



**CENTRO UNIVERSITÁRIO CHRISTUS
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

PAULO JOSÉ NÓBREGA DE ALENCAR

**ANÁLISE COMPARATIVA DOS SISTEMAS CONSTRUTIVOS LIGHT STEEL
FRAME E ALVENARIA CONVENCIONAL: UM ESTUDO DE CASO EM
RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR**

FORTALEZA

2021

PAULO JOSÉ NÓBREGA DE ALENCAR

ANÁLISE COMPARATIVA DOS SISTEMAS CONSTRUTIVOS LIGHT STEEL
FRAME E ALVENARIA CONVENCIONAL: UM ESTUDO DE CASO EM
RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC)
apresentado ao curso de Engenharia Civil
do Centro Universitário Christus, como
requisito parcial para obtenção do título de
bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Profa. MSc. Nathalia Ferreira
Valentim da Silva

FORTALEZA

2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação |
Centro Universitário Christus - Unichristus
Gerada automaticamente pelo Sistema de Elaboração de Ficha Catalográfica do
Centro Universitário Christus - Unichristus, com dados fornecidos pelo(a) autor(a)

A368a Alencar, Paulo José Nóbrega de.
Análise comparativa dos sistemas construtivos light steel
frame e alvenaria convencional : um estudo de caso em residência
unifamiliar / Paulo José Nóbrega de Alencar. - 2021.
57 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Centro
Universitário Christus - Unichristus, Curso de Engenharia Civil,
Fortaleza, 2021.
Orientação: Profa. Ma. Nathalia Ferreira Valentim da Silva.

1. Sistema construtivo. 2. Light steel frame. 3. Alvenaria
convencional. I. Título.

CDD 624

PAULO JOSÉ NÓBREGA DE ALENCAR

ANÁLISE COMPARATIVA DOS SISTEMAS CONSTRUTIVOS LIGHT STEEL
FRAME E ALVENARIA CONVENCIONAL: UM ESTUDO DE CASO EM
RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC)
apresentado ao curso de Engenharia Civil
do Centro Universitário Christus, como
requisito parcial para obtenção do título
de bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Profa. M.Sc. Nathalia Ferreira
Valentim da Silva.

Aprovada em ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Profa. M.Sc. Nathalia Ferreira Valentim da Silva
Centro Universitário Christus (UNICHRISTUS)

Prof. M.Sc. Erivano Lúcio Passos
Centro Universitário Christus (UNICHRISTUS)

Prof. M.Sc. Luís Carlos Aguiar Lopes
Centro Universitário Christus (UNICHRISTUS)

RESUMO

O presente trabalho de conclusão de curso aborda um estudo de caso realizado no Estado do Ceará, com o objetivo de realizar uma comparação entre os sistemas construtivos Light Steel Frame (LSF) e Alvenaria Convencional em uma residência unifamiliar, expondo as suas vantagens e desvantagens. O estudo se justifica por expor a comparação entre os sistemas construtivos, na busca de alternativa para o setor de construção civil no Brasil, para atendimento da demanda por residências unifamiliares com maior efetividade produtiva, fidelidade orçamentária e, principalmente, aumento da velocidade de construção, uma vez que o prazo de construção é um ponto crítico para atendimento da demanda por residências no país. Para tal, buscou-se conhecer as características do sistema construtivo de uma residência unifamiliar, entender o sistema construtivo LSF e entender o sistema construtivo convencional.

Palavras-chave: Sistema construtivo. Light Steel Frame. Alvenaria Convencional.

ABSTRACT

This work is based on a case carried out in the State of Ceará, in order to compare the Light Steel Frame (LSF) and Conventional Masonry construction systems in a single-family house, exposing its advantages and disadvantages. The paper is justified by showing the comparison between both construction systems, in the search for an alternative for the civil construction sector in Brazil, to meet the demand for single-family houses with greater productive effectiveness, budgetary faithfulness, and, specially, increased construction quickness, since the construction term is a critical point to satisfy the demand for houses in Brazil. For this purpose, we seek to know the characteristics of the construction system of a single-family house, by understanding not only the LSF construction system, but also the conventional construction system.

Keywords: Construction Systems. Light Steel Frame. Conventional Masonry.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Os elementos estruturais do sistema convencional.....	15
Figura 2 – Blocos cerâmicos como vedações.....	17
Figura 3 – As camadas de revestimentos argamassados.....	19
Figura 4 – Elementos da cobertura.....	20
Figura 5 – Sistema Wood Frame.....	21
Figura 6 – Estrutura sistema Light Steel Frame.....	22
Figura 7 – Transmissão da carga vertical à fundação por meio dos montantes.....	25
Figura 8 – Painel com abertura e contraventamento.....	26
Figura 9 – Placa OSB com fechamento dos perfis.....	28
Figura 10 – Utilização de lã de vidro.....	28
Figura 11 – Coberta Steel Frame.....	29
Figura 12 – Laje úmida.....	30
Figura 13 – Laje seca.....	31
Figura 14 – Ancoragem com barra roscada.....	33
Figura 15 – Parabolts.....	33
Figura 16 – Classificação da pesquisa.....	34
Figura 17 – Síntese dos processos metodológicos.....	37
Figura 18 – Croqui de residência unifamiliar; alvenaria convencional.....	38
Figura 19 – Elementos de montagem da laje treliçada.....	39
Figura 20 – Residência unifamiliar terminada.....	41
Figura 21 – Comparação do custo de mão de obra entre os métodos construtivos.....	44
Figura 22 – Comparação do custo entre os sistemas na etapa de superestrutura.....	45
Figura 23 – Comparação do custo entre os sistemas na etapa de vedação.....	45
Figura 24 – Comparação do custo na etapa de impermeabilização.....	46
Figura 25 – Cronograma alvenaria convencional.....	47

Figura 26 – Cronograma Steel Frame.....47

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Revestimento mínimo do aço segundo ABNT NBR 15253 (2014).....	23
Quadro 2 – Seção, designação e utilização de perfis de LSF.....	24
Quadro 3 – Orçamento do sistema alvenaria convencional.....	43
Quadro 4 – Orçamento do sistema LSF.....	43
Quadro 5 – Vantagens e desvantagens.....	48

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	11
Problema e questão de pesquisa.....	12
Justificativa do trabalho.....	13
Objetivos.....	14
<i>Objetivo geral.....</i>	<i>14</i>
<i>Objetivos específicos.....</i>	<i>14</i>
Estrutura do trabalho.....	14
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	15
Alvenaria convencional.....	15
Light Steel Frame (LSF)	20
3 METODOLOGIA.....	34
Caracterização da pesquisa.....	34
Estratégia de condução da pesquisa.....	35
<i>3.2.1. Levantamento bibliográfico.....</i>	<i>35</i>
<i>3.2.2. Estudos de caso.....</i>	<i>36</i>
Delineamento da pesquisa.....	36
4 ANÁLISE COMPARATIVA: ALVENARIA CONVENCIONAL E LSF.....	38
Estudo de caso.....	38
<i>4.1.1. Análise do estudo de caso: Alvenaria convencional.....</i>	<i>39</i>
<i>4.1.2. Análise do estudo de caso: LSF.....</i>	<i>41</i>
Análise comparativa: Alvenaria convencional X LSF.....	43
Vantagens e desvantagens dos sistemas construtivos.....	47
CONCLUSÃO.....	49
REFERÊNCIAS.....	52
ANEXOS.....	56

1 INTRODUÇÃO

Existem diversos tipos de sistemas construtivos que podem ser utilizados para a construção de uma residência, são eles: alvenaria convencional, alvenaria estrutural, steel frame, wood frame e paredes de concreto. Entretanto, no Brasil, o sistema construtivo alvenaria convencional é o mais utilizado para a construção de residência unifamiliares.

O sistema de alvenaria convencional é composto de vigas, pilares e lajes de concreto armado, com a função de sustentação. Ademais, cabe aos blocos cerâmicos a finalidade de vedação (PRUDÊNCIO, 2013).

No entanto, por ser um sistema construtivo antigo, os sistemas construtivos do sistema de alvenaria convencional são bastantes artesanais, pois as etapas construtivas são realizadas na obra e não necessita de mão de obra especializada, fazendo com que haja uma baixa produtividade e um alto desperdício de material.

Segundo a Fundação Getúlio Vargas, o déficit de residências cresceu 7% em apenas dez anos, de 2007 a 2017, tendo atingido o valor de 7,78 milhões, em 2017, sendo esse o maior déficit já visto na história do país. Esse levantamento ressalta ainda que, para atender a demanda por residências no país nos próximos dez anos, seria necessário construir 1,2 milhões de residências por ano (FGV, 2017).

Segundo a Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial, o prazo médio para obras de edificação, no Brasil, é três vezes maior do que nas construções americanas e duas vezes o despendido nas construções europeias (ABID, 2019).

Freitas e Crasto (2006) falam que o rumo para reverter esse cenário passa, necessariamente, pela construção industrializada, com mão de obra qualificação, otimização dos custos mediante a redução do desperdício de materiais, padronização, produção seriada e em escala, racionalização dos processos e cronogramas rígidos de planejamento e execução.

Na busca por essa industrialização da construção civil brasileira, tem-se o sistema construtivo Light Steel Frame (LSF) que, segundo Capeleti (2016), está presente em diversos países e tem se mostrado como uma das melhores alternativas para a construção civil atual, devido à eficiência produtiva, fidelidade orçamentária e velocidade da construção, ocasionando um retorno rápido do investimento.

De acordo com Domarascki e Fagiani (2009), o LSF começou a ser utilizado no Brasil em 1998, devido a necessidade de um produto mais industrializado, sendo iniciado uma nova opção de um sistema construtivo no país.

Sousa e Martins (2009) definem o LSF como um sistema construtivo estruturado em perfis de aço galvanizado formados a frio, projetados para suportar as cargas da edificação e trabalhar em conjunto com outros subsistemas industrializados, de forma a garantir os requisitos de funcionamento da edificação. É um sistema construtivo aberto, flexível, racionalizado e customizável, além de durável e reciclável.

Para Santiago *et al.*, (2010) apesar do início voltado para a construção de edificações comerciais e casas de alto padrão, o LSF vem se apresentando gradativamente como uma alternativa viável para construção de habitações populares, em grande parte devido à nacionalização dos componentes e o desenvolvimento da indústria siderúrgica brasileira, já que o peso do aço na composição de custos é majoritário.

Observa-se, também, que o uso do LSF vem cada vez mais chamando atenção com o passar dos anos, principalmente para construtores de habitações residenciais unifamiliares, pois esse sistema garante um aumento de qualidade do produto final, já que exige uma mão de obra mais qualificada (GORGOLEWSKI, 2006).

Ademais, vale ressaltar que o aço é o principal material do sistema LSF e que o Brasil é um dos maiores produtores de aço do mundo. No entanto, esse potencial industrial ainda não está sendo utilizado completamente na construção civil, devido à falta de conhecimento do produto e do processo (HASS; MARTINS, 2011).

Entretanto, no Brasil, embora atrasado, o aço finalmente despertou para o grande mercado da construção civil industrializada, seguindo a tendência mundial, que já há décadas utiliza estruturas metálicas (CORTEZ *et al.*, 2017).

Apesar do exposto, é notável que as construções de residências unifamiliares ainda estejam associadas aos sistemas construtivos tradicionais (convencional). O sistema LSF, apesar de implantado no país, é pouco empregado devido as características conservadoras do mercado nacional (NAKAMURA, 2007).

Problema e questão de pesquisa

Diante da contextualização apresentada anteriormente, é possível perceber o crescimento da demanda por residências no Brasil, nos próximos dez anos, sendo estimada a necessidade de construção de 1,2 milhões de residências por ano. Além disso, compreender também que, o sistema construtivo alvenaria convencional é o principal sistema construtivo deste tipo de edificação no Brasil.

No entanto, é possível perceber também que o prazo médio de construção no sistema de alvenaria convencional é um ponto crítico para atendimento à demanda por residências no país.

Com isto, surge a necessidade de buscar alternativas de sistemas construtivos de residências unifamiliares que auxiliem na melhoria dos processos existentes de construção dessas edificações, principalmente, no que tange a custo, prazo e desempenho.

Ainda, o conhecimento das características do sistema construtivo de uma residência unifamiliar e o entendimento dos sistemas construtivos de alvenaria convencional e do LSF, assim como, o destaque das vantagens e desvantagens de cada sistema construtivo, tornam-se fundamentais para auxiliar profissionais da construção civil, usuário e o poder público, em processos de tomada de decisões quanto ao tipo de sistema construtivo para residências unifamiliares.

Diante desse contexto, esse estudo buscou responder a seguinte pergunta: Quais as principais diferenças entre os sistemas construtivos Light Steel Frame e alvenaria convencional para a construção de uma residência unifamiliar, considerando os atributos de prazo e custo?

Justificativa do trabalho

Uma vez que, no Brasil, o sistema de construção de residências unifamiliares é marcado majoritariamente pelo sistema de construção de alvenaria convencional, é crescente a demanda por residências unifamiliares. Os estudos relacionados aos sistemas construtivos são importantes na busca de alternativa para o setor de construção civil no Brasil, para atendimento da demanda por residências unifamiliares com maior efetividade produtiva, fidelidade orçamentária e, principalmente, aumento da velocidade de construção, uma vez que o prazo de construção é um ponto crítico para atendimento à demanda por residências no país.

Objetivos

Objetivo geral

Analisar e comparar os sistemas construtivos Light Steel Frame e alvenaria convencional, nas etapas de estrutura, vedação, impermeabilização, cobertura e mão de obra, considerando os atributos de prazo e custo, a partir de um estudo de caso em uma residência unifamiliar, localizada no Estado do Ceará.

Objetivos específicos

- Realizar uma pesquisa bibliográfica sobre os sistemas construtivos alvenaria convencional e LSF;
- Analisar o sistema construtivo LSF, com base em uma residência unifamiliar, localizada no Estado do Ceará;
- Analisar o sistema construtivo alvenaria convencional, com em uma residência unifamiliar, localizada no Estado do Ceará;
- Comparar os sistemas construtivos alvenaria convencional e LSF, expondo vantagens e desvantagens de cada sistema, com base em uma residência unifamiliar, localizada no Estado do Ceará.

Estrutura do trabalho

O Capítulo 1 aborda a introdução, onde são apresentados o problema e questões de pesquisa, a justificativa e os objetivos do estudo.

O Capítulo 2 apresenta a revisão bibliográfica, onde é apresentado o embasamento teórico necessário para o entendimento do estudo de caso.

No Capítulo 3 têm-se as etapas de desenvolvimento do estudo, com a descrição da metodologia adotada, o detalhamento do processo de coleta de dados e a forma de execução da pesquisa, sendo resumida por meio de síntese.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

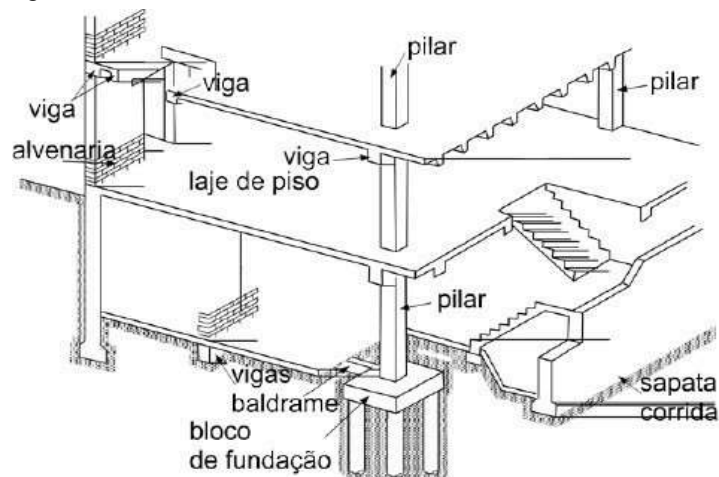
Neste capítulo serão contemplados tópicos para embasamento teórico e servirão para melhor compreensão do estudo. Ademais, busca-se atingir um dos objetivos específicos determinados, apresentando informações sobre os sistemas construtivos LSF e alvenaria convencional.

2.1 Alvenaria Convencional

No Brasil, o marco inicial do desenvolvimento do concreto armado foi no Rio de Janeiro, em 1901, com a construção de galerias de água. Posteriormente, em 1904, a motivação para o desenvolvimento foi a construção de casas e sobrados. Nesse cenário, vale destacar que em nenhum país do mundo a tecnologia do concreto armado foi tão predominante quanto no Brasil, sendo o material estrutural absolutamente hegemônico nas construções das cidades brasileiras (SANTOS, 2008).

O termo alvenaria convencional diz respeito ao sistema construtivo mais utilizado no Brasil, em que sua estrutura é formada por laje, viga, pilar e fundação, em concreto armado, moldados in loco e as paredes formadas por tijolos cerâmicos, que fazem apenas o papel de vedação, não possuindo nenhuma função estrutural (AZEVEDO, 1997). A figura 1 ilustra os elementos estruturais do sistema convencional.

Figura 1 – Os elementos estruturais do sistema convencional



Fonte: Alva, 2007

Bastos (2014) define o concreto como um material composto, construído por cimento, água e agregados como areia e brita. Além disso, na sua composição podem ser aplicados aditivos químicos, como forma de aprimorar suas propriedades básicas.

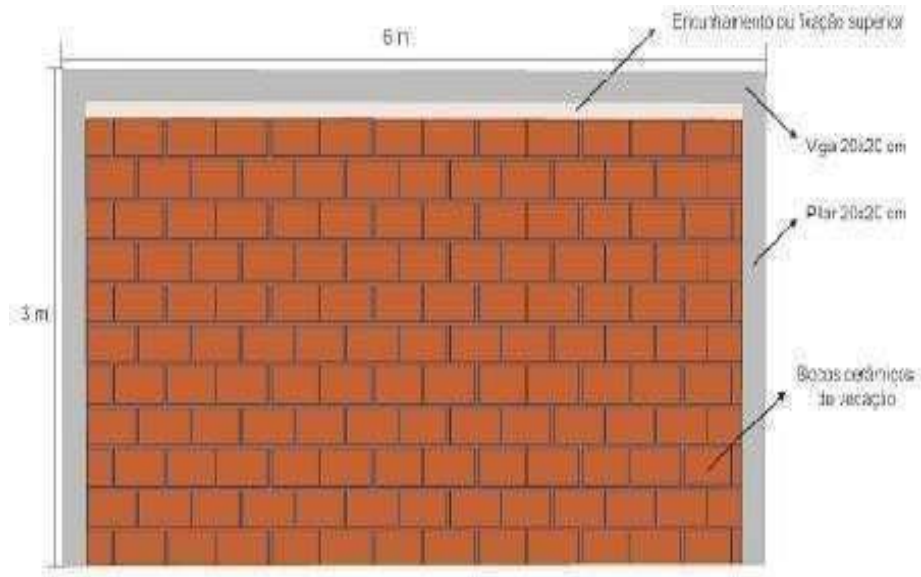
O concreto apresenta alta resistência à compressão, por outro lado, tem uma baixa resistência à tração, sendo necessário utilizar o aço como forma de suprir a falta dos esforços de tração, formando assim o concreto armado, que é a união de concreto e aço em que as barras da armadura absorvem as tensões de tração e o concreto absorve as tensões de compressão (BASTOS, 2014).

Usualmente, o início do processo construtivo consiste no posicionamento das armaduras em uma fôrma. Em seguida, o concreto fresco é lançado, enquanto isso, simultaneamente, é feito o adensamento com a utilização de um “vibrador” como forma de eliminar as bolhas de ar e os espaços vazios contidos no concreto, tornando o material mais compacto. Posteriormente, é realizada a cura, que promoverá hidratação do concreto, mantendo o concreto sempre saturado, principalmente nos primeiros sete dias, para que os fatores externos como a temperatura e umidade do ar não evapore a água de amassamento e atrapalhe o processo de endurecimento do concreto (NEVILLE, 2016).

Prudêncio (2013) cita que esse é um sistema construtivo completamente artesanal e caracterizado pela baixa produtividade e grande desperdício de material, tendo em vista que as etapas construtivas são realizadas in loco e não necessita de uma mão de obra qualificada.

Devido ao distanciamento dos espaços entre os pilares, deve existir a alvenaria, que tem como um dos objetivos vedar o ambiente, como forma de garantir segurança e conforto, além de promover a separação dos ambientes externos e internos. No Brasil, predomina a cultura de utilização de blocos cerâmicos (tijolos), bastante difundida como principal componente de vedação interna e externa (NASCIMENTO, 2004). A figura 2 demonstra a utilização de blocos cerâmicos para vedação.

Figura 2 – Blocos cerâmicos como vedações



Fonte: Takushi, 2016

Para o levantamento de paredes e muros em blocos cerâmicos é necessário a utilização de uma argamassa de assentamento, que é composta por uma mistura de cimento, cal hidratada e areia (SALGADO, 2009).

Segundo Carasek (2007), a argamassa de assentamento possui funções importantes como:

- Fechar as juntas provenientes da união dos blocos, para que não haja infiltração de água.
- Sustentar as deformações naturais.
- Formar um elemento monolítico, devido a união dos blocos como forma de aumentar a resistência aos esforços laterais provenientes do vento, por exemplo.

Outra opção para a vedação interna é a utilização de blocos de gesso, que segundo Costa e Inojosa (2012) são classificados em diversos tipos:

- Gesso standard: apresentado na cor branca e utilizado para divisória de quartos, salas, escritórios e espaços semelhantes.
- Blocos de gesso hidrofugado: é apresentado na cor azul e contém aditivos que combatem a absorção da água, sendo utilizado para áreas molhadas como banheiros, cozinhas e área de serviço.
- Bloco de gesso reforçado com fibra de vidro – GRG: é apresentado na cor verde e utiliza aditivos de fibra de vidro. São utilizados em paredes que são submetidas a cargas suspensas ou impactos.

Após a execução da vedação por meio de blocos cerâmicos com a utilização da argamassa de assentamento, é realizado o início da instalação dos sistemas hidráulicos e elétricos (STOLZ *et al.*, 2010).

Os sistemas de instalações elétricas e hidráulicas têm a função de fornecer energia, fazer a distribuição de água e coleta de esgoto aos habitantes (BASTOS, 2014).

Carvalho Júnior (2013) ressalta que para realizar as instalações hidráulicas na residência são necessários um conjunto de dispositivos, como: tubulações e conexões, registros, bombas, reservatórios, entre outros. Entretanto, os materiais utilizados variam de acordo com sua função e são eles:

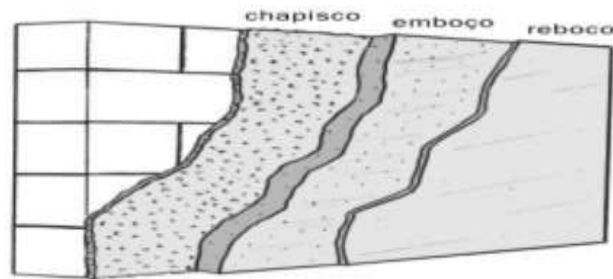
- Poli cloreto de Vinila – PVC: indicado para o uso de transporte de água fria devido as suas características.
- Cobre: transporte de água quente.
- Aço galvanizado: utilizado para tubulações de incêndio.

Ainda, referente à variação de consumo de materiais de acordo com a função, vale pontuar que os sistemas de instalações hidráulicas são embutidos nas paredes de alvenaria e, por isso, apresentam maior consumo de materiais e geram bastantes de resíduos (STOLZ *et al.*, 2010).

Assim, como as instalações hidráulicas, as instalações elétricas também geram bastantes resíduos, tendo em vista que, para conceder a alimentação elétrica aos utensílios domésticos, são realizados cortes nas paredes para a passagem dos eletrodutos (STOLZ *et al.*, 2010).

Após a distribuição de eletrodutos e tubulações hidráulicas nas paredes, é realizado o revestimento das paredes. Que em ambientes internos podem ser feitos de gesso ou argamassados e em ambientes externos apenas argamassados. Os revestimentos argamassados são constituídos por três partes: chapisco, emboço e reboco (RIBEIRO; PINTO; STARLING, 2011). A figura 3 ilustra as camadas de revestimentos argamassados e a sequência de sua aplicação.

Figura 3 – As camadas de revestimentos argamassados



Fonte: Manual de Revestimento (ABCP, 2017, p.4)

Nesse contexto, sobre os revestimentos de paredes argamassados, é oportuno pontuar a conceituação, face sua constituição em três partes, como exposto acima.

Quanto ao chapisco, Lemos (2010) destaca que é a primeira argamassa aplicada à alvenaria, normalmente, é feita de forma rudimentar utilizando uma colher de pedreiro, entretanto pode ser aplicado com outros equipamentos. Deve ser áspero e irregular, promovendo uma camada de aderência para o emboço.

Sendo assim, o emboço é a segunda camada, aplicada após a cura do chapisco e tem a função de regularizar a superfície, corrigindo as imperfeições. Cabendo ao reboco o revestimento para a cobertura do emboço (AZEVEDO, 1997; ABNT, 2013).

Durante todo o processo de execução, é necessário, constantemente, verificar o nivelamento, alinhamento e esquadro das paredes, como forma de evitar possíveis desalinhamentos que causam problemas para a instalação de esquadrias (CALÇADA, 2014).

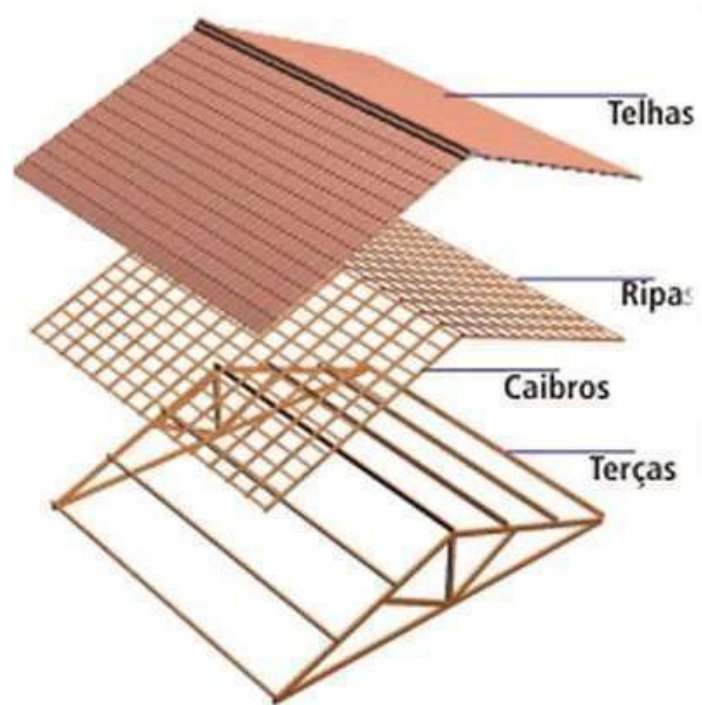
A esquadria é determinada para fechamento dos vãos da edificação, proporcionando segurança, ventilação e iluminação aos habitantes. E, podem ser de madeira, metal, PVC, entre outros (ARAÚJO, 2003).

Para as instalações de esquadrias, se faz necessária a utilização de vergas e contravergas. Aquelas são colocadas na parte superior das esquadrias, enquanto essas são colocadas na parte inferior. Esses elementos têm como função a distribuição de cargas e tensões em vãos.

Segundo a NBR 8545 (ABNT, 1984, p.9), as vergas e contravergas devem ter altura mínima de 10cm e o seu comprimento deve exceder, no mínimo, 20cm do vão, para cada lado.

Para a proteção da residência contra condições climáticas, proporcionando segurança e proteção aos usuários, é feita a cobertura, que possui os seguintes elementos para sua composição: terça, caibros, ripas, cumeeira, tesoura, entre outros. A figura 4 mostra alguns dos elementos da cobertura.

Figura 4 – Elementos da cobertura



Fonte: <http://fazfacil.com.br>

2.2 Light Steel Frame (LSF)

O sistema Wood Frame surgiu por volta de 1830, devido à grande disponibilidade de madeira nos Estados Unidos, ao passo que a população crescia significativamente, tornando-se, assim, uma solução para construção de moradias à época.

Nesse contexto, houve a geração da tecnologia Framing e a caracterização do sistema Wood Frame pela utilização de madeira para construção de edificações. A figura 5 apresenta uma estrutura de edificação em Wood Frame (CONSULSTEEL, 2002).

Figura 5 – Sistema Wood Frame



Fonte: CONSULSTEEL, 2020

Entretanto, tendo em vista que o principal material do sistema Wood Frame é a madeira, houve um aumento no número de desmatamento, devido a necessidade de atender à demanda construtiva. Diante disso, houve o interesse de buscar um novo material para substituir a madeira (PEDROSO *et al.*, 2014).

Em 1933, surgiu um protótipo de residência no sistema LSF, fundamentado na mesma linha construtiva do sistema Wood Frame. No entanto, o protótipo de residência LSF apresentou o diferencial de utilizar o aço como elemento estrutural, ao invés da madeira (CENTRO BRASILEIRO DA CONSTRUÇÃO EM AÇO, 2016).

Com o fim da Segunda Guerra Mundial e o desenvolvimento da indústria do aço, à época, o principal recurso do sistema construtivo LSF, o aço, encontrava-se abundante, já que a siderúrgica havia obtido grande experiência na utilização do metal, devido ao esforço da guerra (PEDROSO *et al.*, 2014).

Diante disso, alinhada a necessidade de uma construção rápida para reconstrução de vários países europeus e do Japão, no cenário de pós-guerra, o LSF ganhou força no mercado internacional (CASA PRÁTICA, 2016).

Por ser um sistema construtivo rápido, no Japão, as primeiras construções em Steel Frame, recuperaram cerca de 4 milhões de residências destruídas por bombardeios. Ademais, o governo japonês restringiu o uso de madeira em construções autoportantes, por ser inflamáveis, favorecendo, assim, a inserção do

LSF (CASTRO; FREITAS; SANTIAGO, 2012). A figura 6 mostra a estrutura do sistema LSF.

Figura 6 – Estrutura do sistema Light Steel Frame



Fonte: www.metalica.com.br

Para Hass e Martins (2011), o sistema construtivo em Light Steel Frame, que tem como material o aço, apresenta características significativas, tais como:

- Maior área útil: as seções dos pilares e vigas de aço são mais esbeltas, proporcionando uma maior área útil dos ambientes internos.
- Alívio de carga nas fundações: por serem mais leves, as estruturas em aço podem reduzir o custo das fundações.
- Reciclável: o aço é 100% reciclável, podendo ser reaproveitado.
- Precisão construtiva: a precisão em uma estrutura em aço é em milímetro, facilitando serviços posteriores.
- Racionalização de materiais e mão de obra: reduzindo o desperdício.
- Flexibilidade: facilita a instalação e manutenção das instalações elétricas, hidráulicas e telefônicas.
- Garantia de qualidade: por ser um sistema industrial, os seus processos contam com uma mão de obra especializada, dando ao consumidor uma garantia de qualidade.

No Brasil, as primeiras construções em LSF começaram a surgir em 1998, disponibilizando, assim, uma nova opção no mercado para os construtores brasileiros (DOMARASCKI; FAGIANI, 2009).

Com isso, visando estabelecer requisitos gerais e parâmetros para os perfis de aço formados a frio, utilizados em edificações e/ou destinados às estruturas e fachadas das edificações, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) publicou em 2014 a Norma Brasileira Regulamentadora (NBR) 15253, que estabeleceu condições de propriedades mecânicas, normatizando:

Para a produção dos perfis formados a frio para estrutura, o aço deve ter qualidade estrutural com resistência ao escoamento mínimo de 230 Mpa, segundo a ABNT NBR 7008 (2012) ou a ABNT NBR 15578 (2008) e ainda atender aos requisitos da ABNT NBR 14762 (2010).

Ademais, a ABNT NBR 15253 (2014) impõe alguns critérios e define a espessura, incluindo o revestimento metálico, de, no mínimo, 0,8mm e, no máximo, de 3,0mm, contudo, para o dimensionamento da estrutura, deve ser utilizada a espessura sem o revestimento metálico.

Para o revestimento, a ABNT NBR 15253 (2014) estabelece massas mínimas de revestimento do aço, como forma de garantir proteção à corrosão. O quadro 1 apresenta a massa mínima do revestimento pelo tipo de revestimento por imersão a quente.

Quadro 1 – Revestimento mínimo do aço segundo ABNT NBR 15253 (2014)

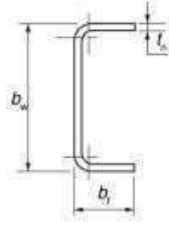
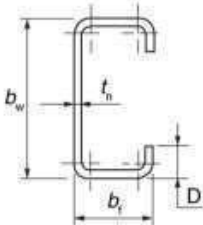
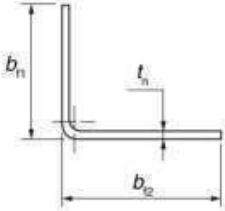
Tipo de revestimento por imersão a quente	Massa mínima do revestimento ^a	Designação do revestimento
Zincado	275 g/m ² ABNT NBR 7008-1 [9]	Z275 ABNT NBR 7008-1 [9]
Alumínio-zinco	150 g/m ² ABNT NBR 15578 [11]	AZ150 ABNT NBR 15578 [11]

^a A massa mínima refere-se ao total nas duas faces (média do ensaio triplo)

Fonte: BNT NBR 15253 (2014)

O quadro 2 mostra a denominação, conforme a ABNT NBR 15253 (2014), dos tipos de perfis utilizados.

Quadro 2 – Seção, designação e utilização de perfis de LSF

Seção transversal	Designação ABNT NBR 6355 (2012)	Utilização
	U simples $U b_w \times b_f \times t_n$	Guia Bloqueador
	U enrijecido $Ue b_w \times b_f \times D \times t_n$	Bloqueador Enrijecedor de alma Montante Verga Viga Guia enrijecida (sistema com encaixes estampados)
	Cantoneira de abas desiguais $L b_{n1} \times b_{n2} \times t_n$	Cantoneira

Fonte: ABNT NBR 15253 (2014)

Gaspar (2013) expõe a utilidade dos perfis da seguinte forma:

- U enrijecido: são utilizados como montantes estruturais e irão suportar as cargas do edifício. Na utilização do LSF, suas seções, normalmente, são de 90, 150, 200 e 250mm e nunca devem ter espessura inferior a 1,5mm.
- U simples: são utilizados como guias para fazer a ligação com as extremidades do perfil “U enrijecido”, formando os painéis. Não suporta cargas verticais, tendo a função, apenas, de transmitir os esforços horizontais.
- Cantoneira: reforçam as conexões ou conectam perfis paralelos.

O LSF integra diversos subsistemas de perfis de aço galvanizado, que são utilizados para compor painéis estruturais e não estruturais.

O conjunto de perfis metálicos formam os painéis, que podem ser considerados estruturais ou autoportantes, quanto tem função estrutural, sendo responsável por suportar as cargas da edificação. Além disso, também podem ser

considerados não-estruturais, quando funcionam apenas como vedação, não exercendo nenhuma função estrutural (CASTRO, 2005).

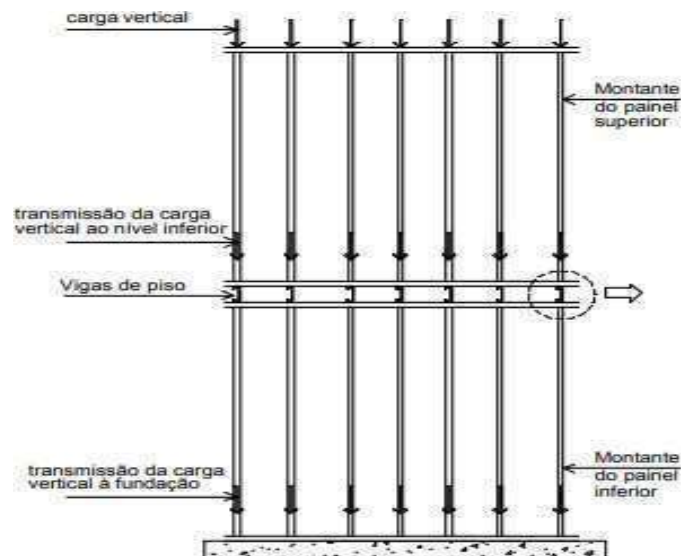
Os painéis estruturais estão sujeitos às cargas horizontais, por ação do vento ou de abalos sísmicos, e das cargas verticais, oriundas de cargas permanentes, como o peso próprio da estrutura, além das cargas acidentais. Contudo, é a função dos painéis absorver esses esforços e transmiti-los à fundação (CASTRO, 2005).

Os painéis são compostos por elementos verticais de seção tipo U enrijecido, que são denominados montantes, e elementos horizontais de seção transversal tipo U, denominados guias (CASTRO, 2005).

Os montantes, que compõem os painéis, recebem e transferem as cargas verticais até a fundação por contato direto, por meio de suas almas, estando suas seções sempre alinhadas. Em caso de não conseguir esse alinhamento, é necessário colocar uma viga sob o painel para distribuir, de maneira uniforme, as cargas excêntricas (CASTRO, 2005).

A figura 7 evidencia o funcionamento da transferência de carga pelos montantes até a fundação.

Figura 7 – Transmissão da carga vertical à fundação por meio dos montantes



Fonte: Castro, 2005

A distância entre os montantes ou modulação, geralmente, é de 400 ou 600mm, entretanto essa distância varia de acordo com a necessidade de resistir os esforços de cada resistência, logo uma distância menor entre os montantes, equivale

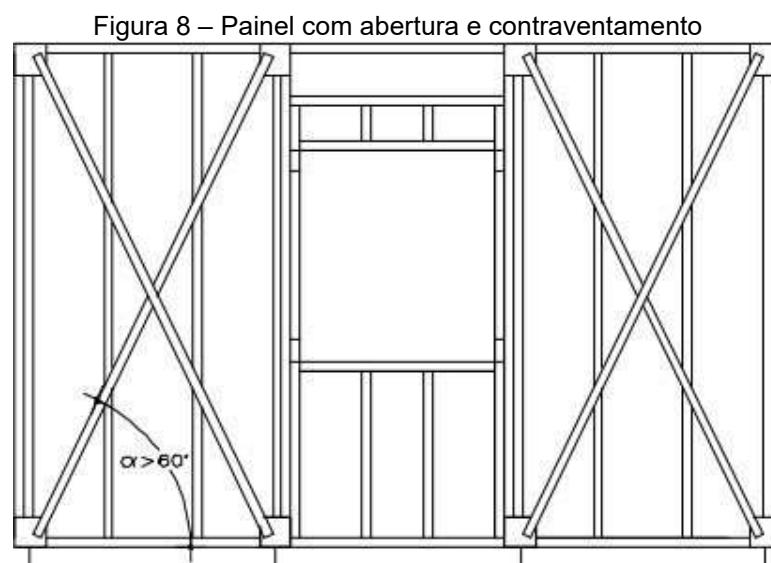
um maior número de montantes e, conseqüentemente, um maior suporte às cargas (CASTRO, 2005).

As guias, perfil de seção transversal U simples, fincam os montantes formando um quadro estrutural. É necessário que as suas dimensões de seção sejam superiores às do montante, U enrijecido, para que haja o encaixe entre eles (GASPAR, 2013).

Porém, além das guias e montantes, é necessário adicionar elementos na estrutura, para o auxílio dos perfis verticais na resistência aos esforços horizontais, oriundos do vento. O método mais utilizado é contraventamento em “X”, utilizando fitas de aço galvanizado (CASTRO, 2005).

Para as aberturas de portas e janelas no painel, é necessário a utilização de vergas, com a finalidade de redistribuir o carregamento dos montantes interrompidos e levar para o montante lateral ao vão (CASTRO, 2005).

A figura 8 apresenta a abertura de portas e janelas, bem como o contraventamento.



Fonte: Castro, 2005.

O sistema de fechamento desses painéis é composto de paredes internas e externas, e seus componentes são fixados por parafusos externamente, como se fosse uma “pele”. Ademais, os componentes do fechamento devem ser elementos leves, compatíveis com a ideia do sistema (OLIVEIRA, 2018).

O Sistema LSF possibilita ao consumidor a possibilidade de utilizar diversos tipos de materiais para o fechamento. Entretanto, a norma ISO 6241 (ABNT, 1998)

estipula algumas exigências a serem atendidas pelo material escolhido, são elas: segurança ao fogo, estanqueidade, conforto termo acústico, higiene, durabilidade, economia e segurança estrutural.

Segundo Lourenço *et al.*, (2014), as placas mais empregadas para o fechamento são: Oriented Strand Board – OSB, placas cimentícias e gesso acartonado (internamente). A seguir são apresentadas características de cada tipo de placa.

- Placas cimentícias: podem ser usadas como fechamento interno ou externo, tendo em vista a sua boa resistência a intempéries. Tais placas são uma opção de fechamento que se assemelha bastante com o sistema LSF, devido a sua leveza, boa resistência a impactos, baixa condutividade térmica, baixa espessura e imune a microrganismos, além de ser um material com boa resistência à umidade ao fogo (OLIVEIRA, 2018).
- Gesso acartonado: a NBR 14715 (2010) classifica tais chapas de acordo com sua aplicação, já que, no Steel, elas são mais utilizadas no fechamento interno, tendo em vista sua versatilidade e praticidade, sendo, assim, indicada para paredes, revestimentos e forros (FACCO, 2014).
- Placas OSB: são formadas pela união de tiras de madeira, provenientes, na maioria das vezes, do reflorestamento, orientadas em três camadas cruzadas perpendiculares, fazendo com que tenha uma maior resistência mecânica e rigidez. Tais tiras de madeira são unidas com resinas prensadas sob alta temperatura (FACCO, 2014).

Sobre a placa OSB, vale destacar que é mais utilizada externamente, já que internamente o gesso acartonado mostra-se mais adequado, tendo em vista possuir melhor desempenho térmico/acústico (OLIVEIRA, 2018). Contudo, as placas OSB, quando utilizadas em edifícios de pequeno porte, podem trabalhar como parede de diafragma rígido ou parede de cisalhamento, que são paredes capazes de absorver as cargas laterais importas na edificação e transmitir para a fundação (DIAS *et al.*, 2004).

As dimensões das placas OSB comercializadas são de 1,22 por 2,44, e suas espessuras variam de 9 a 18mm. A figura 9 ilustra um exemplo de placa OSB.

Figura 9 – Placas OSB como fechamento dos perfis



Fonte: Oliveira, 2018

Vale pontuar que as placas devem ser protegidas externamente da umidade e da água. Tal proteção vem por meio da utilização de mantas ou membranas de polietileno que são grampeadas nas placas, cobrindo toda a parte externa, como forma de minimizar as infiltrações de água dos ambientes internos ou externos (OLIVEIRA, 2018).

Além da utilização de mantas nas placas que se tenha uma impermeabilização, Facco (2014) ressalta que é necessária a utilização de lã de vidro ou de rocha alocados como preenchimento entre as placas de vedação, para que se tenha um bom desempenho termo acústico. A figura 10 ilustra a utilização de lã de vidro entre as placas.

Figura 10 – Utilização de lã de vidro



Fonte: Magalhães, 2013

Entre as placas são colocados os eletrodutos e tubulações necessárias para as instalações hidráulicas e elétricas, sendo válido ressaltar que são utilizados os mesmos materiais de tubulações utilizados no sistema convencional, porém há a

necessidade de utilizar espaçadores de plástico entre as tubulações de cobre e os perfis de aço, buscando evitar a corrosão galvânica (OLVEIRA, 2018).

A racionalidade construtiva é uma marca do sistema LSF, se apresentando, também, nas instalações, devido à facilidade de execução e manutenção das mesmas, tendo em vista que os painéis funcionam como shafts, podendo realizar a manutenção de forma pontual, sem a necessidade de um desmanche maior, diferentemente da construção convencional, que para se realizar uma manutenção é necessário quebrar seu revestimento, gerando um desperdício de materiais (OLIVEIRAS, 2018).

No acabamento, a pintura é feita da mesma maneira da alvenaria convencional, ou seja, sobre uma camada de massa e os revestimentos que necessitam da argamassa de assentamento podem ser usados, contudo são mais indicado revestimentos a seco, como PVC e vinílico.

A cobertura segue o mesmo estilo construtivo do sistema convencional, mudando apenas a madeira pelos perfis de aço galvanizado “U e Ue”, porém os elementos estruturais, como as treliças planas ou tesouras, terças e caibros, permanecem. As telhas utilizadas para a cobertura podem ser de cerâmica, de aço, de cimento reforçado por fios sintéticos ou de concreto (SANTIAGO; CASTRO, 2012). A figura 11 representa uma estrutura de coberta do sistema LSF.

Figura 11 – Coberta Steel Frame



Fonte: Lafaete, 2020

Os pisos de LSF empregam o mesmo princípio construtivo dos painéis verticais, ou seja, perfis galvanizados dispostos na horizontal cuja separação dos perfis é determinada no projeto de acordo com a necessidade de resistir aos esforços que cada perfil recebe das cargas provenientes da residência. Os perfis compõem a viga de piso que recebem e transferem as cargas que estão sujeitas, que são: o peso

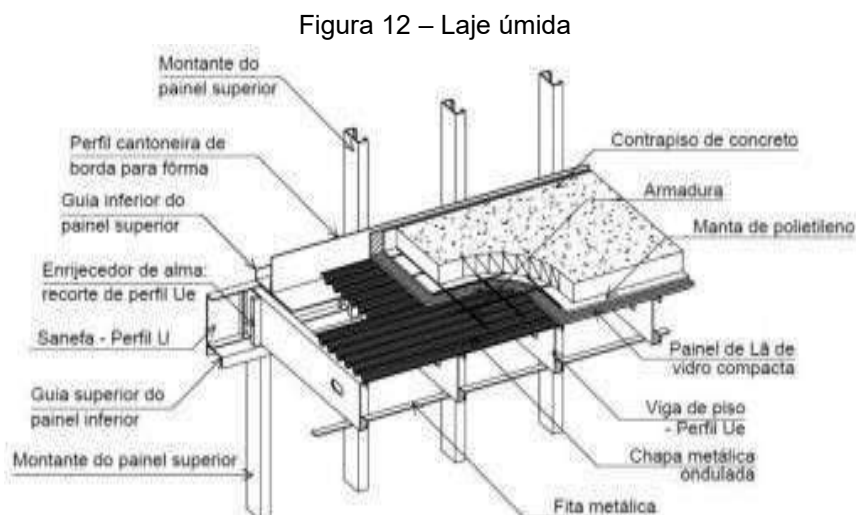
próprio da laje, a carga de mobília, pessoas e revestimento (SANTIAGO; FREITAS; CASTRO, 2012).

As vigas de piso necessitam estar apoiadas nos montantes como forma de fazer com que suas almas estejam em coincidência com as almas dos montantes, fazendo com que haja um encaixe e o sistema funcione corretamente (SANTIAGO; FREITAS; CASTRO, 2012).

Quando são colocadas as divisórias internas de função não portantes, fica a critério do engenheiro calculista dimensionar vigas de piso específicas para suportar os carregamentos gerados por essa divisória ou fazer com que os esforços dessa divisória sejam suportados pela estrutura de piso em conjunto. Entretanto, quando são painéis portantes, é necessário apoiar diretamente sobre outros painéis ou vigas.

Após ocorrer a distribuição das vigas de piso, é escolhido o tipo de contrapiso a ser utilizado e, de acordo com a sua natureza, a laje pode ser do tipo úmida ou seca.

A laje úmida é composta, basicamente, por uma chapa ondulada de aço que serve de fôrma para o concreto e é aparafusada às vigas de piso, tendo uma lâ de vidro compactada entre a chapa e o concreto simples, que terá, em média, 4 a 6cm, formando a superfície do contrapiso, de modo a ter um melhor conforto térmico acústico (SANTIAGO *et al.*, 2012). A figura 12 ilustra um desenho esquemático do tipo de laje úmida.

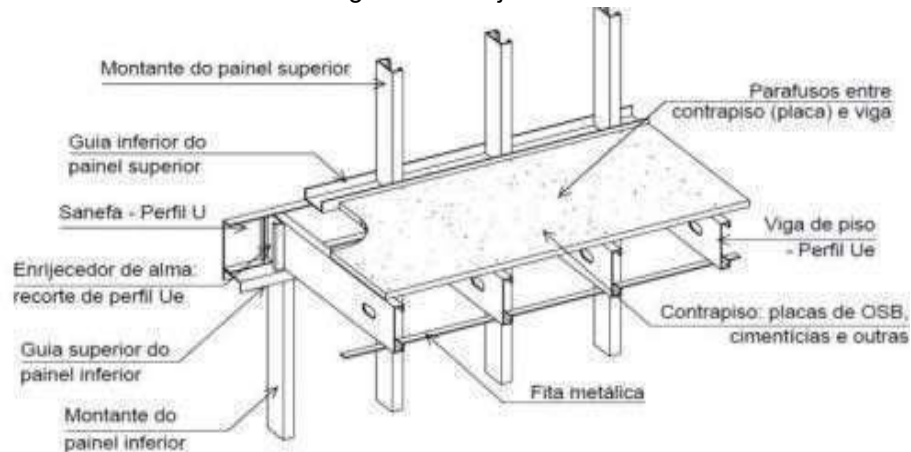


Fonte: Manual Steel Framing: Arquitetura (2012, p.55).

O contrapiso de concreto serve como base para a colocação do acabamento de piso, que pode ser de cerâmica, madeira, pedra, laminado, entre outros (SANTIAGO *et al.*, 2012).

Para Lourenço *et al.*, (2014), a laje seca consiste no uso de painéis Masterboard, placas cimentícias ou placas OSB aparafusados às vigas de piso, que servem como contrapiso. Sobre esse deve ser aplicado algum revestimento e todas as bordas devem estar apoiadas. A figura 13 mostra o desenho esquemático de uma laje seca.

Figura 13 – Laje seca



Fonte: Manual Steel Framing: Arquitetura (2012)

Oliveira (2018) ressalta que é importante realizar a impermeabilização em áreas molhadas, como banheiros, cozinhas, áreas de serviço e varandas com manta asfáltica, com a finalidade de garantir total isolamento do Masterboard.

As principais vantagens do uso da laje seca seriam a menor carga por peso próprio, a maior velocidade de execução e uma maior sustentabilidade, tendo em vista que nesse tipo de laje não é necessária a utilização de água (CASTRO, 2005).

Por fim, todas as cargas provenientes da estrutura da residência são transferidas para a fundação que, conseqüentemente, absorve essas cargas e transmite para o solo. O sistema LSF por ter uma limitação quanto ao número de pavimentos e como sua estrutura distribui a carga uniformemente ao longo dos painéis estruturais, a fundação deverá ser contínua, tendo como opções o tipo de fundação radier, viga baldrame ou sapata corrido, suportando os painéis em toda a sua extensão (CASTRO, 2005).

Existem diversos tipos de fundações que podem ser utilizadas em residências unifamiliares, entretanto as mais recomendadas são do tipo radier e sapata corrida.

A fundação radier é um tipo de fundação rasa que funciona como uma laje e transmite as cargas da estrutura para o terreno. No sistema LSF, é aconselhável a execução de vigas sob as paredes portantes, para que a fundação apresente mais rigidez. Sempre que o tipo de terreno permitir, a laje radier será a fundação mais utilizada para construções em Light Steel Framing (ABDI, 2015).

Segundo Castro (2015), o processo de instalações elétricas e hidrossanitárias para a fundação radier, no sistema LSF, segue o mesmo padrão do sistema convencional, sendo instalado os tubos antes da concretagem da fundação e sendo executada sobre manta de impermeabilização, evitando a passagem de umidade para a residência.

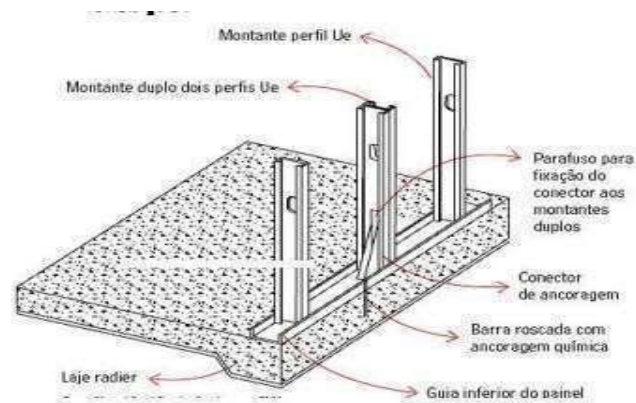
A sapata corrida ou viga baldrame é um tipo de fundação indicada para construções com paredes portantes. Constitui-se de vigas que podem ser de concreto armado, de blocos de concreto ou alvenaria, que são colocados sobre os painéis estruturais. O contrapiso do pavimento térreo, para esse tipo de fundação, pode ser em concreto ou construído com perfis galvanizados, sendo apoiados sobre a fundação (TERNI; SANTIAGO; PIANHERI, 2008).

Por ser um método mais demorado e custoso, Castro (2005) não recomenda a utilização de sapata corrida em estruturas de LSF, principalmente em residências unifamiliares.

Após ser escolhido o tipo de fundação a ser utilizado e executado, deve ser feita a ancoragem dos painéis. No LSF, a supra estrutura não é ligada à fundação, como ocorre com as estruturas de concreto armado, sendo necessária uma ancoragem dos painéis estruturais na fundação, como forma de evitar o movimento da edificação, que pode ser de translação ou de tombamento com rotação do edifício. Para essa ancoragem, os tipos mais utilizados são a química com a barra roscada, com fita metálica e a expansível com parabolts (CASTRO, 2005).

As figuras 14 e 15 ilustram respectivamente a ancoragem com barra roscada e os parabolts, que são utilizados para fixar os perfis metálicos da estrutura na fundação.

Figura 14 – Ancoragem com barra rosca



Fonte: Apostila construção industrializada (2014, p.15)

Figura 15 – Parabolts



Fonte: Apostila construção industrializada (2014, p.15)

Por ser um sistema construtivo no qual sua fixação é feita por meio de parafusos, Castro (1999) ressalta que existem três tipos de problemas patológicos que podem vir a ocorrer com a sua má execução são eles: colapso da ligação, corrosão e detalhamento incorreto.

O colapso da ligação pode ocorrer devido a:

- Maior solicitação axial de que a resistência do parafuso
- Dobramento do parafuso
- Quebra do parafuso devido a tensão de cisalhamento ser maior de que a sua resistência de cálculo.

Já a corrosão acontece quando há o contato com a umidade, fazendo com que haja uma incidência de frestas entre os parafusos e os meios de ligação.

E o detalhamento incorreto é bastante comum e ocorre devido a uma falta de dimensionamento adequada, aparecendo os erros in loco com o erro do comprimento dos elementos, dificuldades de aperto e montagem.

3 METODOLOGIA

Este capítulo apresenta a metodologia a ser utilizada durante o desenvolvimento da pesquisa. Primeiramente, será apresentada a abordagem metodológica a ser adotada, ou seja, a classificação da pesquisa, segundo a natureza, o objetivo, a abordagem e o método. Em seguida, será apresentada a estratégia de condução e os instrumentos de coleta e de análise de dados.

3.1 Caracterização da pesquisa

Segundo Turrioni e Mello (2012), são quatro os principais pontos de classificação de uma pesquisa, a saber: natureza, objetivos, abordagem e método. A figura 16 representa a caracterização da pesquisa em cada categoria de classificação.

Figura 16 – Classificação da pesquisa



Fonte: Autor adaptado de Turrioni e Mello (2012)

O presente trabalho tem como objetivo geral realizar uma comparação entre os sistemas construtivos LSF e Alvenaria Convencional em uma residência unifamiliar, expondo as características de cada sistema.

Dessa forma, a pesquisa classifica-se como pesquisa aplicada, uma vez que busca gerar conhecimento de aplicação prática acerca de dois tipos de sistemas construtivos, o LSF e a Alvenaria Convencional, comparando-os e expondo as características de cada sistema em uma residência unifamiliar, objeto dessa pesquisa.

Nesse contexto, metodologicamente, no tocante aos objetivos do trabalho, a pesquisa constitui-se como pesquisa exploratória, já que, por meio do levantamento de informações e dados específicos, busca-se maior familiaridade acerca de sistemas

construtivos em um caso específico, que é a residência unifamiliar, localizada no Estado do Ceará.

Ademais, referente ao tipo de pesquisa quanto à abordagem, a pesquisa pode ser classificada como quali-quantitativa, tendo em vista que busca uma análise subjetiva, por meio do levantamento de informações e dados específicos das características de cada sistema. Ademais, busca o recolhimento de dados específicos e a análise estatística dos mesmos.

Por fim, referente ao método, ou seja, ao procedimento para a coleta de dados específicos e informações, essa pesquisa classifica-se como estudo de caso único, uma vez que avalia, por meio da análise de projetos, a viabilidade de construção através dos dois sistemas construtivos em uma residência unifamiliar localizada no Estado do Ceará.

3.2 Estratégia de condução da pesquisa

3.2.1. Levantamento bibliográfico

Para realizar o levantamento de informações, utilizou-se como estratégia principal da pesquisa o estudo bibliográfico, aprofundando em sistema LSF e alvenaria convencional.

Inicialmente, foi abordada a busca pelo sistema LSF, visando conhecer todas as etapas do processo construtivo de tal sistema. Para isso, foi necessário recorrer ao apoio de livros, artigos científicos e normas técnicas.

Seguindo a NBR 15253 (2014), foram ilustradas todas as exigências necessárias para a utilização dos perfis de aço formados a frio, principal material do sistema. Além disso, foram expostos os diversos tipos e características de fechamentos internos e externos, que podem ser utilizados na residência, especificando, também, as exigências necessárias que foram determinadas nas normas.

Posteriormente, a busca foi pelo sistema convencional, bastante disseminado no país. Assim, foram apresentadas todas as características da estrutura de concreto armado, bem como o porquê da junção desses dois materiais. Ademais, foi ilustrada toda a execução dos elementos estruturais, sistema de vedação, revestimento e instalações elétricas e hidráulicas.

3.2.2. Estudos de caso

O trabalho realiza um estudo de caso em uma residência unifamiliar no Estado do Ceará. Diante disso, foi realizada uma análise técnica documental do projeto arquitetônico e feito um levantamento orçamentário junto com os construtores dos dois sistemas.

O objeto do estudo é uma residência unifamiliar de 66,35m² de área útil, sendo composta por 2 quartos, sendo 1 deles tipo suíte, 1 banheiro, sala de estar, cozinha e área de serviço.

Nessa residência será realizada uma análise comparativa entre os dois sistemas construtivos abordados durante a presente pesquisa, sendo confrontado o prazo e o custo de cada sistema para que se possa executar a residência. As fontes de dados utilizadas no sistema convencional e serão obtidas por meio da construtora NS engenharia, em contrapartida as fontes de dados utilizadas para o sistema LSF foi obtido por meio de outra construtora, através de uma reunião via Google Meet, na qual foram levantados valores e porcentagem das etapas para a construção da residência.

Serão comparadas as seguintes etapas construtivas: estrutura, vedação, impermeabilização e coberta, além da mão de obra necessária para a execução do empreendimento. Irão ser descartados dados referentes às etapas construtivas, como: instalações, esquadrias e acabamentos, tendo em vista que essas etapas seguem a mesma linha de raciocínio construtivo.

Para a coleta de dados do estudo de caso, serão utilizadas informações de documentação indireta. Será ilustrado um orçamento com valor geral, das etapas propostas, no qual os valores apresentados já contemplam todos os gastos necessários para a execução do serviço.

Por fim, referente às técnicas e procedimentos de análise de dados, em consonância com a abordagem da pesquisa, serão utilizadas análises estatísticas, com correlações e representações gráficas de cada sistema construtivo, ou seja, LSF e alvenaria convencional. Ademais, a análise de conteúdo, buscando o significado dos dados coletados, será feita através de classificação e sistematização dos mesmos.

3.3 Delineamento da pesquisa

De acordo com as definições estabelecidas nos itens anteriores, os procedimentos metodológicos previstos para a pesquisa em questão foram sintetizados e estão apresentados na Figura 17.

Figura 17 – Síntese dos procedimentos metodológicos



Fonte: Autor, 2020

4. ANÁLISE COMPARATIVA: ALVENARIA CONVENCIONAL E LSF

O objetivo deste capítulo é, considerando os atributos de prazo e custo, fazer uma avaliação comparativa do método construtivo da alvenaria convencional e o Light Steel Frame para as etapas de estrutura, vedação, coberta, impermeabilização e mão de obra.

Não sendo como objeto de comparação as etapas de: serviços preliminares, instalações, acabamentos e esquadrias, tendo em vista que não há diferenças entre um processo construtivo e outro.

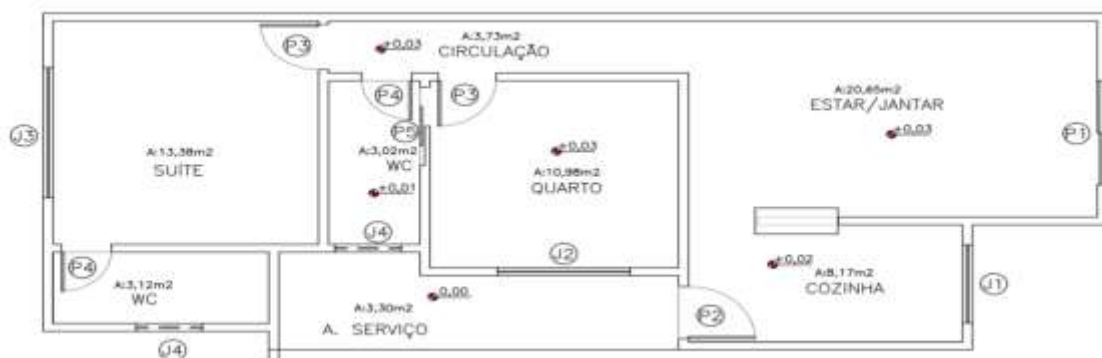
Para tal, foram utilizadas informações de documentação indireta, bem como de demais documentações referentes ao projeto de construção. Além disso, foram extraídos dados específicos por meio de fornecedores e construtoras, são eles: custo de materiais e de mão de obra, bem como os prazos.

Vale pontuar que os dados apresentados nesse capítulo levam em consideração orçamentos de fornecedores e construtoras para que sejam parâmetros de comparação.

4.1 Estudo de caso

O objeto de estudo é uma residência unifamiliar, localizada no Estado do Ceará, de 66,35m² de área útil, sendo composta por 2 quartos, sendo 1 deles do tipo suíte, 1 banheiro, sala de estar, cozinha e área de serviço. A figura 18 ilustra a planta baixa de tal residência.

Figura 18 – Croqui de residência unifamiliar; alvenaria convencional



A partir desses valores coletados, foi realizada uma comparação entre as etapas de construção no que se refere a: estrutura, vedação, coberta, impermeabilização e mão de obra.

4.1.1 Análise do estudo de caso: alvenaria convencional

Para a construção da residência no sistema convencional foram previstos como mão de obra a utilização de 5 funcionários, variando de acordo com o planejamento e necessidade nas etapas construtivas.

Foi constatado que apesar de haver uma necessidade de uma organização como a criação de baias para receber o estoque de materiais, a demanda não é alta, tendo em vista que o principal material desse sistema, o concreto, é feito in loco, nesse caso especificamente, e que a compra de materiais para a execução da obra é feita gradativamente.

A etapa de estrutura, abrangeu todos os elementos estruturais para sustentação da edificação como: fundação, pilares, vigas, lajes. A primeira parte dessa etapa foi a escavação manual das valas, para que seja executada a viga baldrame, tipo de fundação escolhida para a residência e o levantamento dos pilares. Consequentemente, nessa etapa foi prevista toda a concretagem in loco da viga e do pilar, sendo, posteriormente, impermeabilizada com manta asfáltica toda a superfície da viga baldrame, para evitar futuras infiltrações.

Ainda presente na etapa de estrutura, a laje, foi orçada por meio de treliças volterrana com uma tela de espaçamento de 15cm, e enchimento de lajota cerâmica, sendo de preferência do construtor em relação ao EPS, pois a lajota por ser mais pesada proporciona uma maior mobilidade dos funcionários sobre a laje contribuindo para uma maior velocidade de execução. A figura 19 ilustra os elementos de montagem da laje treliçada.

Figura 19 – Elementos de montagem da laje treliçada



Fonte: Autor, 2020

Ficou perceptível durante a etapa de estrutura que materiais como o aço, cimento e madeira proporcionaram um grande aumento no custo da etapa de estrutura.

É importante salientar que no planejamento de prazos da obra, a etapa de de estrutura no sistema convencional é uma das que dificilmente não condiz com o que foi planejado, devido à complexidade e o respeito necessários aos prazos de cura do concreto.

É válido ressaltar que durante a execução dessa etapa, foi planejado que 1 dos 5 funcionários trabalhe apenas como betoneiro, sendo responsável pela mistura de agregados para a execução do concreto, tendo como intenção aumentar a velocidade de execução.

A etapa de vedação, abrangeu nesse estudo especificamente, toda a parte de alvenaria interna e externa bem como o assentamento dos tijolos e seus revestimentos de parede: chapisco e reboco, e de piso sendo ele o contrapiso cimentado e o assentamento cerâmico.

Para as alvenarias externa e interna foram utilizados tijolos de 8 furos, de medidas 9x19x19. Nessa etapa é possível observar o grande desperdício de materiais que o sistema convencional proporciona, pois, para executar a vedação e fazer a ligação entre as fiadas de tijolos é necessário, em alguns pontos, fazer adaptações no comprimento dos blocos cerâmicos, transformando tijolos de 8 furos em 6,4 ou até 2 furos para compatibilizar com o projeto.

No revestimento de parede foi planejado a utilização de chapisco de traço 1:2 e reboco de traço 1:2:6 com a utilização de branco na massa de chapisco na parte externa, com o objetivo de melhorar a aderência e evitar infiltrações.

Para o revestimento de piso foi primeiro realizado o contrapiso utilizando o traço de 1:3 e depois foi executado o assentamento cerâmico com argamassa do tipo ACII.

Foi possível observar que nessa etapa de vedação os funcionários acabam levando um elevado tempo para concluir o serviço, tendo em vista que é um processo artesanal e conta com fatores como: manuseio da argamassa na hora do assentamento, prumo e esquadro, que exigem uma maior atenção por parte do funcionário, fazendo com que ele não consiga atingir uma alta velocidade construtiva.

Sabendo dessas dificuldades de tempo na etapa de vedação e com a intenção de motivar e acelerar a execução da etapa, foi planejado um sistema de pagamento por meio de produção por metro quadrado para o pedreiro, pagando 8 reais o metro quadrado do revestimento de parede e 16 reais por metro quadrado de contrapiso e assentamento cerâmico.

A cobertura abrangeu toda a parte do forro de gesso e do telhado que foi composto por uma estrutura de madeira feita de linhas, caibros e ripas do tipo maçaranduba e telhas cerâmicas do tipo colonial, sendo possível, perceber a relação desta tomada de decisão, com as previsões orçamentárias do estudo de caso.

A construção de toda a residência unifamiliar ficou com um prazo de 3 meses e 2 dias, sendo possível destacar a facilidade de encontrar materiais e mão de obra para a execução da residência. A figura 20 demonstra a residência unifamiliar acabada.

Figura 20 – Residência unifamiliar terminada



Fonte: Autor, 2020

4.1.2. Análise do estudo de caso: LSF

Para análise do estudo de caso LSF, será delimitada atributos de prazo e custo, no sistema construtivo em LSF, para as etapas de estrutura, vedação, cobertura, impermeabilização e mão de obra. Para tal, procedeu-se a análise da documentação de projeto e orçamento do fornecedor.

Diversas são as informações contidas na documentação do projeto, no que tange as etapas construtivas, no que tange aos atributos de prazo e custo, a exemplo,

vale destacar inicialmente, a necessidade de que os materiais utilizados para as etapas de estrutura e vedação tais como: os perfis metálicos das guias, montantes e os materiais utilizados para vedação como os painéis e seus enchimentos termo acústicos estejam todos *in loco*, devido à rápida sequência de execução que contribui para a rapidez de montagem do sistema.

Portanto, devido a essa alta demanda de materiais inicialmente é necessário que o construtor tenha um amplo espaço para armazenar o material e um alto capital inicial de obra para executar a compra de todo o material.

É importante salientar que a obra foi planejada com a utilização de no máximo de 5 funcionários, variando de acordo com a sequência e necessidades construtivas planejadas.

De início, é possível verificar que, na perspectiva da etapa de estrutura, foi iniciada com toda a escavação manual das valas para executar a viga baldrame, fundação escolhida para o sistema construtivo. Conseqüentemente, será realizada toda concretagem *in loco* da viga e, posteriormente já iniciada a etapa de impermeabilização, com manta asfáltica em toda a sua superfície, buscando evitar futuras infiltrações.

Ainda abrangendo a etapa de estrutura foi previsto a utilização dos elementos estruturais montantes do tipo “Ue” de 90x40x12x0,95mm e guias do tipo “U” de 92x40x0,95mm, todos sendo chumbados na laje, já que foi planejado vigas de tamanho 140x40x12x0,95mm.

É possível constatar já na etapa de estrutura, que teve duração apenas de 10 dias, a alta velocidade de execução desse sistema construtivo, devido ao fato de que por todos os materiais estarem presentes, dimensionados de acordo com a sua utilização e prontos para exercer sua função estrutural.

A etapa de vedação, abrangeu todo o fechamento externo, divisão interna, piso e assentamento cerâmico.

Na vedação externa optou-se pela utilização de Chapas OSB, com dimensões de 1200x2400x11mm, grampeadas nas placas, cobrindo toda a parte externa, como forma de minimizar as infiltrações de água. Além disso foi planejado a utilização de lã de vidro entre as placas de vedação, para que se tenha um bom desempenho termo acústico.

Para a vedação interna optou-se pela utilização de chapa de gesso acartonado por ser mais disseminada no estado do Ceará, a placa teve dimensões de 1200x2400x11mm, e a utilização de lã de vidro entre elas, com 90mm de espessura.

Para o piso, foi planejada a utilização de placas OSB aparafusados às vigas de piso, servindo como contrapiso para o recebimento da cerâmica 57x57.

A cobertura, abrangeu todo o forro interno, feito de placas de gesso acartonado, e o telhado, planejado com a utilização de perfis metálicos U trabalhando como linhas caibros e ripas, sendo preenchido por telha cerâmica.

4.2 Análise comparativa: Alvenaria convencional X LSF

De acordo com os dados obtidos, os custos dos sistemas construtivos analisados nesse estudo de caso podem ser verificados nos quadros 3 e 4. Para tal, vale pontuar que foram considerados apenas custos diretos¹.

Quadro 3 – Orçamento do sistema alvenaria convencional

Alvenaria Convencional			
Etapa		Valor	% Item
2	Estrutura	R\$ 16.911,00	21,72%
3	Coberta	R\$ 5.266,00	6,76%
4	Vedações	R\$ 23.992,00	30,82%
6	Mão de Obra	R\$ 31.084,00	39,93%
9	Impermeabilização	R\$ 593,00	0,76%
Total		R\$ 77.846,00	100,00%
Custo/m ²		1173,26	

Fonte: Autor, 2020

Quadro 4 – Orçamento do sistema LSF

Steel Frame			
Etapa		Valor	% Item
1	Estrutura	R\$ 33.505,92	29,85%
2	Coberta	R\$ 5.438,24	4,85%
3	Vedações	R\$ 36.245,87	32,29%
4	Mão de Obra	R\$ 34.868,45	31,07%
5	Impermeabilização	R\$ 2.175,30	1,94%
Total		R\$ 112.233,78	100,00%
Custo/m ²		1691,54	

Fonte: Autor, 2020

¹ Custos diretos são aqueles relacionados diretamente com a execução de um serviço na construção civil.

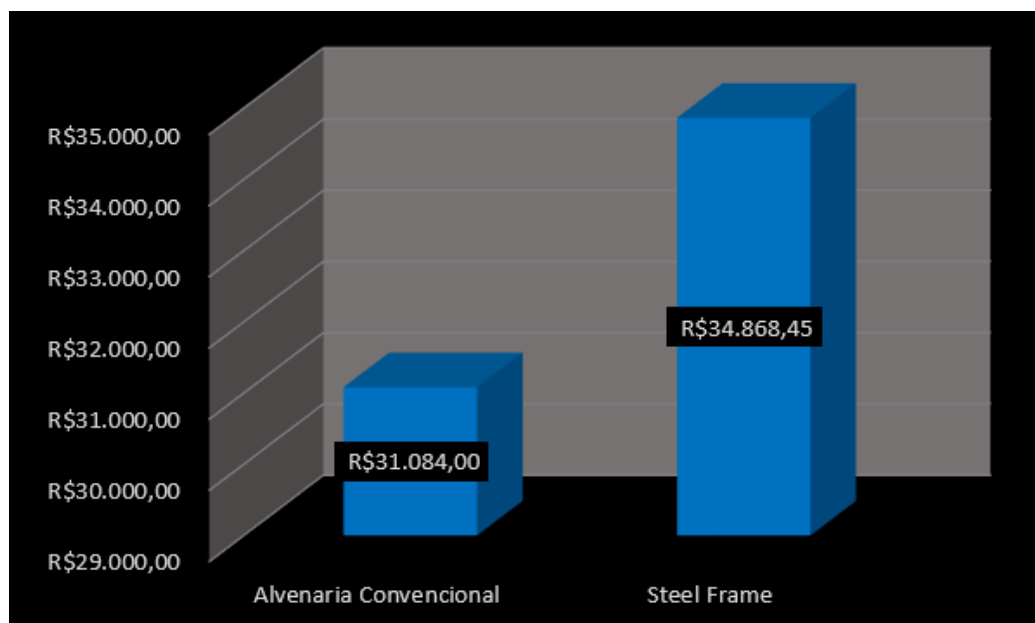
Pode-se observar que para o sistema convencional há uma estimativa de custo total de R\$ 77.846,00, sendo o custo por metro quadrado de R\$ 1.173,26. Em contrapartida, o sistema LSF apresentou um valor total de R\$ 112.233,78 e um custo por metro quadrado de R\$ 1691,54.

A partir dos dados apresentado e considerando o valor do sistema convencional como base, é perceptível que o LSF tem um acréscimo de custo de 44% em comparação com o sistema convencional.

A figura 21 apresenta os valores de mão de obra nos dois sistemas, sendo perceptível que o LSF apresentou um custo maior de 12%, mesmo levando menos tempo a ser executado. Isso pode ser explicado devido ao fato de que por ser um sistema industrializado o LSF tem-se a necessidade de conter uma mão de obra especializada para a execução de todo o seu processo construtivo.

Ademais, é importante ressaltar que por não ser um sistema construtivo disseminado no Ceará, é difícil encontrar profissionais capacitados para executar o serviço. Em contrapartida como o sistema convencional é o principal meio construtivo de residências unifamiliares no estado e não necessita de mão de obra especializada para a sua execução, se torna mais fácil e conseqüentemente mais baratos os profissionais para executar o serviço.

Figura 21 – Comparação do custo de mão de obra entre os métodos construtivos

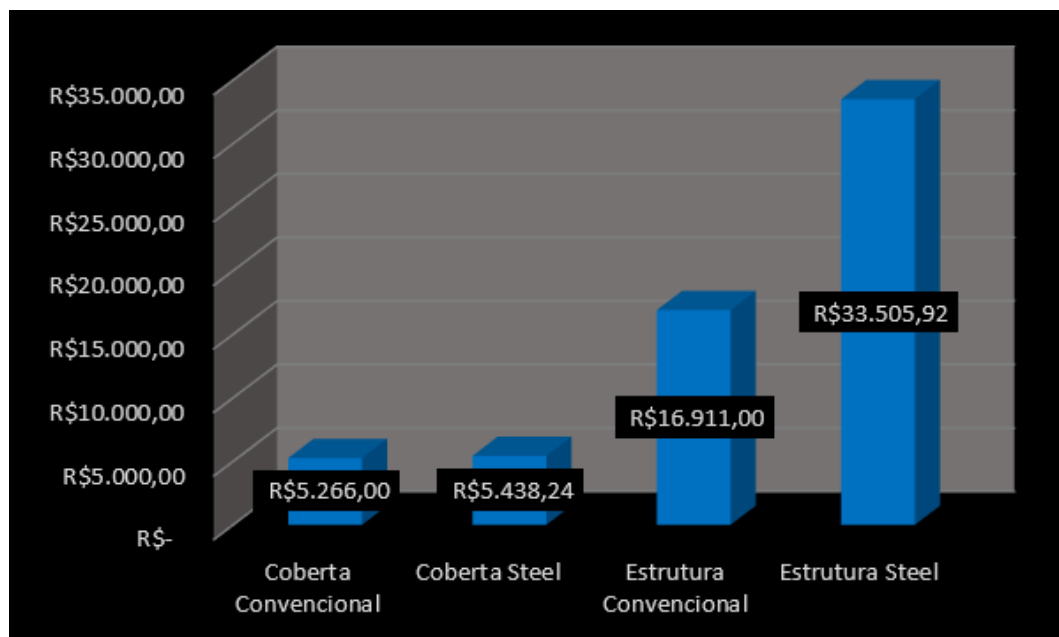


Fonte: Autor, 2020

Na etapa de superestrutura, na qual contempla a estrutura dos sistemas e a cobertura, a figura 22 mostra que essa foi uma das etapas na qual houve uma maior diferença entre os sistemas analisados. O LSF apresentou uma diferença de custo de 75% acima do custo do sistema convencional, tomado como base.

Tal diferença pode ser justificada pelo preço dos materiais necessários para a execução da residência. O perfil fabricado em aço galvanizado com dimensões exatas para o encaixe no projeto contém um preço elevado.

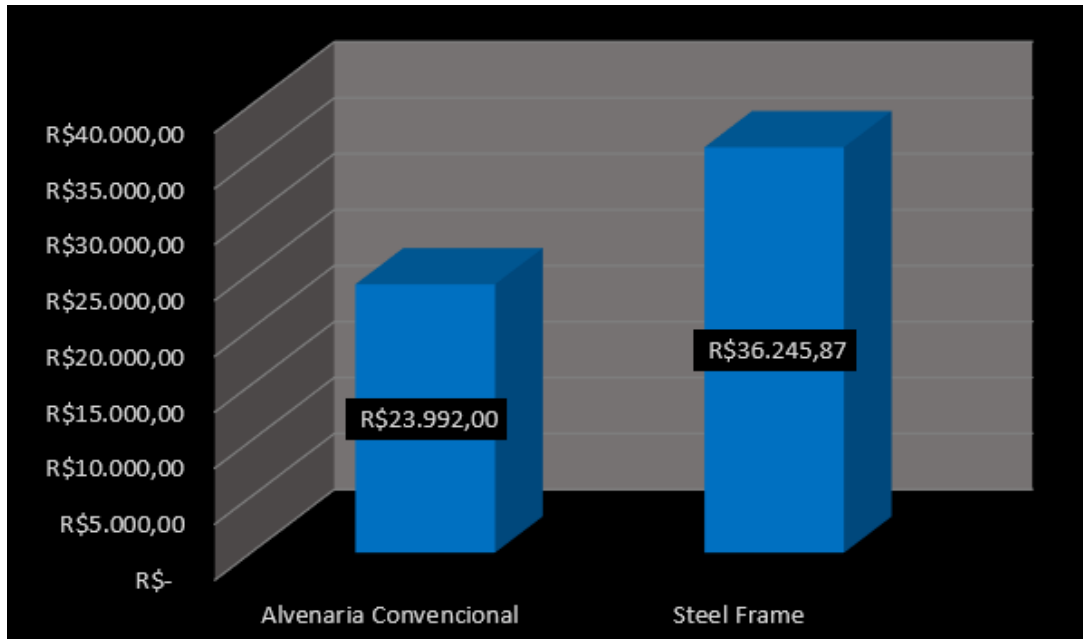
Figura 22 – Comparação do custo entre os sistemas na etapa de superestrutura



Fonte: Autor, 2020

A etapa de vedação, ilustrada pela figura 23, obteve também uma diferença considerável entre o sistema LSF e o sistema convencional, especificamente de um custo maior de 51% para o método Steel Frame. Embora seja uma etapa rápida e fácil de ser executada, ao se comparar com o sistema convencional, o custo dos materiais e a necessidade de uma mão de obra qualificada acaba fazendo com que exista tal diferença.

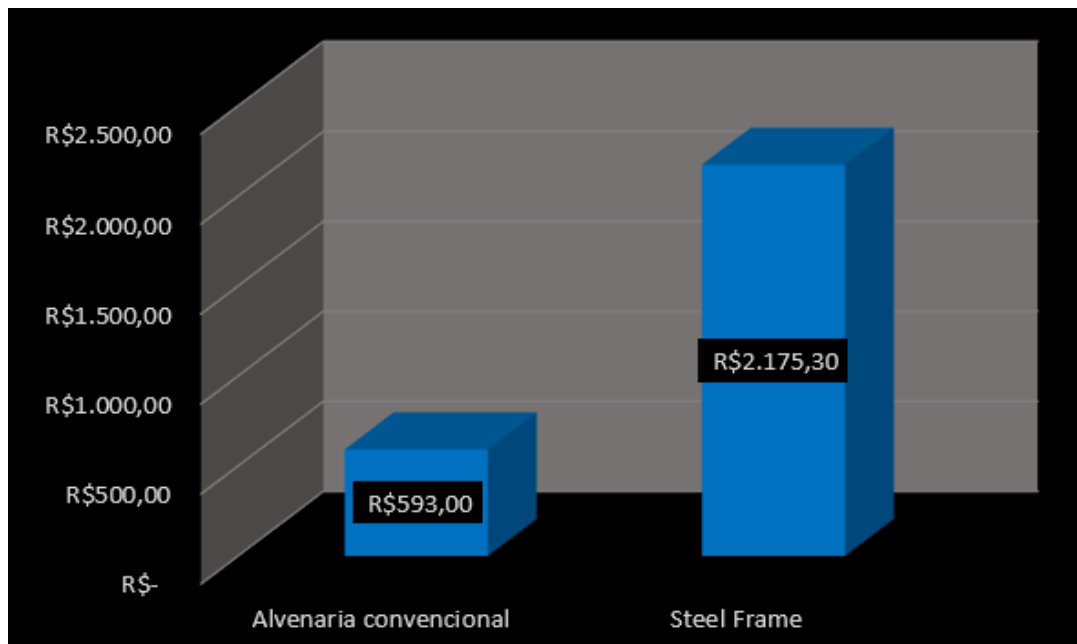
Figura 23 – Comparação do custo entre os sistemas na etapa de vedação



Fonte: Autor, 2020

A figura 24 mostra que na impermeabilização o steel teve uma diferença no custo de 72%, esse custo pode ser associado ao preço dos materiais que diferem nos dois sistemas.

Figura 24 – Comparação do custo na etapa de impermeabilização



Fonte: Autor, 2020

Embora nas etapas analisadas o sistema LSF tenha apresentado um custo direto superior ao sistema convencional, o tempo de execução da obra do steel frame

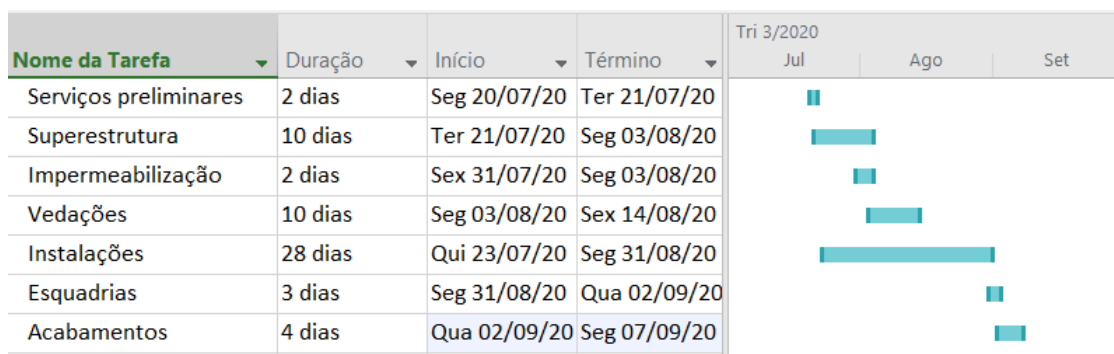
é bem menor de que o convencional. As figuras 25 e 26 apresentam em dias o cronograma de execução do sistema convencional e Light Steel Frame, respectivamente.

Figura 25 – Cronograma alvenaria convencional



Fonte: Autor, 2020

Figura 26 – Cronograma Steel Frame



Fonte: Autor, 2020

Nota-se que a obra no sistema convencional tem duração de 3 meses e 2 dias, em contrapartida o LSF levou 1 mês e 18 dias.

4.3. Vantagens e desvantagens dos sistemas construtivos

Com base nas informações levantadas, são apresentados no quadro 5 as vantagens e desvantagens dos métodos construtivos LSF e Alvenaria Convencional.

Quadro 5 – Vantagens e desvantagens

Item	Alvenaria Convencional	Light Steel Frame	Análise
Mão de obra	Não necessita de mão de obra qualificada	Necessita de mão de obra especializada	Vantagem para o sistema convencional, já que o custo é menor e há mais facilidade de encontrar mão obra.
Vedação	Utilização de blocos cerâmicos com revestimento, utilizando chapisco e reboco.	Utilizações de placas OSB, Gesso acartonado e manta hidrófuga	Vantagem para o LSF no que se refere ao tempo para a execução do serviço e desvantagem para o LSF em relação ao custo e disponibilidade dos materiais.
Superestrutura(Estrutura+coberta)	Concreto e aço	Perfis Metálicos	Vantagem para o LSF em relação ao tempo, desvantagem em espaço para locação na obra
Desperdício de Materiais	Muito desperdício de materiais e recursos naturais	Desperdício mínimo	Vantagem para o LSF. No Sistema convencional há um grande desperdício de materiais, ocorrendo quebra de tijolos, rasgamento de paredes e utilização de água nas suas etapas construtivas.
Custo	Facilidade de encontrar material e baixo custo	Material de custo maior	Vantagem para o sistema convencional
Tempo	Maior tempo de obra	Tempo de obra curto	Vantagem para o LSF

Fonte: Autor, 2020

5 CONCLUSÃO

No Brasil, como o sistema de construção de residências unifamiliares é marcado majoritariamente pelo sistema de construção de alvenaria convencional, onde o prazo médio para obras de edificação é três vezes maior do que nas construções americanas e duas vezes o despendido nas construções europeias e, como o cenário é de crescimento de déficit habitacional além 7%, de 2007 a 2017 (7,78 milhões de residências, em 2017), com estimativa de demanda de construção de 1,2 milhões de residências por ano, são imprescindíveis as buscas de alternativas para o setor de construção civil no Brasil, uma vez que o prazo de construção, no sistema de construção de alvenaria convencional, torna-se um ponto crítico para atendimento à demanda.

Nesse contexto, observou-se na literatura, a convergência de autores pela construção industrializada, como alternativa para reverter o cenário de déficit habitacional, principalmente, no atributo relacionado ao prazo médio para obras de edificação, através de mão de obra qualificação, otimização dos custos, padronização, entre outros.

Nesse contexto, este trabalho buscou analisar os sistemas construtivos LSF e alvenaria convencional a partir de um estudo de caso em uma residência unifamiliar, localizada no Estado do Ceará.

Para tal, foi apresentada uma revisão bibliográfica do sistema construtivo alvenaria convencional acerca dos principais procedimentos necessários para a execução desse sistema, apresentando todas as etapas do processo construtivo e suas características, como também uma breve descrição histórica sobre o sistema construtivo. Pôde-se verificar que, de forma geral, o sistema construtivo convencional não necessita de uma mão de obra especializada e é obrigado a respeitar prazos construtivos tendo em vista que tem como seu principal material o concreto.

Foi apresentada, também, uma revisão bibliográfica do sistema construtivo LSF acerca dos principais pontos relacionados ao sistema construtivo e suas principais características, como também uma breve descrição histórica sobre o LSF. Pôde-se verificar que, de forma geral, o sistema LSF é caracterizado por ser um sistema industrializado, com mão de obra qualificada, e que proporciona uma eficiência produtiva por meio de velocidade de execução e redução no desperdício de materiais.

Com base na revisão bibliográfica e, no entendimento dos sistemas constitutivos LSF e alvenaria convencional, foi possível realizar o levantamento de dados: das etapas de estrutura, vedação, cobertura, e mão de obra, considerando os atributos de prazo e custo, através de informações de documentação indireta, bem como de demais documentações referentes ao projeto de construção, fornecedores e construtoras, a saber: custo de materiais e de mão de obra, bem como os prazos.

A partir dados coletados, foi realizada uma análise entre as etapas de construção no que se refere a: estrutura, vedação, cobertura, e mão de obra, referente aos atributos de prazo e custo para o sistema construtivo LSF e alvenaria convencional.

Na Análise do estudo de caso: alvenaria convencional foi apresentado todo o processo de execução das etapas a ser comparada caracterizando os materiais utilizados para a sua execução. Já na análise do estudo de caso: LSF foi apresentado todo o levantamento orçamentário e os tipos de materiais que foram utilizados para a execução da residência.

Por fim, em atendimento aos objetivos específicos, na análise comparativa: Alvenaria convencional X LSF, foi exposto que em todas as etapas construtivas comparadas o sistema convencional levou vantagem, entretanto quando foi feita a comparação relacionada ao prazo de obra, o LSF apresentou uma vantagem considerável. Ademais, no tópico específico as vantagens e desvantagens do sistema construtivo alvenaria convencional e LSF, pôde-se verificar que ambos os sistemas apresentam suas qualidades e deficiências, entretanto diante de todos os itens apresentados, o LSF se sobressai na maioria dos pontos analisados, tendo desvantagens apenas nos itens relativos a mão de obra e custo.

Com base nesta perspectiva é possível chegar à conclusão que, o sistema construtivo LSF, como construção industrializada, é uma alternativa para reverter o cenário de déficit habitacional, uma vez que, analisando o atributo de prazo, apresentou-se, nessa pesquisa, convergente com a literatura, apresentando maior velocidade de construção no estudo de caso objeto deste trabalho, quando comparado com o sistema de alvenaria convencional.

Por outro lado, em relação ao atributo de custo, o sistema de alvenaria convencional mostrou-se mais vantajoso, ao passo que o LSF custou 44% mais caro de que o sistema convencional.

Em síntese, em um cenário de que o atributo de prazo seja extremamente relevante, o sistema construtivo LSF é o mais adequado. No entanto, em cenários a qual o atributo de custo seja o mais relevante, o sistema de alvenaria convencional passa ser mais vantajoso. Não sendo possível concluir, nesse estudo de caso específico, um sistema construtivo melhor para ambos os atributos, ou seja, prazo e custo.

Vale pontuar que, o entendimento dos sistemas construtivos de alvenaria convencional e do LSF, assim como, o destaque das vantagens e desvantagens de cada sistema construtivo, são fundamentais para auxiliar profissionais da construção civil, clientes e o poder público, em processos de tomada de decisões quanto ao tipo de sistema construtivo para residências unifamiliares. No entanto, o levantamento de dados referente ao sistema construtivo LSF foi uma etapa difícil na construção do trabalho, no que tange ao levantamento de dados. Desta forma sugere-se, como trabalhos futuros, o desenvolvimento de pesquisas regionais, no Estado do Ceará, referente ao sistema construtivo LSF, ao passo de, analisar as regionalidades, vantagens e desvantagens do sistema construtivo para o Estado.

REFERÊNCIAS

ABNT NBR 15253: **Perfis de aço formados a frio, com revestimento metálico para painéis estruturais reticulados em edificações** – Requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2014. 24p.

_____. NBR 8545: **Execução de alvenaria sem função estrutural de tijolos e blocos cerâmicos**. 1984.

ABDI, Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial. **Manual da Construção Industrializada: conceitos e etapas**. Brasília, 2015.

ALVA, M.S.A. **Concepção estrutural de edifícios em concreto armado**. Santamaría. Rio Grande do Sul, 2007.

ARAÚJO, T.D.P. de. **Construção de edifícios I: esquadrias**. Notas de aula – Departamento de engenharia estrutural e construção civil. Universidade Federal do Ceará. 2003. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/316968718/18>

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **Manual de Revestimentos e Argamassas**. P.104, 2002.

AZEVEDO, Hélio Alves de. **O edifício até sua cobertura**. São Paulo: Edgard Blucher, 1997.

BASTOS, P.S.S. **Estruturas de concreto armado**. 63f. Notas de aula. Faculdade de engenharia. Universidade Estadual Paulista. Bauru, São Paulo, 2014.

CALÇADA, P. de A.B. **Estudo dos processos produtivos na construção civil de Curso de Graduação em Engenharia Civil** – Escola Politécnica Universidade Federal do Rio de Janeiro – POLI/URFJ, Rio de Janeiro, 2014.

CAPELETI, D. **Congresso latino-americano de construção em Steel Frame**, amanhã, em São Paulo, mostrará panorama do segmento no Brasil e nas Américas. São Paulo: 2º Congresso Latino-Americano de Steel Frame, 2016. Não paginado. Disponível em: <http://www.congressosteelframe.com.br/pt-br/noticia/34/congresso-latino-americano-de-construcao-em-steel-frame-amanha-em-sao-paulo-mostrara-panorama-do-segmento-no-brasil-e-nas-americas>

CARVALHO JÚNIOR, R. **Instalações hidráulicas e o projeto de arquitetura**. São Paulo: 7ª ed. Blucher, 2013b. 342p.

CASTRO, R.C.M. **Arquitetura e tecnologia em sistemas construtivos industrializados. Light Steel Frame**. Dissertação (Mestrado). Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, 2005.

CARASEK, H. **Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais**. São Paulo: IBRACON, 2007.

CONSULSTEEL. **Construcción con Steel Framing**: Manual de Procedimento. Buenos Aires, 2002. 302p.

CORTEZ, Lucas Azevedo da Rocha *et al.* **Uso das estruturas de aço no Brasil**. Caderno de Graduação, Alagoas, v.4, n.2, p.217-227, nov. 2017.

DIAS, G.L. *et al.* **Determinação de propriedades mecânicas do OSB**. IN: IX Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeiras, Cuiabá, 2004. 13p.

DOMARASCKI, C.S.; FAGIANI, L. S. **Estudo comparativo dos sistemas construtivos: Steel Frame, Concreto PVC e Sistema Convencional**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Civil). Centro Universitário da Fundação Educacional de Barretos. Barretos, 2009, 75p.

FACCO, Isabela Rossatto. **Sistemas construtivos industrializados para uso em habitações de interesse social**. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Civil). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. 85p, 2014.

FREITAS, Arlene Maria Sarmanho. **Steel Framing: Arquitetura**/Arlene Maria Sarmanho Freitas, Cristina Moraes de Crasto. Rio de Janeiro: IBS/CBCA, 2006. 121p. 29cm – Série Manual de Construção em aço.

GASPAR, André Poças. **Construção de edifícios de habitação em Light Steel Framing: viável à construção tradicional**. 2013. Dissertação (Mestre em Arquitetura). Universidade Lusófona do Porto. Porto. 152p, 2013.

GORGOLEWSKI, M. **Developing a simplified method of calculating U values in light steel framing**. Building and Environment. Volume 42, Issue 1, p230-236, 2006.

HASS, Deleine Christina Gessi e MARTINS, Louise Floriano. **Viabilidade econômica do uso do sistema construtivo Steel Frame como método construtivo para habitações sociais**. Curitiba, 2011.

LEMOS, R. A. **Técnicas de revestimentos em argamassa projetada** – Monografia. Curso em Especialização em Construção Civil – Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, Belo Horizonte, 2010. Disponível em: <http://pos.demc.ufmg.br/novocecc/trabalhos/pg3/136.pdf>

Light Steel Frame: estrutura de aço leve. **Casa Prática**. São Paulo, 2016. Não paginado. Disponível em: <http://www.casapraticasf.com/>. Acesso em 4 maio de 2020

Light Steel Frame garante obras rápidas e limpas. **Centro Brasileiro da Construção de Aço**. 14 jun 2016. Disponível em: <https://www.cbca-acobrasil.org.br/noticias-detalhes.php?cod=7255> Acesso em 4 mai 2020.

LOURENZO, Claydmar Hudson; *et al.*, **Análise Comparativa dos sistemas construtivos: Light Steel Frame e Alvenaria Estrutural**. Revista Pensar Engenharia, v.3, n.1, Jan/2015.

NASCIMENTO, O.L. **Alvenarias**. 2ª Ed. Rio de Janeiro: IBS/CBCA, 2004.

NAKAMURA, J. **Arquitetura Leve**. São Paulo. Revista Arquitetura e Urbanismo. Ed. 156. Pini, 2007. 4p. Disponível em: <http://au.pini.com.br/arquitetura-urbanismo/156/artigo44400-1.aspx>

NEVILLE, A. M. **Propriedade do concreto**. 5ª Ed. São Paulo: Bookman, 2016.

OLIVEIRA, Geórgia de Sousa. **Light Steel Frame: Potencial do sistema construtivo para customização de habitações pré-fabricadas**. 2018. 146f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Ouro Preto – UFOP, Ouro Preto, 2018

PEDROSO, Sharon Passiniet *al.*, **Steel Frame na construção civil**. In: Encontro Científico Cultural Interinstitucional, 12. 2014. São Paulo: Fac, 2014. 1-14.

PRUDÊNCIO, M.V. **Projeto e análise comparativa de custo de uma residência unifamiliar utilizando os sistemas construtivos convencional e light steelframing**. 2013. 66f. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso, Graduação 98 em Engenharia de Produção Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2013.

RIBEIRO, C.C; PINTO, J.D da S; STARLING, T. **Materiais de construção civil**. 3ª ed. Belo Horizonte: UFMG, 2011. 112p.

SALGADO, Júlio César Pereira. **Técnicas e práticas construtivas para edificação**. 2ª ed. São Paulo, 2009.

SANTIAGO, A.K.; RODRIGUES, M.N.; OLIVEIRA, M.S. **Light Steel Framing como alternativa para a construção de moradias populares**. In: CONSTRUMETAL – CONGRESSO LATINO-AMERICANO DA CONSTRUÇÃO METÁLICA, 2010, São Paulo, 2010. Resumo. p 1-9.

SANTOS, H.B. **Ensaio de aderência das argamassas de revestimento**. 2008. 50 monografia apresentada ao Curso de Especialização em Construção Civil. Escola de Engenharia da UFMG. Belo Horizonte, 2008.

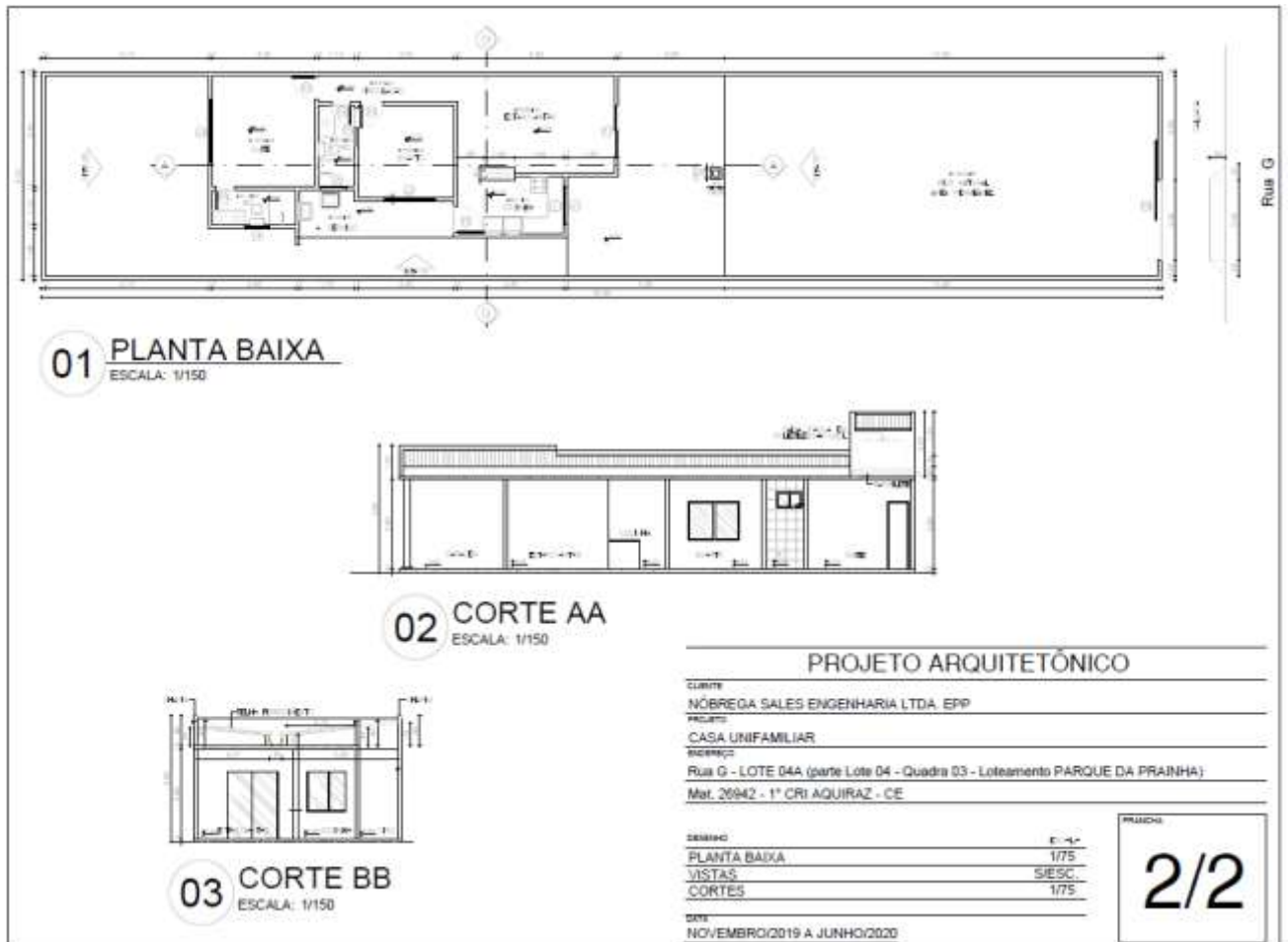
SOUSA, A.M.J; MARTINS, N.T.B.S. **Potencialidades e obstáculos na implantação do sistema light steelframing na construção de residência em Palmas/TO**. 2009. Trabalho de conclusão de curso. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins, 2009.

STOLZ, Carina M. *et al.* **Análise dos desperdícios gerados no processo de execução de tubulações elétricas e hidráulicas em obra multipavimentada na cidade de Porto Alegre/RS**. In: XIII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, Canela, 2010.

TERNI, Antonio Wanderley; SANTIAGO, AlexandreKokke; PIANHERI, José. **Steel Frame – fundações. Como construir**. São Paulo, v.1, n.1, p.1-80, mar-2008.

TURRIONI, J.B; MELLO, C.H. Metodologia de Pesquisa em Engenharia de Produção: estratégia, métodos e técnicas para condução de pesquisas quantitativas e qualitativas. Minas Gerais: UNIFEI, 2012.

ANEXO A – Projeto arquitetônico



ANEXO B – Orçamento do sistema convencional

NS Engenharia

Coberta			
	<u>R\$</u>	R\$	5.266,00
forro	13,5%	R\$	711,00
telha coberta	14,7%	R\$	775,00
Madeiras + pregos coberta	52,8%	R\$	2.780,00
damasceno gesso forro	19,0%	R\$	1.000,00
Estrutura			
	<u>R\$</u>	R\$	16.911,00
Lajes PM	7,1%	R\$	1.200,00
Aço 5.0 60 kg	1,6%	R\$	268,37
110 sacos cimento	18,2%	R\$	3.080,00
malhas pop, treliças+3vigas 2,5m	12,5%	R\$	2.115,00
treliça	2,0%	R\$	330,00
cimento	7,5%	R\$	1.260,00
areia grossa (5)	11,8%	R\$	2.000,00
6m³ brita	2,7%	R\$	450,00
tijolos regularização	2,7%	R\$	450,00
arame recozido	0,6%	R\$	96,00
prego	0,2%	R\$	28,44
aterro	0,7%	R\$	120,00
caminhão pipa	4,7%	R\$	800,00
6m³ brita	2,7%	R\$	450,00
vibrador e mangote	0,8%	R\$	141,19
Madereira formas	10,8%	R\$	1.822,00
6m³ brita	2,7%	R\$	450,00
Aço	8,3%	R\$	1.400,00
m³ brita	2,7%	R\$	450,00
Mão de Obra			
	<u>R\$</u>	R\$	31.084,00
Pagamento Funcionarios	8,04%	R\$	2.500,00
Pagamento Funcionarios	11,26%	R\$	3.500,00
Pagamento Funcionarios	11,26%	R\$	3.500,00
Pagamento Funcionarios	1,29%	R\$	400,00
Pagamento Funcionarios	12,87%	R\$	4.000,00
Pagamento Funcionarios	0,59%	R\$	184,00
Pagamento Funcionarios	16,09%	R\$	5.000,00
Pagamento Funcionarios	19,30%	R\$	6.000,00
Pagamento Funcionarios	19,30%	R\$	6.000,00
Impermeabilização			
	<u>R\$</u>	R\$	593,00
4 BALDES IMPER	50,6%	R\$	300,00
3 fitas multiuso	26,8%	R\$	158,95
vedapren preto	22,6%	R\$	134,05

NS Engenharia

Vedação			
	<u>R\$</u>	<u>R\$</u>	23.992,00
porcelanato	7,4%	R\$	1.785,89
Tijolos	11,5%	R\$	2.750,00
arisco	0,8%	R\$	180,00
zé do alho 100 cim + 2 agros+ 1 arisco	15,3%	R\$	3.665,00
Bianco	1,4%	R\$	340,00
leroy ceramicas	6,0%	R\$	1.434,71
pedras	4,5%	R\$	1.082,32
3 mil tijolos	8,8%	R\$	2.100,00
2 areia grossa	3,3%	R\$	800,00
1 carrada areia grossa + 1 carrada arisco	3,0%	R\$	730,00
porcelanato casas	4,5%	R\$	1.090,83
1 carrada areia grossa + 1 carrada arisco	3,0%	R\$	730,00
tijolos e sc cimento	16,7%	R\$	4.015,00
porcelanato	5,6%	R\$	1.340,00
carrada arisco	1,2%	R\$	280,00
rejunte	0,6%	R\$	155,45
massa cola ACII	3,0%	R\$	712,80
2 carrada A grossa	3,3%	R\$	800,00