

LIGA DE ENSINO DO RIO GRANDE DO NORTE
CENTRO UNIVERSITÁRIO DO RIO GRANDE DO NORTE
ENGENHARIA CIVIL

EUDES FRANCESCOLO DE OLIVEIRA BARBALHO

**STEEL FRAME E A UTILIZAÇÃO DE MATERIAIS DIFERENCIADOS COMO
CONSTRUÇÃO INOVADORA, UM ESTUDO DE CASO**

NATAL/RN

2018

EUDES FRANCESCOLO DE OLIVEIRA BARBALHO

**STEEL FRAME E A UTILIZAÇÃO DE MATERIAIS DIFERENCIADOS COMO
CONSTRUÇÃO INOVADORA, UM ESTUDO DE CASO**

Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Civil apresentado ao Centro Universitário do Rio Grande do Norte (UNI-RN) como requisito final para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Esp. Leonardo Hoppe Schröder.

NATAL/RN
2018

Catálogo na Publicação – Biblioteca do UNI-RN
Setor de Processos Técnicos

Barbalho, Eudes Francescoli de Oliveira.

Steel frame e a utilização de materiais diferenciados como construção inovadora, um estudo de caso / Eudes Francescoli de Oliveira Barbalho. – Natal, 2018.

76 f.

Orientador: Prof. Esp. Leonardo Hoppe Schröder.

Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Centro Universitário do Rio Grande do Norte.

1. Light Steel Framing – Monografia. 2. Sustentável – Monografia. 3. Inovação – Monografia. 4. Prazo – Monografia. I. Schröder, Leonardo Hoppe. II. Título.

RN/UNI-RN/BC

CDU 624

EUDES FRANCESCOLO DE OLIVEIRA BARBALHO

**STEEL FRAME E A UTILIZAÇÃO DE MATERIAIS DIFERENCIADOS COMO
CONSTRUÇÃO INOVADORA, UM ESTUDO DE CASO**

Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Civil apresentado ao Centro Universitário do Rio Grande do Norte (UNI-RN) como requisito final para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Aprovado em: ____/____/____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Esp. Leonardo Hoppe Schröder
Orientador

Prof. PhD Werner Farkatt Tabosa
Coordenador de TCC

Prof. M.Sc. Elton Cortês Rocha Siqueira Filho
Membro Externo

Dedico este trabalho aos meus pais por serem sempre convenientes às minhas vontades, que sempre me apoiaram em tudo que eu quis fazer para ganho de conhecimento e realização pessoal e/ou profissional. E aos meus sobrinhos para que lhes sirva de inspiração para uma vida acadêmica bem-sucedida.

AGRADECIMENTO

Agradeço a todos os seres divinos que regem a terra e a mentalidade humana por ter me proporcionado mais essa conquista.

Aos meus pais Maria do Socorro de Oliveira e Francisco Herculano Barbalho Neto, por acreditarem tanto em mim e me incentivarem, me apoiando a cada dia, para que eu possa chegar onde eu pretendo suprimindo as minhas necessidades e as deles também.

Ao professor orientador Leonardo Hoppe Schröder, por sempre se fazer presente nas horas de dúvidas e questionamentos.

Ao professor Werner Farkat Tabosa por ser sempre exigente e coeso na orientação à formatação léxica e gramatical do trabalho.

Ao professor Elton Cortês Rocha Siqueira Filho, por ter me ajudado grandemente com dados de pesquisa e apoio sempre que precisei, além de me orientar a respeito da construção de partes do trabalho.

Ao meu supervisor de estágio Rafael Figueiredo, por sempre se mostrar compreensivo diante dos meus afazeres acadêmicos, o que foi de suprema importância para a formação desse trabalho.

Aos meus irmãos Luis Saene Barbalho Neto, Emanuell de Oliveira Barbalho e Dayanny Emanuelly de Oliveira Barbalho, por acreditarem em mim e concordarem com as minhas expectativas de futuro.

As minhas primas Sayonara de Oliveira Freitas e Samara de Oliveira Freitas, por serem para mim como eu quero ser para os meus sobrinhos, um exemplo desde sempre.

E por fim, a todos os meus amigos com os quais eu sempre contei nas horas mais felizes e tristes também.

“Tenho a impressão de ter sido uma criança brincando à beira-mar, divertindo-me em descobrir uma pedrinha mais lisa ou uma concha mais bonita que as outras, enquanto o imenso oceano da verdade continua misterioso diante de meus olhos”.

Isaac Newton

RESUMO

Com a finalidade 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. Este método construtivo consiste em uma estrutura formada por perfis de aço, galvanizados a frio, placas cimentícias e OSB (*Oriented Strand Board*), entre outros elementos. Sendo assim, este trabalho, através de um levantamento bibliográfico e um estudo de caso, possui como objetivo apresentar a técnica como um todo e os principais diferenciais do sistema construtivo, frente a alvenaria convencional composta de estrutura de concreto armado com fechamentos em alvenaria de tijolos cerâmicos 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 próprio, sendo este mais leve para o solo e, conseqüentemente, requer uma fundação mais simples, a do tipo radier, por exemplo. Em relação ao custo da obra o estudo de caso apresentou o sistema LSF como menos vantajoso quando comparado ao método convencional. No entanto, o prazo foi menor para o sistema de aço leve, visto que apresenta maior produtividade. Relacionando os resultados, e considerando que o *Steel Frame* é apenas 5,05% 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, além dos aspectos sustentável e inovador, nos quais está fortemente inserido.

Palavras-chave: *Light Steel Framing*. Sustentável. Inovação. Prazo.

ABSTRACT

In order to increase productivity, reduce losses and meet growing market demand, the construction industry is looking for new constructive methods that will replace the traditionally used methods. Light Steel Framing (LSF) is one of the alternatives used. This constructive method consists of a structure formed by steel profiles, cold galvanized steel, cementitious boards and OSB (Oriented Strand Board), among other elements. Thus, this work, through a bibliographical survey and a case study, aims to present the technique as a whole and the main differentials of the construction system, compared to conventional masonry composed of reinforced concrete structure with brick masonry closures ceramics in single-family homes. The results of the literature review showed that the LSF system is an industrialized system, and as such, it has a clean, dry, fast and sustainable construction, as well as low weight, which is lighter to the soil and, consequently, , requires a simpler foundation, the radier type, for example. In relation to the cost of the work the case study presented the LSF system as less advantageous when compared to the conventional method. However, the term was shorter for the light steel system, since it has higher productivity. Relating the results, and considering that the Steel Frame is only 5.05% more expensive than the conventional system, it is concluded that the LSF has greater feasibility of execution, because its deadlines are expressively reduced, compensating the difference of costs, besides the sustainable and innovative aspects, in which it is strongly inserted.

Keywords: Light Steel Framing. Sustainable. Innovation. Deadline.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Desenho esquemático de uma residência em Ligth Steel Framig	20
Figura 2 - Detalhe da cobertura.....	22
Figura 3 - a) força aplicada pontualmente nas sapatas em caso de fundações rasas, através dos pilares; b) força aplicada distribuída linearmente através dos perfis de aço da estrutura	23
Figura 4 - Fundação em radier	24
Figura 5 - Relação entre espessura e aplicação da placa cimentícias	26
Figura 6 - Painel estrutural com tubo PEX (flexível) e dutos rígidos.....	30
Figura 7 - Laje seca.....	31
Figura 8 - Laje úmida.....	31
Figura 9 - Perfil U	36
Figura 10 - Perfil Ue (U enrijecido)	36
Figura 11 - Perfil L	36
Figura 12 - Designação dos perfis de aço formados a frio e as suas medidas	37
Figura 13 - Legenda dos perfis.....	38
Figura 14 - Bucha parabolt	43
Figura 15 - Parafuso brocante fenda Philips.....	43
Figura 16 - Parafuso autobrocante com aleta zincado	43
Figura 17 - Parafuro sem aleta zincado.....	44
Figura 18 - Especificação dos parafusos e seus respectivos usos.....	44
Figura 19 - Quantidade de árvores preservadas em uma casa de 40 m ² no sistema LSF.....	49
Figura 20 - Comparativo entre alvenaria e LSF.....	51
Figura 21 - Foto satelital do condomínio residencial, onde está a edificação estudo de caso.....	53
Figura 22 - Localização do terreno dentro do condomínio	53
Figura 23 - Fundação em radier	54
Figura 24 - Início da montagem ligada ao radier	55
Figura 25 - Caderno de detalhamento da obra.....	56
Figura 26 - Fixação dos parafusos com parafusadeira.....	56

Figura 27 - Paineis estruturais de perfis de aço leve	57
Figura 28 - Projeto de estrutura em Steel Frame	57
Figura 29 - Parte estrutural previamente executada.....	58
Figura 30 - Aplicação de manta hidrófuga	59
Figura 31 - Aplicação de placa cimentícia	60
Figura 32 - Placa de gesso acartonado (drywall)	60
Figura 33 - Placa OSB (pinus).....	61
Figura 34 - Lã de vidro já aplicada	61
Figura 35 - Utilização da placa OSB (pinus) na laje semi-seca.....	62
Figura 36 - Telha galvanizada termo-acústica (sanduíche).....	62
Figura 37 - Utilização da telha sanduíche	63

LISTA ILUSTRAÇÕES

Tabela 1 - Composição de custos de mão-de-obra	65
Tabela 2 - Quadro de composição de investimento (LSF)	65
Tabela 3 - Cronograma físico financeiro	67
Tabela 4 - Quadro de composição de investimento (alvenaria)	68
Quadro 1 - Quadro de composição de investimento detalhado (alvenaria)	70
Quadro 2 - Quadro de composição de investimento detalhado (LSF)	70

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 OBJETIVOS	14
1.1.1 Geral	14
1.1.2 Específicos	14
1.2 JUSTIFICATIVA	14
2 METODOLOGIA	16
2.1 ESTRUTURA DO TRABALHO	17
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
3.1 CONCEITO DO SISTEMA CONTRUTIVO LSF	18
3.2 CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA LIGHT STEEL FRAMING	18
3.2.1 Fundação	22
3.2.2 Painéis estruturais: fechamento interno e externo	24
3.2.2.1 Processo para fabricação de placas cimentícias, através de extrusão a vácuo e laminação	27
3.2.3 Isolamento termo acústico	28
3.2.4 Instalações elétricas e hidráulicas	29
3.2.5 Lajes e coberturas	30
3.3 CONSTRUÇÃO ENXUTA E A SECO	32
3.4 PERFIS A FRIIO	35
3.5 PLACA OSB	38
3.6 ISOLAMENTO TÉRMICO E ACÚSTICO	39
3.6.1 Desempenho térmico	40
3.6.2 Desempenho acústico	41
3.7 CONECTORES E LIGAÇÕES	42
3.8 CUSTO	45
3.9 COMPARATIVO DO LSF COM A ALVENARIA CONVENCIONAL	47
3.9.1 Comparativo entre os canteiros de obra de obra em alvenaria e em LSF	48
3.9.2 Vantagens e desvantagens do sistema LSF	49
3.9.3 Vantagens e desvantagens do sistema de alvenaria convencional	51
4 ESTUDO DE CASO	53

4.1 ETAPAS	54
4.1.1 Fundação, movimentação de terra e muro	54
4.1.2 Montagem (estrutura).....	54
4.1.3 Montagem da vedação	58
4.1.4 Laje	62
4.1.5 Cobertura	62
4.2 CUSTO	63
4.3 PRAZO	65
5 DISCUSSÕES E RESULTADOS	68
5.1 RESULTADO DO COMPARATIVO ENTRE LSF E ALVENARIA.....	68
6 CONCLUSÕES	72
REFERÊNCIAS.....	73

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, ainda se utiliza, em sua maioria, o sistema construtivo composto de estrutura de concreto armado com fechamentos em alvenaria de tijolos cerâmicos, o qual neste trabalho será denominado somente por “alvenaria convencional” ou “alvenaria”. Este tipo de construção tem como principais materiais os blocos cerâmicos, entre outros elementos que corroboram com o grande desperdício e é necessário grande consumo de água. Em meio a essa crescente necessidade de minimizar esses gastos, o *Light Steel Framing* (LSF), traz maior viabilidade tanto na contenção de desperdício, como em economia de água. Sendo o LSF um método que a indústria brasileira vem propondo para diminuir os malefícios impostos pela alvenaria. Dessa forma o método construtivo abordado neste trabalho implementa a construção civil de forma a deixá-la mais flexível.

O sistema LSF é composto por uma gama de diferenças em relação as edificações convencionais de alvenaria, ele utiliza em sua estrutura perfis de aço leve, galvanizados a frio, painéis em gesso acartonado, placas cimentícias e *Oriented Strand Board* (OSB), entre outros, sendo este um sistema industrializado, com possibilidade de modelagem das peças, dando abertura a construção seca com grande rapidez, qualidade e melhor custo-benefício, o que será explanando de forma mais abrangente no decorrer deste Trabalho de Conclusão de Curso (TCC).

Sendo assim, este TCC vem mostrar a utilização do LSF, como uma opção mais racional, ao se falar em reduzido gasto de água, menor dano ambiental na utilização de placas cimentícias, entre outros benefícios relacionados ao meio ambiente, com todos os aparatos de qualidade igual ou superior aos convencionais de alvenaria, estes benefícios serão discorridos no corpo deste trabalho, e comprovados com os resultados. É também uma técnica relativamente simples, quando comparada as técnicas que necessitam de maiores esforços na execução, além de ser segura e inovadora para o eixo da construção civil atual.

Portanto, a utilização de materiais que se diferenciam dos convencionais torna a técnica singular. O LSF demonstra que é conveniente para o usuário quando se fala em custo-benefício, para o construtor pela necessidade minimizada de mão-de-obra, muito embora se faça necessário a qualificação da mesma e para o meio ambiente, como já foi observado anteriormente. Sendo esta uma excelente opção para construções em lugares mais quentes ou mais frios, devido ao sistema térmico

existente na técnica, interessante também para a vedação de edificações de grande porte, prédios comerciais e flexível em todas as suas etapas construtivas e de uso.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Geral

O objetivo geral deste trabalho é mostrar a diferenciação entre os materiais utilizados no método de construção civil, o LSF, bem como sua técnica em seu âmbito geral. Apresentando à sociedade o meio construtivo inovador, o que pode minorar a resistência existente para o uso em grande escala da técnica.

1.1.2 Específicos

Para se alcançar o objetivo geral deste trabalho deve-se atingir os seguintes objetivos específicos:

- Apresentar as características do sistema construtivo LSF;
- Aplicar o sistema a um estudo de caso, comparando com um caso já existente construído em alvenaria convencional de concreto armado e tijolo cerâmico;
- Analisar os materiais utilizados na técnica de forma a mostrar a sua diferenciação;
- Encontrar resultados no intuito de apresentar corretamente essas diferenças para efeito qualitativo e quantitativo de uma obra executada com o Steel Frame.

1.2 JUSTIFICATIVA

Em decorrência do aquecimento global, falta de recursos hídricos e da escassez de matérias-primas não renováveis, existe a necessidade de utilizar materiais alternativos e recicláveis nos mais variados setores. Partindo dessa premissa, entende-se que o Brasil precisa aplicar com mais frequência essa técnica, tomando como exemplo países de primeiro mundo, como Estados Unidos e outros em

grande parte da Europa, os quais já a utilizam há décadas, sendo com o Wood Frame ou o Steel Frame.

O Brasil, embora tenha abundância de material para a utilização do LSF, não o utiliza por ainda ter uma resistência cultural muito grande.

Dentre as características que sugerem que este método possui vantagens frente a métodos construtivos convencionais citados, pode-se ressaltar a velocidade da construção, diminuição de perdas com economia de material, e a preservação do meio ambiente através de uma construção parcial ou totalmente a seco. Sendo o LSF assim, uma alternativa ideal para a grande quantidade de matéria-prima em aço existente no país.

Muito embora, ainda seja pouco frequente, a literatura mostra as vantagens, podendo-se construir em grande escala e de forma rápida, já que o sistema é completamente inovador e de curto prazo, devido aos seus materiais de fácil modulação, execução e reciclagem.

2 METODOLOGIA

Pode-se entender como pesquisa o procedimento racional e sistemático que tem como objetivo proporcionar respostas aos problemas que são propostos. A pesquisa desenvolve-se por um processo constituído de várias fases, desde a formulação do problema até a apresentação e discussão dos resultados.

Dessa forma o intuito desta pesquisa é formular o problema e apresentar resultados para tal, que no caso pode ser entendido como o uso do LSF e seus diferentes materiais empregados em conjunto com os meios facilitadores de viabilidade executora e financeira, além da saúde ambiental, entregando resultados da pesquisa de forma a mostrar claramente que a técnica utilizada é de fato melhor ou equivalente quando comparada com outros métodos construtivos.

Metodologicamente falando, a pesquisa que tem como foco demonstrar o uso dos materiais utilizados no Steel Frame e a técnica em si, abrangerá a articulação do eixo teórico ao prático, junto ao estudo de caso elaborado em uma residência construída com o sistema em questão na cidade de Natal-RN, no bairro de Ponta Negra, em um condomínio residencial.

Paralelo a este estudo, analisar-se-á outros casos de construções em alvenaria de tijolo cerâmico e concreto armado, comparando seus parâmetros e vendo as possibilidades de sua substituição pelo LSF. Da mesma forma que será observado o uso do LSF na cidade de Natal, tendo como base o clima, sendo Natal uma cidade litorânea, o que faz com que haja maior probabilidade de corrosão dos elementos. O estudo será feito por meio de literaturas e pesquisas. Em Natal será analisada uma obra com o sistema, e para efeito de comparação com a alvenaria de vedação será exposto o material encontrado facilmente por meio de pesquisas e análises de empreendimentos existentes.

O estudo será elaborado de forma a expor uma pesquisa bibliográfica coerente com o tema, sendo exposto ao final os resultados que foram analisados. Para tanto será acompanhado de referenciais bibliográficos e orientação do docente.

A utilização do estudo de caso a partir de uma casa construída com o sistema LSF será de suprema importância para a exposição da pesquisa feita *in loco*, refinada inicialmente a partir de artigos, monografias, dissertações e teses, e na bibliografia em geral.

2.1 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho de conclusão de curso será desenvolvido da seguinte forma:

Introdução - Apresenta a parte introdutória, que delibera a respeito da importância do tema escolhido, a justificativa, os objetivos gerais e específicos, a metodologia e a estruturação do trabalho

Metodologia – Parte elaborada para demonstração do decorrer do TCC, sendo esta uma parte importante para entendimento de como acontecerá a monografia.

Revisão Bibliográfica – O referencial bibliográfico contextualizador da pesquisa se dará de forma abrangente com auxílio interino da bibliografia e estudos embasados em artigos, outras monografias, dissertações, teses, revistas e afins. Nesta seção serão abordados conceitos, vantagens e desvantagens dos materiais empregados na técnica, além do estudo geral a respeito do LSF, com comparações feitas a partir do LSF e da alvenaria, observando as vantagens e desvantagens de cada método, deixando claro qual o método tem melhor custo-benefício.

Estudo de Caso – No estudo de caso, será desenvolvida uma análise da execução de uma casa construída a partir do uso do *Light Steel Framing*, demonstrando as particularidades dos materiais e como eles reagem ao meio em que estão. Também será abordado o método em si, suas particularidades com relação ao uso, prazo de execução, entre outros aspectos. A partir disso, será desenvolvido um estudo comparativo através de um caso executado em LSF e uma obra em alvenaria convencional. Analisando o contexto a partir da cidade de Natal, de acordo com o ambiente e atribuições aferidas com o estudo.

Conclusões – Finalmente, as conclusões e resultados serão expostas após a análise dos resultados do estudo de caso em conjunto com os dados encontrados na bibliografia usada.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Nesta sessão será abordada toda análise feita a partir da bibliografia composta de artigos, TCC, dissertações, teses entre outros meios que guardem coerência com o sistema construtivo LSF.

3.1 CONCEITO DO SISTEMA CONTRUTIVO LSF

Traduzindo a denominação *Light Steel Framing*, do inglês para o português tem-se que *light* = leve, *steel* = aço e *framing* deriva de *frame* que significa estrutura, esqueleto, disposição e construção (MICHAELIS, 1987). Isso condiz, que o sistema se compõe de uma estrutura de aço interligado com as demais estruturas que formam a edificação, que além da função estrutural tem como objetivo atender isolamento térmico, acústico, instalação hidráulica e elétrica (CONSUL..., 2002).

Assim, o sistema não se resume apenas a sua estrutura, mas em um sistema destinado à construção de edificação o qual é composto por vários componentes e subsistemas. Os subsistemas são, além do estrutural, os de isolamento termo acústico, bem como os de fechamento interno e externo (MENEGUIN, et al., 2008).

3.2 CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA LIGHT STEEL FRAMING

De acordo com Meneguín et al. (2008), a participação do aço no sistema é significativa, a superestrutura (paredes e estrutura de telhado) da obra em *steel framing* é composta de perfis leves de aço galvanizado. Os demais componentes do sistema como: elementos de fixação - parafusos e conectores; fechamentos – chapas de gesso acartonado, chapas cimentícias; isolantes termo acústicos e impermeáveis – mantas, filmes e revestimentos. Integram-se no sistema formando uma cadeia produtiva de produtos industrializados nacionalizados de alto padrão de qualidade na construção civil. Assim o sistema construtivo é aberto, isto é, que permite a utilização de diversos materiais.

Meneguín et al. (2008) ainda afirmam que no sistema LSF utiliza-se o conceito de cargas distribuídas para distribuição dos esforços gerados pelas

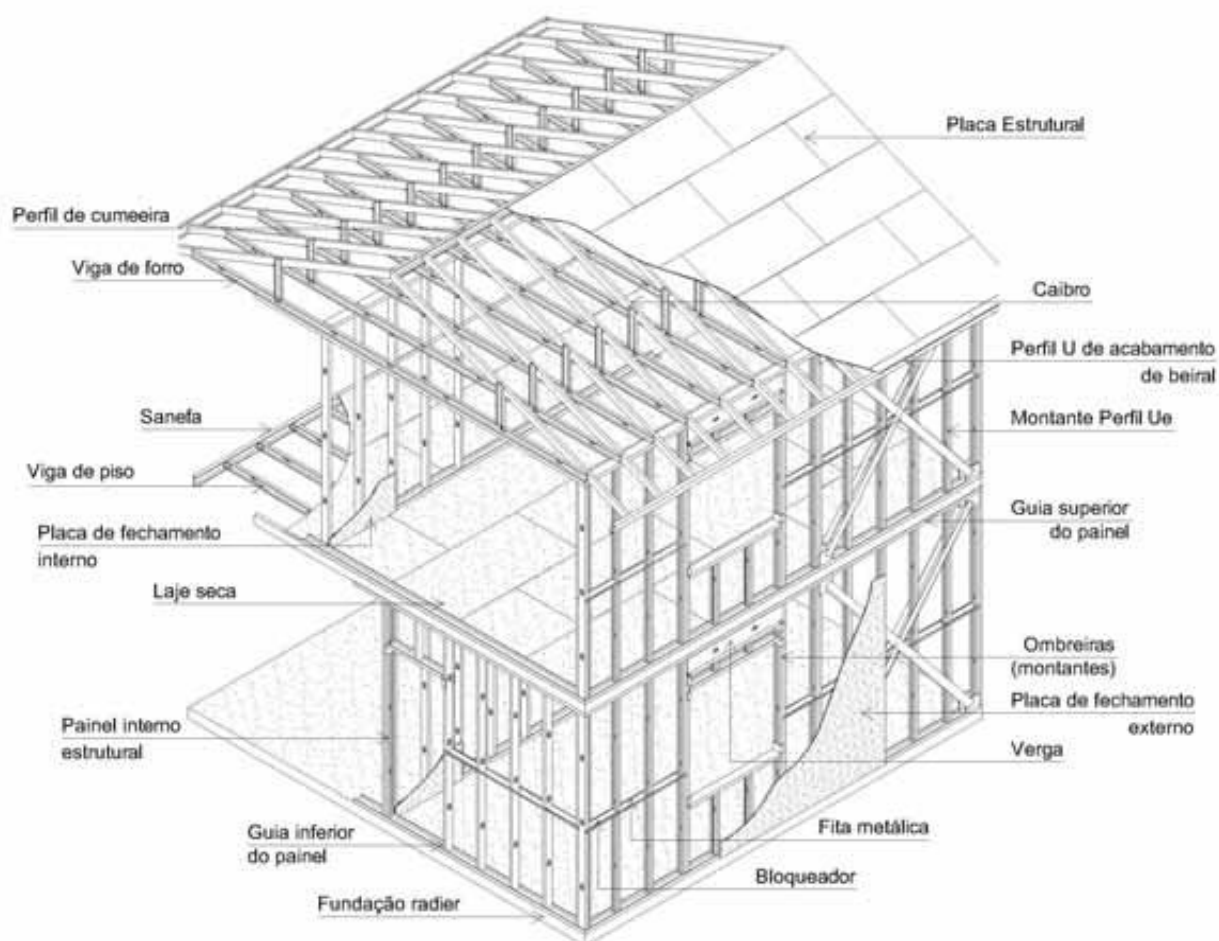
edificações. Os perfis leves de aço galvanizados denominados de montantes e guias que formam os painéis auto-portantes das paredes e a estrutura de telhado que constituem no final um conjunto monolítico leve e resistente conforme apresentado no esquema (Figura 1). Os perfis compõem as vigas de piso, servindo de estrutura de apoio aos materiais que formam a superfície do contrapiso. As vigas de piso estão 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*. Essa disposição permite garantir que predomine esforços axiais nos elementos da estrutura.

O LSF apesar de possuir características que agregam grandes vantagens à edificação, tanto na etapa de construção, quanto no seu uso pelos habitantes, apresenta algumas limitações que devem ser observadas quando de seu emprego. O entendimento destas limitações auxilia o projetista a tirar maior proveito de suas vantagens, adequar melhor os custos, ter maior aproveitamento e melhorar a durabilidade da edificação.

Maneguin (2012) explica que as construções modulares são unidades completamente pré-fabricadas e podem ser entregues no local da obra com todos os acabamentos internos (revestimentos, louças sanitárias, bancadas, mobiliários fixos, metais, instalações elétricas e hidráulicas, etc.) e pontua algumas vantagens: - economia na produção em escala (unidades modulares semelhantes); - velocidade de construção (50% mais rápido quando comparado com o sistema de painéis); - alto nível de controle de qualidade através de fabricação fora do local (*off-site*); - perturbação mínima ao entorno durante a construção; - eliminação de resíduos no local; - equipamentos e serviços especializados podem ser testados na fábrica; - módulos podem ser movidos no futuro, com mudanças na demanda.

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.

Figura 1 – Desenho esquemático de uma residência em Ligth Steel Framig



Fonte: Manual do Aço - Stell Frame (2006).

Os perfis são fixados entre si, através de parafusos auto brocantes, compondo painéis de paredes, lajes de piso, forro e estrutura de telhado. Constituindo dessa forma, um conjunto monolítico de grande resistência e apto a absorver as cargas e esforços solicitados pela edificação e agentes da natureza (vento, chuva, entre outros). De acordo com a Consul... (2002), a tecnologia considerada nova, teve seu início no século XIX, com as construções em madeira, considerado métodos mais rápidos e produtivos nas construções. Os materiais utilizados eram os que tinham disponíveis na época; madeiras que eram serradas de pequena seção transversal e conhecidas como *Baloon Framing* – estrutura em balão – feita a partir de madeira.

Observa Frechette (1999), que as construções mais tradicionais nas linhas residenciais nos Estados Unidos são denominadas *Wood Frame*, que mais tarde devido ao grande desenvolvimento da indústria de aço, o qual substitui a madeira no sistema *Wood Frame*, para os perfis de aço no sistema LSF, foi apresentado ao

mundo na Feira Mundial de Chicago, com seu respectivo protótipo no ano de 1933.

As construções em *Light Steel Framing* foram impulsionadas com o final da Segunda Guerra mundial, e a reconstrução do Japão, que foi destruído nos bombardeios, onde as casas eram de madeira, ocasionando incêndios que se alastravam rapidamente. O governo japonês restringiu o uso de madeira nas construções, então a indústria de aço começou a produção de perfis leves para substituir a mesma pelo sistema LSF, o aço galvanizado (SANTIAGO; FREITAS; CASTRO, 2012).

O sistema construtivo é empregado em países com construções predominantemente industrializadas. No Brasil com o método artesanal de construção, implica na problemática que Farah (1996, p. 96) afirma:

[...] não há um planejamento prévio sistemático da execução, envolvendo desde o projeto do canteiro de obras até a sequência das atividades produtivas, passando pelo planejamento das atividades de apoio. Assim, são frequentes interrupções do trabalho na obra [...].

Isso é frequentemente observado, mas o sistema *Light Steel Framing* é composto por basicamente piso, parede e cobertura. A estrutura necessita resistir ao esforço, e com esses componentes é possível ter integridade na estrutura. O piso é constituído por perfis galvanizados no sentido horizontal, que se apoiam nos montantes e são considerados vigas de piso, dando sequência na parede com alinhamento.

A parede é composta por painéis estruturais ou autoportantes denominado de montantes, com distância entre si de 400 a 600 mm, esta medida pode alterar, conforme o projeto e seu respectivo cálculo estrutural. Os revestimentos das paredes podem variar, devido à localização dos perfis internos ou externos.

A cobertura (Figura 2) é similar a tradicional com tesouras, ou seja, cobertura inclinada que pode receber telhas de cerâmica, aço, cimento e *single* (telha asfáltica).

De acordo com Dias (1997), o travamento adequado das estrutura e subsistemas devem garantir a não-hipoestaticidade das barras e do conjunto, onde as estruturas de aço são resistentes e rígidas, exigindo estudo da estabilidade do conjunto e das partes que formam o tridimensionalmente à obra. Os problemas de flambagem ocorre devido as seções, vínculos e comprimentos inadequados.

Figura 2 – Detalhe da cobertura

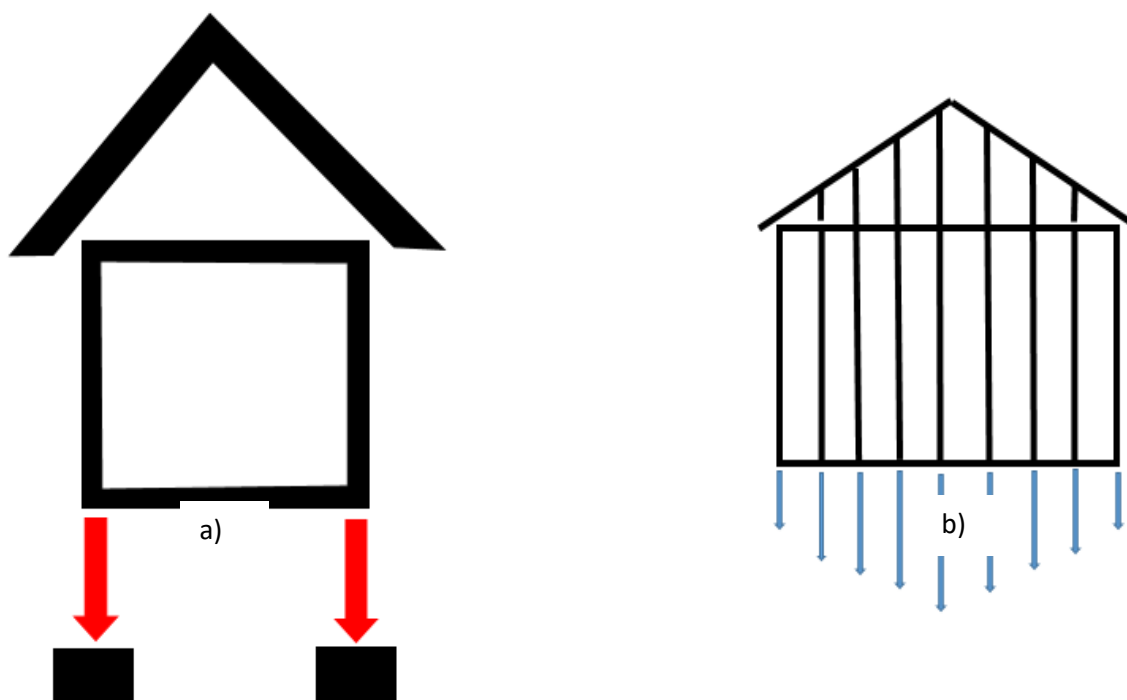


Fonte: Acervo do autor (2017).

3.2.1 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 (Figura 3), a fundação do tipo radier e sapata corrida são as melhores opções de fundação para este sistema construtivo.

Figura 3 – a) Força aplicada pontualmente nas sapatas em caso de fundações rasas, através dos pilares; b) Força aplicada distribuída linearmente através dos perfis de aço da estrutura



te: Adaptado de LP Building Products (2015).

Fon

De acordo com Facco (2014) a fundação habitualmente utilizada no LSF é o radier de concreto (Figura 4), 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.

Figura 4 – Fundação em radier



Fonte: EcoWall (2018).

Consul... (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.

3.2.2 Painéis Estruturais: fechamento interno e externo

Seguindo o raciocínio de Prudêncio (2013) 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 não estruturais funcionam apenas como fechamento externo ou divisória interna. As chapas têm entre 0,8 cm e 3,0 cm de espessura, sendo a mais utilizada a de espessura de 0,95 cm.

De acordo com Terni, Santiago e Pinheiro (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.

Para Terni, Santiago e Pinheiro (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.

O fechamento externo da estrutura LSF pode ser realizado com vários tipos de placas: OSB, placa cimentícias, 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.

De acordo com Terni, Santiago e Pinheiro (2008), para ambientes externos, os materiais mais indicados para utilizar como fechamento, são as placas de OSB e placas cimentícias, com a manta hidrófuga trabalhando a impermeabilização. Para Facco (2014), a OSB é formada pela união de tiras de madeira orientadas em três camadas cruzadas perpendicularmente, garantindo alta rigidez e resistência mecânica.

De acordo com Prudêncio (2013), as placas 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 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, material de uso em grande escala nos Estados Unidos, como revestimento, ou argamassa seguida de pintura.

As Placas cimentícias 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).

Poças (2014) diz que as placas cimentícias possuem grandes vantagens,

como a impermeabilidade, são incombustíveis, leves, possuem resistência mecânica, entre outras, além de poderem 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 2 m, 2,4 m e 3 m, com a largura padrão de 1,20 m, e de várias espessuras (Figura 5).

Figura 5 – Relação entre espessura e aplicação da placa cimentícia

ESPESSURA DA PLACA	APLICAÇÃO USUAL
6 mm	Divisórias leves e paredes secas internas, onde não existam aplicação 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	Utilizados para áreas secas e molhadas, internas ou externas. Ideal para paredes estruturais, melhorando a resistência contra impactos, aplicações de cargas e isolamento acústico.

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 são peças de gesso revestidas em ambos os lados por múltiplas camadas de papel formando um filme de cartão com finalidade de proteger o gesso e resistir aos esforços de tração gerados pela flexão (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.

3.2.2.1 Processo para fabricação de placas cimentícias, através de extrusão a vácuo e laminação

De acordo com a empresa Escavador (2017), atuante no mercado atualmente, no processo para fabricação de placas cimentícias, através de extrusão à vácuo e laminação, idealizado, projetado e desenvolvido para ser amplamente utilizado no campo da construção civil, é utilizado cimento, areia, fibra sintética em comprimentos diversos, água e aglomerante leve, em proporções variadas conforme a necessidade de aplicação da chapa cimentícia na obra (piso ou parede) e solicitação de resistência e peso, objetivando, mais precisamente, a manufatura de tais placas para a realização de obras e o respectivo emprego nos mais diversos serviços do setor, abrangendo a edificação de casas, paredes, galpões, forros e demais tipos de construções similares.

As composições da massa são as seguintes:

a) Massa Padrão (paredes de 1º piso):

- 4 sacos de cimento;
- 14 latas (18 litros) de areia fina;
- 6 latas (18 litros) de água;
- 4 litros de fibra 10 mm;
- 4 litros de fibra 20 mm.

b) Massa para piso (mais resistente):

- 4 sacos de cimento;
- 10 latas (18 litros) de areia fina;
- 6 latas (18 litros) de água;
- 4 litros de fibra 10 mm;
- 4 litros de fibra 20 mm.

c) Massa Leve (paredes de 2º piso):

- 4 sacos de cimento;
- 1 saco de vermiculita;
- 6 latas (18 litros) de areia fina;
- 6 latas (18 litros) de água;
- 4 litros de fibra 10 mm;
- 4 litros de fibra 20 mm;

d) Massa super leve (para forro):

- 4 sacos de cimento;
- 3 sacos de vermiculita;
- 6 latas (18 litros) de água;
- 3 litros de fibra 10 mm;
- 4 litros de fibra 20 mm;

Todos os itens acima descritos são misturados em um misturador tipo betoneira com eixo horizontal ou vertical, sendo que posteriormente, a mesma é despejada em uma maromba que a empurra para uma saída na qual existe uma bomba à vácuo que retira o ar da massa.

A massa sai da maromba de forma compacta e retangular (tarugo contínuo) no tamanho de 400 milímetros de largura por 60 milímetros de altura e comprimento contínuo.

Após a saída da maromba, a massa em forma de tarugo entra no laminador de cilindros paralelos e contínuos que irão dar o formato final do tarugo, transformando-o em uma chapa cimentícia de 1200 milímetros de largura, com altura e comprimento variado, dependendo da necessidade do cliente.

As chapas cimentícias são utilizadas em diversos serviços na construção civil, como casas, paredes, galpões, pisos, forros, podendo inclusive ser parafusadas em estruturas metálicas tipo aço galvanizado, de acordo com o projeto da obra.

3.2.3 Isolamento termo acústico

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, 2012).

Para 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, ou ainda de pet, alocados como preenchimento entre as placas de vedação internas e externas.

3.2.4 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 6), visto que este sistema possui grande flexibilidade, garantindo maior produtividade por facilitar sua passagem e fixação.

Figura 6 – Painel estrutural com tubo PEX (flexível) e dutos rígidos



Fonte: Fastcon (2017).

Sobre as 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 de concreto armado e tijolo cerâmico é necessário quebrar as paredes e refazer após a manutenção.

3.2.5 Lajes e coberturas

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

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

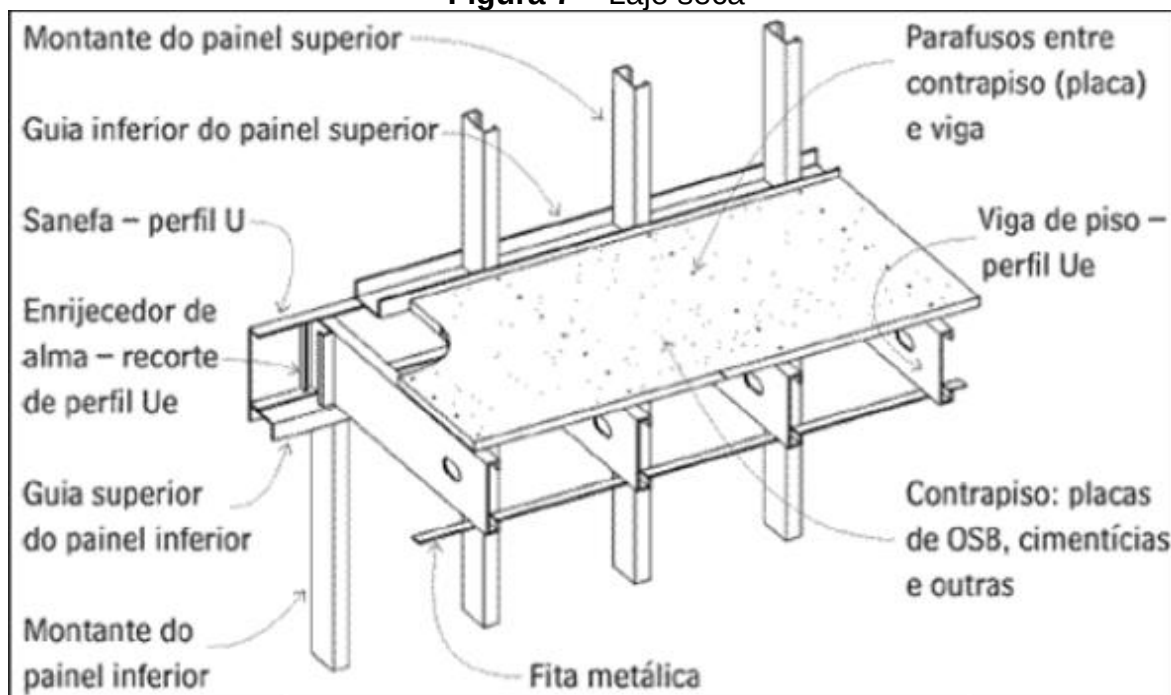
As lajes secas (Figura 7) compostas por painéis de OSB ou placas cimentícias são apoiadas sobre perfis metálicos estruturais (vigas de entrepiso).

As lajes úmidas (Figura 8) são compostas por formas de aço (chapas galvanizadas) preenchidas com concreto e tela eletrossoldada.

Quanto à cobertura, a mesma destina-se a proteger as edificações da ação das intempéries, além de ser um elemento de estética no projeto.

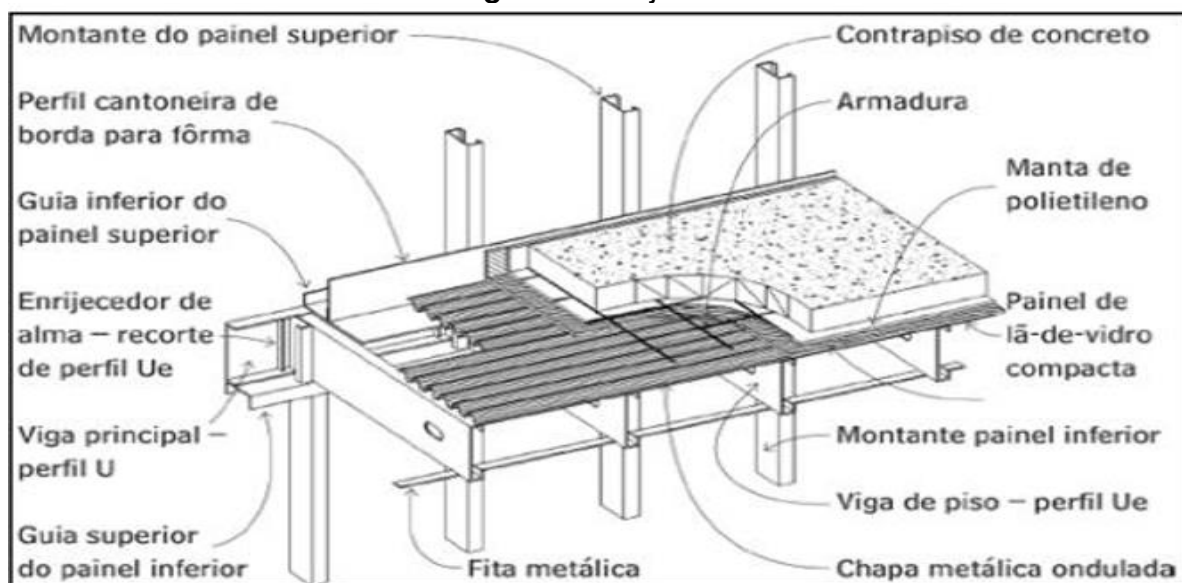
No sistema LSF, Facco (2014) cita uma ampla gama de recursos estruturais que podem ser utilizados, porém, uma série de fatores deve ser levada em consideração no momento da escolha, como: vão a ser vencido, carregamentos, quesitos arquitetônicos e econômicos

Figura 7 – Laje seca



Fonte: Santiago, Freitas e Castro (2012)

Figura 8 – Laje úmida



Fonte: Santiago, Freitas e Castro (2012).

Ferreira (2016) diz que 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 as ações e as 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 em U, 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).

3.3 CONSTRUÇÃO ENXUTA E A SECO

Bertolini (2013), diz que o mercado de construção civil se encontra 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.

Para Millan (2011), desde o século XIX, a produção era vista apenas como um processo de conversão de entradas e uma saída. Como característica deste conceito, o valor de um produto é associado, em essência, ao custo dos seus insumos e do processo de transformação, resultando em esforços de minimização de custos dos processos envolvidos, focados na minimização de cada subprocesso separadamente.

Como consequência dessa visão, o processo produtivo tradicional, no mercado da construção civil, apresentam-se as seguintes deficiências:

- a) Não é dada a devida consideração a atividades que não agregam valor no canteiro de obras, mesmo sendo elas responsáveis por uma parcela considerável dos custos;
- b) O controle de produção (construção) e de melhorias tende a ser focado em cada subprocesso em separado, e não no processo como um todo; e
- c) Há pouca consideração a respeito dos requisitos (necessidades, desejos e

expectativas) dos clientes, resultando em um processo produtivo, algumas vezes muito eficaz, porém, de produtos inadequados, que não satisfazem os clientes.

Em contraponto a isso, desde a década de 90, a construção civil vem avançando em direção a novos referenciais teóricos e, por decorrência, de novas práticas, a partir das filosofias, consoante a isso, o trabalho de Millan (2011) foi o referencial mais proeminente para a fundamentação do modelo denominado de Construção Enxuta (*Lean Construction*).

Na Construção Enxuta, um processo consiste em um fluxo de materiais, desde a matéria-prima até a entrega do produto ao cliente final, sendo o mesmo constituído por atividades de transporte, tempo de espera, processamento (planejamento e execução) e inspeção

Para tanto, conforme Freitas e Crasto (2006) e Mcleod (2009), o uso de novas tecnologias é a melhor forma de alcançar a racionalização de processos e focar as expectativas dos clientes. Entre tecnologias disponíveis, a escolha do sistema Light Steel Frame foi fundamentada por características, tais como: sistema internacionalmente conhecido, insumos totalmente industrializados (que possibilitam controle de qualidade), facilidade na obtenção dos perfis de aço no mercado nacional e facilidade de montagem (FREITAS; CASTRO, 2006;

Conceitualmente, o sistema tem características que facilitam a gestão dos processos dentro dos princípios listados por Millan (2011) como básicos na Construção Enxuta:

- a) Agregação de valor: gerir o projeto focando no aumento de valor para os clientes. Este princípio deve estar incorporado tanto no projeto do produto (imóvel), quanto na gestão da produção (construção);
- b) Redução de variabilidade: pelo fato de ser um produto único, a variabilidade na construção traz menor incerteza ao processo. Diminuir esta variabilidade aumenta a confiabilidade do processo e o controle de qualidade do produto;
- c) Reduzir atividades que não agregam valor: ao reduzir as atividades que não agregam valor, racionalizam-se os custos;
- d) Menor tempo de ciclo (*lead time*): a diminuição do *lead time* agiliza a entrega do produto ao cliente, facilita a gestão, aumenta o efeito do aprendizado, torna a produção mais estável e diminui as vulnerabilidades no que tange a mudanças de demanda;
- e) Simplificação de processos, partes e componentes: ao diminuir o número de passos (ou etapas) em um processo produtivo (ou de construção), tende a ser menor o número de atividades que não agregam valor;
- f) Maior transparência do processo: o aumento da transparência visa tornar os erros do sistema de produção mais fáceis de serem identificados e corrigidos, ao mesmo tempo em que aumenta a disponibilidade de informações, facilitando a gestão do processo como um todo;

- g) Foco no controle global: o sistema deve ser controlado sob uma ótica global (sistêmica), tendo em vista toda a cadeia produtiva como geradora de valor.

A construção a seco, de acordo com 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 com pouco uso de água em sua execução. De acordo com Gaspar (2013, p. 14); 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, p. 13) fala que de acordo com o já exposto este método construtivo pode ser planejado de forma tão racional que pode ter zero de desperdícios. E complementa que:

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 [...].

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).

3.4 PERFIS 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 da edificação, como também as lajes de piso e cobertura.

De acordo com Santiago, Freitas e Castro (2012) os perfis mais utilizados no sistema LSF são os que possuem seção transversal tipo “U” (U simples – Figura 9), “Ue” (U enrijecido – Figura 10) e perfil L (Figura 11). 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 (perfil L) normalmente é utilizada em conexões de elementos e o cartola é comumente empregado como ripas de telhado. Gaspar (2013, p. 17) afirma que:

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. Estes tipos 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. Estes tipos de perfis não servem para suportar cargas verticais, apenas têm a função de transmitir esforços horizontais. As suas dimensões de secção são ligeiramente superiores as 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 tamanho entre os 50 ou 100 mm, tendo uma espessura de 1,5 mm.

Figura 9- Perfil U



Fonte: Amazon... (1998).

Figura 10 – Perfil Ue (U enrijecido)



Fonte: Amazon... (1998).

Figura 11 – Perfil L



Fonte: Mercado... (2017).

Os painéis estruturais ou autoportantes, 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.

Além dos perfis citados, Gaspar (2013) ainda afirma que existem perfis que não possuem função estrutural, 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.

O aço das estruturas possui tensão de escoamento mínima de 228 MPa e apresenta revestimento com zinco, que garante a proteção contra corrosão, além de diversos tipos de perfis sanando a necessidade de cada tipo de estrutura (Figura 12). O uso destes perfis em aço galvanizado apresenta as seguintes vantagens:

- a) Elevada relação resistência-peso
- b) Facilidade de manuseamento e transporte
- c) Processo de fabrico simples, o que permite produção em massa
- d) Flexibilidade na concepção arquitetônica
- e) Harmonia com os restantes materiais de construção

Existem também perfis com as mesmas seções dos perfis anteriores mas que não têm a função de estruturantes. Esses têm espessura igual ou inferior a 0,6 mm e são usados apenas em paredes divisórias não estruturais.

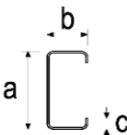
Figura 12 – Designação dos perfis de aço formados a frio e as suas medidas

Secção Transversal	Designação	Utilização	Comprimento mm	Largura mm	Espessura mm
	U Enrijecido <i>Ue</i> Montantes	Bloqueador Enrijecedor de Alma Montante Verga Viga	90	43	1,5
			150		1,5
			200		2
			250		2,5
	U Simples <i>U</i> Canais	Guia Ripa Bloqueador Sanefa	93	43	1,5
			153		1,5
			204		2
			255		2,5
	Cantoneira de Abas <i>L</i>	Cantoneira Reforço de conexões	50	50	1,5
			100	100	1,5

Fonte: Gaspar (2013).

Abaixo (Figura 13) a demonstração de cada elemento de um perfil Ue, sendo usado os mesmo termos para os outros tipos de perfis.

Figura 13 – Legenda dos perfis

Perfil	a	b	c
	Alma	Banzo	Borda

Fonte: Gaspar (2013).

3.5 PLACA OSB

Segundo Gaspar (2013), *Oriented Strand Board*, ou OSB, são placas estruturais compostas por lamelas de madeira orientadas com cerca de 10 cm de comprimento. As lamelas são misturadas com resinas e cera, sendo depois prensadas a alta pressão e altas temperaturas, unindo-as e conferindo-lhes resistência à humidade. As placas resultantes deste processo são então dispostas em três camadas, perpendiculares entre si, conferindo ao painel final uma maior resistência e estabilidade. Devido às características que placas de OSB apresentam, como grande resistência, baixo peso, fácil manuseio e instalação, estas apresentam uma grande versatilidade de uso, podendo ser utilizadas em forros para telhados, bases para paredes e pisos de construções residenciais, empacotamento, armações para mobiliários, tapumes e divisórias, decks e plataformas, entre outros.

Gaspar (2013) afirma que devido às suas características, o OSB é usado como base para revestir as estruturas de LSF. Mas não deve estar exposto às intempéries e como tal tem que ser revestido com um acabamento impermeável. Para além de ser um material estrutural, as suas características permitem-lhe que melhore as propriedades de isolamento térmico e acústico do edifício, quando são usadas como base de fachadas, pisos e coberturas.

De acordo com Hass (2011) pelo fato de não utilizar o conceito viga-pilar, que concentram a estrutura em poucos elementos, todas as paredes externas são consideradas como parte integrante da estrutura, por onde se divide todo o peso das lajes e pavimentos superiores. A casa inteira pode ser comparada a uma enorme caixa metálica reforçada por revestimento de OSB, ficando assim facilmente

entendido o excelente comportamento quanto a abalos sísmicos

3.6 ISOLAMENTO TÉRMICO E ACÚSTICO

De acordo com Carmody e Weber (2007), o isolamento é uma parte essencial de qualquer habitação e pode ser em forma de manta, enchimento solto, pulverizado em espuma ou espuma rígida. Um sistema de isolamento bem especificado e executado vai ajudar a reduzir a entrada de ar, a transferência de calor e controlar a umidade. Todos esses fatores precisam se unir para produzir um ambiente confortável e saudável.

A lã de vidro, mineral, e de tecido, os resíduos têxteis e o papel tratado obtêm sua propriedade de isolamento por aprisionamento do ar entre as fibras. O enchimento de celulose (papel reciclado desfiado) e a fibra de vidro soprada são geralmente aplicados na horizontal (em forros e sótãos) ou no preenchimento de pequenos espaços verticais. Possuem baixa energia incorporada e elevado grau de reciclabilidade. O isolamento de poliuretano ou polisocianurato sob a forma de espuma ou pulverizado no local oferece alto desempenho térmico e reduz o vazamento de ar que pode ocasionar perda de calor (CARMODY; WEBER, 2007).

Carmody e Weber (2007) atentam ainda sobre a qualidade do ar na execução da obra com a lã, e explicam que se o material for deixado em repouso em cavidades da parede e sótão, não representam uma ameaça para a saúde humana, mas durante a aplicação podem potencialmente libertar fibras no ar durante o manuseio, principalmente a lã de vidro e a lã de rocha.

Segundo a Ecowall (2014), a lã de rocha, deriva de fibras minerais de rochas vulcânicas, entre elas o basalto e o calcário oriundos de depósitos vulcânicos. Era utilizada pelos nativos das ilhas havaianas na cobertura de suas moradias para protegê-los do frio e do calor. É totalmente imune à ação do fogo com excelentes propriedades de isolamento. Depois de aquecer as rochas basálticas e outros minerais a cerca de 1500°C, estes são transformados em filamentos que, aglomerados com soluções de resinas orgânicas, permitem a fabricação de produtos leves e flexíveis ou até muito rígidos, dependendo do grau de compactação. São comercializadas na forma de feltros em rolos, placas, flocos e mantas. Os mais usuais são os rolos e placas que possuem diversas espessuras (de 25 mm a 100 mm) sendo

que as mais comercializadas no Brasil são as de 50 mm e 100 mm. Possuem largura variando de 40 cm a 120 cm. Os rolos possuem geralmente de 6m a 8 m e as placas são oferecidas com 40 cm, 60 cm e 120 cm. A eficiência do revestimento depende da densidade da lã que varia de 32 Kg/m³ até 160 Kg/m³.

De acordo com a Ecowall (2014), a origem da lã de vidro provém de uma substância líquida inorgânica obtida através de um composto básico de vários elementos: a sílica, em forma de areia, que assume o papel de vitrificante, o carbonato de sódio, sulfato de sódio e potássio, para que a temperatura de fusão seja mais baixa, e o carbonato de cálcio e magnésio, como estabilizantes para conferirem a este material uma elevada resistência à humidade. O composto é elevado a aproximadamente 1500 °C para formar uma massa em estado plástico de altíssima viscosidade, que aumenta à medida que arrefece, mantendo-se em estado de sobre fusão sem cristalizar.

São comercializadas em feltros e mantas com espessuras de 12 mm a 100 mm, sendo que as mais utilizadas no Brasil são as de 50 mm, 75 mm e 100 mm com largura variando de 40 cm a 120 cm. Os rolos possuem de 7,5 m a 25 m e as placas são oferecidas com 40 cm, 60 cm e 120 cm. A eficiência do revestimento depende da densidade da lã que varia de 12 Kg/m³ até 35 Kg/m³.

A Lã de Pet é feita com fibras muito leves de poliéster, que passam por um processo de compactação a baixa temperatura (160°C a 180°C) e pressão. Não é utilizada água e nenhum tipo de resina ou qualquer componente volátil, o que garante uma estabilidade muito maior e mantém o comportamento acústico e térmico por tempo indeterminado, além de ser ecologicamente correta e sustentável. Na produção das Lãs de Rocha e Vidro são utilizados fornos que não podem ser desligados nunca. Para fazer este tipo de lã é utilizado gás natural, como os usados no fogão doméstico. Portanto, há uma emissão dez vezes menor de CO₂ (TRISOFT, 2017).

3.6.1 Desempenho Térmico

Segundo Casto, Freitas e Santiago (2012) o objetivo principal do isolamento térmico em um edifício é controlar as perdas de calor no inverno e os ganhos de calor no verão. Nos países que utilizam largamente o LSF, as pesquisas têm propiciado a evolução de sistemas de LSF eficientes quanto ao desempenho térmico devido ao clima e a necessidade de economizar energia.

O surgimento de novas alternativas para o LSF se não forem corretamente ensaiadas e posteriormente especificadas, prejudicam o comportamento térmico e consequentemente a eficiência energética.

De acordo com Santiago, Freitas e Castro (2012) os princípios de isolamento consideram que materiais de grande massa ou densidade são melhores isolantes, porém, é errado pensar que estruturas e vedações mais leves que têm consequentemente uma menor massa não podem obter condições de conforto satisfatórias.

Por fim para Franzen (2015) melhorar o desempenho de componentes que são obrigatórios na composição dos painéis ao invés de acrescentar mais camadas é uma estratégia sustentável, pois aperfeiçoa a instalação do sistema com economia no tempo, mão de obra e transporte.

3.6.2 Desempenho acústico

A NBR 10152 (ABNT, 1987), estabelece os níveis de ruído máximos admissíveis nos ambientes segundo o tipo de uso, mas o mercado de construção civil não tinha como padrão construtivo atendê-la. A NBR 15575 (ABNT, 2013) veio definir, a partir desses níveis admissíveis previstos na NBR 10152 (ABNT, 1987), os níveis de desempenho que os sistemas construtivos devem ter para atenuar a transmissão dos ruídos nas edificações habitacionais.

Way e Couchman (2008) completam que a construção leve atinge melhores padrões de isolamento do som por causa da presença da cavidade interna e por ser composta de diferentes materiais. O isolamento do som de elementos individuais tende a se combinar numa relação linear simples cumulativa. O desempenho global, portanto, em geral, pode ser determinado pela simples adição dos índices dos elementos constitutivos.

Desta forma elementos leves com redução de som de 25 a 30 dB podem ser melhorados acusticamente alcançando uma redução de 50 a 60 dB, ao passo que a lei da massa sugeriria apenas uma melhoria de 5 dB. Esta é a base de muitos sistemas leves. A largura da cavidade entre as camadas separadas é importante para o desempenho acústico de uma parede e deve ser de pelo menos 40 mm (WAY; COUCHMAN, 2008).

Muitas vezes, são os critérios de isolamento térmico que conduzem as escolhas dos revestimentos, uma vez que os requisitos para o isolamento acústico sempre são alcançados em paredes espessas e/ou com muitas camadas (WAY, 2012).

No Brasil, que possui um clima predominantemente tropical, deve-se dar igual importância para o desempenho térmico e acústico, para construções no sistema LSF, já que as paredes possuem menos camadas de revestimento e consequentemente são menos espessas (FRANZEN, 2015).

3.7 ONECTORES E LIGAÇÕES

A ligação entre os elementos no sistema LSF é diferente dos outros sistemas construtivos, já que se utiliza de conectores, o que faz com que, uma vez conectado está pronto para prosseguimento na execução da obra, diferente de uma construção em alvenaria de tijolo cerâmico, por exemplo, onde precisa-se esperar alguns dias para dar seguimento as etapas da construção.

Coelho (2014) afirma que a estrutura, quando fixada diretamente sobre o concreto, necessita de uma camada separadora da interface do aço galvanizado do concreto, para que não haja corrosão. Este processo é normalmente feito com manta asfáltica, devendo seguir o isolamento indicado em projeto. A fixação da estrutura na fundação deve ser feita por intermédio dos chumbadores (Figura 14). Porém, não é recomendável começar tal procedimento antes de todas as paredes do pavimento estarem devidamente alinhadas e encaixadas.

Para Coelho (2014) alinhamento das paredes deve ser minucioso, pois erros milimétricos de locação ou inclinação podem resultar em acúmulo de imprecisões. Como o sistema é feito fora do canteiro de obra, não existe a possibilidade de fazer correções por meio de revestimentos de argamassas, entre outros. No caso da ocorrência destes tipos de erros, faz-se necessário a desmontagem, causando atrasos.

Figura 14 – Bucha parabolt



Fonte: Rokim Automotive (2017).

A estrutura metálica é toda parafusada com parafusos auto-brocantes galvanizados, com cabeça chata tipo brocante fenda Philips panela flangeada com serrilha (Figura 15).

Figura 15 – Parafuso brocante fenda Philips



Fonte: Acervo do autor (2017).

De acordo com Coelho (2014) placas cimentícias podem ser fixadas sobre a camada de OSB revestidas pela membrana hidrófuga, ou podem ser fixadas diretamente sobre a estrutura, revestida pela membrana. Sendo fixada diretamente sobre a estrutura, deve-se utilizar placas de no mínimo 10 mm de espessura com parafuso autobrocante com aleta (Figura 16).

Figura 16– Parafuso autobrocante com aleta zincado



Fonte: Coelho (2014).

Sendo fixada sobre o OSB, deve-se utilizar placas de no mínimo 8 mm de espessura com parafusos autobrocantes sem aleta (Figura 17). As placas devem ser instaladas com uma distância entre si de 5 mm, a fim de evitar rachaduras por conta da dilatação térmica. Tendo fixado as placas, é necessário fazer o tratamento das juntas conforme a indicação de cada fabricante.

Figura 17– Parafuro sem aleta zincado



Fonte: Coelho (2014).

Convencionalmente utilizam-se alguns tipos de parafuso para determinadas ligações (Figura 18).

Figura 18 – Especificação dos parafusos e seus respectivos usos.



Fonte: Coelho (2014).

Legenda: a) Parafuso para fixação de chapa L; b) Parafuso para fixação de entrepiso; c) Chumbador; d) Fixação de painel e cantoneira

3.8 CUSTO

De acordo com Millan (2011), uma obra é uma atividade econômica e, como tal, o aspecto custo tem uma grande importância. A preocupação com o custo começa antes do início da obra, em uma fase conhecida como orçamentação; é nessa fase da obra que é feita a determinação dos prováveis custos de execução da obra. É importante não confundir os conceitos de orçamentação com o de orçamento. O primeiro se refere ao processo de determinação, o segundo o produto final do processo. Em geral, um orçamento é determinado somando-se os custos diretos (mão de obra, material, equipamento) e os custos indiretos (equipes de supervisão e apoio, despesas gerais de canteiros, taxas, etc.) e por fim adicionam-se os impostos e lucro para se chegar ao preço de venda.

Construir em aço é uma questão relevante visto que as respostas estão quase sempre apoiadas em uma extensa lista de vantagens que possuem informações insuficientes para uma avaliação correta e estudos comparativos de custos no Brasil. Em alguns casos, a simples afirmação de que a estrutura em aço ficaria mais cara encerra uma análise sem maior aprofundamento.

A Caixa Econômica Federal (CEF) apoia a utilização de novas tecnologias por meio de sistemas construtivos inovadores, uma vez que mantém um grupo de profissionais, engenheiros e arquitetos que conduzem as análises com base nos relatórios dos ensaios das instituições técnicas, conforme as Diretrizes do Sistema Nacional de Avaliação Técnica de Produtos Inovadores (SINAT), do Ministério das Cidades.

Apesar do apoio da CEF, uma desvantagem é existir restrições de financiamento junto aos órgãos governamentais para habitações de interesse social dentro do programa governamental Minha Casa Minha Vida. Segundo a CEF (2013) é condição para aceitação do sistema construtivo inovador que o construtor possua a Viabilidade Prévia (validade de seis meses) ou a Viabilidade Definitiva (validade de dois anos).

Para a obtenção da Viabilidade Prévia, o proponente fica submetido à Padronização e Normas Técnicas para a Construção Civil (GEPAD) e Gerências Executivas de Habitação (GIHAB) e precisa apresentar a ficha de informações da inovação tecnológica, projetos, especificações, ensaios tecnológicos para os

requisitos de desempenho conforme NBR 15575/2013, Relatório técnico de avaliação (RTA), manual do usuário, plano de monitoramento da obra, compromisso de realização da Avaliação Técnica em Uso após 24 meses da expedição do Habite-se e preenchimento dos termos de garantia da inovação por dez anos (CEF, 2013). Para a obtenção da Viabilidade Definitiva o proponente deve apresentar o RTA, homologação do sistema SINAT, relatório final sobre o monitoramento da obra, relatório de “Avaliação Técnica em Uso” após 24 meses da expedição do habite-se. Caso o construtor não seja detentor da tecnologia do sistema construtivo, ele pode contratar a cessão da tecnologia pelo detentor do sistema.

John (2007) fala da grande importância dos materiais na construção civil. O valor dos materiais chega a superar 50% (cinquenta por cento) do custo final do produto. Com relação ao consumo destes materiais, deve-se prestar atenção na ineficiência do uso dos mesmos. Estas perdas podem ser reduzidas uma vez que se tenha conhecimento dos valores destas perdas e dos consumos presentes. Melhores posturas na gestão de materiais podem contribuir para uma diminuição dos custos finais da obra. O que se reafirma no uso sem desperdício do *steel frame*.

Pinho (2009) comenta que os recursos e equipamentos disponíveis para o construtor podem influenciar na escolha do sistema estrutural. O construtor que trabalha com processos tradicionais, possui equipamentos já amortizados e mão de obra treinada e tem uma tendência a utilizá-los para reduzir custos inviabilizando a incorporação de novos sistemas.

Pedroso, Franco e Basso (2014) dizem que já considerando o pós-ocupação os custos de energia para o aquecimento ou refrigeração do imóvel são muito inferiores comparados ao sistema convencional, ou seja, a casa permanecera mais tempo na mesma temperatura que se deseja, pagando-se um valor menor na conta de luz. Considerando que o país é extenso e tem uma diversidade de temperaturas, algumas regiões podem ser muito beneficiadas com esta forma construtiva. Ele ainda afirma que o baixo custo da manutenção se dá com a facilidade de intervir nos sistemas, propiciando agilidade e baixo custo na execução dos serviços, não gerando sujeira e barulho. Estes são motivos responsáveis por adiamentos de reformas de casas convencionais. Da mesma maneira que a reciclagem e o reaproveitamento dos materiais são usados no canteiro de obra. O aço sendo o único material que possui a vantagem de ser reaproveitado inúmeras vezes e não perdendo suas principais

funcionalidades, qualidades e resistência.

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 com que o custo de mão-de-obra/tempo seja mais reduzido ou equivalente no final. A velocidade construtiva deste sistema influencia 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.

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.

3.9 COMPARATIVO DO LSF COM A ALVENARIA CONVENCIONAL

O comparativo desta sessão será elaborado a partir de pesquisas em artigos, dissertações e teses, que tenham como tema obras com o sistema *light steel frame* e obras com alvenaria convencional.

3.9.1 Comparativo entre os canteiros de obra de obra em alvenaria e em LSF

Para a NR-18 (2015) o canteiro de obra é a área de trabalho fixa e temporária, onde são desenvolvidas as operações de apoio e execução de uma obra. Esta norma estabelece diretrizes de ordem administrativa, de planejamento e de organização, que objetivam a implementação de medidas de controle e sistemas preventivos de segurança nos processos, nas condições e no meio ambiente de trabalho na indústria da construção.

O processo de planejamento do canteiro visa a obter a melhor utilização do espaço físico disponível, de forma a possibilitar que homens e máquinas trabalhem com segurança e eficiência, principalmente através da minimização das movimentações de materiais, componentes e mão de obra.

Delgado et al (2016), mostram que o planejamento de um canteiro de obra pode ser definido como o layout e a logística das suas instalações provisórias, instalações de segurança e sistema de movimentação e armazenamento de materiais. Um dos aspectos mais negligenciados da indústria da construção é que o planejamento do canteiro de obra é feito no decorrer do progresso da obra, tendo uma consequência direta no desenvolvimento e evolução da produtividade e geralmente, carecem da aplicação de princípios básicos de organização e segurança.

No LSF o canteiro de obras fica naturalmente mais organizado e limpo, com relação a alvenaria convencional de tijolo cerâmico e concreto armado, devido entre outros à ausência de grandes depósitos de areia, brita, cimento, madeiras e ferragens. O ambiente limpo e com pouco entulho oferece melhores condições de segurança ao trabalhador contribuindo para a redução dos acidentes na obra (MEDEIROS, 2014).

Diante desses fatos, Esser (2014) afirma que o sistema em Light Steel Frame se apresenta como uma grande possibilidade de implementação na construção civil, uma vez que tem como principais características a facilidade na montagem, manuseio e transporte devido à leveza dos elementos; construção a seco, o que diminui o uso de recursos naturais e desperdício no canteiro de obras; rapidez na construção, uma vez que o canteiro se transforma em um local de montagem da estrutura e o aço é reciclável, podendo ser reciclado diversas vezes sem perder suas características estruturais.

3.9.2 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 citam os seguintes itens:

- a) 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;
- b) Construção sustentável, pois demanda baixo consumo de água e energia, além de gerar baixo volume de resíduos, e o sistema ainda preserva até 28 árvores na construção de uma casa de 40 m², enquanto que na alvenaria desmata até 48 (Figura 19).

Figura 19 – Quantidade de árvores preservadas em uma casa de 40 m² no sistema LSF



Fonte: LP Building Products (2017).

- c) Os perfis formados a frio são largamente utilizados pela indústria, o que os torna sua obtenção bastante fácil;
- d) 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;
- e) As instalações elétricas e hidráulicas têm sua instalação facilitada pois os perfis são previamente perfurados e utiliza-se painéis de gesso acartonado;
- f) Melhores níveis de desempenho termo acústico que podem ser alcançados através da combinação de materiais de fechamento e isolamento;
- g) Ligações facilmente executadas;
- h) 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;
- i) 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. Sendo uma vantagem também a qualificação de pessoal para incremento na obra com o *steel frame*.

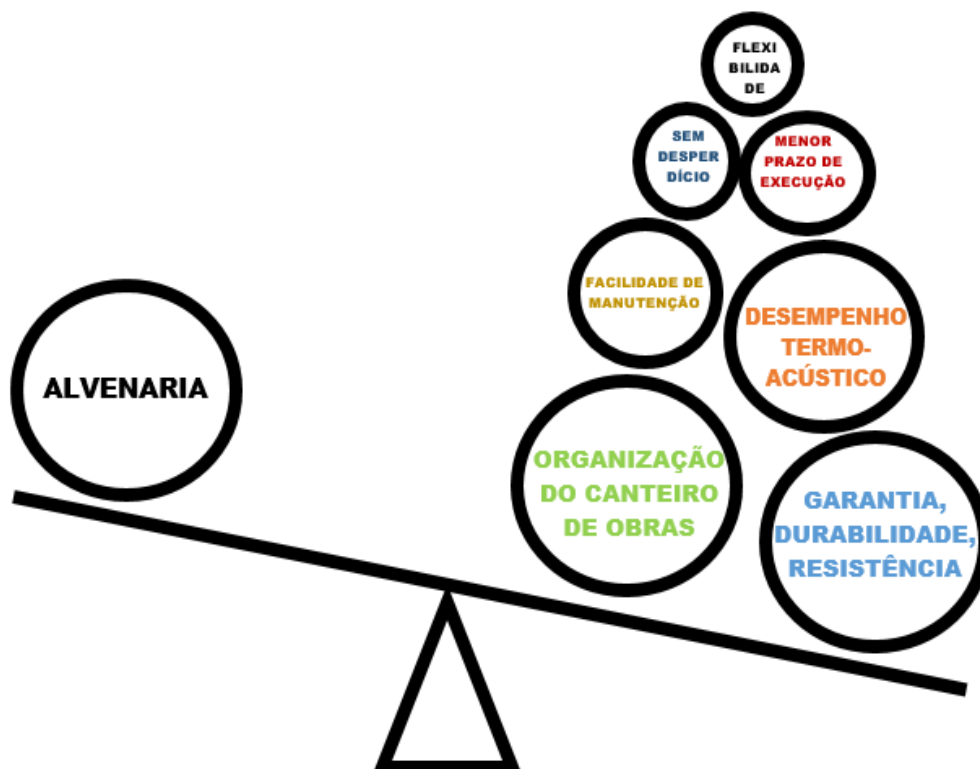
Ao contrário do que alguns profissionais do setor acreditam sobre a redução de mão de obra no sistema LSF e a possibilidade de colaborar para aumentar o desemprego, o sistema reduz de fato a quantidade de mão de obra no canteiro durante a montagem da estrutura, porém gera contratação de mão de obra na 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 da alvenaria 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, Moraes (2004) 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 de alvenaria (Figura 20) reside no fato de que o método convencional está enraizado na cultura da população brasileira (MORAIS, 2004).

Figura 20 – Comparativo entre alvenaria e LSF



Fonte: Adaptado de LP Building Product

3.9.3 Vantagens e desvantagens do sistema de alvenaria convencional

Segundo Araujo, Freitas e Rodrigues (2006), o concreto armado é uma associação de concreto, aço e aderência, 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, 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.

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.

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 as altas temperaturas além a facilidade de obtenção de materiais nas proximidades das obras.

Segundo Alves (2015) este sistema possui velocidade comprometida devido ao 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 do que já foi citado, Alves (2015, p. 39) 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 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.

4 ESTUDO DE CASO

Este trabalho tem como estudo de caso uma casa de 269m² situado em Ponta Negra na cidade de Natal-RN, em um condomínio residencial familiar fechado (Figuras 21 e 22). E tem como objetivo apresentar uma construção em *Light Steel Frame*, no intuito de mostrar os diferenciados tipos de materiais utilizados na técnica e as etapas da obra, como são elaboradas de forma técnica e financeira, bem como convencer a construção civil que o mercado e o meio ambiente necessitam de técnicas mais tenazes, como o LSF.

Figura 21– Foto satelital do condomínio residencial, onde está a edificação estudo de caso



Fonte: Google (2018).

Figura 22 – Localização do terreno dentro do condomínio



Fonte: Google (2018).

4.1 ETAPAS

4.1.1 Fundação, movimentação de terra e muro

A obra, em LSF, foi iniciada pela movimentação de terra, muro e fundação, a qual teve como classificação o radier (Figura 23), utilizando a técnica em toda área a ser construída, o radier é um tipo de fundação, no qual o *steel frame* se encaixa bem, já que a solicitação gerada por este tipo de construção ao solo é menor do que seria em outras técnicas construtivas.

Figura 23 – Fundação em radier



Fonte: Acervo do autor (2017).

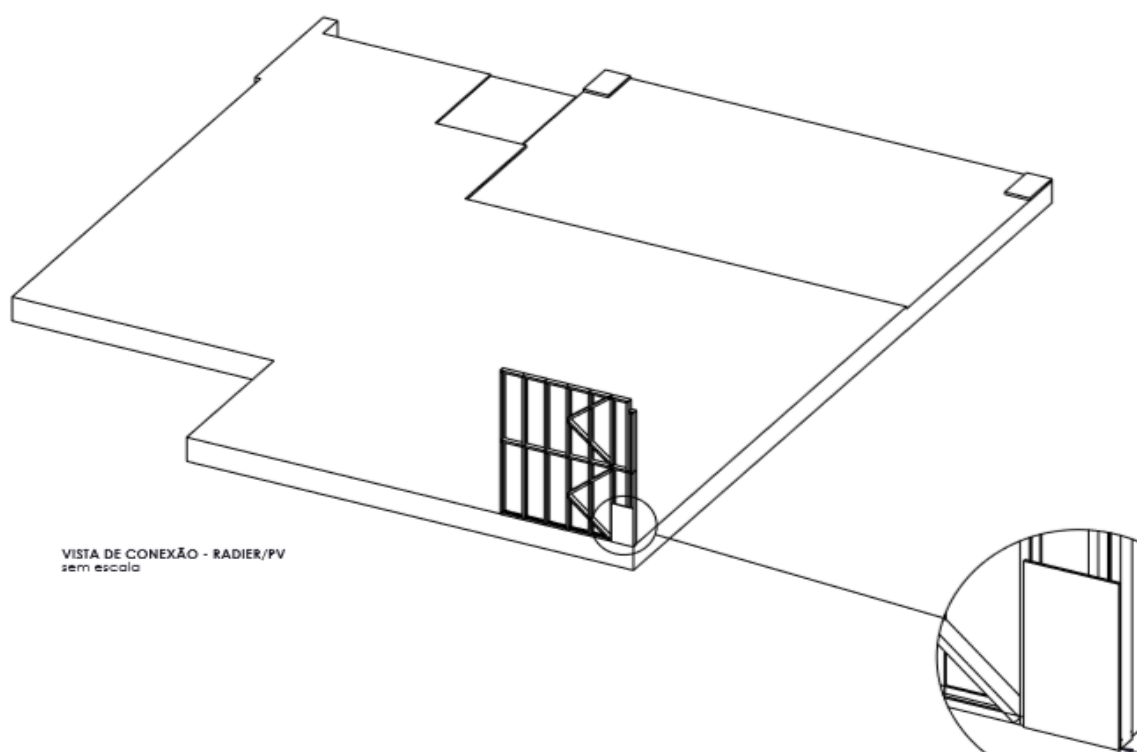
Esta etapa teve um custo normal, equivalente a construção de uma casa em alvenaria convencional, na qual a fundação seja o radier, que tenha havido movimentação de terra e a construção de um muro, já que são comuns a qualquer tipo de obra, mudando apenas as dimensões e consequentemente seus custos. Portanto, esta etapa não foi considerada pela construtora como parte da obra em LSF, ficando fora do valor global do sistema. Efetivado o levantamento deste evento, viu-se que o valor total foi de R\$ 20.000,00.

4.1.2 Montagem (estrutura)

A obra executada em LSF tem como agente facilitador a montagem, sendo

esta uma forma minorada de trabalho e retrabalho, além de curto ou nulo espaço de tempo referente à cura ou secagem, para tanto essas características inexistentes ao tipo de construção no momento da montagem dos perfis, os painéis estruturais, fazem com que a obra seja conseqüentemente minimizada, visto que a montagem é totalmente a seco e apresenta aspecto estrutural importante, já que seus elementos estruturais formam, em conjunto, painéis e estes, por sua vez, percorrem todas as paredes com perfis de aço leve. Adiante, o início da conexão dos painéis estruturais junto à fundação do tipo radier, com destaque ao ponto inicial, para onde todos os montantes deverão ser apontados (Figura 24).

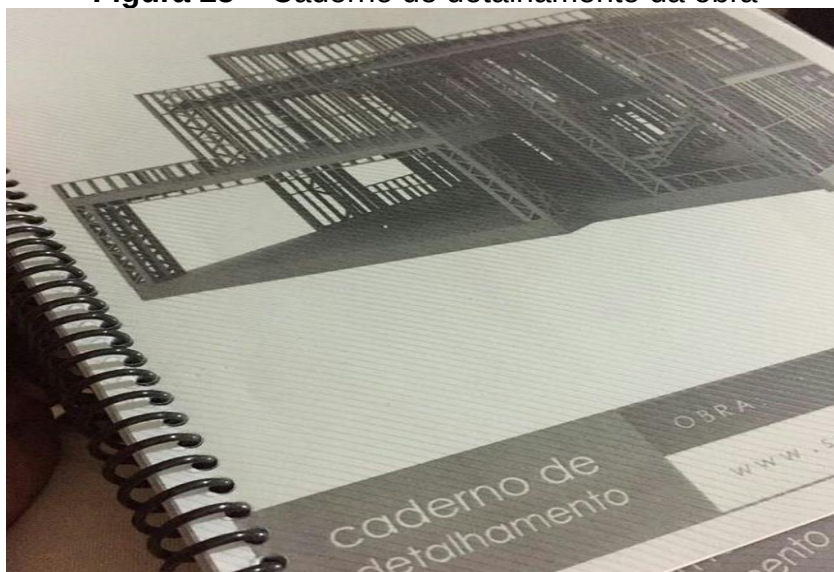
Figura 24 – Início da montagem ligada ao radier



Fonte: Acervo do autor (2017).

Dando continuidade à fase da montagem, os painéis são montados, sendo fixados através dos parafusos auto brocantes (Figura 16) com parafusadeira (Figura 26). O construtor segue uma linha ditada pela empresa, a qual foi responsável pela confecção das peças. Esta empresa recebe o projeto arquitetônico por parte do cliente e a partir dele elabora um caderno de detalhamento (Figura 25), uma espécie de manual, pelo qual o construtor se direciona para execução da modelagem dos painéis e consecutivos modelos estruturais, formando a estrutura da residência.

Figura 25 – Caderno de detalhamento da obra



Fonte: Acervo do autor (2017).

Figura 26 – Fixação dos parafusos com parafusadeira



Fonte: Acervo do autor (2017).

A fase da montagem dos perfis é uma das etapas mais importantes, já que são os painéis a parte estruturante da edificação. Abaixo, painéis já prontos (Figura 27), preparados para o encaixe na fase executiva de ação acima do radier.

Figura 27– Paineis estruturais de perfis de aço leve



Fonte: Acervo do autor (2017)

Após toda montagem e aplicação dos painéis de perfis de aço leve confeccionados pela empresa especializada em *Light Steel Frame* contratada e executada pela construtora também especializada em LSF e escolhida pelo cliente, obteve-se o resultado da modelagem estrutural (Figura 28), como o projeto ilustrado a seguir, o qual foi disponibilizado pela empresa contratada. Já a figura 29 é o projeto executado e com praticamente todos os perfis de aço leve montados em painéis estruturais, fixados e conectados ao radier e entre si.

Figura 28 – Projeto de estrutura em *Steel Frame*



Fonte: Acervo do autor (2017)

Figura 29 – Parte estrutural previamente executada



Fonte: Acervo do autor (2017)

4.1.3 Montagem da vedação

A montagem da vedação se dá inicialmente pela aplicação de uma manta hidrófuga ou impermeável (Figura 30), para que não haja infiltração na estrutura e consequentemente no interior da edificação, o que faz com que não atrapalhe no uso ideal de todos os elementos e camadas da parede. A manta hidrófuga, fabricada a partir de fibras de polipropileno, é altamente importante devido à proteção, a qual funciona como um selante que deve ser aplicado deixando placas cimentícias e de gesso acartonado, dependendo do uso, livres da umidade externa. A manta não tem nenhum papel estrutural ou de proteção estrutural, ela apenas funciona como impermeabilizante.

De acordo com a LP *Bulding Construction* (2017) a manta utilizada nas paredes externas de construções no sistema *frame* forma uma barreira contra o calor, vento e umidade e proporciona o respiro adequado às paredes, com a saída do vapor d'água do interior das vedações, o que evita a proliferação de fungos. Tendo 1,3 m, sua aplicação acontece de forma simples, sendo disposta de forma horizontal ou

vertical, na situação estudada foi observado a posição horizontal, sobrepondo umas às outras em 15 cm.

A membrana é fixada entre o painel OSB e a placa cimentícia, mas no caso da residencial em estudo foi parafusada diretamente na estrutura para minoração de custos.

Figura 30 – Aplicação de manta hidrófuga



Fonte: Acervo do autor (2017).

Feita a fixação da manta hidrófuga, geralmente é utilizada a placa OSB, a qual é fixada por meio de parafuso, ficando antes da placa cimentícia e também tem efeito estrutural, térmico e acústico. No caso desta obra, o que ocorreu foi a opção por não aderir a aplicação da placa de pinus nas áreas internas, já que assim diminuiu no custo total da construção e não afetou tanto em questão estrutural, já que a placa utilizada externamente é de alta resistência de acordo com a sua espessura, sendo de 12 mm, e a placa cimentícia (Figura 31) por si, em conjunto com a estrutura de aço leve já são suficientemente resistentes, de acordo com o construtor da edificação. Esta placa é fixada também com parafuso, do tipo autobrocante com aleta, usando a parafusadeira, o que dá celeridade ao processo.

A aplicação da membrana impermeabilizante, seguida da OSB (Figura 33) e cimentícia se dá principalmente na parte exterior a residência. Na obra em questão, foi usada a placa de cimento na área externa, com a placa de pinus. Para diminuição de custos e visto que não era necessário o uso de placas cimentícias nas áreas internas, para o construtor, a vedação interna pode ser substituída sem perdas e

danos à estrutura, pela placa de gesso acartonado, já que só tem efeito de vedação, de acordo com o mapeamento da residência dividido por cômodos, sendo mais barato, minorando o custo total da obra. O *drywall*, que é composto por placas de gesso acartonado (Figura 32) pode ser aplicado em conjunto com o *LSF*, mas não é classificado como tal, portanto não se entrará em detalhes quanto a esse tipo de material.

Figura 31 – Aplicação de placa cimentícia



Fonte: Acervo do autor (2017).

Figura 32 – Placa de gesso acartonado (drywall)



Fonte: Acervo do autor (2017).

Figura 33 – Placa OSB (pinus)



Fonte: Acervo do autor (2017).

Ainda na vedação, não menos importante, foi aplicada a lã, a qual serve como parte fundamental da vedação, pois a ela confere a maior capacidade térmica e acústica. Este material é aplicado de forma a não deixar que ruídos mais fortes ultrapassem a barreira formada por ela, proporcionando também conforto térmico. Nesta residência foi utilizada a lã de vidro (Figura 34) devido ao uso na região ser maior e para tanto o acesso a mesma se dá de forma facilitada. O uso deste material foi feito apenas em pontos estratégicos, tratando assim de deixar a obra barateada. Foram alocadas peças de lã de vidro nas paredes externas, pois é por onde pode

passar ruídos externos e nas paredes dos dormitórios para proporcionar maior conforto aos usuários da residência.

Figura 34 – Lã de vidro já aplicada



Fonte: Acervo do autor (2017)

4.1.4 Laje

O tipo de laje utilizada na residência foi a laje semi-seca (Figura 35). No caso, foi feita uma mescla dos dois tipos de laje, a seca e a úmida, ficando esta com boa resistência mesmo leve para estrutura, conferindo também maior isolamento acústico, já que se utiliza do concreto armado com “tela de galinheiro”, somado ao uso da placa OSB e a estrutura convencional de LSF. A chapa OSB com 18 mm de espessura, é uma placa das mais resistentes, indicadas principalmente para lajes, já que suporta transversalmente esforços provindos dos elementos que estão acima, como o contrapiso, que foi de 4 cm e o revestimento, o qual foi o porcelanato com dimensão de 61x61 cm. De acordo com o construtor do caso, em conversa verbal.

Figura 35 – Utilização da placa OSB (pinus) na laje semi-seca



Fonte: Acervo do autor (2017).

4.1.5 Cobertura

A cobertura desta obra foi executada de forma bem coerente com o tipo construtivo, teve como classificação as telhas galvanizadas termo-acústicas, mais conhecida como telha sanduíche (Figura 36 e 37), recoberta por uma platibanda de 80 cm. Como o próprio nome já diz, consiste em um sanduíche de aço galvanizado, recheado com o polietileno expandido (EPS) ou simplesmente isopor, como é popularmente conhecido. Este material trata de manter situação acústica e da edificação agradável, assistindo assim o conforto ao residente.

Figura 36 – Telha galvanizada termo-acústica (sanduíche)



Fonte: Acervo do autor (2017).

Figura 37 – Utilização da telha sanduíche



Fonte: Acervo do autor (2017).

4.2 CUSTO

Uma obra executada em LSF tem como principal característica o curto prazo de execução e a construção seca, tendo um aparato ambiental forte; mas o custo não fica atrás neste quesito, tendo esse um grande papel nesse tipo de obra, já que se torna um item compensador ao se falar em comparar *Steel Frame* com a alvenaria convencional. Dessa forma essa etapa do trabalho mostra uma forma clara de demonstrar os custos contextualizados dos eventos da execução do objeto em questão; a residência unifamiliar de 269 m².

As composições a serem analisados neste tópico serão compostas pelos itens agrupadores. Portanto, os valores apresentados pela construção foram divididos em: custos de movimentação de terra, muro e fundação do tipo radier, sendo esses composições do custo global do contrato, que por sua vez se subdividiu em serviços preliminares, os quais foram citados anteriormente; compra de materiais, execução, o qual inclui todas as outras etapas de montagem dos elementos, instalações elétricas e hidráulicas, vedações – placas cimentícias e placas de gesso acartonado – finalizações e acabamentos e por fim mão-de-obra, tudo isso de acordo com a planilha de custos (Tabela 2).

A composição dos custos de mão-de-obra se deu pela quantidade de montadores, que variou de 3 a 5, dependendo da etapa da obra, e para cada trabalhador, foi pago um valor aproximado de R\$1969,10/mês, sendo este o valor apresentado pelo construtor. Estes dados serão apresentados detalhadamente de acordo com a planilha de composição de custos de mão de obra (Tabela 1). Para efeito de absorção, os valores de trabalhadores e tempo não refletem em um total, pois variam de acordo com a etapa da obra.

Optou-se por fazer um orçamento mais enxuto devido ao tipo de obra que se classifica como uma técnica mais simples e, por isso, suas subpartes são compreendidas como macro partes que englobam as menores, que, por conseguinte são elementos fundamentais do orçamento, de acordo com o quadro de composição de investimento (QCI) mostrado a seguir (Planilha 2).

Tabela 1 – Composição de custos de mão-de-obra

SERVIÇOS PRELIMINARES	EMPRESA CONTRATADA			
SERVIÇOS	QUANTIDADE (H)	TEMPO (MÊS)	CUSTO/MÊS	VALOR UNITÁRIO POR TRABALHADOR
MONTAGEM ESTRUTURAL	5	2	R\$ 19.697,00	R\$1.969,70
MONTAGEM DA VEDAÇÃO	5	2	R\$ 19.697,00	
LAJE	3	1	R\$ 5.909,10	
INTALAÇÕES ELÉTRICAS	3	1	R\$ 5.909,10	
INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS	3	1	R\$ 5.909,10	
FINALIZAÇÃO	4	1	R\$ 7.878,80	
TOTAL			R\$ 65.000,10	

Fonte: Dados da pesquisa (2018).

Tabela 2 – Quadro de composição de investimento (LSF)

SERVIÇOS PRELIMINARES E FUNDAÇÃO	R\$ 20.000,00	9%
COMPRA DE MATERIAIS	R\$ 117.000,00	54%
SERVIÇOS INTERMEDIÁRIOS	R\$ 58.500,00	27%
FINALIZAÇÃO	R\$ 19.500,00	9%
TOTAL ACUMULADO	R\$ 215.000,00	100%

Fonte: Dados da pesquisa (2018)

4.3 PRAZO

Em relação ao prazo da obra em questão, o que se observou foi um tempo de construção otimizado, na qual seus itens agrupadores foram executados de forma rápida e sucinta, pois possuem formatos inovadores e contêm grande flexibilidade, além do curto prazo para cada etapa, exceto a movimentação de terra e fundação que é classificada como comum as outras técnicas construtivas.

Neste caso estudado, os serviços preliminares, onde está incluído a movimentação de terra, fundação e construção do muro externo à edificação, foi

executado em menos de um mês, sendo este o mês de julho, onde se deu início às obras. Seguido da compra dos materiais e montagem dos elementos e execuções conseguintes do mês de agosto ao mês de janeiro, e a finalização e acabamentos que durou de fevereiro a março, o que também é comum às outras técnicas construtivas.

Essas etapas (Tabela 3) somaram R\$ 215.000,00, as quais juntas ao valor da mão-de-obra resultou em R\$ 280.000,00, executados no prazo de 9 meses, excluindo o tempo de projeto aprovado pela empresa e tempo de entrega do material, que somados se iguala a pouco mais de um mês, o que está incluído no primeiro mês, onde se executou a movimentação de terra, a fundação e a construção do muro e ao início de agosto, na execução. O que ainda se observou foi que a casa serviu de modelo para outras construções do mesmo estilo, já que foi a primeira executada pelo engenheiro e que este era o dono da residência; o mesmo levava sempre turmas de estudantes de engenharia civil e arquitetura, demandando tempo e atrasando, de certa forma, o andamento da construção, além de se fazer necessária a ausência do engenheiro a obra em partes do tempo para que pudesse dar andamento a outras obras em LSF.

Tabela 3 – Cronograma físico financeiro

SERVIÇOS	VALOR DO SERVIÇO	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	TOTAL
SERVIÇOS PRELIMINARES	R\$ 20.000,00	R\$ 20.000,00									9%
		100%									
COMPRA DE MATERIAIS	R\$ 117.000,00	R\$ 2.809,54	R\$ 114.190,46								54%
		2%	98%								
SERVIÇOS INTERMEDIÁRIOS	R\$ 58.500,00		R\$ 9.750,00	R\$ 9.750,00	R\$ 9.750,00	R\$ 9.750,00	R\$ 9.750,00	R\$ 9.750,00			27%
			17%	17%	17%	17%	17%	17%			
FINALIZAÇÃO	R\$ 19.500,00								R\$ 13.000,00	R\$ 6.500,00	9%
									67%	33%	
TOTAL MENSAL		R\$ 22.809,54	R\$ 123.940,46	R\$ 9.750,00	R\$ 9.750,00	R\$ 9.750,00	R\$ 9.750,00	R\$ 9.750,00	R\$ 13.000,00	R\$ 6.500,00	100%
TOTAL ACUMULADO	R\$ 215.000,00	R\$ 22.809,54	R\$ 146.750,00	R\$ 156.500,00	R\$ 166.250,00	R\$ 176.000,00	R\$ 185.750,00	R\$ 195.500,00	R\$ 208.500,00	R\$ 215.000,00	R\$ 215.000,00

Fonte: Dados da pesquisa (2018).

5 DISCUSSÕES E RESULTADOS

5.1 RESULTADO DO COMPARATIVO ENTRE LSF E ALVENARIA

Utilizando-se dos resultados obtidos a partir do item anterior com o que vai ser exposto posteriormente, percebeu-se que o uso da alvenaria se equipara em custos ao uso do *Steel Frame*, sendo este um pouco mais caro, muito embora deva se levar em consideração que o meio compensador é o prazo, o que vai ser analisado mais a frente.

Para a construção em alvenaria convencional foi promovida a busca de uma casa nas redondezas da residência usada para o estudo de caso, já que esta se localiza relativamente próximo ao mar e pode sofrer as agressividades contempladas por esse meio. Estando a construção a pouco mais de 2000 m da praia, foi considerado uma proximidade afim de enaltecer o uso de aço galvanizado pronto para este tipo de ambiente. Portanto a comparação deveu-se a este aspecto principal, já que ambas recebem o mesmo tipo de intempérie ambiental.

Para a base de dados foi disponibilizada uma planilha de custo dos itens agrupadores convenientes ao valor da construção (Planilha 4)

Tabela 4 – Quadro de composição de investimento (alvenaria)

ITEM	DESCRIÇÃO	CUSTO TOTAL	%
1	Serviços preliminares e gerais	R\$ 7.504,43	3,00%
2	Fundações	R\$ 11.148,98	4,45%
3	Estruturas	R\$ 55.608,35	22,20%
4	Alvenaria	R\$ 21.025,65	8,39%
5	Cobertura	R\$ 19.632,27	7,84%
6	Esquadrias	R\$ 22.320,00	8,91%
7	Revestimento	R\$ 37.667,61	15,03%
8	Pintura	R\$ 11.498,97	4,59%
9	Itens gerais	R\$ 7.610,49	3,04%
10	Instalações elétricas	R\$ 7.603,41	3,03%
11	Instalações hidráulicas	R\$ 16.243,65	6,48%
BDI		R\$ 32.679,57	13,04%
TOTAL		R\$ 250.543,38	100%

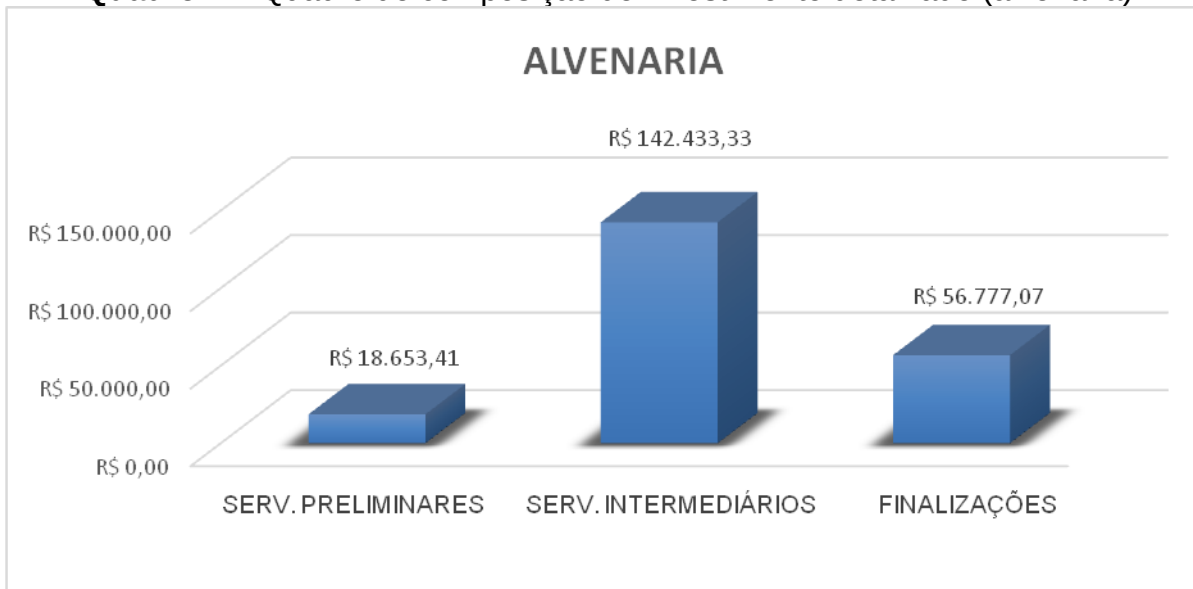
Fonte: Dados da pesquisa (2018).

Esta construção pertence ao grupo de casas de médio a alto padrão da grande Natal-RN, e, portanto, possui uma área de 255 m², o que nos faz entender que o preço por m² desta edificação fica em torno de R\$ 982,52.

Já para o LSF, analisado em 4.2 e 4.3, a casa com 269 m², ficou com um valor de R\$ 215.000,00, adicionando-se ao valor da mão-de-obra que é de R\$ 65.000,10, o valor total girou em torno de R\$ 280.000,00, o que totalizou em um preço de R\$ 1.040,00 o m². Dando a entender a primeira mão que o preço da técnica em estrutura de aço leve, pode ser mais cara, porém o que se tem de levar em questão é o meio pelo qual ambas são executadas, em um o prazo é mais longo e leva mais desperdício, retrabalho, custos posteriores a obra, como em caso de reforma que se faz necessária a quebra, entre outras impertinências. Enquanto que em outro o prazo é mais curto, não se faz necessário o retrabalho, o custo de manutenção é mais baixo, além de ter uma linha que converge para o sustentável, defendendo a natureza e podendo ser reutilizável, o LSF.

O prazo de execução para a casa em alvenaria foi de um ano e três meses, sem contar com o prazo dos projetos, estes dados foram repassados verbalmente, já que não se disponibilizou cronograma físico. Já para a construção enxuta, o prazo foi de nove meses, podendo ser minimizado, já que este caso estudado foi também utilizado como casa modelo; estima-se para o construtor, que para esta casa, de um a dois meses poderiam ser diminuídos se tudo corresse nos trâmites normais.

Olhando item a item, pode-se observar que para os serviços preliminares a média de preço se manteve igualitária, já para os outros itens, detalhados para a alvenaria (Gráfico 1) e para o LSF (Gráfico 2), percebe-se que na execução o custo é alto em ambos, mas para o *Steel Frame* é maior, já que nesta fase entra a compra dos materiais como um todo, com exceção dos revestimentos e materiais para acabamentos, já para a alvenaria o custo é alto, porém abaixo, comparativamente por custo, do LSF, mas no último item, o de finalização, percebe-se um disparate entre as técnicas, isso se deve ao não uso de material úmido, como cimento para o chapisco, emboço, se fazendo necessária apenas a camada de reboco para revestimentos internos de piso e para paredes não se faz necessário, pois apenas a argamassa aplicada na placa cimentícia já é o suficiente.

Quadro 1 – Quadro de composição de investimento detalhado (alvenaria)

Fonte: Dados da pesquisa (2018).

Quadro 2 – Quadro de composição de investimento detalhado (LSF)

Fonte: Dados da pesquisa (2018).

Sendo então para o uso qualitativo da técnica em aço leve, um valor compensatório e de importância ambiental.

Para o engenheiro construtor deste caso, agora morador da casa, o usufruto da sua moradia está sendo de inteira satisfação, já que os confortos térmicos e acústicos são de primeira qualidade, quando o mesmo fala que não consegue se sentir incomodado com barulho de carro ou que não se sente insatisfeito com a

comodidade térmica, já que sempre existe um clima mais ameno no interior, sendo umas das amplas qualidades do LSF.

Para sua família a moradia desde março de 2018, tem sido uma experiência única, não só pelo fato de terem acompanhado a própria casa sendo interinamente construída e abonada com qualidades tão singulares, descritas no corpo do texto deste trabalho, como também, fazer uso de uma técnica que é inovadora e tem um custo benefício especificamente compensatório diante do que foi apresentado.

A limpeza e organização da obra, os instrumentos usados sem necessidade de água para o desenvolvimento da obra, a garantia de qualidade e modernidade nesta edificação foi superior em outros aspectos que não se rebaixam diante da diferença entre os preços, que é considerável pequena de acordo com o resultado mostrado aqui.

6 CONCLUSÕES

Perante o apresentado, viu-se que para a construção de uma casa de padrão médio a alto, não excluindo outros padrões de construção, o uso o *Light Steel Framing* é compensador, de acordo com os dados pesquisados e abordados neste trabalho de conclusão de curso. A casa em LSF de 269 m², de dois pavimentos em um condomínio de médio a alto padrão foi objeto de estudo pelo qual este trabalho tramitou; sendo comparada a uma casa de 255 m² construída em alvenaria de tijolo cerâmico e estrutura de concreto armado, relevando os seus preços unitários do m².

De acordo com o encontrado, há uma certa diferença nos valores globais entre as duas obras, no entanto se faz inigualável o valor ambiental e inovador a qual se dá a construção em *Steel Frame*. Para isso, ateu-se aos benefícios que são compensatórios, quando se fala em custo benefício. Concomitante a isso pode-se ver a grande flexibilidade de trabalhar com este tipo de construção, sendo uma qualidade que está aquém da construção em alvenaria convencional. Flexibilidade esta que deu abertura a edificação com redução de custos em alguns âmbitos lançados, como a possibilidade de escolher onde colocar placas OSB ou onde colocar *drywall*, e ainda onde acrescentar a lã vidro, sendo opcional em alguns trechos da obra ser colocado.

Por conseguinte, o construtor optou por não acrescentar a placa OSB nas paredes externas da residência, bem como não colocou a lã nas paredes internas, exceto nos dormitórios, e ainda optou por paredes em *drywall* e em uma laje semiúmida, para assim baratear o quanto pudesse.

O que se pode com concluir então com este estudo foi que a obra em LFS, pode fielmente ser compensatória em relação ao custo, uma pequena diferença nesse eixo pode ser superada facilmente diante do leque de benefícios que a técnica traz. Além disso, o que foi percebido é que ainda há uma grande resistência cultural diante do tipo de edificação, mas que ao conhecer o interessado pode mudar de opinião. E finalizando com a falta de mão-de-obra qualificada, a qual ainda é pequena para este tipo de obra, o que, talvez, por isso ainda esteja escassa a forma de trabalho em larga escala para esse tipo de inovação na construção civil, já que não há muito investimento educacional e estratégico para este fim.

REFERÊNCIAS

ALVES, G. **Trabalho e capitalismo**. In: Curso virtual “trabalho e sociabilidade”. 1º. CD-ROM. São Paulo: Unesp/Práxis, 2005. 5 CD-ROM. Produzido por Giovanni Alves.

AMAZON (ESTADOS UNIDOS). **Joints in Steel Construction: Composite Connections**. 1998. Disponível em: <<https://www.amazon.com/Joints-Steel-Construction-Composite-Connections/dp/1859420850>>. Acesso em: 13 nov. 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 10152: Níveis de ruído para conforto acústico**. 1 ed. Rio de Janeiro: ABNT, 1987. 4 p. Disponível em: <http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/esportes/norma_abnt_10152.pdf>. Acesso em: 13 nov. 2017.

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

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15575: Guia para Arquitetos na Aplicação da Norma de Desempenho**. 2. ed. Santa Maria: Abnt, 2013. 56 p. Disponível em: <http://www.caubr.gov.br/wp-content/uploads/2015/09/2_guia_normas_final.pdf>. Acesso em: 13 nov. 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO EM EDIFÍCIOS 6241: Avaliação de Desempenho em Edifícios**. Brasil: Abnt, 1984.

AUTOMOTIVE, **Rokim. Parabolt chumbador para elevador eletro hidráulico**. Disponível em: <<http://rokim.com.br/produto/parabolt-chumbador-para-elevador-eleto-hidraulico/>>. Acesso em: 12 nov. 2017.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL (CEF). **Programa Minha Casa, Minha Vida [Cartilha]**. Caixa Econômica Federal, 2009.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL (CEF). **Sistema Construtivo utilizando perfis**

estruturais formados a frio de aço galvanizados (steel framing): requisitos e condições mínimas para financiamento pela caixa. Brasília: Caixa Econômica Federal, 2013.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL (CEF). **Sistemas construtivos utilizando perfis estruturais formados a frio de aço revestido steel framing:** requisitos e condições mínimas para financiamento pela Caixa. Disponível em: <<http://www.cbca-ibs.org>>. Acesso em: 8 nov. 2017.

CARMODY, J.; WEBER, B. **Minnesota Green affordable Housing Guide**. Center for Sustainable Building Research of the University of Minnesota. Minneapolis (USA), 2007. Disponível em: <www.greenhousing.umn.edu>. Acesso em 28/11/2014.

CICHINELLI, Gisele. **Passo a Passo: Estrutura de steel frame**. Disponível em: <repositorio.uniceub.br/bitstream/235/6377/1/20949958.pdf>. Acesso em: 25 mar. 2018.

COELHO, André Santos Ribeiro. **Light steel frame: recomendações de projeto processo construtivo e detalhes orçamentários**. 2014. 84 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Centro Universitário de Brasília, UniCeub, Brasília, 2014.

CONSUL STEEL. Construcción con acero leviano. **Manual de Procedimiento**. Buenos Aires: Consul Steel, 2002. 1 CD-ROM.

CORPORATION, Lp. **BUILDING PRODUCTS**. Disponível em: <<https://www.lpbrasil.com.br/produtos>>. Acesso em: 10 fev.

DIAS, Luís Andrade de Mattos. **Estruturas de aço:** conceito, técnicas e linguagem. 9. ed. São Paulo. 1997.

ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 26., 2016, João Pessoa. **Análise comparativa entre canteiros de obras:** sistema construtivo convencional versus sistema construtivo light steel frame (LSF). João Pessoa: Abepro, 2016. 11 p. Disponível em: <[file:///C:/Users/eudes/Desktop/Engenharia Civil/Oitavo período/tcc/GOOGLE ACADEMICO/CANTEIRO DE OBRA - COMPARATIVO.pdf](file:///C:/Users/eudes/Desktop/Engenharia%20Civil/Oitavo%20per%C3%ADodo/tcc/GOOGLE%20ACADEMICO/CANTEIRO%20DE%20OBRA%20-%20COMPARATIVO.pdf)>. Acesso em: 26 out. 2017.

ESCAVADOR. **Steel Frame, Engenharia e materiais de construção**. Disponível em: <<https://www.escavador.com/.../steel-frame-engenharia-e-materiais-de-construcoes-ltda>>. Acesso em: 13 mar. 2018.

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

FARAH, M. F. S. **Processo de trabalho na construção habitacional: tradição e mudança**. São Paulo. Annablume, 1996.

FASTCON CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL (Brasil). **Steel Frame Passo a Passo**. Disponível em: <<https://www.fastcon.com.br/search>>. Acesso em: 13 nov. 2017.

FERREIRA, Vitor Pinheiro. **Estudo comparativo entre sistemas construtivos: alvenaria convencional e light steel frame**. 2016. 31 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Civil). Universidade Católica de Brasília. Brasília, 2016.

FRANZEN, Fabiani Pereira. **Análise do desempenho térmico e acústico de vedações verticais externas executadas em light steel framing**. 2015. 148 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

FRASSON, Karine Crozeta; BITENCOURT, Marcos. **Análise comparativa dos sistemas construtivos alvenaria convencional e light steel frame: um estudo de caso em residência unifamiliar**. 2017. 50 f. TCC (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Centro Tecnológico, Universidade do Sul de Santa Catarina, Tubarão, 2017.

FRECHETTE, Leon A. **Building smarter with alternativ marerials**. 1999. Disponível em: <<http://www.build-smarter.com>>. Acesso em: 25 out. 2017.

FREITAS, Arlene M. S; CASTRO, Renata C. M. Sistema Light Steel Framing. In: ISAIA, Geraldo C. **Materiaias de construção civil, v. 2: e princípios de ciência e engenharia de materiais**. 2. ed. São Paulo, IBRACON, 2010.

GASPAR, André Poças. **Construção de edifícios de habitação em light steel framing: alternativa viável à construção tradicional**. 2013. 152 f. Dissertação (Mestre em Arquitetura). Universidade Lusófona do Porto. Porto, 2013.

GOOGLE (Brasil) (Comp.). **Google maps**. 2018. Disponível em: <<https://www.google.com.br/maps/place/Condomínio+Flora+Boulevard/@5.886085,35.1907111,17z/data=!3m1!4b1!4m5!3m4!1s0x7b2f8c61f774ca5:0x7ad99b740323610!8m2!3d-5.8866085!4d-35.1885224>>. Acesso em: 10 mar. 2018.

HASS, Deleine Christina Gessi; MARTINS, Louise Floriano. **Viabilidade econômica do uso do sistema construtivo steel frame como método construtivo para habitações sociais**. 2011. 76 f. TCC (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Louise Floriano Martins, 2011.
JOHN, Vanderley. M. (coordenador)... [et al.]. **Tecnologias para a construção habitacional mais sustentável**. Projeto FINEP 2386/4. São Paulo, 2007.

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.

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

MEDEIROS, J. S. **Tecnologias de vedação e revestimento para fachadas**. Rio de Janeiro: Centro Brasileiro de Construção em Aço (CBCA), 2014. (Série Manual de Construção em Aço).

MENEGUIN, Rita de Cássia; LOPES, Cristiano rocha; GOMES, Cynara F. Maia. **Steel Framing**. 2008. 61 f. Monografia - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

MERCADO LIVRE (Brasil). **Cantoneira**. 2017. Disponível em: <https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-753836734-desempenadeira-de-pvc-regua-cantoneira-e-pegador-para-gesso-_JM>. Acesso em: 13 nov. 2017.

MICHAELIS. **Moderno Dicionário da Língua Portuguesa**. 1987. Disponível em: <<http://michaelis.uol.com.br/moderno/portugues/index.php>>. Acesso em: 25 out. 2017.

MILAN, Gabriel Sperandio; NOVELLO, Roger Vagner; REIS, Zaida Cristiane dos. A VIABILIDADE DO SISTEMA LIGHT STEEL FRAME PARA CONSTRUÇÕES RESIDENCIAIS. **Revista Gestão Industrial**, Paraná, v. 7, n. 1, p.189-209, dez. 11.

MANUAL DE CONSTRUÇÃO EM AÇO: Steel Framing: Engenharia. Rio de Janeiro: Cbca, 2006.

PEDROSO, Sharon Passini; FRANCO, Guilherme Augusto; BASSO, Guilherme Luiz.

Steel frame na construção civil. 2014. 14 f. TCC (Graduação) – Curso de Engenharia Civil. **Anais do 12º Encontro Científico Cultural Interinstitucional**, 2014. Cap. 3.

PINHO, F O. **Quando construir em Aço**. Disponível em: <<https://www.gerdau.com/br/pt/products/services/.../artigo-quando-construir-em-aco.pdf>>. Acesso em: 24 fev. 2018

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. 66 f. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso, Graduação 98 em Engenharia de Produção Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2013.

RODRIGUES, Francisco Carlos. **Steel framing: engenharia**. Rio de Janeiro: Centro Brasileiro de construção em aço, 2006. 127 p. Disponível em: <http://ig-engenharia.com/wp-content/uploads/2012/11/manual_engenharia.pdf>. Acesso em: 25 out. 2017.

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

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

TRISOFT. **Manta de Pet substitui Lã de Rocha e Lã de Vidro**. Disponível em: <<https://www.trisoft.com.br/manta-de-pet-substitui-la-de-rocha-e-la-de-vidro/>>. Acesso em: 28 mar. 2018.

WALL, Eco. **Steel Framing**. Disponível em: <www.wallgreen.com.br/>. Acesso em: 26 mar. 2018.

WAY, A.G.J.; COUCHMAN, G.H. **Acoustic Detailing for Steel Construction**. The Steel Construction Institute - SCI publication P372. Ascot, 2008.

