PIZZO, 2014).

Para o *light steel frame*, Segundo Cassar (2018), algumas vantagens são percebidas além das mencionadas sobre menor geração de resíduos, construção mais limpa (construção seca) e capacidade de proporcionar construções mais leves, como: alta produtividade, uma vez que esse sistema tem maior agilidade produtiva, alta durabilidade, facilidade na passagem de instalações elétricas, hidráulicas, de gás e de ar condicionado. Entre as desvantagens, assim como no *wood frame*, ganham destaque a limitação do número de pavimentos (não aplicada a esta pesquisa) e a baixa oferta de mão de obra especializada.

6 - Discussão sobre a viabilidade técnica e econômica dos sistemas construtivos estudados na construção de residências unifamiliares de um pavimento

Os três sistemas construtivos foram avaliados em diferentes aspectos. Para definição desses fatores de avaliação, foram consideradas a necessidade de atendimento de desempenho na edificação e seus sistemas, a satisfação do cliente final, usuário da edificação, a garantia da qualidade da edificação, de modo que o usuário possa identificar em sua edificação a função da habitação - fornecer abrigo. Além disso, foram considerados relacionados aos benefícios econômicos e ambientais advindos dessas construções e também a facilidade desses sistemas se adaptarem à realidade de pequenas construções - caso das edificações de interesse dessa pesquisa. Assim, pode-se dizer que os fatores de análise de viabilidade foram: custo, menor geração de resíduos, rapidez de execução, facilidade de encontrar mão de obra, durabilidade, se a obra é considerada seca, índices de aceitação pelo usuário, atendimento das necessidades de desempenho do usuário dessas edificações, facilidade de manutenção das instalações elétricas e hidrossanitárias e peso de construção.

Os três sistemas construtivos tiveram suas siglas representativas no Quadro 05, de análise de viabilidade:

- a) Alvenaria convencional: AC;
- b) Light steel frame: LSF;
- c) Wood frame: WF.

A distribuição da pontuação ocorreu conforme descrito na metodologia da pesquisa e conforme legenda apresentada para o Quadro 05.

Quadro 05: Análise da viabilidade dos sistemas construtivos para a edificação tipo desta pesquisa

Fatores de análise de viabilidade	AC	LSF	WF
Custo	3	2	1
Menor geração de resíduos	1	3	3
Rapidez de execução	1	3	3
Facilidade de encontrar mão de obra	3	1	1
Durabilidade	3	2	2
Sustentabilidade, obra seca	1	2	3
Aceitação pelo usuário	3	1	2
Atendimento das necessidades dos usuários edificações da tipologia desta pesquisa	3	3	3
Facilidade de manutenção de instalações elétricas E hidrossanitárias	1	3	2
Peso de construção	1	3	3
Pontuações Totais	20	23	23

Legenda:

Sistema construtivo com melhor desempenho no fator de análise	3
Sistema construtivo com desempenho intermediário no fator	2
Sistema construtivo com pior desempenho no fator de análise	1

Fonte: Os autores (2020)

De um modo geral, percebe-se que, considerando os fatores de análise do Quadro 05 e avaliando as pontuações totais obtidas pelos três sistemas

construtivos, pode-se dizer, em um primeiro momento, que os sistemas mais racionalizados (*light steel frame* e *wood frame*) tiveram um desempenho melhor (nota 23) que a alvenaria convencional (nota 20). Fazendo uma comparação entre o sistema *light steel frame* e *wood frame*, percebe-se que o *light steel frame* pode ser um melhor desempenho em custo e facilidade de manutenção das instalações elétricas e hidrossanitárias, de modo que se destaca em relação ao *wood frame*. Assim, em uma análise direta, o *light steel frame* seria o sistema mais indicado para as construções de residências unifamiliares de um pavimento. Porém, vale destacar que a escolha de uma técnica ou sistema construtivo para determinada construção tipo é uma tarefa de difícil análise, que requer orçamentos específicos para a realidade de cada projeto e análise de viabilidade direcionado ao projeto em questão. Somente assim, pode-se afirmar com maior propriedade qual seria o método mais indicado para essa tipologia construtiva. Além disso, observa-se que, embora o sistema de alvenaria convencional tenha atingido uma menor pontuação, ele é, ainda, o sistema que se destaca em relação ao custo, sendo, portanto, o mais econômico. Esse fator certamente tem um peso bastante superior aos demais fatores de análise, de modo que o sistema de alvenaria convencional é, ainda, o sistema mais utilizado para residências unifamiliares de um pavimento. Este sistema envolve também uma melhor aceitação por parte dos usuários, o que também justifica sua utilização.

7 - Considerações Finais

Com a pesquisa, foi possível mapear alguns fatores de análise de viabilidade de soluções técnicas para construções de edificações unifamiliares de um pavimento, como: custo, menor geração de resíduos, rapidez de execução, facilidade de encontrar mão de obra, durabilidade, se a obra é considerada seca, índices de aceitação pelo usuário, atendimento das necessidades de desempenho do usuário dessas edificações, facilidade de manutenção das instalações elétricas e hidrossanitárias e peso de construção.

Pode-se concluir, ao final desta pesquisa, que a identificação precisa de um sistema construtivo mais indicado para determinado projeto depende das especificidades de cada construção e particularidades de projeto. Para a tipologia de construção desta pesquisa, residências unifamiliares de um pavimento, avaliando os dados obtidos por pesquisa bibliográfica, pode-se dizer que o sistema construtivo

light steel frame tem um potencial muito grande de utilização, uma vez que apresenta vantagens em relação ao sistema convencional e também ao *wood frame*, como o fato de ser um sistema racionalizado, com maior agilidade de construção, ter uma construção mais limpa, com menor peso de construção e menor geração de resíduos. Apesar disso, o sistema de alvenaria convencional pode, ainda, ser considerado o mais econômico e com maior aceitação pelos usuários, de modo que este se destaca em construções de residências unifamiliares de um pavimento.

Conclui-se, ainda, que conhecer e estudar novas tipologias construtivas, mais inovadoras, sustentáveis e que garantam o desempenho esperado para a edificação e seus sistemas é uma tarefa fundamental para que se possa garantir condições de segurança e habitabilidade aos usuários das edificações, em especial as populares.

Referências

FIESP. PIB da cadeia produtiva da construção fecha 2018 com retração de 4,2%, quinto ano consecutivo de queda. Disponível em: <<https://www.fiesp.com.br/observatoriodaconstrucao/noticias/pib-da-cadeia-produtiva-da-construcao-fecha-2018-com-retracao-de-42-quinto-ano-consecutivo-de-queda/>>. Acesso em: 27 de abril de 2020.

PEREIRA, Caio. *Steel Frame*: o que é, características, vantagens e desvantagens. Disponível em: <<https://www.escolaengenharia.com.br/steel-frame/>>. Acesso em: 01 de maio de 2020.

PEREIRA, Caio. *Wood Frame*: o que é, características, vantagens e desvantagens. Disponível em: <<https://www.escolaengenharia.com.br/wood-frame/>>. Acesso em: 01 de maio de 2020.

AMARAL, Leandro. *Wood Frame*: Tudo o que você precisa saber. Disponível em: <<https://arquitetoleandroamaral.com/wood-frame/>>. Acesso em: 01 de maio de 2020.

AVILA, Matheus Almeida. Alvenaria Convencional - O que é? Vantagens e Desvantagens! Disponível em: <<https://www.totalconstrucao.com.br/alvenaria-convencional/>>. Acesso em: 01 de maio de 2020.

WATANABE, Tiago Makoto. Elaboração de Projeto de Habitação Unifamiliar A Partir Dos Princípios de Construção sustentável. ROCA, 2013. Disponível em: <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/2153/1/CT_EPC_2013_1_24.pdf>. Acesso em: 05 de maio de 2020.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. PBQP-HABITAT. Disponível em: <<https://cbic.org.br/wp-content/uploads/2019/03/Programa-Brasileiro-de-Qualidade-e-Produtividade-do-Habitat.pdf>>. Acesso em: 09 de maio de 2020.

OWA SONEX. O que é a norma ABNT NBR15575 e como ela impacta o trabalho do arquiteto?. Disponível em: <<https://blog.owa.com.br/o-que-e-a-norma-abnt-nbr-15575-e-como-ela-impacta-o-trabalho-do-arquiteto/>>. Acesso em: 09 de maio de 2020.

MONTEIRO, Adriana R., VERAS, Antonio Tolrino de R., A Questão Habitacional no Brasil, Fortaleza: Mercator, 2017. Disponível em: <https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1984-22012017000100214>. Acesso em: 01 de novembro de 2020.

FABRE, Andrey. Casa Unifamiliar é tendência nos projetos arquitetônicos. Disponível em: <<https://jornalsulbrasil.com.br/casa-unifamiliar-e-tendencia-nos-projetos-arquitetonicos/>>. Acesso em: 01 de novembro de 2020.

XAVIER, Ivan. Orçamento, planejamento e custos de obras. Fundação para Pesquisa Ambiental. São Paulo, 2008.

QUEIROZ, Mario N. Programação e Controle de Obras. Universidade Federal de Juiz de Fora. Juiz de Fora, 2001.

SANTIAGO, Alexandre Kokke; FREITAS, Arlene Maria Sarmanho; CRASTO, Renata Cristina Moraes de. Steel Framing: Arquitetura. 2. ed. Rio de Janeiro: Instituto Aço Brasil/CBCA, 2012. (Manual de Construção em Aço).

FACCO, Isabela Rossatto. Sistemas construtivos industrializados para uso em habitações de interesse social. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Civil). Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2014.

Fundação João Pinheiro, 2015. Disponível em: <<http://www.bibliotecadigital.mg.gov.br/consulta/verDocumento.php?iCodigo=76871&codUsuario=0>> Acesso em: 08 de novembro de 2020

MOLINA, Julio Cesar; JUNIOR, Carlito Calil. Sistema construtivo em *wood frame* para casas de madeira. Semina: Ciências Exatas e Tecnológicas, Londrina, 2010.

MILITO, J.A. Técnicas de construção Civil de Edifícios. Apostila. Coordenador Eng.Civil e Prof. PUC-Campinas. Sorocaba: Faculdade de Engenharia de Sorocaba(FACENS), 2006,303p.

SALGADO, Julio. Técnicas e Práticas Construtivas para Edificação, 1 ed. Editora Érica, 2009.

MORAIS, Maria da P. Breve Diagnóstico sobre o Quadro Atual da Habitação no Brasil.

CASSAR, Bernardo C. Análise Comparativa de Sistemas Construtivos para Empreendimentos Habitacionais: Alvenaria Convencional X Light Steel Frame. Projeto de Graduação: Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro 2018.

BRASIL, 1988, Art. 6º, de 5 de outubro de 1988. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm Acesso em: 10 de novembro de 2020.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. Programa Minha Casa Minha Vida: Entidades Recursos FDS, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12721: Avaliação de custos de construção para incorporação imobiliária e outras disposições para condomínios edilícios: Referências. Rio de Janeiro, p. 24. 2005.

VASQUES, Caio C.; PIZZO, Luciana M. Comparativo de sistemas construtivos, convencional e wood frame em residências unifamiliares. Trabalho de conclusão de curso do Centro Universitário de Lins. São Paulo, 2014.

FRASSON, Karine C.; BITENCOURT, Marcos. Análise Comparativa dos Sistemas Construtivos Alvenaria Convencional e Light Frame: Um Estudo de Caso em Residência Unifamiliar. Trabalho de Conclusão de curso: Universidade do Sul de Santa Catarina. Tubarão, 2017.

SILVESTRE, Cíntia da S.; FIGUEIREDO, Filipe B. Análise Comparativa entre o Sistema Construtivo Wood Frame e Alvenaria Convencional para uma Residência Unifamiliar na Cidade de Dourados – MS. Universidade Federal de Grande Dourados. Dourados, 2018.

MOLIN, Brayan H. de C.; MALANDRIN, Lucas L. Comparativo de Custo entre os Sistemas Construtivos Alvenaria Convencional, Light Steel Frame e Wood Frame para Habitação Popular. Trabalho de Conclusão de Curso: Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2017.