UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA

KARINE CROZETA FRASSON

MARCOS BITENCOURT

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

Tubarão

2017

KARINE CROZETA FRASSON
MARCOS BITENCOURT

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

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil da Universidade do Sul de Santa Catarina como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Mara Regina Gomes.

Tubarão
2017

KARINE CROZETA FRASSON
MARCOS BITENCOURT

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

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado à obtenção do título de Bacharel e aprovado em sua forma final pelo Curso de Engenharia Civil da Universidade do Sul de Santa Catarina.

Tubarão, 29 de junho de 2017.

Professor e orientador Mara Regina Gomes, Ms.
Universidade do Sul de Santa Catarina

Professor Walter Olivier Alves, Esp.
Universidade do Sul de Santa Catarina

Professor Charles Mende de Souza, Esp.
Universidade do Sul de Santa Catarina

Dedicamos este trabalho primeiramente à Deus e em segundo lugar a os nossos pais, parentes, amigos e aos professores dedicados que de alguma forma nos ajudaram a chegar até aqui.

AGRADECIMENTOS

Dentre todos esses anos de dedicação com o nosso curso de engenharia civil temos a agradecer primeiramente a Deus por nos proporcionar forças para estarmos sempre de pé, enfrentando todos os obstáculos que surgiram ao longo dessa trajetória. Sem ele não teríamos alcançado este objetivo.

Em segundo lugar aos nossos pais por prezarem pela nossa educação e por nos apoiarem nos momentos bons e ruins da vida.

Aos nossos colegas que de alguma forma nos ajudaram a chegar até aqui com um gesto de companhia, amizade, com apoio nos trabalhos ou então com uma simples explicação antes das provas, com certeza eles também contribuíram para que alcançássemos nossos objetivos.

E aos professores que se dedicam nas suas aulas para darem o seu melhor nos transmitindo conhecimento teórico ou profissional, para estarmos saindo da universidade com um bom conhecimento formado dessas duas visões.

A nossa orientadora Mara Regina Gomes por estar nos orientando de forma dedicada sempre disposta a ajudar e buscando o melhor para o nosso trabalho.

RESUMO

A fim de aumentar a produtividade, diminuir as perdas e atender a uma demanda crescente do mercado, a indústria da construção civil busca novos métodos construtivos que substituam os métodos tradicionalmente utilizados. O sistema *Light Steel Framing*- LSF é uma das alternativas utilizadas e consiste em uma estrutura formada por perfis de aço, galvanizados a frio, painéis em gesso acartonado, placas cimentícias e OSB (*Oriented Strand Board*), entre outros. Apesar de o Brasil ser um dos maiores produtores de aço no mundo e este método construtivo ser caracterizado como industrializado e proporcionar diversos benefícios frente aos sistemas convencionalmente utilizados, o mesmo ainda é um sistema pouco utilizado no Brasil. Sendo assim, este estudo, através de um levantamento bibliográfico e um estudo de caso, possui como objetivo apresentar os principais diferenciais do sistema construtivo *Light Steel Framing* em relação ao sistema construtivo de Alvenaria Convencional em residências unifamiliares. Os resultados do levantamento bibliográfico mostraram que o sistema LSF apresenta-se como um sistema industrializado, e como tal, possui uma construção limpa, seca, rápida e sustentável, além de apresentar baixo peso. Em relação ao custo da obra o estudo de caso apresentou o sistema LSF como menos vantajoso quando comparado à alvenaria convencional. Porém, o fator prazo foi menor para o sistema LSF, visto este ser um sistema industrializado que apresenta maior produtividade. Fazendo uma relação entre os resultados, e considerando que o LSF é apenas 5% mais oneroso que o sistema convencional, conclui-se que o LSF possui maior viabilidade de execução, isso porque, seus prazos são expressivamente reduzidos, compensando a diferença de custos.

Palavras-chave: Light Steel Framing. Aço. Viabilidade.

ABSTRACT

In order to increase productivity, reduce losses and meet growing market demand, the construction industry is seeking new constructive methods to replace traditionally used methods. The Light Steel Framing- LSF system is one of the alternatives used and consists of a structure made up of steel profiles, cold galvanized, drywall, cement boards and OSB (Oriented Strand Board), among others. Although Brazil is one of the largest steel producers in the world and this constructive method is characterized as industrialized and offers several benefits compared to the conventionally used systems, it is still a system little used in Brazil. Thus, this study, through a bibliographical survey and a case study, aims to present the main differentials of the Light Steel Framing construction system in relation to the conventional masonry construction system in single-family dwellings. The results of the bibliographic survey showed that the LSF system is an industrialized system, and as such, it has a clean, dry, fast and sustainable construction, in addition to presenting low weight. In relation to the cost of the work the case study presented the LSF system as less advantageous when compared to conventional masonry. However, the term factor was lower for the LSF system, since this is an industrialized system that presents higher productivity. By making a relation between the results, and considering that the LSF is only 5% more expensive than the conventional system, it is concluded that the LSF has a greater viability of execution, because its deadlines are significantly reduced, compensating for the cost difference.

Keywords: Light Steel Framing. Steel. Feasibility.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Perfis de aço em U enrijecido e em U simples 19
Figura 2: Subsistemas do Steel Frame 21
Figura 3: Montagem método stick 22
Figura 4: Montagem por painéis 23
Figura 5: Construção Modular 23
Figura 6: Painel estrutural em Light Steel Framing 25
Figura 7: Representação esquemática do fechamento – Sistema LSF 26
Figura 8: Placas de OSB como sistema de vedação no sistema LSF 26
Figura 9: Placas cimenticias como sistema de vedação no sistema LSF 28
Figura 10: Fechamento do LSF em gesso acartonado 29
Figura 11: Esquema de instalação do tipo PEX em estrutura LSF 31
Figura 12: Desenho esquemático – laje seca 32
Figura 13: Desenho Esquemático – Laje úmida 32
Figura 14: Estrutura do telhado em LSF 33
Figura 15: Sistema construtivo de alvenaria convencional 37
Figura 16: Estrutura de concreto armado 38
Figura 17: Planta Baixa – Sistema de alvenaria convencional 41

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Custo do sistema em alvenaria convencional 43
Tabela 2: Custo do sistema em LSF..... 43
Tabela 3: Produtividade do sistema LSF..... 44
Tabela 4: Produtividade do Sistema de alvenaria convencional 45

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Relação entre espessura e aplicação da placa cimenticias..... 28
Quadro 2: Vantagens e Desvantagens do sistema de alvenaria convencional..... 38

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 12
1.1 OBJETIVOS 12
1.1.1 OBJETIVO GERAL 12
1.1.2 Objetivos específicos 13
1.2 JUSTIFICATIVA 13
1.3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS 14
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO 15
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 16
2.1 CONSTRUÇÃO SECA 16
2.1.1 Light Steel Frame (LSF) 17
2.1.1.1 Histórico 18
2.1.1.2 Perfis enformados a frio 19
2.1.1.3 Sistema Construtivo 20
2.1.1.3.1 Fundação 23
2.1.1.3.2 Painéis Estruturais – Fechamento Interno e Externo 24
2.1.1.3.3 Isolamento termo acústico 29
2.1.1.3.4 Instalações elétricas e hidráulicas 30
2.1.1.3.5 Lajes e coberturas 31
2.1.1.4 Vantagens e Desvantagens do Sistema LSF 33
2.1.1.5 Custo do Sistema LSF 35
2.2 ALVENARIA CONVENCIONAL 36
2.2.1 Vantagens e desvantagens do sistema de alvenaria convencional 38
2.2.2 Custo do sistema convencional 40
3 ESTUDO DE CASO 41
3.1 CUSTO E PRODUTIVIDADE DOS SISTEMAS 43
4 CONCLUSÃO 47
REFERÊNCIAS 50
ANEXOS 53
ANEXO A – VISTAS DO PROJETO EM LSF 54
ANEXO B – PLANTA BAIXA DO SISTEMA LSF 55
ANEXO C – PAINEIS 56
ANEXO D – COBERTURA 57

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, o principal sistema construtivo utilizado é a alvenaria de blocos cerâmicos com estrutura de concreto armado, que utiliza recursos naturais não-renováveis para a construção dos blocos e concreto além de contribuir para a formação de gases estufa. O processo de construção é bastante artesanal, caracterizado pela baixa produtividade e, principalmente, pelo alto desperdício.

Diante disso, a indústria da construção civil brasileira estuda novos métodos construtivos e, um desses métodos, é o *Light Steel Framing*- LSF com o propósito de aumentar a produtividade, diminuir as perdas e atender a uma demanda crescente do mercado.

Lourenzo *et al* (2015) definem o sistema LSF como uma metodologia que utiliza em sua estrutura perfis de aço leve, galvanizados a frio, painéis em gesso acartonado, placas cimentícias e OSB (*Oriented Strand Board*), entre outros, sendo este um sistema industrializado que possibilita a construção seca com grande rapidez, qualidade e menores custos.

Segundo Hass e Martins (2011) o Brasil é um dos maiores produtores de aço no mundo, porém esse potencial industrial ainda não está sendo utilizado completamente na construção civil, devido à falta de conhecimento do produto e processo.

Sendo assim, o presente trabalho busca conhecimentos sobre este novo sistema construtivo, focando-se em descrever suas principais características e seus benefícios na construção de residências unifamiliares.

Diante deste contexto, o problema que esta pesquisa buscou responder foi a seguinte: Quais os diferenciais do Sistema Construtivo Light Steel Frame em relação aos sistemas construtivos convencionais (alvenaria convencional)?

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

Este trabalho teve por objetivo geral apresentar os principais diferenciais do sistema construtivo *Light Steel Framing* em relação ao sistema construtivo de Alvenaria Convencional em residências unifamiliares.

1.1.2 Objetivos específicos

Para alcançar o objetivo geral proposto, foram definidos como objetivos específicos:

- apresentar as características do sistema construtivo LSF;
- aplicar o sistema construtivo LSF e o sistema de Alvenaria Convencional em um estudo de caso de uma residência unifamiliar;
- analisar os dados obtidos para os dois sistemas construtivos em relação à produtividade (prazos) e aos custos de produção;
- definir o sistema construtivo mais viável para a construção no caso estudado.

1.2 JUSTIFICATIVA

Segundo Gomes (2009) em decorrência do aquecimento global, falta de recursos hídricos e da escassez de matérias-primas não renováveis, o homem sente a necessidade de utilizar materiais alternativos e recicláveis nos mais variados setores.

O setor da construção civil representa 8% do PIB brasileiro e, de acordo com Farias (2013), o setor procura alternativas que venham substituir os métodos tradicionais construtivos por métodos cada vez mais industrializados, que minimizem as perdas de todos os tipos e que ainda preservem o meio ambiente. Sendo assim, o setor encontra-se em uma fase de busca e aplicação de inovações tecnológicas, sendo o método construtivo LSF uma boa solução frente às necessidades do setor que são basicamente redução de custos e prazos.

O LSF é um sistema construtivo muito utilizado e difundido em países desenvolvidos como os Estados Unidos e o Japão além do Canadá, Argentina, Chile e continente Europeu.

Apesar do Brasil ser um dos maiores produtores de aço do mundo, o sistema LSF não é tão difundido no país, mesmo tendo em vista a disponibilidade de matéria prima.

Dentre as características que sugerem que este método possui vantagens frente a métodos construtivos convencionais pode-se ressaltar a velocidade da construção, diminuição de perdas com economia de material, e a preservação do meio ambiente através de uma construção parcialmente ou totalmente a seco (FARIAS, 2013)

Desta forma, este trabalho é justificado pelo fato de que, apesar do método construtivo LSF apresentar na literatura vantagens consideráveis frente a métodos convencionais, o tema ainda é pouco conhecido e também divide opiniões dos profissionais do setor no país. Além disso, buscou-se um tema que fosse relacionado com a realidade construtiva e econômica brasileira, que é marcada por grandes desperdícios e retrabalhos além da busca por obras com menores custos e prazos.

1.3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Segundo Gil (2007), define-se pesquisa como um procedimento racional e sistemático que tem como objetivo proporcionar respostas aos problemas que são propostos. A pesquisa é desenvolvida por um processo constituído de várias fases, desde a formulação do problema até a apresentação e discussão dos resultados. Além disso, pode ser classificada:

a) do ponto de vista da sua natureza;
b) quanto à abordagem do problema;
c) quanto aos objetivos;
d) quanto aos procedimentos técnicos.

Este trabalho teve como apresentar os principais diferenciais do sistema construtivo LSF em relação aos sistemas construtivos convencionais, mais especificamente a alvenaria convencional levando-se em consideração residências unifamiliares. Para tanto, a natureza da pesquisa pode ser definida como aplicada.

Em relação à abordagem do problema, esta foi realizada por meio de uma pesquisa quali-quantitativa, pois seus resultados podem ser mensuráveis, mas alguns aspectos são qualitativos.

Quanto aos objetivos do trabalho, ou mesmo quanto aos fins, esta pesquisa é classificada como pesquisa exploratória e descritiva, já que “o objetivo é explorar ou examinar um problema ou situação para proporcionar conhecimento e compreensão” (MALHOTRA, 2005).

O estudo em questão consiste em apresentar os principais diferenciais do sistema construtivo LSF em relação aos sistemas construtivos convencionais (alvenaria convencional) levando-se em consideração residências unifamiliares. Sendo assim, o procedimento técnico utilizado foi o levantamento bibliográfico e o estudo de caso.

O levantamento bibliográfico foi utilizado a fim de levantar as principais informações acerca do assunto e permitir o comparativo das características e benefícios entre os métodos. Já o estudo de caso consistiu na elaboração de um comparativo dos custos e prazos em um projeto específico.

O preço dos insumos utilizados no orçamento da casa de alvenaria convencional foi obtido através da tabela do Departamento Estadual de Infra-Estrutura (DEINFRA) com data base em 31 de outubro de 2016. Para o projeto em LSF, a partir do projeto estrutural, fez-se levantamento de preços com o fabricante.

Ressalta-se que alguns subsistemas não foram levados em consideração pois não há diferenças entre um processo construtivo e outro. Os subsistemas desconsiderados foram, fundação (radier), instalações elétricas e hidráulicas, revestimentos de piso e parede, esquadrias e pinturas.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho de conclusão de curso é constituído por quatro capítulos, que são compostos pelos seguintes itens:

a) Introdução - O primeiro capítulo descreve a introdução, que enfatiza a importância do tema escolhido, a justificativa, os objetivos gerais e específicos, a metodologia e a estruturação do trabalho

b) Revisão Bibliográfica - O segundo capítulo é composto do referencial bibliográfico contextualizador da pesquisa. Nesta seção foram abordados conceitos, vantagens e desvantagens bem como particularidade de cada método construtivo analisado abastecendo os autores de informações que auxiliem na realização e conclusão do estudo;

c) Estudo de Caso – Neste capítulo são apresentados o objeto do estudo de caso e as análises realizadas, sendo que nele constam planilhas de custos e prazos dos sistemas construtivos.

d) Conclusões –Ao final, no capítulo 4, encontram-se as conclusões.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo será apresentada uma ampla abordagem acerca do tema LSF de modo a fornecer subsídios para o alcance dos objetivos.

2.1 CONSTRUÇÃO SECA

De acordo com Bertolini (2013) o mercado de construção civil encontra-se atualmente diante de um cenário bastante competitivo, o que obriga que empresas deste setor busquem alternativas construtivas mais práticas e produtivas, afim de que o ato de construir não seja simplesmente materializar, mas seja também controle de custos e qualidade no intuito da otimização da produção. Diante deste cenário, o autor cita a construção seca como solução para melhoria de alguns aspectos da construção convencional sendo que este sistema é amplamente utilizado em países como EUA, Japão, Canadá, Argentina, Chile e continente Europeu, devido às diversas vantagens que oferece.

A construção a seca, segundo Malafaia (2002), é um termo utilizado para designar um método construtivo que utiliza na sua concepção elementos pré-fabricado industrialmente, tornando-se então sinônimo de construção rápida, segura e de qualidade. De acordo com Gaspar (2013, p.13) este método:

> "caracteriza-se como sendo um tipo de construção que nunca ou quase nunca necessita de água. Ao contrário da construção tradicional, esta não utiliza argamassas e betão na sua concepção. A construção seca é também associada à uma construção mais limpa devido à ausência de grandes quantidades de entulho na obra, característica apresentada na construção tradicional".

Villarinho (2009) complementa o exposto acima citando que este método construtivo pode ser planejado de forma tão racional que pode ter zero de desperdícios.

Ainda segundo Villarinho (2009, p.13)

> A construção seca é composta por vários "subsistemas", com fundação normalmente do tipo radier (o que representa grande economia na obra); isolamento termo acústico; fechamento interno com placas de gesso acartonado ou em placa cimentícias; tratamento de juntas e instalações elétricas e hidráulicas. [...] Os materiais utilizados na construção seca são perfis estruturais, que podem ser de madeira ou de aço galvanizado com tratamento anticorrosivo [..]. (VILLARINHO, 2009, pag 13).

O sistema construtivo a seco está baseado na utilização de materiais industrializados e prontos para o uso, sem necessitar de água para o seu processo de construção. Além disso, o sistema não se resume apenas na sua estrutura, mas em um sistema destinado à construção

composto por vários componentes e subsistemas que são além da estrutura principal, a fundação, o isolamento termo acústico, os fechamentos e contraventamentos internos e externos, e as instalações elétricas e hidráulicas (ALVES, 2015).

Os métodos de construção a seco mais conhecidos atualmente são o *Wood Frame e o Light Steel Frame* sendo que o primeiro apresenta em sua estrutura perfis de madeira, e o segundo, foco deste trabalho, apresenta na sua estrutura perfis metálicos. Além dos métodos citados, para as vedações existe o *DryWall* que consiste em placas de gesso acartonado (BERTOLINI, 2013).

Bertolini (2013) elenca algumas das principais vantagens da construção seca em relação aos métodos convencionais de construção:

a) rápida execução da construção;

b) redução considerável do peso da construção e consequente alívio nas estruturas e fundações (com exceção das Paredes de Duplas de Concreto);

c) paredes de espessuras menores, obtendo-se espaços internos maiores;

d) redução dos custos construtivos relacionados a material e mão de obra, sendo que a mão de obra maior produtividade e menor quantidade;

e) redução dos desperdícios da construção, entre outras.

2.1.1 Light Steel Frame (LSF)

De acordo com Santiago, Freitas e Castro (2012), *Light Steel Framing* é uma palavra inglesa que significa o seguinte*:* "*Light*" = leve, "*Steel*" = aço e "*Framing*" que deriva da palavra "Frame" = esqueleto. Sendo assim, entende-se que *Ligh Steel Frame* diz respeito a uma estrutura (esqueleto) de aço leve, por se tratar de perfis de aço formados a frio, característica principal deste sistema construtivo, que divide a estrutura em uma grande quantidade de elementos estruturais, de tal maneira que cada um deles resista a uma pequena parcela da carga total aplicada.

Santiago Freitas e Castro (2012) caracterizam o LSF como um sistema construtivo de concepção racional, altamente industrializado que possibilita uma construção a seco com grande rapidez de execução. Os perfis de aço galvanizados empregados na sua estrutura são utilizados para a composição de painéis autoportantes, vigas de piso, estruturas de treliças e demais componentes. Estas estruturas de aço, conforme Silva e Silva (2008) são pré-fabricadas

para a construção civil possuem tempo reduzido de execução, leveza, facilidade de fabricação, manuseio e transporte, assim reduzindo custos e tempo.

> O Steel Frame é um sistema construtivo racional constituído de perfis leves de aço galvanizado, que formam paredes estruturais e não estruturais depois de receber os painéis de fechamento. Por ser um processo industrializado de construção, permite executar a obra com grande rapidez, a seco e sem desperdícios. (TERNI; SANTIAGO; PIANHERI, 2008, p.83)

Gomes (2009) complementa que as edificações construídas com o sistema *LSF* permitem um melhor gerenciamento de perdas e gastos, pois é um sistema de montagem e as peças já chegam na obra prontas.

Ainda conforme Santiago, Freitas e Castro (2012), o sistema *LSF* é composto por vários componentes e subsistemas, como fundação, isolamento termo acústico, fechamento interno e externo, e instalações elétricas e hidráulicas. Esses subsistemas se integram a estrutura do LSF, que é composta por painéis estruturais ou autoportantes, que são responsáveis por distribuir linearmente as cargas e encaminhá-las até a fundação. Desta forma os painéis estruturais ou autoportantes são responsáveis pela integridade da edificação, resistindo aos esforços que solicitam a estrutura.

De acordo com Facco (2014) as etapas construtivas para o LSF seguem praticamente as etapas constitutivas da alvenaria convencional, sendo elas: preparo do canteiro de obras; fundação; tratamento da fundação; montagem da estrutura e fechamento externo; instalações hidros sanitárias e elétricas; isolamento termo acústico; fechamento das paredes internas; colocação de esquadrias; tratamento das áreas úmidas; acabamento externo; acabamento interno; limpeza; avaliação; entrega do imóvel.

2.1.1.1 Histórico

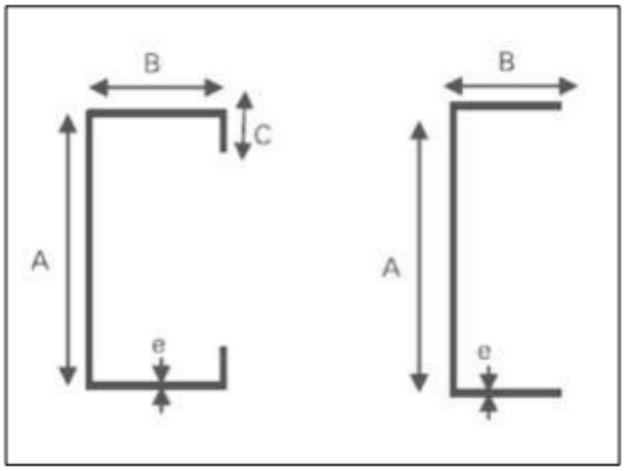
O Sistema construtivo *Steel Frame* surgiu nos Estados Unidos na década de 40, apoiado sobre o grande desenvolvimento da indústria do aço no contexto do pós-guerra. É originado do sistema *Wood Frame* sendo que a principal mudança do novo método em relação ao seu antecessor diz respeito à substituição dos perfis estruturais de madeira por perfis de aço laminados a frio o que oferece ao *Steel Frame* algumas vantagens em relação ao *Wood Frame* (BERTOLINI, 2013).

Segundo Domarascki e Fagiani (2009), no Brasil, as primeiras obras utilizando perfis de aço na sua estrutura (*Steel Frame*) começaram a ser construídas em meados de 1998,

principalmente na região sul, sendo inicialmente aplicado em edificações de padrões de renda média e alta, porém, devido ao baixo custo final da obra, o mesmo, atualmente, também é empregado na construção de habitações populares.

O sistema foi normatizado através da NBR 15253:2005 denominada “Perfis de aço formados a frio, com revestimento metálico, para painéis reticulados em edificações” no ano de 2005, sendo que a norma apresenta as dimensões, massa e propriedades geométricas dos perfis de aço de séries comerciais mais usados no LSF, que são os perfis em U simples e os perfis em U enrijecido (Figura 1) (ABNT, 2005).

Figura 1: Perfis de aço em U enrijecido e em U simples



Fonte: Facco (2014)

De acordo com Santiago, Rodrigues e Oliveira (2010), a utilização do sistema construtivo *LSF* no Brasil está em fase de divulgação e aceitação do público, pois começou a ser utilizado no país há poucos anos, porém, em países como a Inglaterra, Canadá e Estados Unidos o mesmo já é utilizado desde a Revolução Industrial, onde a indústria se desenvolveu e começou a conhecer o aço formado a frio, identificando a sua resistência e constatando o baixo peso. (SANTIAGO; RODRIGUES; OLIVEIRA, 2010).

2.1.1.2 Perfis enformados a frio

De acordo com Gaspar (2013) os perfis usados neste sistema construtivo são fabricados a partir de chapas de aço galvanizado moldadas a frio, chapas estas que possuem características próprias que lhe atribuem resistência necessária para serem utilizadas como material construtivo e resistente a cargas elevadas. Estes perfis são utilizados para a construção

de painéis que vão constituir as paredes exteriores e interiores do edifício, como também as lajes de piso e cobertura.

Segundo Santiago, Freitas e Castro (2012) os perfis mais utilizados no sistema *LSF* são os que possuem seção transversal tipo “U” (U simples), “Ue” (U enrijecido) e perfil L. O perfil U utilizado como guias possui alma e mesa, porém, não possui borda, que está presente nos perfis Ue. Os perfis U ainda apresentam largura da alma maior que a do perfil Ue, a fim de permitir o encaixe deste no perfil U. A cantoneira normalmente é utilizada em conexões de elementos e o cartola é comumente empregado como ripas de telhado.

> “Os perfis de secção Ue ou Montantes são moldados de forma a poderem resistir a cargas e como tal usados como montantes estruturais. Estes perfis vão constituir os elementos estruturais da construção e vão suportar as cargas do edifício. Na construção de LSF, normalmente são usados perfis Ue com secções de 90, 150, 200 e 250 mm, sendo os perfis com secção de 90 e 150 mm usados para criar os painéis de paredes interiores e exteriores, respetivamente, enquanto os perfis de secção de 200 e 250 mm são usados para a criação das lajes de piso e cobertura. Este tipo de perfis, preferivelmente, nunca devem ter uma espessura inferior a 1,5 mm, no caso dos perfis de 90 e 150 mm de secção, nunca menos de 2 mm para os perfis de 200 mm e 2,5 mm para os perfis de 250 mm. [...]Perfis de secção U, ou canais, são usados para ligar as extremidades dos perfis Ue e assim formarem os painéis. Este tipo de perfis não servem para suportar cargas verticais, apenas têm a função de transmitir esforços horizontais. As suas dimensões de secção são ligeiramente superiores ás dos perfis Ue já que estes últimos vão encaixar nos perfis de canais. [...] Por fim, os perfis L ou cantoneiras servem para reforçar as várias conexões ou conectar perfis paralelos uns aos outros. As suas duas abas têm geralmente as mesmas dimensões e variam de tamanha entre os 50 ou 100 mm, tendo uma espessura de 1,5 mm. (GASPAR, 2013, p. 17)

Além dos perfis citados acima, Gaspar (2013) cita que existem perfis que não possuem função estruturante, porém possuem as mesmas seções dos perfis anteriores. Esses têm espessura igual ou inferior a 0,6 mm e são usados apenas em paredes divisórias não estruturais.

2.1.1.3 O Sistema Construtivo

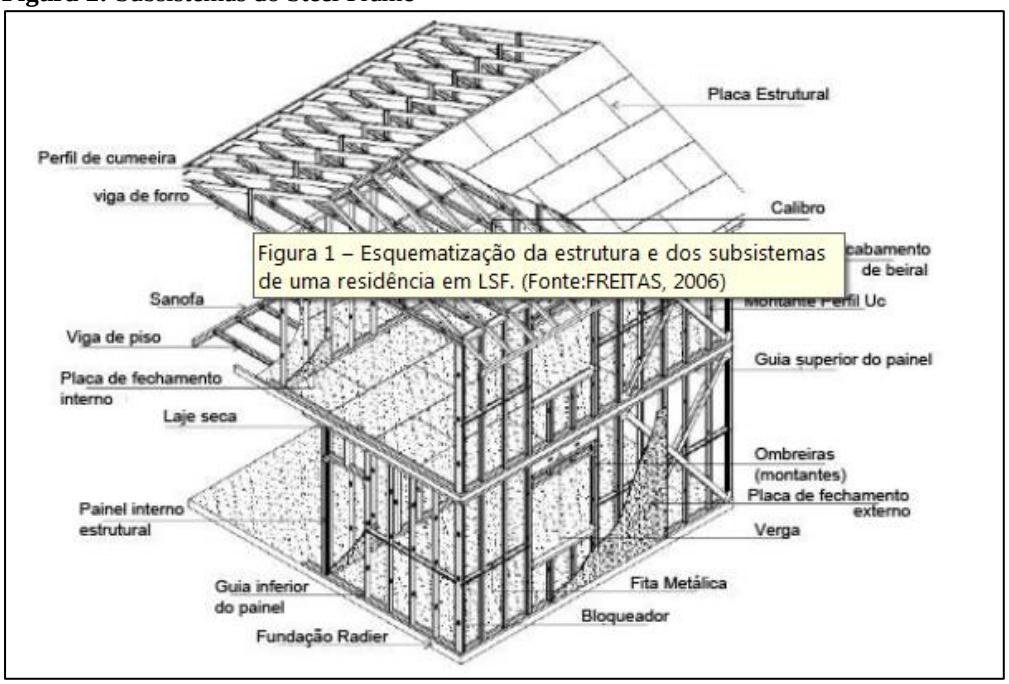
Como já citado anteriormente, o sistema LSF é um sistema que integra diversos subsistemas para sua execução sendo um sistema estrutural racional composto por vários perfis leves de aço galvanizado formados a frio.

De acordo com Gaspar (2013), para entender como o sistema de LSF funciona é preciso saber quais são os elementos que o constituem:

- **Bloqueador:** Perfil utilizado para travamento lateral de montantes e vigas;

- **Perfil U:** Perfil usado na base e topo dos painéis de parede e no encabeçamento de vigas;
- **Fita Metálica:** Fita de aço galvanizado usada para o contraventamento de painéis e vigas;
- **Lintel:** Perfis usados, na horizontal, sobre as aberturas dos painéis para suportar a estrutura;
- **Montante:** Perfil vertical usado na constituição dos painéis de parede;
- **Viga:** Perfis usados nas lajes de piso e coberturas planas;
- **Revestimento Estrutural de Fechamento Externo:** Placa estrutural de revestimento externo do edifício;
- **Revestimento de Fechamento Interno:** Placa usada para revestir os painéis do interior do edifício.

Figura 2: Subsistemas do Steel Frame



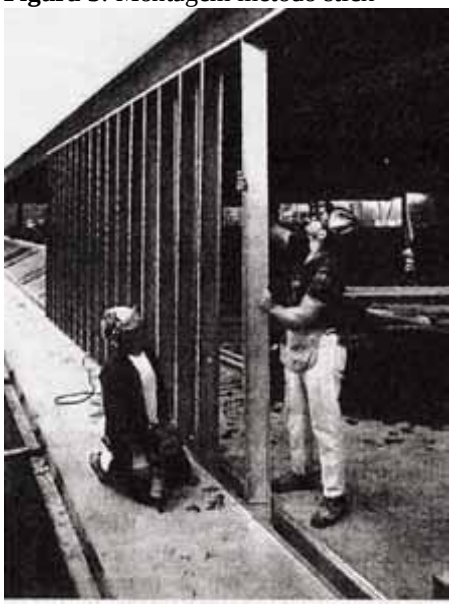
Fonte: Daltro, Pagiolli e Singulane (2015)

Segundo Santiago, Freitas e Castro (2012) existem basicamente três métodos construtivos que utilizam o sistema *Light Steel Framing*: o método *Stick*, o método por painéis e o método de construção modular.

- **Método Stick:** Técnica utilizada em locais onde a pré-fabricação não é viável, apresentando vantagens como a facilidade de transporte dos perfis até o canteiro e fácil

execução das ligações entre os elementos, pois neste método os perfis são cortados no canteiro de obra, e painéis, lajes, colunas, e treliças de telhados são montados no local. Os perfis podem vir perfurados para a passagem das instalações elétricas e hidráulicas e os demais subsistemas são instalados posteriormente à montagem da estrutura (Figura 3).

Figura 3: Montagem método stick



Fonte: Manual do aço- Steel Frame.

- **Método Stick Balloon:** A estrutura do piso é fixada nas laterais dos montantes e os painéis geralmente são muito grandes e vão além de um pavimento;
- **Método Stick Platform**: Pisos e painéis são construídos sequencialmente um pavimento de cada vez, e os painéis não são estruturalmente contínuos. As vigas de piso são apoiadas nos montantes de forma a permitir que suas almas estejam em coincidência com as almas dos montantes, dando origem ao conceito de estrutura alinhada, ou in-line framing.
- **Método por painéis:** As principais vantagens deste método mostrado na Figura 4 dizem respeito a velocidade de montagem, o alto controle de qualidade na produção dos sistemas, a redução do trabalho na obra e o aumento da precisão dimensional devido às condições mais propícias de montagem dos sistemas na fábrica pois elementos como painéis, treliças de telhado, contraventamentos e lajes, podem ser pré-fabricados fora do canteiro e montados no local.

Figura 4: Montagem por painéis

Fonte: Manual do aço- Steel Frame.

- **Método Modular:** Constituído por unidades completamente pré-fabricadas e podem ser entregues no local da obra com todos os acabamentos internos como revestimentos, louças sanitárias, bancadas, metais, instalações hidráulicas e elétricas, entre outras (Figura 5).

Figura 5: Construção Modular

Fonte: Manual do aço- Steel Frame

2.1.1.3.1 Fundação

Segundo Prudêncio (2013) o sistema LSF permite a construção de uma estrutura de baixo peso e, sendo assim, os esforços transmitidos são menores exigindo menos da fundação. Desta forma, como a estrutura distribui as cargas linearmente ao longo dos painéis, a fundação do tipo radier e sapata corrida são as melhores opções de fundação para este sistema construtivo.

De acordo com Facco (2014) a fundação habitualmente utilizada no LSF é o radier de concreto, fundação superficial que distribui toda a carga da edificação de maneira uniforme no terreno. Em resumo, trata-se de uma laje contínua e maciça de concreto que se apresenta como alternativa benéfica, por facilitar a montagem do sistema. Prudêncio (2013) ressalta, porém, que quando escolhido a fundação do tipo radier é necessário garantir condições para evitar a umidade do solo e a infiltração de água na construção, além de possibilitar o escoamento da água de calçadas, garagens e terraços através de uma inclinação de pelo menos 1%.

Prudêncio (2013) explica que a sapata corrida é uma fundação rasa contínua, ideal para construções onde as cargas são distribuídas linearmente ao longo de sua extensão. Esse tipo de fundação geralmente constitui-se de vigas de concreto armado e contra piso composto por perfis de aço galvanizado apoiado sobre fundação, compondo uma estrutura de suporte aos materiais que formam o contra piso.

Consulsteel (2002) ressalta que após a execução da fundação é necessário fixar os painéis da estrutura na mesma, para que resista a movimentos de translação (desloca-se lateralmente) ou tombamento (elevação da estrutura) provocados pelo vento. A escolha da ancoragem mais eficiente depende do tipo de fundação e das solicitações que ocorrem na estrutura devido às cargas, condições climáticas e ocorrência de abalos sísmicos.

2.1.1.3.2 Painéis Estruturais – Fechamento Interno e Externo

De acordo com Sousa e Martins (2009) a estrutura do sistema *LSF* é composta por perfis de aço formados a frio que, junto às placas de OSB, placas cimentícias e placas de gesso (utilizadas para o fechamento dos painéis), constituem os painéis que podem ser estruturais ou não estruturais.

Os painéis estruturais ou autoportantes mostrados na Figura 6, segundo Freitas e Castro (2006), são responsáveis por absorver as cargas horizontais e verticais conduzindo-as até a fundação. São compostos por grande quantidade de perfis leves de aço galvanizado denominados montantes, que são separados entre si de 400mm ou 600mm. Este espaçamento determina a modulação do projeto e é definido de acordo com o cálculo estrutural.

Figura 6: Painel estrutural em Light Steel Framing

Fonte: Prudêncio (2013)

Os painéis não estruturais funcionam apenas como fechamento externo ou divisória interna. As chapas têm entre 0,8 mm e 3,0 mm de espessura, sendo a mais utilizada a de espessura de 0,95 mm (LOURENÇO, et al, 2014).

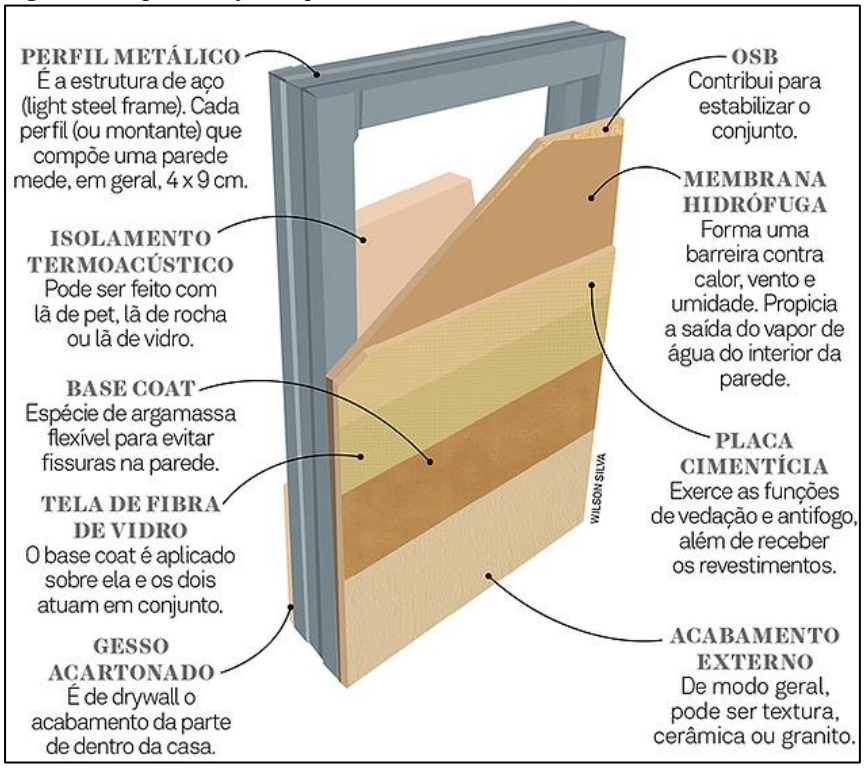
Para Terni, Santiago e Pianheiro (2008) a forma como o sistema é concebido permite que os painéis trabalhem em conjunto, travando-se entre si e gerando uma integridade na estrutura.

Poças (2014) comenta que ao escolher pelo sistema LSF tem-se a possibilidade de utilizar como fechamento diversos tipos de materiais e técnicas, devendo-se atentar, porém, a Norma ISO 6241 (ABNT, 1984) que define os principais requisitos que os componentes de vedação devem atender, que são a segurança estrutural, segurança ao fogo, estanqueidade, conforto termo acústico conforto visual, adaptabilidade ao uso, higiene, durabilidade e economia.

Segundo Para Terni, Santiago e Pianheri (2008) pode-se dividir o sistema de vedação em três partes: fechamento externo, áreas molháveis; isolantes térmicos e acústicos, e por último, os fechamentos internos, nas áreas secas ou úmidas, mas não molháveis.

Na Figura 7 abaixo se visualiza uma representação esquemática dos materiais utilizados para o fechamento do sistema bem como suas funções.

Figura 7: Representação esquemática do fechamento – Sistema LSF



Fonte: HOMELUX ARQUITERURA, 2017

Conforme Lourenço et al (2014) o fechamento externo da estrutura *LSF* pode ser realizado com vários tipos de placas: OSB (*Oriented Strand Board*), placa cimentcias, gesso acartonado, dentre outras sendo que a escolha dependerá da finalidade, se externa ou interna, do custo almejado para obra e do revestimento a ser adotado. O autor complementa que o gesso acartonado pode ser utilizado apenas para ambientes internos.

Segundo Terni, Santiago e Pianheri (2008), para ambientes externos, os materiais mais indicados para utilizar como fechamento, são as placas de OSB e placas cimentícias.

As Placas de OSB mostradas na figura 8, segundo Facco (2014), são formadas pela união de tiras de madeira orientadas em três camadas cruzadas perpendicularmente, garantindo alta rigidez e resistência mecânica.

Figura 8: Placas de OSB como sistema de vedação no sistema LSF

Fonte: Facco, 2014

Segundo Prudêncio (2013), as placas de OSB podem ser utilizadas como fechamento vertical dos painéis, para forros, pisos e como substrato para cobertura do telhado, apresentando propriedades de resistência adequadas para trabalhar como diafragma rígido quando aplicadas aos painéis estruturais e lajes de piso. O autor ressalta que devido as suas características, as placas de OSB devem receber acabamento impermeável quando expostas às intempéries através de uma manta de polietileno de alta densidade que reveste toda área externa das placas, além de um revestimento final que pode ser executado utilizando o *siding* vinílico ou argamassa seguida de pintura.

As Placas cimentícias mostradas na Figura 9 são fabricadas a partir de uma mistura de cimento Portland, agregados naturais de celulose e fios sintéticos de polipropileno. Além disso, recebem tratamento superficial a fim de conferir maior resistência à abrasão e impermeabilidade (FACCO, 2014)

Figura 9: Placas cimentícias como sistema de vedação no sistema LSF

Fonte: Facco, 2014

As placas cimentícias possuem grandes vantagens, como a impermeabilidade, são incombustíveis, leveza, resistência mecânica, entre outras, além de poder ser utilizadas como fechamento de painéis e pisos, sendo ideais para áreas molháveis e expostas às intempéries. Este material pode ser encontrado nos comprimentos de 2m, 2,4m e 3m, com a largura padrão de 1,20m e possuem espessura de acordo com a função e aplicação, conforme apresentado no Quadro 1 abaixo (POÇAS, 2014).

Quadro 1: Relação entre espessura e aplicação da placa cimentícias.

Espessura da Placa	Aplicação Usual
6 mm	Divisórias leves e paredes secas internas, onde não existam aplicações de cargas suportadas diretamente pela placa.
8 mm	Divisórias leves e paredes internas e externas, em áreas secas e úmidas, podendo existir aplicações de cargas suportadas pela placa.
10 mm	Utilizadas para áreas secas e molhadas, internas ou externas. Ideal para paredes estruturais, melhorando a resistência contra impactos, aplicações de carga e isolamentos termo acústicos.

Fonte: Manual Steel Framing: Arquitetura (2012 apud Prudêncio, 2013)

Prudêncio (2013) complementa que de acordo com a aplicação, as placas cimentícias devem receber acabamento adequado a fim de obter o melhor desempenho para o

fechamento, sendo aconselhável a aplicação de uma demão de selador de base acrílica na face de paredes expostas às intempéries além de prever um sistema de impermeabilização nas junções da parede com o piso para evitar a infiltração de água para dentro do painel.

As Placas de gesso acartonado (Figura 10) são peças de gesso revestidas em ambos os lados por múltiplas camadas de papel formando um filme de cartão com finalidade proteger o gesso e resistir aos esforços de tração gerados pela flexão (FACCO, 2014).

Figura 10: Fechamento do LSF em gesso acartonado

Fonte: Facco, 2014

A NBR 14715 (ABNT, 2001) classifica as chapas de gesso acartonado conforme as aplicações, podendo ser standard (indicada para paredes, revestimentos e forros em áreas secas); resistente à umidade (indicada para paredes, revestimentos e forros em áreas sujeita à umidade por tempo limitado - de forma intermitente); resistente ao fogo (indicada para paredes, revestimentos e forros em áreas secas, com chapas especialmente resistente ao fogo)

Para áreas não molháveis, Poças (2014) cita a utilização de placa de gesso acartonado que são presas com parafusos na estrutura de aço galvanizado podendo ser revestidas com qualquer tipo de acabamento final. Estas placas possuem capacidades técnicas para resistir acabamentos, revestimentos, mobílias residenciais ou comerciais, dando ao usuário uma maior funcionalidade do sistema, porém esse tipo de parede é indicado somente para uso interno, pois o gesso não resiste à água.

2.1.1.3.3 Isolamento termo acústico

De acordo com Facco (2014) em função do espaço entre as placas de vedação e da pequena espessura das mesmas, o sistema LSF necessita de isolamento termo acústico que é feito através da instalação de lã de vidro ou de rocha alocados como preenchimento entre as placas de vedação internas e externas.

O adequado isolamento termo acústico de uma edificação é classificado de acordo com a capacidade em proporcionar qualidade ao ambiente para o qual foi projetada, evitando que as condições externas influenciem as internas, ou seja, impedindo ou diminuindo a transmissão de sons e temperatura (SANTIAGO, FREITAS, CASTRO, ANO).

2.1.1.3.4 Instalações elétricas e hidráulicas

Instalações elétricas e hidráulicas em sistemas LSF são rápidas de serem executadas, pois a passagem das mangueiras elétricas e tubos hidráulicos são realizados em espaços vazios e já previamente dimensionados e furados nos perfis, evitando quebrar paredes como em um sistema convencional. As instalações são iniciadas após a estrutura estar pronta, inclusive com a cobertura e fechamento externo vertical, para evitar que a chuva danifique o serviço e principalmente proteja o funcionário de acidentes e garanta a qualidade do serviço. (CICHINELLI, 2012).

De acordo com Facco (2014), nas instalações hidrossanitárias, os materiais utilizados seguem o método convencional, porém no momento da instalação as tubulações e componentes hidráulicos são fixados juntamente aos perfis de aço, antes da instalação das placas de vedação, de modo que as saídas sigam o projeto. O autor sugere que seja usado o sistema de tubulações PEX - polietileno reticulado (Figura 11), visto que este sistema possui grande flexibilidade, garantindo maior produtividade por facilitar sua passagem e fixação.

Figura 11: Esquema de instalação do tipo PEX em estrutura LSF

Fonte: Facco (2014)

Com relação às instalações, Facco (2014) cita que o sistema LSF apresenta vantagens devido à facilidade de manutenção das tubulações, quando necessário, isso porque, é necessário apenas desparafusar os sistemas de vedação e fixá-los novamente no final do processo, refazendo o acabamento apenas nas juntas. Na alvenaria é necessário quebrar as paredes e refazer após a manutenção.

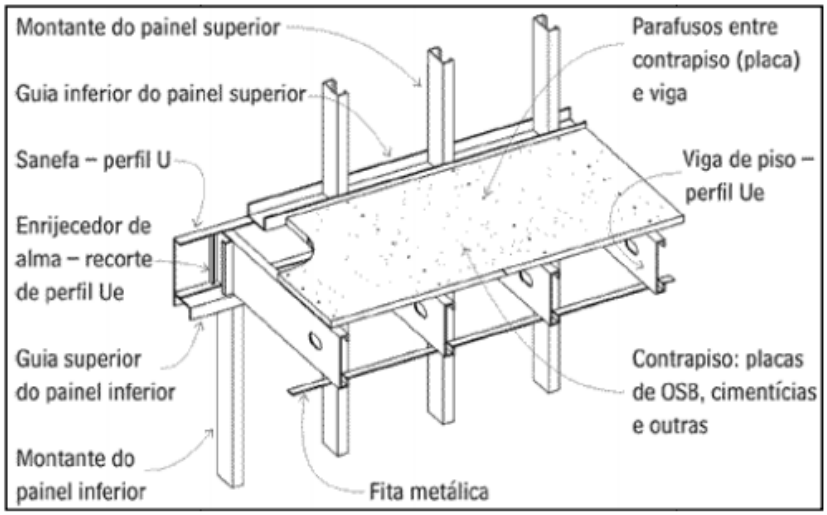
2.1.1.3.5 Lajes e coberturas

As lajes utilizadas no sistema LSF utilizam os mesmos princípios dos perfis das paredes. As vigas de piso utilizam perfis de secção "Ue", tal como as paredes, mas com uma secção de maior dimensão, 200 ou 250 mm (GASPAR, 2013)

Segundo Santiago, Freitas e Castro (2012) a laje utilizada no LSF pode ser de dois tipos, secas ou úmidas, de acordo com o contra piso e método a ser utilizado pelo construtor.

Para Lourenço et al (2014), as lajes secas (Figura 12) compostas por painéis de OSB ou placas cimentícias são apoiadas sobre perfis metálicos estruturais (Vigas de entrepiso).

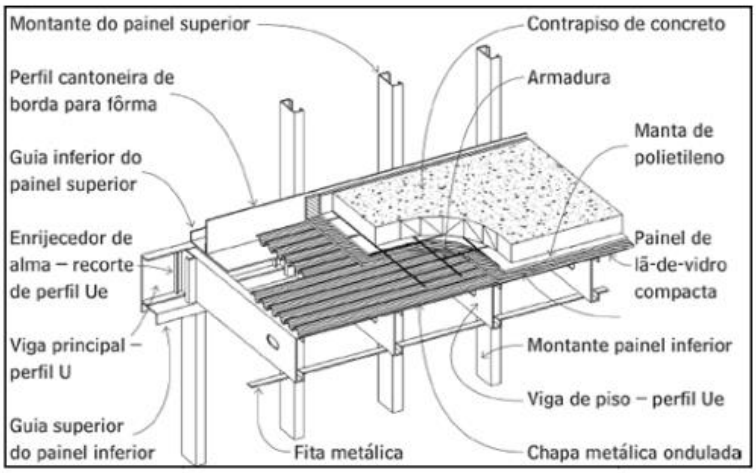
Figura 12: Desenho esquemático – laje seca



Fonte: Freitas e Castro (2009)

As lajes úmidas (Figura 13) são compostas por formas de aço (chapas galvanizadas) preenchidas com concreto e tela eletro-soldada.

Figura 13: Desenho Esquemático – Laje úmida



Fonte: Freitas e Castro (2009)

Quanto à cobertura, a mesma destina-se a proteger as edificações da ação das intempéries, além de ser um elemento de estética no projeto. Para o sistema LSF (Figura 14), Facco (2014) cita uma ampla gama de recursos estruturais que podem ser utilizados. Porém, uma série de fatores deve ser levada em consideração no momento da escolha, como: vão a ser vencido, carregamentos, quesitos arquitetônicos e econômicos.

Figura 14: Estrutura do telhado em LSF

Fonte: Ferreira, 2016

De acordo com Ferreira (2016) a solução mais comum nas coberturas de residências e pequenos galpões são as treliças inclinadas, geralmente conhecidas como tesouras. Dependendo das condições do projeto, as tesouras podem possuir diversas conformações para atender às ações e às flechas pertinentes a cada projeto. Para executar estruturas de coberturas de *steel frame* utilizam-se os mesmos perfis de aço galvanizado empregados na estrutura das paredes, que são os perfis U e "Ue", com alma de 90 mm, 140 mm ou 200 mm de altura.

As coberturas para *LSF* possuem as mesmas características e princípios das estruturas convencionais, podendo ser utilizado telhas cerâmicas, metálicas, fibrocimento, entre outras (POÇAS, 2014).

2.1.1.4 Vantagens e Desvantagens do Sistema LSF

O aço é o material apropriado quando o assunto é construção rápida e limpa. Isso porque, além de ser sustentável, ele é reutilizável e reciclável, tendo reduzida geração de resíduos no processo de montagem. (FACCO, 2014)

O sistema construtivo LSF, assim como outros sistemas construtivos possuem vantagens e desvantagens. Entre as vantagens, Freitas e Castro (2006 apud Farias 2013) citam os seguintes:

- os itens que formam este sistema são fabricados a partir de tecnologia avançada sendo que a matéria prima utilizada, os processos de fabricação, suas características técnicas e acabamento passam por rigorosos controles de qualidade;
- construção sustentável, pois demanda baixo consumo de água e energia além de gerar baixo volume de resíduos;
- os perfis formados a frio são largamente utilizados pela indústria, o que os torna sua obtenção bastante fácil;
- elementos leves que proporcionam facilidade de montagem, manuseio e transporte. Além disso, o menor peso da construção permite economia de até 75% no custo da fundação comparado com alvenaria, principalmente em terrenos com grande declividade;
- construção a seco que proporciona redução da utilização de recursos naturais bem como o desperdício;
- as instalações elétricas e hidráulicas têm sua instalação facilitada pois os perfis são previamente perfurados e utiliza-se painéis de gesso acartonado;
- melhores níveis de desempenho termo acústico que podem ser alcançados através da combinação de materiais de fechamento e isolamento;
- ligações facilmente executadas;
- construção rápida (prazo de obra aproximadamente 1/3 menor que o prazo de alvenaria) visto que o canteiro de obras se transforma no local de montagem;
- projeto arquitetônico flexível.

Além das vantagens citadas acima, Alves (2015) cita um ponto interessante relacionado ao desemprego e mão de obra desqualificada, visto que o Ministério do Trabalho e Emprego aponta que 70,8% do total de empregados da construção civil são desqualificados e com baixo grau de instrução, além de ser um setor com alta rotatividade e informalidade. Segundo o autor:

> “Ao contrário do que alguns profissionais do setor acreditam sobre a redução de mão de obra no sistema LSF e a possibilidade de colaborar para aumentar o desemprego, o sistema reduz de fato a quantidade de mão de obra no canteiro durante a montagem da estrutura, porém gera contratação de mão de obra na fabricação dos componentes e elementos em ambiente coberto de fábrica, com melhores condições de trabalho e perspectiva de continuidade de emprego pela produção em série e menor rotatividade em relação ao trabalho na construção civil tradicional. O Sistema ainda estimula a formação de funcionários polivalentes pelo exercício de várias funções no ambiente de trabalho, que podem ser desde a marcação da obra, montagem dos painéis, colocação das placas internas e externas, tratamento das juntas, até execução de forro

> de gesso, entre outros, reduzindo a fadiga e o estresse pela diversificação das ações físicas e auxiliando na disseminação dos conhecimentos". (ALVES, 2015, p. 7)

Ainda segundo Alves (2015) o LSF é caracterizado por grande redução do tempo da obra que é conseguido através da pré-fabricação dos seus itens. Além disso, o método permite que várias etapas sejam realizadas ao mesmo tempo, diferente do convencional. Assim, enquanto os painéis das paredes são produzidos na indústria, no canteiro da obra é executada a fundação. Após a montagem das paredes, uma equipe dá início à execução da cobertura, e outros profissionais dão prosseguimento a outras atividades no interior da edificação.

Em relação às desvantagens, Morais (2004 apud Farias 2013) cita que no Brasil, a utilização deste sistema limita o número de pavimentos em seis. Nos Estados Unidos existem alguns estados onde se pode construir até 8 pavimentos, mas não se deve ultrapassar este limite por causa da distribuição de carga deste tipo de construção e também pela espessura dos perfis de aço galvanizado que é pequena demais para prédios tão altos.

Outro aspecto citado como desvantagem, ou mesmo que faz com que este sistema construtivo fique atrás do sistema convencional reside no fato de que o método convencional está enraizado na cultura da população brasileira (MORAIS, 2004 apud FARIAS 2013).

2.1.1.5 Custo do Sistema LSF

No momento da escolha do método construtivo que será utilizado, o fator custo possui muita importância. Porém, existem controvérsias acerca do custo total de uma obra em LSF quando comparado à alvenaria convencional.

Para Klein e Maronezi (2013), o custo final para a construção com LSF é um fator vantajoso, quando levado em consideração um grande número de edificações, como, por exemplo, conjuntos habitacionais. Porém, quando analisado o orçamento individual de uma residência unifamiliar há pouca diferença entre o custo do LSF e a alvenaria ficando o LSF em desvantagem.

Segundo Facco (2014) a construção em LSF de uma residência unifamiliar com aproximadamente 40 m² custa 7% a mais quando comparado a construção em alvenaria convencional.

Já nos estudos de Gaspar (2013) este sistema pode ser uma opção com menor custo mesmo necessitando de mão de obra especializada, isso porque, a rapidez deste tipo de

construção vai fazer que o custo de mão-de-obra/tempo seja mais reduzido ou equivalente no final.

A velocidade construtiva deste sistema influência no custo pelo fato de utilizar menos mão de obra e não se necessitar dela por tanto tempo. O sistema pode tanto ser montado todo “in loco”, como pode ser pré-fabricado e montado em algum galpão e pode só a estrutura ou com os subsistemas já instalados e embutidos (SANCHES; SATO, 2009).

Segundo Gaspar (2013), os elementos utilizados neste sistema são feitos através de processos industrializados, o que faz com que o preço de diversos elementos sejam reduzidos e tenham alta qualidade. Além disso, é possível ter alto controle em relação ao orçamento da obra, já que todos os elementos usados são contabilizados unitariamente e precisamente, não havendo assim desperdícios de material.

Sanches e Sato (2009) citam que o fechamento, revestimento e estrutura são as etapas mais relevantes para a construção de uma residência que utiliza LSF representando 44% do valor do imóvel.

2.2 ALVENARIA CONVENCIONAL

Neste trabalho, o termo alvenaria convencional, Figura 15, diz respeito a edificações que possuem sua estrutura construída em concreto armado com vedação por blocos cerâmicos, sistema este amplamente utilizado na construção de residências no Brasil.

Segundo Araujo, Freitas e Rodrigues (2006), o concreto armado é uma associação de concreto e aço que tem por finalidade aproveitar vantajosamente as qualidades desses dois materiais sendo que o concreto oferece elevada resistência aos esforços de compressão e muito pouca aos esforços de tração. Já o aço, apresenta muito boa resistência a ambos os esforços. Sendo assim a união do aço com o concreto visa, portanto, a suprir as deficiências do concreto em relação aos esforços de tração, reforçando a sua resistência à compressão. Além disso, o aço absorve os esforços de cisalhamento ou cortantes que atuam nos elementos de concreto.

Figura 15: Sistema construtivo de alvenaria convencional

Fonte: Prudêncio, 2013)

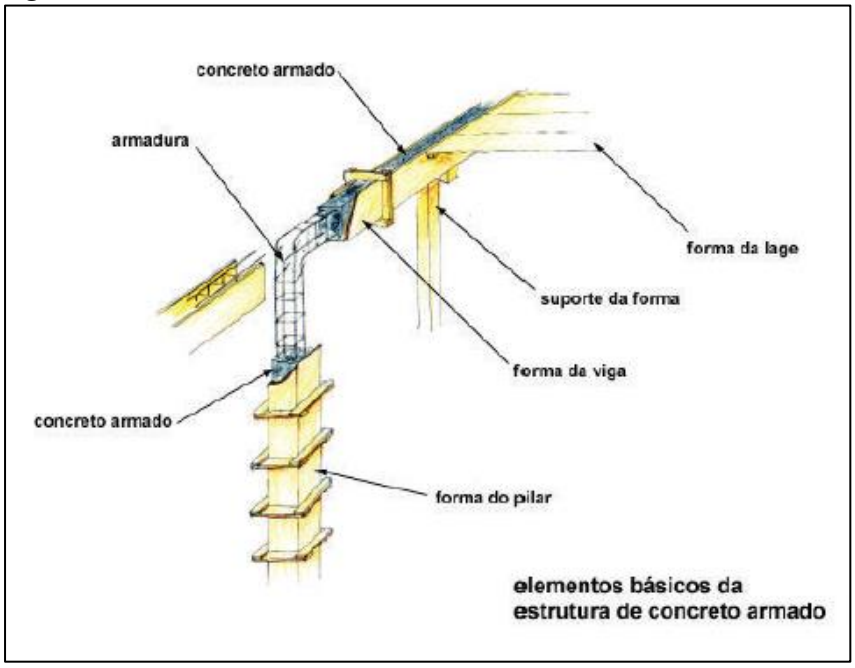
De acordo com Vasques (2014, p.3);

> O sistema convencional é composto por pilares, vigas e lajes de concreto armado, sendo que os vãos são preenchidos com tijolos cerâmicos para vedação. O peso da construção, neste caso, é distribuído nos pilares, vigas, lajes e fundações e, por isso, as paredes são conhecidas como não portantes. Na construção de elementos como pilares e vigas são usados aço estrutural e formas de madeira. Após a construção das paredes, é preciso rasgá-las para embutir as instalações hidráulicas e elétricas. A etapa de revestimento, caracterizada pela aplicação do chapisco, massa grossa (emboço), massa fina (reboco) e pintura, deve ser iniciada em seguida.

Prudêncio (2013) cita que este é um sistema construtivo completamente artesanal caracterizado pela baixa produtividade e grande desperdício de material, isso porque, todas as etapas construtivas são executadas *in loco* tornando a execução do projeto bastante demorada. Além disso, grande parte da mão de obra é despreparada, o que ocasiona excesso de desperdício de materiais e retrabalho.

Os elementos básicos de uma estrutura de concreto armado são mostrados na Figura 16.

Figura 16: Estrutura de concreto armado



Fonte: Klein e Maronezi (2013)

Segundo Klein e Maronezi (2013), entre as principais vantagens da utilização deste sistema construtivo destaca-se a elevada durabilidade, boa resistência aos choques, vibrações e altas temperaturas e a facilidade de obtenção de materiais nas proximidades das obras.

Os componentes da alvenaria convencional são o concreto, armaduras, formas e blocos cerâmicos.

2.2.1 Vantagens e desvantagens do sistema de alvenaria convencional

Este método é um dos mais aceitos pela sociedade brasileira e dos mais utilizados pelas construtoras. No Quadro 2 cita-se as vantagens e desvantagens do sistema citadas por Santos (2013) e Alves (2015)

Quadro 2: Vantagens e Desvantagens do sistema de alvenaria convencional

Vantagens	Desvantagens
Bom isolamento térmico e acústico.	As técnicas construtivas são improvisadas durante a execução dos serviços.
Boa estanqueidade à água.	Qualidade dos materiais e execução deficiente.

Boa resistência ao fogo.	Retrabalhos para recortes na parede para passagens das tubulações hidráulicas e elétricas;
Durabilidade superior a cem anos, sem proteção e sem manutenção.	Necessidade de revestimentos adicionais para buscar uma textura lisa.
Menores limitações de projeto arquitetônico	Alta geração de resíduos durante execução.
As portas e janelas podem ser utilizadas fora de medidas padronizadas	Matéria prima de alguns elementos originada de fonte não renovável.
Possibilidade de reformas.	Sistema de produção lenta e por isso incapaz de atender à demanda de construções sozinha.
	Necessita de maior quantidade de mão de obra para a sua execução, que muitas vezes é informal ou de baixa qualificação.

Fonte: Adaptado de Santos (2013) e Alves (2015)

Segundo Alves (2015) este sistema possui velocidade comprometida devido o baixo nível de industrialização e pela utilização de ferramentas de baixa tecnologia como as colheres de pedreiro para projeção de argamassa, níveis de bolha, prumos de face, entre outros, que influenciam na rapidez e qualidade. Além disso, a execução deste sistema demanda tempo de espera elevado devido a características dos próprios materiais empregados, que precisam de tempo para secagem e cura, como os concretos e argamassas, e a co-dependência entre a finalização de uma etapa para se iniciar outra, além dos retrabalhos que também fazem parte do sistema.

Além das desvantagens citadas, Alves (2015) também faz referência ao desemprego e falta de qualificação de mão de obra apontando o seguinte:

> Percebe se que o sistema de construção convencional tem gerado um adicional de mão de obra desnecessário devido à sua baixa produtividade, eficiência e nível de industrialização. O processo de alvenaria pouco tem contribuído para a especialização da mão de obra, mantendo assim o quadro patológico de baixa capacitação e alto consumo de mão de obra.

Vale salientar que o Alves (2015) define “empregados não qualificados” como aqueles cujo grau de instrução fica restrito ao nível médio incompleto. Isso ocorre porque na categoria de nível médio completo são incluídos cursos técnicos profissionalizantes, que

poderiam qualificar os profissionais para o mercado de trabalho da construção civil, mesmo que de forma limitada.

2.2.2 Custo do sistema convencional

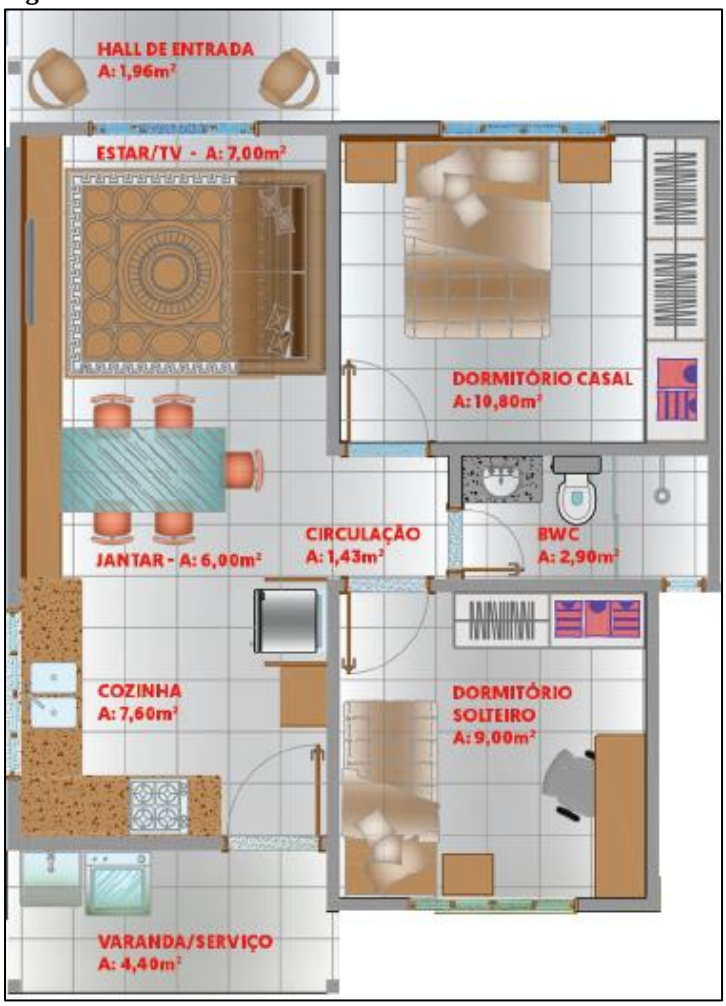
De acordo com Farias (2013) os itens que mais ressaltam no orçamento e construções que utilizam o sistema convencional são a infraestrutura (12%) e, em seguida, a supra estrutura (4%) e estrutura de cobertura (7%).

3 ESTUDO DE CASO

Este trabalho possui como objetivo apresentar os principais diferenciais do sistema construtivo *(LSF)* em relação ao sistema construtivo de alvenaria convencional levando-se em consideração uma residência unifamiliar. Assim, o estudo de caso diz respeito à elaboração de um comparativo entre a aplicação do sistema *LSF* e o sistema convencional, focando custo e no prazo de execução de uma obra selecionada.

O objeto de estudo utilizado para este trabalho foi uma residência unifamiliar medindo 55m² de área construída, sendo composta por dois dormitórios; um banheiro; cozinha, sala de jantar e sala de estar conjugadas; varanda localizada na parte externa da residência e um hall de entrada conforme mostrado na Figura 17, que representa a planta baixa da residência utilizando o sistema de alvenaria convencional.

Figura 17: Planta Baixa – Sistema de alvenaria convencional



Fonte: Autor, 2017

A fundação ou alicerce serve para apoiar a casa no terreno e a sua escolha depende do tipo de solo em que será construído. Para ambos os métodos construtivos utilizou-se a fundação do tipo *radier*, um tipo de fundação em concreto armado, rápida e econômica, visto que a própria “laje” pode funcionar como contra piso. A espessura utilizada foi de 20 cm.

Na superestrutura em alvenaria convencional foram utilizados pilares e vigas em concreto armado e fechamento com alvenaria de blocos cerâmicos de 6 furos com dimensões de 9x14x24 cm, com espessura da parede de 10 cm. Além disso, as paredes foram revestidas com chapisco e reboco.

Para o sistema LSF, na superestrutura utilizou-se para o fechamento externo, placa cimentícias com dimensões de 1200 x 2400 x 8mm, revestimento base coat, membrana hidrófuga, Placa OSB Home Plus MDI com dimensões de 1200 x 2400 x 11,1 mm e, lã vidro com 90mm de espessura.

Para o fechamento interno foi utilizado placa de gesso Standard com dimensões de 1200 X 1800 X 12,5 mm, fita Walpaper, Massa Drywall, Placa OSB Home Plus com dimensões de 1200 x 2400 x 9,5mm e, lã de vidro com 90mm de espessura.

Vale salientar que a membrana hidrófuga é parafusada entre a estrutura metálica e as placas cimentícias funcionando como uma barreira à penetração de umidade, vapor d'água e poeira externa. Já a lã de vidro instalada tem função de isolante térmico e acústico.

A argamassa base coat é utilizada como parte integrante do sistema construtivo na etapa de nivelamento e revestimento de fachadas, paredes e tetos.

Para as paredes do sistema LSF foram adotados perfis metálicos tipo montante “Ue” 90mm x40mm x12mm com espessura de 0,95 mm e espaçamento entre os montantes de 40 cm.

A cobertura do projeto em alvenaria convencional foi composta de telha cerâmica e tesouras de madeira.

Para a cobertura do sistema LSF também foi utilizado telhas cerâmicas juntamente com uma estrutura de tesouras de treliça.

O forro é de PVC para ambas os sistemas.

Os anexos no final deste trabalho mostram o detalhamento do projeto em Steel Frame.

3.1 CUSTO E PRODUTIVIDADE DOS SISTEMAS

A Tabela 1 abaixo mostra o levantamento dos custos em relação ao método construtivo de alvenaria convencional calculado a partir do projeto estrutural e Tabela do Deinfra.

Tabela 1: Custo do sistema em alvenaria convencional

Descrição	Qtd.	Un.	Preço unitário (R$)	Total (R$)
Pilares, vigas e lajes	4,09	m³	1225,06	5.017,85
Paredes (blocos com 6 furos)	96,45	m²	82,85	7.991,21
Chapisco	192,90	m²	10,34	1.994,67
Reboco	192,90	m²	30,39	5.862,47
Telhado com telha cerâmica, e armação de madeira (considerando beiral e inclinação).	78,39	m²	149,56	11.724,01
Forro de PVC com estrutura metálica.	56	m²	83,28	4.663,68
			TOTAL	**R$ 37.253,89**
			R$/m²	**R$ 677,34**

Fonte: Autores, 2016

Observa-se através da Tabela 1 o custo total do sistema que ficou em R$ 37.253,89, valor este que corresponde a R$ 677,34/m².

No sistema LSF inexiste órgão de grande referência que disponibilize dados detalhados sobre os custos do sistema, portanto, foram usados dados da empresa Nunes Construção Seca. Os custos levantados para o sistema LSF são demonstrados na Tabela 2.

Tabela 2: Custo do sistema em LSF

Descrição	Total (R$)
Kit Steel Frame Completo (com lã de vidro, Painel OSB) (materiais)	23.977,49
Kit Light Steel Frame (mão de obra)	14.076,00
Acessórios para montagem	1.074,00
TOTAL	**R$ 39.127,49**
R$/m²	**R$ 711,41**

Fonte: Autor, 2016

O Kit LSF é composto por perfiz “engenheirados”, ou seja, produzido de acordo com o projeto estrutural, utilizando a melhor tecnologia mundial de produção de aço LSF, chegando ao canteiro de obras ponto para a montagem. É utilizado em projetos onde existem a necessidade de aços estruturais mais robustos, que sai de fábrica pronto para o canteiro de obras, sendo montado com sistema parafusado.

É um sistema que a construtora utiliza para fazer os orçamentos, incluindo mão de obra e os materiais utilizados para a construção.

Através da Tabela 2 observa-se que o custo do sistema em LSF é de R$ 39.127,49, sendo o custo por metro quadrado correspondente a R$ 711,41.

A partir dos dados apresentados, chega-se à conclusão de que o sistema LSF é 4,78% mais caro que o sistema de alvenaria convencional.

Em relação aos prazos dos métodos construtivos estudados, Gomes (2014) cita que o sistema LSF reduz em 1/3 os prazos de construção quando comparada com o método convencional.

Neste estudo, a comparação da velocidade construtiva entre os sistemas é calculada através da produtividade individual dos itens do sistema informadas no trabalho realizado por Domarascki e Fagiani (2009). A produtividade (horas/m²) individual de cada item foi multiplicada pela área do item, obtendo-se então o total de horas. A razão entre a soma das horas calculadas individualmente e a área da casa corresponde a produtividade do sistema para o objeto em estudo.

Vale salientar que para a comparação serão consideradas somente as fases de estrutura e fechamento visto ser estas as etapas diferentes entre ambos os sistemas.

Tabela 3: Produtividade do sistema LSF

Sistema LSF			
Descrição	**Produtividade (Hora/m²)**	**Qtd (m²)**	**Total (Horas)**
Montar a estrutura de aço para fechamento externo e interno	0,25	128,06	32,02
Fechar com placas Cimenticias	0,22	79,53	17,50
Fechar com OSB	0,22	131,64	28,96
Fechar com gesso acartonado	0,22	131,64	28,96
Isolar com lã de vidro	0,06	131,64	7,90
Instalar Membrana Hidrófuga	0,06	131,64	7,90

Montar estrutura para cobertura (tesoura de treliça)	0,26	78,38	20,38
Total (horas)			**143,61**
Área da casa (m²)			**55,00**
Produtividade do LSF (horas/m²)			**2,61**

Fonte: Adaptado de Domarascki e Fagiani (2009)

Observa-se através da Tabela 3 que o total de horas necessárias para as etapas de estrutura e vedação do sistema LSF é 143,61 horas. A razão entre este valor e a área da casa, é a produtividade do sistema para o objetivo em estudo e corresponde a 2,61horas/m².

Tabela 4: Produtividade do Sistema de alvenaria convencional

Alvenaria convencional			
Descrição	**Produtividade (Hora/m²)**	**Qtd (m²)**	**Total (Horas)**
Armadura (m corrido)	0,4	112,32	44,93
Formas para concreto	0,042	117,32	4,93
Alvenaria de tijolo cerâmico	2,1	96,454	202,55
Chapisco	0,5	192,908	96,45
Emboço desempenado	1,71	192,908	329,87
Montar estrutura para cobertura (tesoura de madeira)	0,29	78,38	22,73
Total (horas)			**701,47**
Área da casa (m²)			**55,00**
Produtividade Alvenaria Convencional (horas/m²)			**12,75**

Fonte: Adaptado de Domarascki e Fagiani, 2009.

O cálculo da produtividade do objeto em estudo e o total de horas necessárias para as etapas de estrutura e vedação do sistema de alvenaria convencional são os mesmos realizados para o sistema LSF, sendo que para este sistema, o total de horas necessárias foi contabilizado em 701,47 horas e a produtividade do sistema foi 12,75horas/m².

Comparando as produtividades apresentadas, observa-se que a velocidade construtiva do LSF é muito superior do que a da construção convencional, mais especificamente 4,88 vezes maior.

Ainda segundo Oliveira (2012) no sistema LSF, caso exista um planejamento, os painéis estruturais podem ser pré-fabricados e montados no canteiro de obras, reduzindo mais ainda o tempo de execução. Porém, deve-se ter atenção a esta etapa de planejamento pois se a mesma não for realizada adequadamente, pode se tornar um problema.

Considerando a residência em estudo, que possui 55m², o cálculo de prazo de conclusão foi realizado considerando uma equipe composta por três pessoas, sendo um pedreiro ou especialista em montagem e mais dois ajudantes. O total de horas disponíveis ao dia desta equipe é calculada da seguinte forma:

3 pessoas X 8,8 horas/dia = 26,4 horas/homem/dia

Para encontrar o total de dias necessários para a conclusão das etapas de estrutura e fechamento de cada um dos sistemas, divide-se o total de horas de cada sistema pelo total de horas disponíveis na equipe de mão de obra, ou seja, 26,4 horas/homem/dia, conforme abaixo:

- *Sistema LSF*

Total de Horas = 143,61 horas/homem

Total de Horas de Homem Disponível = 26,4 horas/dia

Quantidade de dias = 5,4 dias

- *Sistema Alvenaria Convencional*

Total de Horas = 701,47 horas/homem

Total de Horas de Homem Disponível = 26,4 horas/dia

Quantidade de dias = 26,6 dias

Não foram considerados neste item os prazos de espera para cura do concreto, alvenaria e reboco, no caso da construção em alvenaria convencional. No LSF não são necessários.

Observa-se através do exposto a viabilidade de construção pelo método LSF em relação ao fator produtividade.

4 CONCLUSÃO

A busca por novos materiais e tecnologias construtivas que ofereçam mais benefícios do que os métodos construtivos tradicionalmente utilizados é uma verdade no mundo em que vivemos. Uma das técnicas já utilizadas há muitos anos em diversos países é o *LSF*, um sistema construtivo a seco que utiliza na sua estrutura perfis de aço galvanizado formado a frio além de vários tipos de revestimentos internos e externos como placas cimentícias, gesso acartonado de D*rywall*, chapas de madeira OSB, entre outros. Este método apresenta-se como um sistema inovador no ramo da construção civil brasileira e que traz grandes benefícios quando comparado à alvenaria convencional.

Sendo assim, este trabalho, através de um levantamento bibliográfico e um estudo de caso, teve por objetivo levantar os principais diferenciais do sistema construtivo LSF em relação aos sistemas construtivos convencionais, mais especificamente a alvenaria estrutural, em se tratando de residências unifamiliares.

A fim de atingir o objetivo proposto, inicialmente realizou-se um levantamento bibliográfico para que pudessem ser conhecidas as características de cada um dos sistemas estudados. Esta etapa mostrou que a principal característica do sistema LSF é que o mesmo é um sistema industrializado que utiliza na sua estrutura perfis de aço formados a frio juntamente com materiais que realizam o fechamento da edificação, como gesso acartonado, placa OSB, cimentícias, entre outras. Na alvenaria convencional o sistema é constituído de uma estrutura construída em concreto armado com vedação por blocos cerâmicos.

O fato de as paredes do sistema LSF terem peso inferior a alvenaria convencional decorrente do material utilizado, faz com que o sistema LSF leve vantagem também em relação a fundação, sendo que neste sistema a fundação representa de 5 a 7% do custo total da obra contra 10 a 15% da alvenaria convencional. Ainda sobre as fundações, existe diferença na distribuição de cargas, sendo que na alvenaria convencional tem-se distribuição de cargas pontuais e no LSF distribuição de cargas lineares.

Um fato que chama atenção para o LSF é que durante seu processo construtivo não é necessário à quebra de parede para passagem de tubulação, aumentando assim a produtividade. Além disso, depois de o sistema estar construído, em casos que são necessários reparos de defeitos que não aparecem externamente, como o caso de vazamentos, isso é feito de forma simples, sendo necessária apenas a retirada do revestimento interno para a localização imediata do problema e então conserto, recolocando o revestimento de forma fácil, retocando e pintando logo em seguida. Para o sistema convencional é necessário à quebra de paredes, que

é um trabalho demorado (quebrar, consertar, preencher espaço aberto, esperar secar a massa, retocar com massa corrida, lixar, pintar ou rejuntar) e que não garante o resultado final de acabamento perfeito.

Além disso, no sistema de alvenaria convencional existe baixo isolamento térmico, sendo este feito apenas pela própria alvenaria de blocos cerâmicos. No sistema LSF conta-se com um bom isolamento térmico garantido pela lã de vidro ou lã de rocha instalada nos fechamentos.

Outro fator que chama atenção para o sistema LSF é a pouca ou nenhuma quantidade de água utilizada quando comparado ao método de alvenaria convencional, sendo que por isso o sistema é classificado como sistema construtivo “a seco”. Além da pouca necessidade de água e do pouco desperdício de material que caracterizam o sistema LSF, este sistema é considerado ecologicamente correto, isso porque, o aço, parte integrante do sistema, é um dos produtos mais reciclados em todo o mundo. Em contrapartida, o sistema convencional utiliza materiais que degradam o meio ambiente, como areia, tijolo, brita, etc.

Em relação ao levantamento de custos, para o sistema de alvenaria convencional o mesmo foi calculado a partir do projeto estrutural que permitiu a elaboração de um orçamento utilizando como base a tabela do Departamento Estadual de Infra-Estrutura (DEINFRA). Para o sistema LSF, devido à dificuldade na realização do projeto, fez-se a cotação do mesmo juntamente com uma empresa especializada.

Observou-se que em relação ao fator custos, existe muitas controvérsias entre os estudos já existentes, onde alguns autores citam o LSF como tendo custo maior que o sistema de alvenaria convencional e em outros casos, cita-se como custo menor.

A partir dos dados levantados, conclui-se em relação a este item que para a fabricação de uma residência medindo 55m² em ambos os sistemas, o sistema LSF apresenta custo 5% superior ao sistema de alvenaria convencional, o que pode ser justificado pelo fato de o LSF exigir mão de obra qualificada e especializada e ser um sistema construtivo pouco conhecido e executado na região que nós encontramos.

Em relação ao prazo de conclusão da obra, encontrado neste estudo através do cálculo de produtividade dos sistemas, conclui-se que o sistema LSF é satisfatoriamente mais vantajoso que o sistema de alvenaria convencional, isso, porque, ao realizarmos a comparação entre os resultados encontrados observa-se que a produtividade do sistema LSF é aproximadamente 80% maior que o sistema convencional, resultado este que vai de acordo com a literatura sobre o assunto pelo fato de o LSF ser um método industrializado e o de alvenaria convencional um método considerado artesanal. Além disso, o sistema LSF permite que várias

etapas construtivas sejam executadas ao mesmo tempo, como por exemplo, enquanto executa-se a fundação da obra, os painéis podem estar sendo montados.

Mesmo diante das vantagens do sistema LSF, o método de alvenaria convencional ainda é o mais utilizado no Brasil, isso porque, ainda predomina no país o chamado conservadorismo popular, que neste caso se refere a um novo modelo de construção. Além disso, existe o fato de que o sistema LSF exige mão de obra especializada e qualificada para a sua. Em contrapartida, o método de alvenaria convencional não exige mão de obra qualificada, tampouco especializada, existindo então grande oferta de operários para atuarem neste ramo de construção.

Alguns autores citam que a substituição do sistema convencional pelo LSF geraria desemprego devido a menor demanda de mão de obra nos canteiros, e também pela necessidade de mão de obra qualificada, porém os autores deste trabalho entendem que a expansão do sistema LSF conduziria os operários a adquirirem especialização podendo atuar no canteiro de obras e também dentro das fábricas responsáveis pela produção dos painéis pré-montados com melhores condições de trabalho.

Com a comparação entre os dois métodos construtivos, é notável a grande diferença existente entre ambos, tanto em aspectos técnicos quanto de custos e prazos. Observa-se que o LSF é um sistema eficiente, leve, rápido e sustentável, se tornando uma boa opção no mercado. Apesar de o estudo de caso apresentar custo do sistema 5% superior quando comparado à alvenaria convencional, sugere-se que o percentual de custo que faz do sistema convencional mais vantajoso neste aspecto, não é relevante frente aos 80% de vantagem em relação de produtividade que o sistema LSF apresentou.

REFERÊNCIAS

ALVES, Letícia Pereira**.** Comparativo do custo benefício entre o sistema construtivo em alvenaria e os sistemas Steel Frame e Wood Frame. **Revista Especialize On-line IPOG - Goiânia -** Edição nº 10 Vol. 01/ 2015 dezembro/2015.

ARAÚJO, Rodrigues & Freitas. **Apostila de Concreto Armado.** UFFRJ, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14715-1**: chapas de gesso acartonado – parte 1: requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14715-2**: chapas de gesso acartonado – parte 2: chapas de gesso para ―drywall‖. Rio de Janeiro: ABNT, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15253**: Perfis de aço formados a frio, com revestimento metálico, para painéis reticulados em edificações. Rio de Janeiro, 2005

BERTOLINI, Hibran Osvaldo Lima. **Construção via obras secas como fator de produtividade e qualidade**. 2013. Projeto de Graduação (Engenheiro Civil). Escola Politécnica. Rio De Janeiro, 2013.

CICHINELLI, Gisele. Revestimento em PVC. **Revista Equipe de Obra**. 50. ed. 2012.

CONSUL STEEL. **Construccion con acero liviano: manual de procedimiento**. Buenos Aires: Consul Steel, 2002. 127p.

DALTRO, Adnauer Tarquínio; PAGIOLLI, Tales de Mileto; SINGULANE, Marcos Vinicius de Carvalho. **Tubulações para habitação de interesse social em Light Steel Framing**. 2015.

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.

FARIAS, João Lopes. **Estudo de viabilidade técnica e econômica do uso do método construtivo Light Steel Framing numa residência unifamiliar de baixa renda**. 2013. Projeto de Graduação (Bacharel em Engenharia Civil). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

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.

FERREIRA, Vitor Pinheiro. **Estudo comparativo entre sistemas construtivos:** Alvenaria Convencional e Light Steel Frame. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Civil). Universidade Católica de Brasília. Brasília, 31p, 2016.

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

GERHARDT, Tatiana Engel; SILVEIRA, Denise Tolfo (organizadoras). **Métodos de Pesquisa**. 1ª Ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009.

GIL, A.C. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 4. ed. São Paulo: Atlas, 2007

GOMES, Ainda Soares. **Contribuição para a caracterização da mão-de-obra do sistema Light Steel Framing**: Um Estudo De Caso No Município De Criciúma– SC. 2009. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Civil). Universidade do Extremo Sul Catarinense, UNESC. Criciúma. 2009.

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

HOME LUX ARQUITETURA. **Construção sem tijolos**: Steel Frame. 2017. Disponível em: < https://www.homeluxarquitetura.com.br/single-post/2017/02/15/Constru%C3%A7%C3%A3o-sem-tijolos-Steel-Frame>. Acesso em 08 junho 2017.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 6241**: Performance standards in buildings - principles for their preparation. London, 1984.

KLEIN, B. G; MARONEZI, V. **Comparativo orçamentário dos sistemas construtivos em alvenaria convencional, alvenaria estrutural e light steel frame para construção de conjuntos habitacionais**. 2013. 141 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2013.

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.

MALAFAIA, M. Casa com frame de madeira e paredes de OSB. **Téchne**, São Paulo, n. 69, p. 67–70, dez. 2002

MALHOTRA, Naresh. **Introdução à pesquisa de marketing**. São Paulo: Prentice Hall, 2005.

OLIVEIRA, Gustavo Ventura. **Análise comparativa entre o sistema construtivo em Light Steel Framing e o sistema construtivo tradicionalmente empregado no nordeste do Brasil aplicados na construção de casas populares**. 2012. 78 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso de Engenharia Civil. Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2012.

POÇAS, Carlos Henrique Felipe. **Análise De Custo Para Sistema Construtivo Em Light Steel Framing Como Alternativa Para Projeto De Moradia Popular Da Caixa Econômica Federal**. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Civil). Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Campo Mourão. 2014

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

SANCHES, Conrado D.; SATO, Lucas F. Estudo Comparativo dos Sistemas Construtivos: Steel Frame, Concreto PVC e Sistema Convencional. Monografia (Engenharia Civil) 2009. Centro Universitário da Fundação Educacional de Barretos. 2009.

SANTIAGO, Alexandre Kokke; FREITAS, Arlene Maria Sarmanho; CASTRO, Renata Cristina Moraes. **Manual de construção em aço *Steel Framing*: Arquitetura.** 2. ed. 2012.

SANTIAGO A. K.; RODRIGUES M. N.;OLIVEIRA M. S. De. **Light Steel Framing Como Alternativa Para A Construção De Moradias Populares**. 2010. Construmetal – Congresso Latino-Americano Da Construção Metálica. São Paulo. 31 de agosto de 2010.

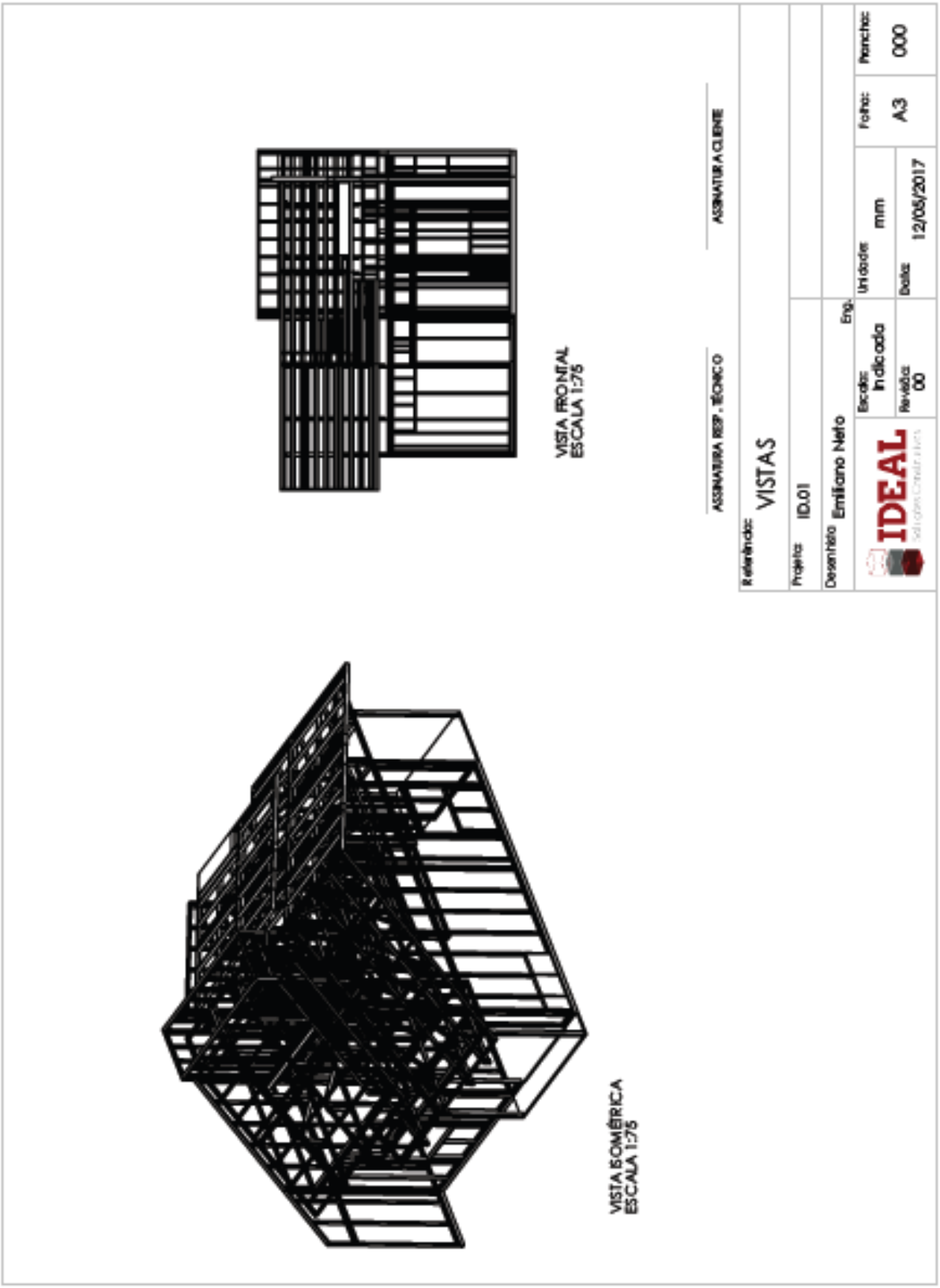
SOUSA, A. M. J. de; MARTINS, N. T. B. S. **Potencialidades e obstáculos na implantação do sistema Light Steel Framing na construção de residências em Palmas-TO**. Trabalho de Conclusão de Curso. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Tocantins. Palmas – TO. 2009.

TERNI, A. W.; SANTIAGO, A. K.; PIANHERI, J. **Como construir steel framing: estrutura**. Revista Techné, 137. ed., v. 16, agos. 2008.

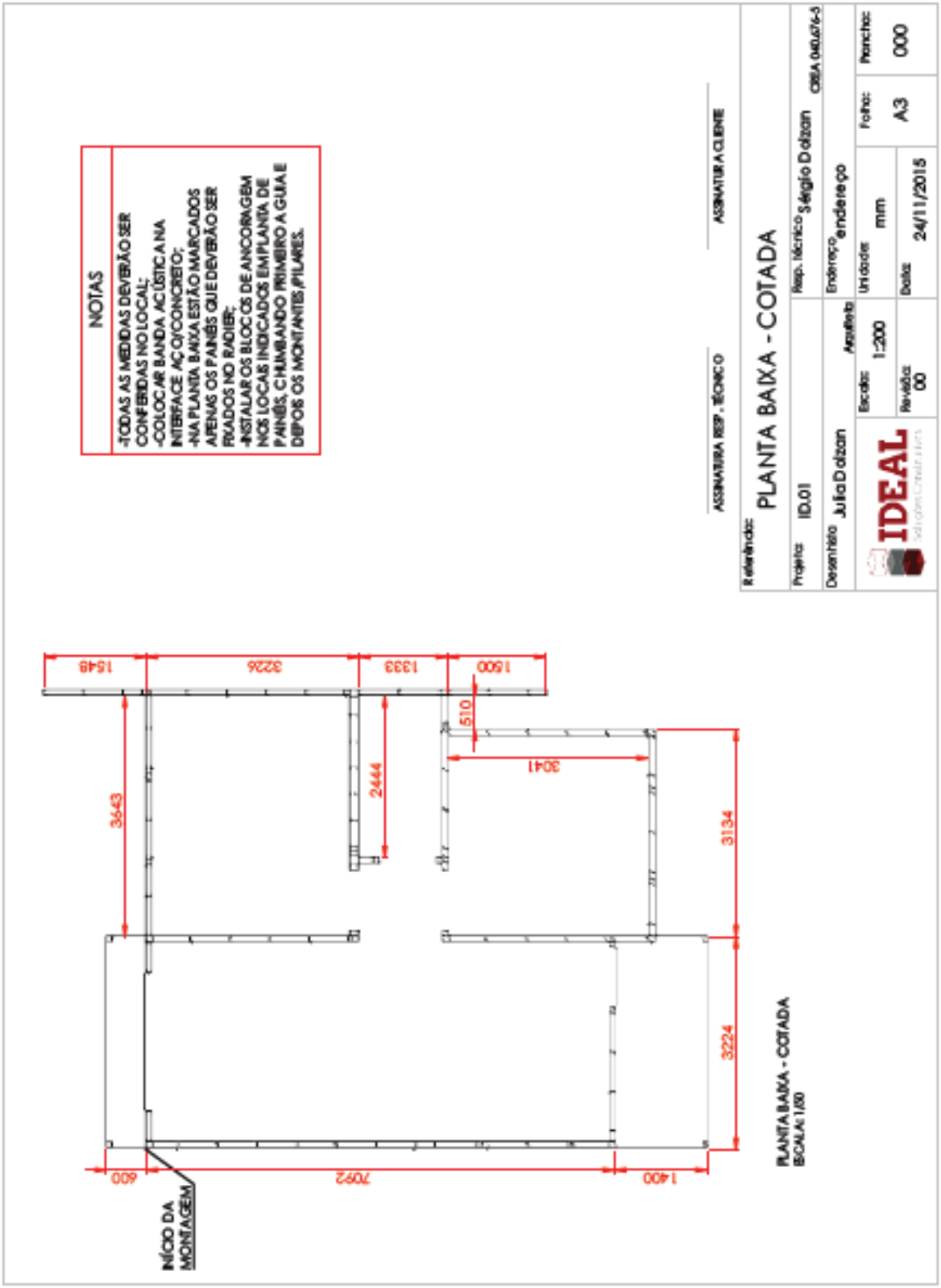
VASQUES, Caio Camargo Penteado Correa Fernandes. Comparativo de sistemas construtivos, convencional e Wood Frame em residências unifamiliares. 2014. Disponível em: < http://revista.unilins.edu.br/index.php/cognitio/article/view/193/188>. Acesso em 05 junho 2017.

ANEXOS

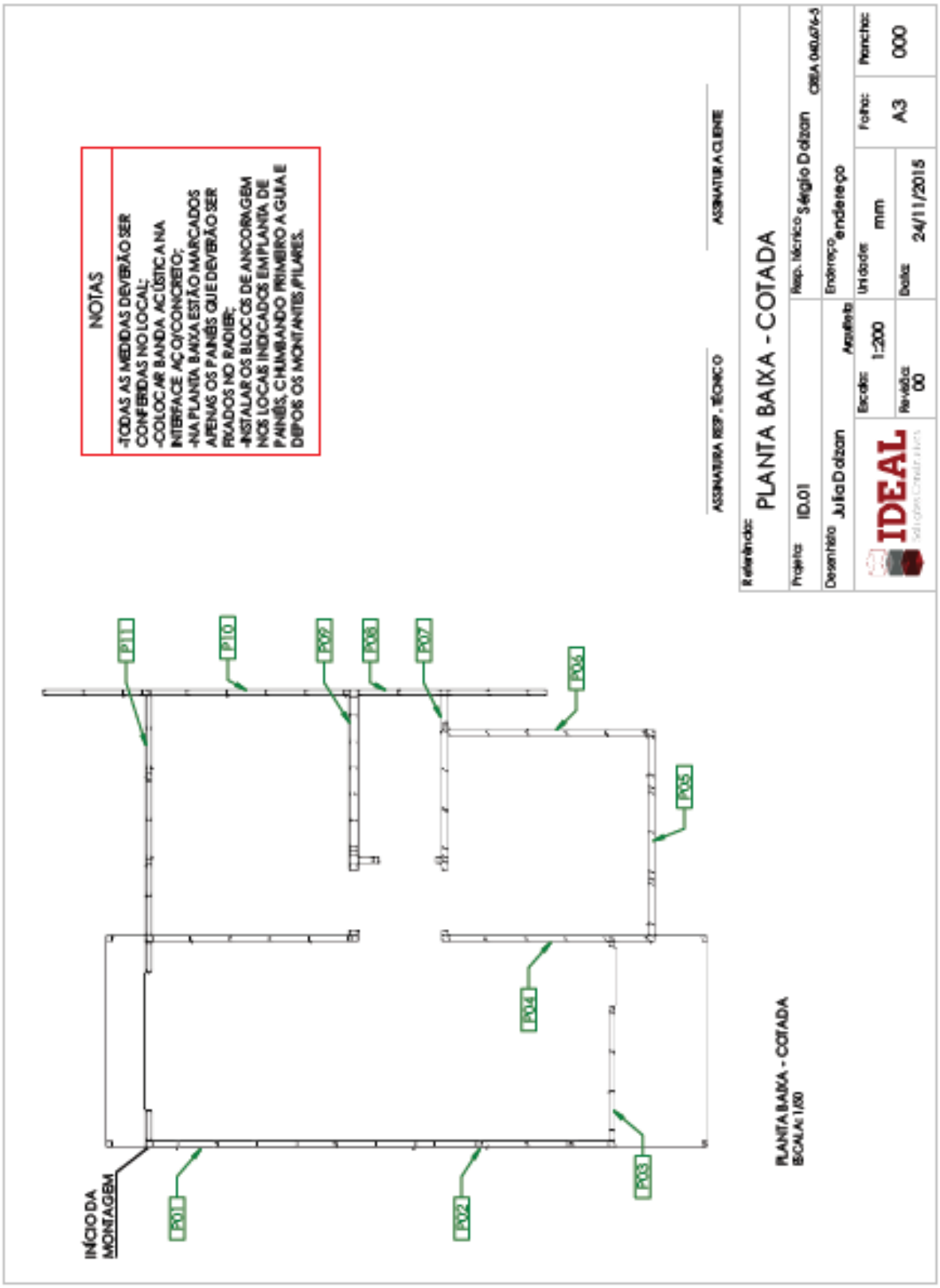
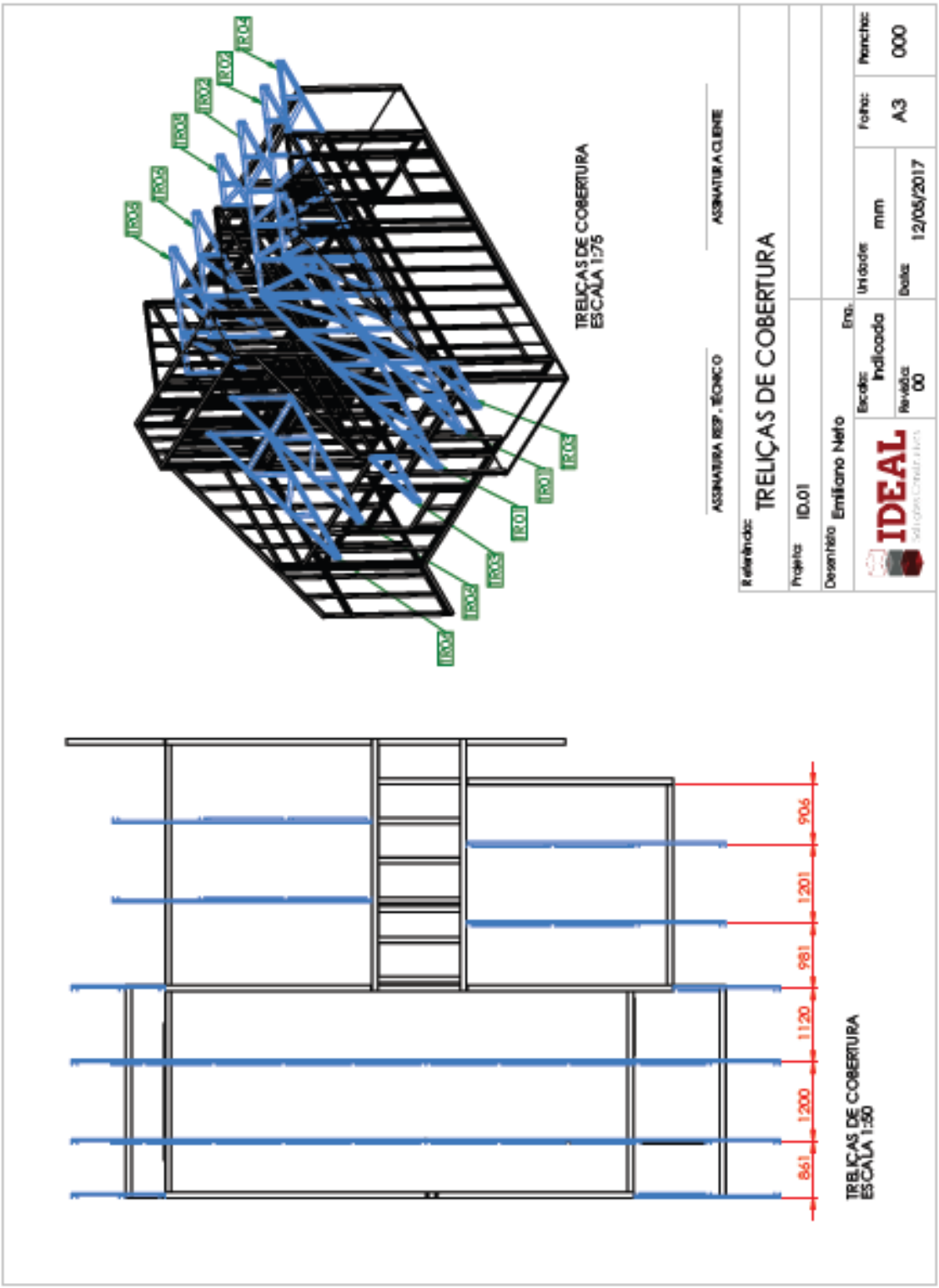
ANEXO A – VISTAS DO PROJETO EM LSF



ANEXO B – PLANTA BAIXA DO SISTEMA LSF



ANEXO C – PAINEIS



ANEXO D – COBERTURA