



**CENTRO UNIVERSITÁRIO PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS
UNIPAC BARBACENA
ENGENHARIA CIVIL**

**CAIO VITOR MIRANDA
LUCAS RODRIGUES PILAR DE OLIVEIRA**

**ESTUDO COMPARATIVO ENTRE O SISTEMA LIGHT *STEEL FRAMING* E O
SISTEMA CONSTRUTIVO CONVENCIONAL**

**BARBACENA
2021**

**CAIO VITOR MIRANDA
LUCAS RODRIGUES PILAR DE OLIVEIRA**

**ESTUDO COMPARATIVO ENTRE O SISTEMA LIGHT *STEEL FRAMING* E O
SISTEMA CONSTRUTIVO CONVENCIONAL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de graduação em Engenharia Civil do Centro Universitário Presidente Antônio Carlos de Barbacena como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Profa. Ma. Deysiane Antunes Barroso Damasceno.

**BARBACENA
2021**

Dedicamos este trabalho a todos que
contribuíram direta ou indiretamente para
nossa formação acadêmica.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por me guiar pela caminhada.

Agradeço aos meus pais que deram o melhor para eu me tornar o que sou hoje.

Agradeço a todos aqueles que estiveram ligados de alguma forma à minha evolução, tanto profissional como humana.

RESUMO

O constante crescimento do setor da construção civil leva a busca por novos métodos e tecnologias construtivas que proporcionem redução dos prazos de entrega e dos impactos ambientais, aumento da produtividade na construção e redução de custos garantindo ainda que a edificação seja confortável e segura. O sistema construtivo *Light Steel Framing* (LSF) atende perfeitamente a esses requisitos, trata-se de estrutura leve, segura e confortável, seu prazo de construção é bem inferior ao sistema convencional, além de proporcionar uma obra onde a geração de resíduos é quase nula. Já a alvenaria convencional apresenta algumas características pouco vantajosas, como o grande desperdício de materiais, falta de qualidade nos serviços e falta de padronização na execução dos serviços. No presente trabalho buscou-se comparar esses sistemas quanto aos custos, produtividade e sustentabilidade segundo a ótica de diversos autores, além das etapas construtivas e patologias. Pode-se ver que o sistema LSF apresenta, em algumas regiões, um custo relativamente maior que os sistemas convencionais, contudo, prazo de execução da obra é menor, além de ser um sistema construtivo onde o impacto gerado ao meio ambiente é praticamente nulo, ou seja, apesar de ser uma construção em que o custo com mão de obra e materiais seja superior ao dos sistemas construtivos convencionais, ela se torna viável por ser mais rápida, limpa e tão eficiente quanto os demais sistemas tradicionais.

Palavras-chave: *Light Steel Framing*. Sistema Construtivo. Sustentabilidade. Construção Civil.

ABSTRACT

The constant growth of the civil construction sector leads to the search for new construction methods and technologies that reduce delivery time and environmental impacts, increasing construction productivity, and reducing costs by ensuring that the building is comfortable and safe. The Light Steel Framing (LSF) constructive system perfectly meets these requirements, for being a light, safe and comfortable structure, the construction time is much shorter than the conventional system, in addition to providing a work where the generation of waste is almost zero. Conventional masonry, on the other hand, has some less than advantageous characteristics, such as the great waste of materials, lack of quality in services and of standardization in the execution of services. This work seeks to compare these systems in terms of costs, productivity and sustainability from the perspective of several authors, in addition to the constructive stages and pathologies. It can be seen that the LSF system has, in some regions, a relatively higher cost than conventional systems, however, the construction period is shorter, in addition to being a constructive system where the impact on the environment is practically nil, that is, despite being a construction in which the cost of labor and materials is higher than that of conventional construction systems, it becomes viable because it is faster, cleaner and as efficient as other traditional systems.

Keywords: Light Steel Framing. Constructive System. Sustainability. Construction Industry.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
2 DESENVOLVIMENTO	10
2.1 Sistema construtivo convencional	10
2.2 Sistema LSF	10
2.3 Etapas Construtivas: LSF x Sistema Convencional	11
<i>2.3.1 Fechamento</i>	12
<i>2.3.2 Fundação</i>	15
<i>2.3.3 Estrutura</i>	16
<i>2.3.4 Instalações Elétricas e Hidráulicas</i>	19
<i>2.3.5 Cobertura</i>	20
<i>2.3.6 Lajes</i>	21
<i>2.3.7 Revestimentos</i>	22
2.4 Patologias: LSF x Sistema Convencional	23
<i>2.4.1 Fissuras ou Trincas</i>	23
<i>2.4.2 Corrosão</i>	24
<i>2.4.3 Recalque</i>	25
2.5 Aspectos de Durabilidade	26
3 VANTAGENS E DESVANTAGENS DO LIGHT STEEL FRAMING	27
4 SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL	29
5 COMPARATIVO SISTEMA ALVENARIA CONVENCIONAL E LSF	30
5.1 Comparativo econômico	30
5.2 Comparativo de Produtividade	31
5.3 Impacto Ambiental	33
6 CONCLUSÃO	34
REFERÊNCIAS	35

1 INTRODUÇÃO

Os sistemas construtivos convencionais, largamente utilizados na construção civil, podem ser realizados de duas formas: umas delas é o sistema reticulado, onde as lajes, vigas e pilares transportam as cargas até a fundação e a alvenaria só é utilizada como vedação. Nesse caso, a alvenaria pode ser em blocos cerâmicos ou de concreto. O outro modelo seria o sistema autoportante onde a alvenaria tem função estrutural, sendo ela a responsável por transportar as cargas até a fundação.

Um sistema construtivo mais moderno e que vem ganhando espaço no setor é *Light Steel Framing* (LSF), que compreende uma estrutura cujo principal elemento estrutural é o aço galvanizado. É um sistema construtivo criado na década de 1930 nos Estados Unidos, baseado no sistema de madeiras conhecido como *Wood Frame*, comum na Europa e Ásia. No Brasil vem ganhando espaço a partir da década de 90. O LSF é uma estrutura feita em perfis de aço leve e galvanizados formados a frio, que em conjunto com os elementos de isolamento, vedação, fundação e instalação dão forma a edificação. Os produtos para esse conjunto de estrutura são industrializados com alto rigor de controle, proporcionando pequena possibilidade de falha em sua fabricação (POMARO, 2015 *apud* LAGOA *et al.*, 2021).

Por se tratar de um sistema construtivo essencialmente leve e de rápida execução, o LSF pode se tornar tendência em construções populares, pois, condiz com um caminho notável para o âmbito da construção civil, já que além de favorecer de modo direto o orçamento da obra, também se apresenta como um sistema construtivo sustentável, essencial para o progresso da sociedade. De modo geral, o menor prazo de entrega oferecido pelo sistema oferece um retorno mais ágil de benefícios ao cliente, notabilizando a construção como uma excelente opção de investimento para as edificações vindouras (NICOLETTI, SANTOS; ROSSETO, 2019).

Assim, o objetivo do presente trabalho é apresentar o sistema construtivo em *Light Steel Framing* por meio de uma análise comparativa com construções convencionais, levando-se em conta parâmetros como: economia, produtividade, sustentabilidade, eficácia, funcionalidade da edificação, além das etapas construtivas e patologias relacionadas aos sistemas.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Sistema construtivo convencional

As construções convencionais se tratam de construções realizadas no sistema que utilizam vigas e pilares em concreto e vedação utilizando blocos de cerâmica ou cimento, que são assentados com uso de argamassa (FIG. 1). No Brasil é o sistema mais utilizado para construções residenciais, pois utiliza-se de materiais simples como cimento, água e agregados, mas tal método é caracterizado pela forma lenta de produção e necessidade de elevado número de colaboradores para sua execução (CASSAR 2018).

Figura 1 – Estrutura em concreto armado com blocos cerâmicos.



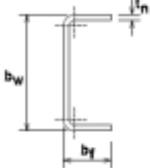
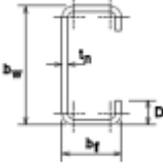
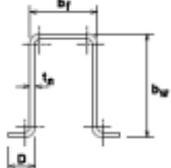
Fonte: INOCENTI; BERTEQUINI (2018)

2.2 Sistema LSF

O esqueleto da estrutura em LSF é composto, basicamente, por perfis metálicos formados a frio do tipo U simples, U enrijecido, cartola e cantoneiras de abas desiguais conforme a FIG. 2 e de elementos para o fechamento externo e interno da construção, em geral formados por placas de gesso, fibrocimento e madeira. O contraventamento da estrutura é de fundamental importância, garantindo sua rigidez contra ações de ventos e sismos (LEÃO *et al.*, 2021). Para que a estrutura cumpra os requisitos de desempenho e função para a qual

foi projetada é preciso que os subsistemas sejam compatíveis. Os subsistemas são a fundação, a estrutura metálica que forma o esqueleto, os fechamentos internos e externos e o isolamento termoacústico (FREITAS; CRASTO, 2006 *apud* CALDAS *et al.*, 2016).

Figura 2 - Perfis de aços e suas utilizações

Seção Transversal	Série Designação NBR 6355:2008	Utilização
	Perfil U simples U $b_w \times b_f \times t_n$	Guia Ripa Bloqueador Sanefa
	Perfil U enrijecido U $b_w \times b_f \times t_n$	Bloqueador Enrijecedor de alma Montante Verga Viga
	Perfil Cartola Cr $b_w \times b_f \times D \times t_n$	Ripa
	Cantoneira de abas desiguais L $b_{f1} \times b_{f2} \times t_n$	Cantoneira

Fonte: NBR 15.253/2014 *apud* MEIRELES (2018)

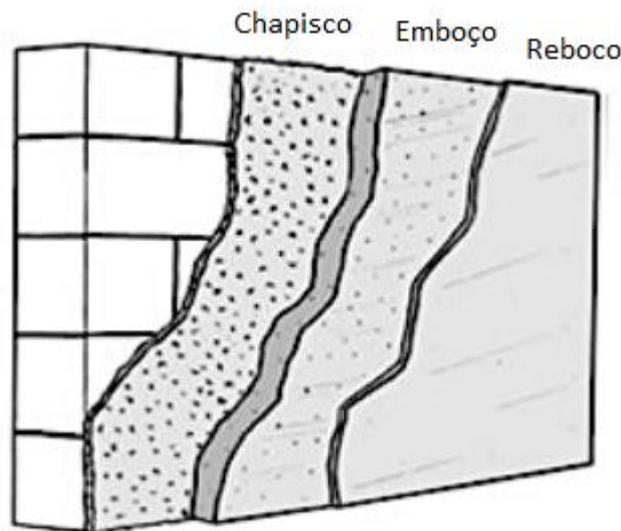
2.3 Etapas Construtivas: LSF x Sistema Convencional

A alvenaria convencional está no Brasil há séculos, sendo o sistema mais utilizado no país na atualidade. Pela necessidade de sistemas construtivos que entreguem melhor desempenho, em meados dos anos 90, chegou ao Brasil o LSF. A análise comparativa entre esses dois métodos, seja de custos, produtividade ou impactos ambientais provocados, deve ser cautelosa, em função das particularidades de cada método, e, é aconselhável, inclusive, que ela seja feita por etapas da construção, a fim de identificar os principais parâmetros de impacto em cada caso (CALDAS *et al.*, 2016).

2.3.1 Fechamento

Como já dito, o sistema de fechamento do sistema construtivo convencional é feito por blocos cerâmicos, sendo necessário a aplicação do revestimento da parede, composta geralmente por uma camada de chapisco, emboço e reboco (FIG. 3). Por ser um processo em que se necessita o máximo de atenção e de qualidade, o tempo de produção dessa etapa é grande, o que gera grandes gastos com mão de obra e material (YAZIGI, 2002 *apud* GRUBLER, 2021).

Figura 3 – Sistema de fechamento da estrutura convencional.



Fonte: GRUBLER (2021)

Segundo Tamaki (2015, *apud* CALDAS *et al.*, 2016), os materiais utilizados no LSF são:

- a) Na estrutura conforme a FIG. 4, os perfis de aço possuem espessuras de 0,8 mm, 0,95 mm e 1,25 mm, e devem receber uma camada de revestimento em zinco, protegendo contra corrosão, de no mínimo 180 g/m².

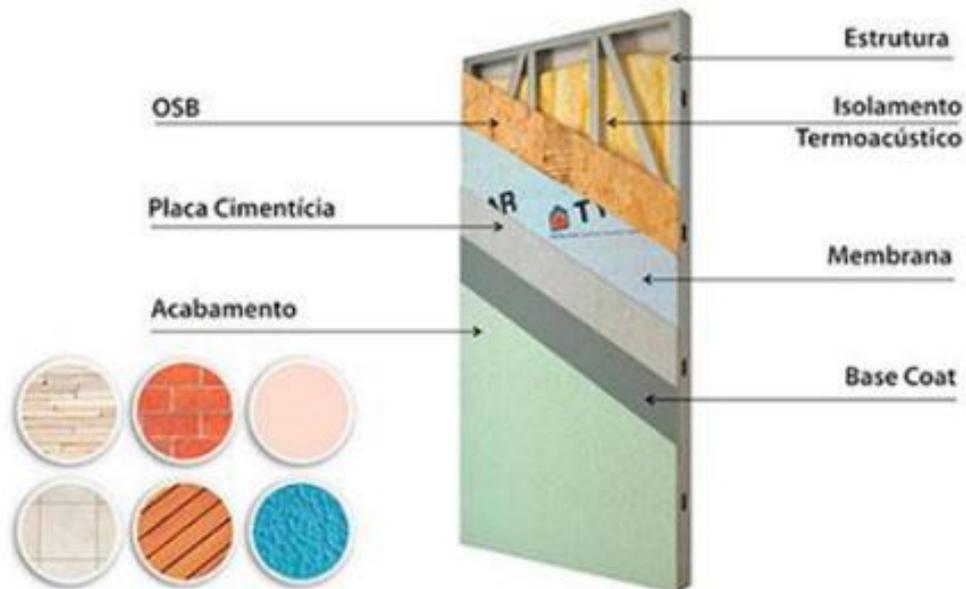
Figura 4 - Estrutura em Light Steel Framing



Fonte: FIRMINO (2019)

- b) O fechamento externo conforme a FIG. 5, com placas cimentícias ou de fibrocimento e *siding vinílico*¹, que pode ser vinílico (PVC), de madeira ou cimentício para resistir às intempéries.

Figura 5 - Estrutura esquemática do fechamento externo

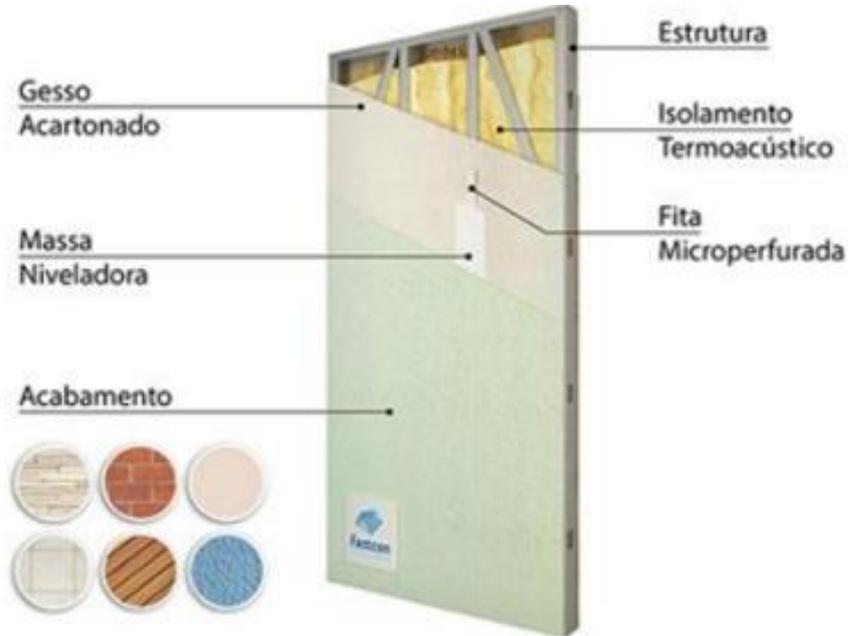


Fonte: MIRANDA (2018)

¹ Siding: tapume.

- c) O fechamento interno conforme a FIG. 6 pode ser feito em placas de gesso acartonado com espessuras variando entre 6,5 mm, 9,5 mm, 12,5 mm e 15 mm.

Figura 6- Estrutura esquemática do fechamento interno



Fonte: MIRANDA (2018)

- d) As chapas OSB (*Oriented Strand Board*), como mostrado na FIG. 7, formadas por partículas de madeira orientadas e prensadas, instaladas entre o perfil de aço e o revestimento podem ser utilizadas tanto internamente quanto externamente.

Figura 7 - Chapas OSB



Fonte: SENA JÚNIOR; CARMO (2015)

- e) Os espaços entre as placas de fechamento são preenchidos por mantas isolantes, geralmente de lã de vidro, FIG. 8, com espessura de 50 mm ou lã de rocha, FIG. 9, promovendo o isolamento térmico e acústico.

Figura 8 - Lã de vidro



Fonte: SENA JÚNIOR; CARMO (2015)

Figura 9 - Lã de rocha



Fonte: SENA JÚNIOR; CARMO (2015)

2.3.2 Fundação

No sistema construtivo convencional, existem dois tipos de fundação, do tipo rasa e profunda. Conhecida por superficiais, as fundações do tipo rasa, são situadas a uma altura

entre um metro e meio a dois metros da superfície do terreno, transmitindo suas cargas para o solo pela sua área de base. Os tipos mais comuns de fundações rasas são as sapatas isoladas, sapatas corridas, sapatas associadas e radier. As fundações profundas possuem no mínimo três metros de profundidade, transmitindo suas cargas por sua área de base e por suas laterais, sendo mais comum os tubulões e estacas (MORAES, 1997 *apud* FELIPE; ARAÚJO JÚNOR, 2018)

Por se ter muitas opções de fundações no sistema convencional, a escolha por qual utilizar depende do tipo de construção e respectiva carga da mesma, vendo a possibilidade de ter que se usar fundações, por exemplo, do tipo profunda, onde os gastos são maiores que do tipo rasa.

Como se trata de estrutura e componentes leves, o LSF exige bem menos da fundação que as construções convencionais. Por este motivo o sistema mais utilizado é o radier que a NBR 6122:1996 define sendo um elemento de fundação superficial que abrange todos os pilares ou carregamentos distribuídos. A FIG. 10 destaca esta fundação a fim de ilustrar a ancoragem dos painéis (Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT, 1996).

Figura 10 - Fundação em radier no LSF



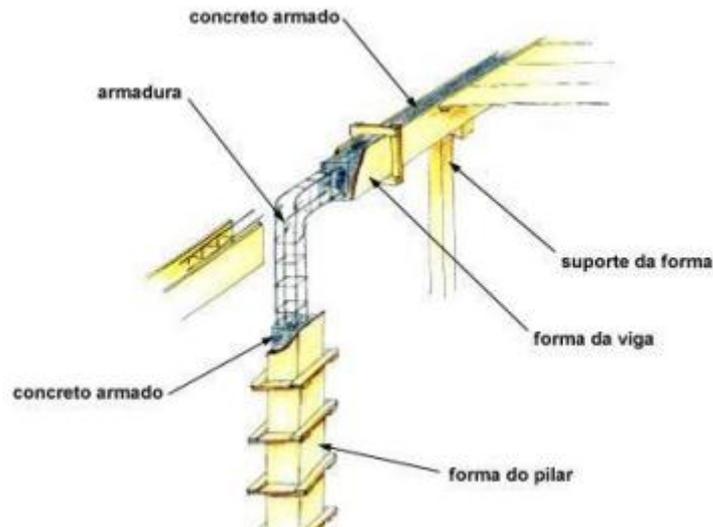
Fonte: STEEL FRAME BRASIL (2018)

2.3.3 Estrutura

A estrutura do sistema convencional é composta por pilares, vigas e lajes de concreto armado, sendo que os vãos são preenchidos por tijolos cerâmicos. O peso da edificação é distribuído nas lajes, vigas, pilares e por fim nas fundações. Na construção das vigas e pilares são utilizados aço estrutural e formas, conforme indica a FIG. 11. Por ser um método

construtivo complexo, esse sistema ainda, é considerado por baixa produtividade e alto índice de desperdício (CRUZ, 2021).

Figura 11 – Elementos da estrutura convencional.



Fonte: CRUZ (2021)

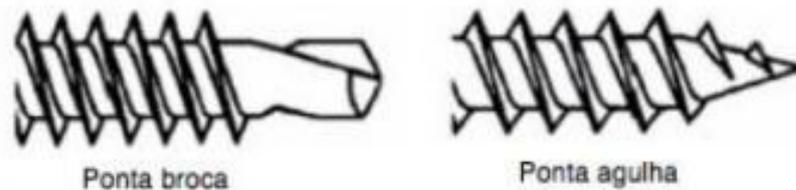
Na estrutura do LSF o elemento utilizado é o aço galvanizado e com certificação internacional de qualidade ISO 9001. Como já citado, os perfis metálicos formados à frio pode ser do tipo U simples, U enrijecido, cartola e cantoneiras de abas desiguais protegidos por uma camada de zinco de 180g/cm². Os perfis possuem comprimento limitado no Brasil as dimensões comercializadas são de 90, 140 e 200 mm (TAB. 1) e por isso é necessário conectar as peças por meio de chumbadores mecânicos (atuam por fricção e/ou base de suporte), químicos (atuam por adesão) ou fixação acionado por pólvora (finca-pinos) (CRASTO, 2005). Além disso, a conexão pode ser feita por parafusos autoatarraxantes (agulha) e auto perfurantes (broca) (FIG. 12), de aço carbono e ainda cobertos por uma camada de zinco para evitar a corrosão. As dimensões e comprimentos dos parafusos variam, como mostrado na TAB. 2 (SANTIAGO 2008 apud SENA JUNIOR; CARMO, 2015).

Tabela1 - Dimensões dos perfis

DIMENSÕES (MM)	DESIGNAÇÃO	LARGURA DA ALMA bw(mm)	LARGURA DA MESA bf(mm)	LARGURA DO ENRIJECEDOR DE BORDA - D (mm)
Ue 90x40	Montante	90	40	12
Ue 140x40	Montante	140	40	12
Ue 200x40	Montante	200	40	12
Ue 250x40	Montante	250	40	12
Ue 300x40	Montante	300	40	12
U 90x40	Guia	92	38	-
U 140x40	Guia	142	38	-
U 200x40	Guia	202	38	-
U 250x40	Guia	252	38	-
U 300x40	Guia	302	38	-
L 150x40	Cantoneira de abas desiguais	150	40	-
L 200x40	Cantoneira de abas desiguais	200	40	-
L 250x40	Cantoneira de abas desiguais	250	40	-
Cr 20x30	Cartola	30	20	12

Fonte: CRASTO (2005)

Figura 12 - Tipos de parafusos



Fonte: SENA JUNIOR; CARMO (2015)

Tabela 2 - Dimensões e comprimentos dos parafusos

BITOLA	DIÂMETRO	COMPRIMENTO	
		(in)	(mm)
-	(mm)	(in)	(mm)
6	3,5	1/2" a 1"	12,7 a 25,4
8	4,2	1/2" a 1"	12,7 a 25,5
10	4,8	1/2" a 1/2"	12,7 a 38,1
12	5,3	1/2" a 1/2"	12,7 a 38,2
14	6,3	1/2" a 1/2"	12,7 a 38,3

Fonte: SENA JUNIOR; CARMO (2015)

2.3.4 Instalações Elétricas e Hidráulicas

O processo para instalação hidráulica e elétrica no convencional, deve seguir alguns cuidados, acrescentado de que as instalações não podem ser embutidas nas vigas e nos pilares, uma vez que fazer cortes nesses elementos pode acarretar na condição estrutural da edificação. Locando na parede, é necessário fazer cortes nas paredes também, gerando entulhos, o que não é benéfico para o meio ambiente e é indesejável no canteiro de obras (CRUZ, 2021).

No sistema LSF, esses problemas inexistem, uma vez que, a estrutura é feita de painéis de aço, e, o interior das paredes é vazio proporcionando a presença de furos nas montagens com execução rápida e evitando que quebre paredes na manutenção, o que vem acarretar assim um número de entulhos reduzido, quase a zero, como mostrado nas FIG. 13 e 14 (GARCIA *et al.*, 2019).

Figura 13 - Instalação elétrica passando dentro dos painéis



Fonte: SENA JÚNIOR; CARMO (2015)

Figura 14 - Instalação hidráulica passando dentro dos painéis



Fonte: SENA JÚNIOR; CARMO (2015)

2.3.5 Cobertura

A NBR 15575 (ABNT, 2013) define as coberturas como conjunto de elementos construídas no topo das edificações com a função de proteger as edificações contra intempéries, fatores externos e contribuir para o conforto termoacústico. As coberturas das construções convencionais, a madeira é o material mais utilizado nas estruturas, para realização das treliças, cantoneiras, escoras e entre outros componentes que dão suporte as telhas, sendo as mais utilizadas as telhas cerâmicas e fibrocimento (CASSAR,2018). Já nas coberturas do sistema LSF são usadas as mesmas peças em aço galvanizado utilizadas na superestrutura (FIG. 15) e as telhas utilizadas são as sanduiche, *shingle*, cerâmica e fibrocimento. As vantagens dessas estruturas em comparação com as coberturas convencionais são a leveza, a resistência contra parasitas e vencimento de grandes vãos (MIOLA, 2019)

Figura 15 - Estrutura da cobertura em LSF



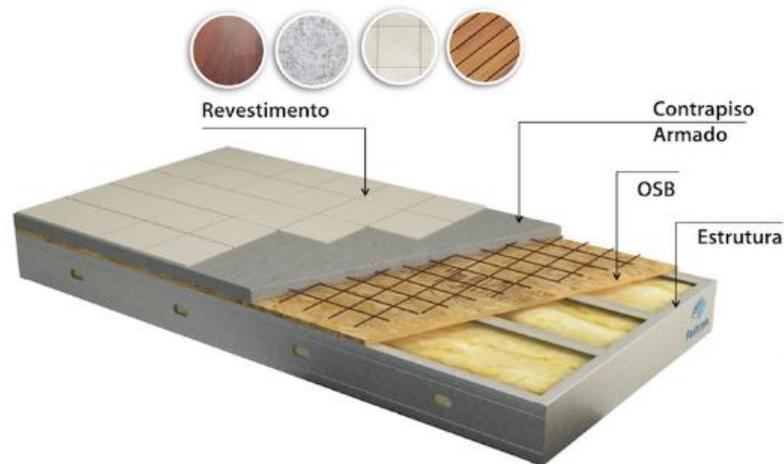
Fonte: MIRANDA (2018)

2.3.6 Lajes

De acordo com a NBR 6118:2003 as lajes dos sistemas convencionais, podem ser caracterizadas como lajes maciças ou pré-moldadas, sendo lajes maciças executadas totalmente em obra em concreto armado, já as lajes pré-moldadas são constituídas de vigotas de concreto pré-moldadas e lajotas de concreto ou cerâmica. O custo com esses tipos de lajes pode ser grande, devido a elevada utilização de concreto e aço na sua construção.

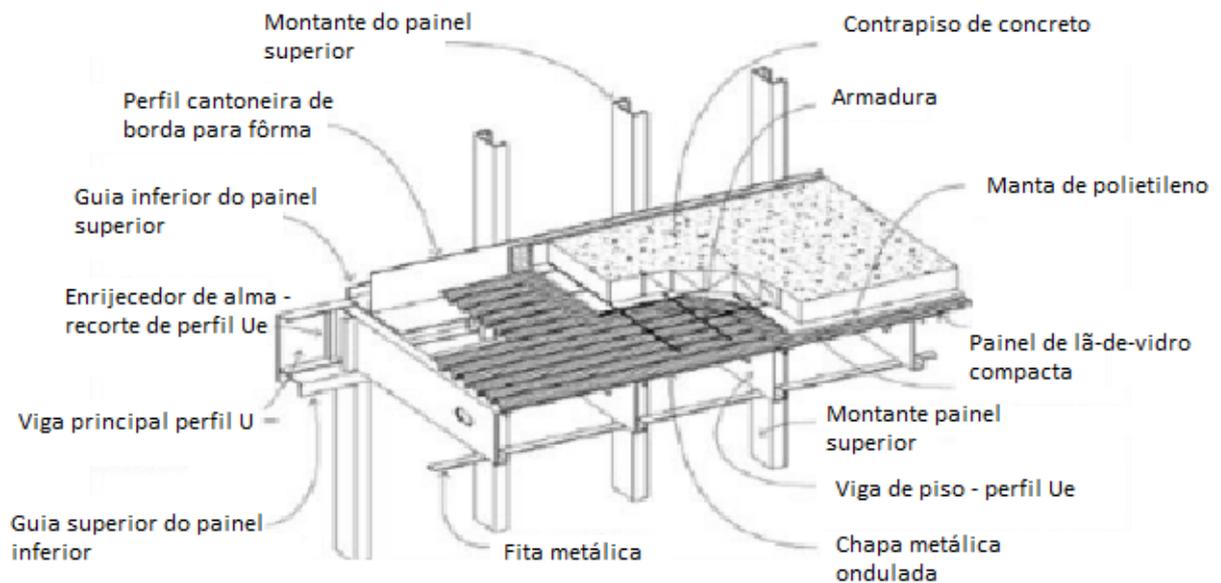
As lajes do sistema LSF são denominadas lajes secas ou úmidas. Sendo as secas estruturas metálicas leves de fácil instalação revestidas com as placas OSB ou cimentícias onde comporta o contrapiso e o revestimento (FIG. 16). As lajes úmidas constituídas por telhas galvanizadas parafusadas às vigas, onde servirá de forma para uma camada de concreto devendo conter uma armadura em tela para evitar fissuras (FIG. 17) (SANTOS; DA COSTA, 2018).

Figura 16 - Estrutura esquemática de lajes secas em LSF



Fonte: MIRANDA (2018)

Figura 17 - Estrutura esquemática de lajes úmidas em LSF



Fonte: INOCENTI; BERTEQUINI (2018)

2.3.7 Revestimentos

Os revestimentos das paredes de alvenarias convencional é formulada a partir de argamassas para a sua aplicação, existem tipos distintos de argamassa, utilizadas em funções específicas, sendo os, chapisco utilizado como argamassa de aderência; emboço utilizado com argamassa de regularização; e reboco utilizado como argamassa de acabamento. Após esses

processos a alvenaria poderá receber o revestimento final, como pintura, textura, gesso ou cerâmicas, levando em consideração o local das aplicações (CASSAR,2018).

O LSF utiliza o *Drywall* como vedação interna, que assim como a alvenaria de tijolos ele pode receber qualquer tipo de revestimento, sendo pintura, cerâmica, papel de parede, porcelanato, na construção civil brasileira os acabamentos mais utilizados são a pintura e a cerâmica. Para a realização da cerâmica pode aplicá-la diretamente sobre as placas utilizando argamassa colante, diminuindo assim as etapas de construção em comparação com a alvenaria convencional. O procedimento da pintura se torna possível após o lixamento das placas, onde foram aplicadas as massas e a execução de fundo, preparador de pintura ou selador, (LABUTO, 2014).

2.4 Patologias: LSF x Sistema Convencional

2.4.1 Fissuras ou Trincas

As fissuras ou trincas (FIG. 18) surgem nas edificações por vários fatores, dentre eles o recalque, vergas mal executadas, vigas mal dimensionadas, sobrecarga nas lajes, entre outros. O problema dessas patologias é que pode ser indicativos de futuros problemas ainda maiores (THOMAZ, 1989 *apud* LAGOA *et al.*, 2021).

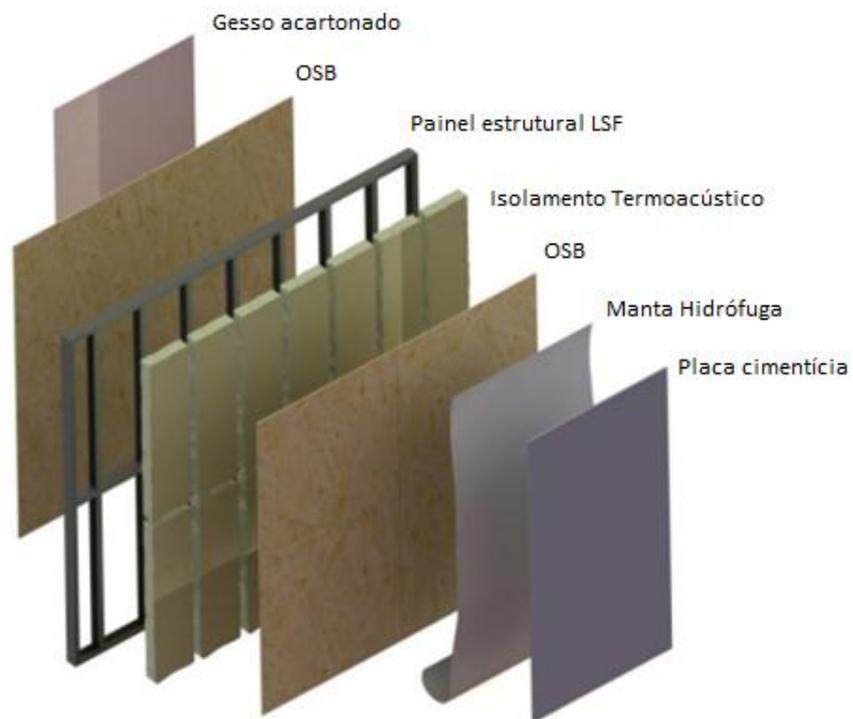
No sistema LSF esses problemas são minimizados devido ao fato de que para o fechamento externo são utilizadas placas cimentícias e para o fechamento interno pode ser utilizado o *Drywall* ou Gesso Acartonado, sendo que ambos os casos os materiais usados não têm função estrutural, apenas o próprio fechamento da edificação, conforme a FIG. 19 (THOMAZ, 1989 *apud* LAGOA *et al.*, 2021).

Figura 18 – Fissura na edificação.



Fonte: LAGOA *et al.* (2021)

Figura 19 - Estrutura esquemática do fechamento interno e externo



Fonte: MIRANDA (2018)

2.4.2 Corrosão

Um dos cuidados mais importantes na execução do concreto armado é com relação ao cobrimento da armadura, uma vez que sua má execução pode levar a corrosão da armadura

(FIG. 20), patologia nociva que provoca redução da seção transversal do aço reduzindo a vida útil da estrutura podendo provocar até mesmo o colapso da edificação.

Os perfis metálicos utilizados no sistema LSF são galvanizados e recebem uma camada de zinco, que varia de acordo com a agressividade do ambiente. Além das camadas de fechamento, mantas isolantes. Problemas de corrosão nesse tipo de estrutura é pouco provável, proporcionando vida útil da edificação mais longa. É importante ressaltar que, caso haja a presença dessa patologia em algum perfil da estrutura, é possível realizar substituição da mesma por uma estrutura nova resolvendo o problema localmente (SANTIAGO, 2012 *apud* LAGOA *et al.*, 2021).

Figura 20 – Corrosão na armadura.



Fonte: LAGOA *et al.* (2021)

2.4.3 Recalque

Uma construção precisa de uma série de processos até de fato começar a obra. A falta de um estudo de sondagem, má compactação do solo, fundação inadequada, peso da edificação, podem ser fatores que cause o recalque da edificação (FIG. 21), que nada mais é que o fundamento da estrutura, podendo ser em um ponto ou total (LAGOA *et al.*, 2021).

Em se tratando de LSF, a edificação é considerada leve, podendo ser cerca de 70% mais leve que uma edificação convencional, exigindo assim bem menos da fundação, podendo ser do tipo *Radier*, conforme a FIG. 22. Esse tipo de fundação equilibra os movimentos muito bem, reduzindo assim a possibilidade de recalque (POMARO, 2015 *apud* LAGOA *et al.*, 2021).

Figura 21 – Efeito do recalque na edificação.



Fonte: LAGOA *et al.* (2021)

Figura 22 - Aplicação da estrutura em LSF na fundação em radier



Fonte: MIRANDA (2018)

2.5 Aspectos de Durabilidade

De acordo com a NBR 15575 (ABNT, 2013), a vida útil de uma edificação é o período de tempo em que os elementos e componentes se prestam as atividades para as quais foram projetadas. Para construções convencionais essa norma designa uma idade mínima para que uma estrutura venha a se corromper, levando em consideração as manutenções periódicas. A NBR 15575/2013 estabelece uma durabilidade mínima para: pisos internos - 13 anos; vedação externa - 40 anos; vedação interna - 20 anos; cobertura - 20 anos; sistema hidrossanitário - 20 anos (MEREBA, 2015). A durabilidade da construção em LSF pode chegar a 300 anos em áreas urbanas comuns e de 150 anos em ambientes corrosivos como áreas rurais e marítimas (MEREBA, 2015)

3 VANTAGENS E DESVANTAGENS DO LIGHT STEEL FRAMING

Segundo a ABCEM (Associação Brasileira da Construção Metálica), o LSF caracteriza-se principalmente pela leveza da construção, parâmetro considerável para o desenvolvimento de um projeto. A durabilidade da estrutura do aço é outro ponto a se considerar, podendo atingir uma idade de até 300 anos. Acresce-se a isso, redução de custos em longo prazo, produtividade, ganho de área que o LSF pode proporcionar devido às paredes internas ter menor espessura que àquelas em tijolos e blocos, proporcionando um ganho de 4% a 5% de área, melhora no desempenho e condições dos canteiros de obra quando comparado ao sistema de construção convencional (BABIČ *et al.*, 2010 *apud* OLIVIERI *et al.*, 2017). Além disso, pode-se citar:

- a) Agilidade: com elementos pré-moldados, o LSF reduz o número de etapas da construção, pois, as peças veem prontas para montagem e ligação. Além de apresentar facilidade nas instalações elétricas, hidrossanitários. Isso por que a passagem dos eletrodutos e tubulações são feitas a partir de espaços visíveis nos montantes e guias metálicas, evitando rasgos fazer as instalações (ABCEM, 2021);
- b) Redução de Custos: comparado ao sistema convencional, o LSF permite redução de custos através da otimização do tempo de montagem da estrutura podendo executar diversas etapas concomitantemente e, por ser uma estrutura leve, o custo da infraestrutura varia de 20% a 30% a menos que a do sistema convencional (ABCEM,2021);
- c) Obra limpa e sustentável: as construções feitas por esse método reduzem a produção de resíduo durante a execução. Por essa razão, o ambiente de trabalho permanece limpo, facilitando também outras etapas. Outro aspecto importante é a redução do uso de recursos naturais, como a água. Para a execução do LSF quase não é necessária, exceto para a fundação e na produção de argamassa (ABCEM, 2021).

Embora apresente inúmeras vantagens, o sistema de LSF é relativamente novo no mercado nacional, em função disso, as empresas e profissionais da área encontrarem algumas dificuldades para sua comercialização como segue (OLIVIERI *et al.*, 2017):

- a) Cultura: no Brasil, menos de 3% das edificações são construídas pelo sistema *Steel Framing*. O país ainda apresenta uma forte tradição com construções de alvenaria, mas apesar desse tradicionalismo brasileiro, o *Steel Framing* vem ganhando espaço;

- b) Limite de Pavimentos: apesar dos perfis de aço galvanizado serem muito resistentes, existe um limite de andares para construções em *Steel Framing*. O aço é um material leve e, quando utilizado em edificações de elevada altura estão mais suscetíveis a ação do vento, que pode causar instabilidade da estrutura, além disso, os perfis podem sofrer flambagem, que é o fenômeno de curvatura que ocorre em peças esbeltas. Diante do exposto, não é indicado para construções com mais de cinco andares, apresentando fragilidade;
- c) Escassez de mão de obra especializada: talvez essa seja a maior dificuldade desse mercado. A escassez de mão de obra especializada e a falta de um mercado competitivo provoca o aumento do custo desse sistema. Por ser uma opção inovadora no Brasil, os profissionais da área devem realizar treinamentos e capacitações específicas para oferecer todas as vantagens do *Steel Framing*.

4 SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Sustentabilidade é um modelo de desenvolvimento sociocultural, econômico e ambiental equilibrado, ou seja, que permite utilizar recursos naturais sem comprometer o futuro (MOTTA, 2009).

A construção civil com toda certeza é o setor da economia que mais consome matérias providas do meio ambiente, pois consome grande quantidade de água potável, além do elevado gasto com energia elétrica nos processos produtivos (BRIZOLLA *et al.*, 2017). Nesse contexto também existe a preocupação com a poluição gerada pela construção civil, por isso o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) estabelece diretrizes para a gestão de resíduos nas construções que são regulamentados por Decretos e Portarias (CONAMA, 2002).

De acordo com o Art. 3º da Resolução CONAMA (CONAMA, 2002) os resíduos providos da construção civil são separados em classes, sendo:

- a) Classe A: São caracterizados nessa classe os resíduos reutilizáveis ou recicláveis, sendo o agregado como principal resíduo, providos de construções, demolições, reformas e entre outras obras;
- b) Classe B: Caracteriza-se pelos resíduos recicláveis utilizados em outras destinações, sendo, plástico, papel, papelão, gesso, metais, madeiras etc.;
- c) Classe C: São resíduos que não há viabilidade econômica ou tecnologia desenvolvida para realizar a reciclagem, como, espumas expansivas, fitas de amarração de blocos, telas de proteção, entre outros.
- d) Classe D: São resíduos contaminados ou prejudiciais à saúde, que podem ser oriundos de processos construtivos, tais como, tintas, solventes, óleos ou produtos que contêm amianto.

O sistema *Light Steel Framing* é, sem dúvidas, uma opção mais sustentável, se comparado aos sistemas construtivos tradicionais. O LSF gera menor quantidade de resíduos sendo a maior parte deles possível de ser reaproveitada. A utilização de água, por sua vez, ocorre somente na produção de argamassa e execução da fundação, e pelo LSF se tratar de uma estrutura leve, em geral, utilizam-se fundações rasas, em que o consumo de concreto é menor (NICOLETTI; SANTOS; ROSSETO, 2019).

A rapidez em entregar a edificação ao cliente é, muitas das vezes, prioridade na construção civil, principalmente porque está relacionada ao retorno do capital investido em um período curto de tempo. Isso reflete diretamente na busca por métodos construtivos como o LSF, focado em tecnologia, sustentabilidade e produtividade.

5 COMPARATIVO SISTEMA ALVENARIA CONVENCIONAL E LSF

Os tópicos seguintes apresentam evidências comparativas entre o sistema construtivo em LSF e o sistema convencional, de modo a mostrar os benefícios deste último método construtivo, no qual ele possa vir a ser tornar uma alternativa mais acessível na construção civil.

5.1 Comparativo econômico

Na construção civil um dos problemas mais frequente é com relação a custos, uma vez que na execução de uma edificação as despesas são elevadas. O sistema LSF foi criado visando um desperdício menor de materiais e tempo de construção reduzido. Apesar da maioria dos estudos de caso apresentarem que o LSF é mais caro, conforme o GRAF. 1, a compensação se dá através dos outros benefícios, de forma a tornar-se um método construtivo de fato mais atrativo.

Segundo Sena Júnior e Carmo (2015), o orçamento para uma residência de 41,16m² total construída utilizando o sistema LSF, foi 16% mais caro que o do sistema convencional com base na Tabela SINAPI de Minas Gerais daquele ano. Contudo, Meneghel e Dare (2017) *apud* Cassar (2018), constataram que para uma edificação com área total construída de 122,16m², o custo em LSF, foi de 8,6% superior ao convencional. Já Frasson e Bitencourt (2017) *apud* Mendes (2021), encontraram um orçamento para uma residência de 55m² total construída, utilizando o LSF, foi 7% maior que o sistema convencional.

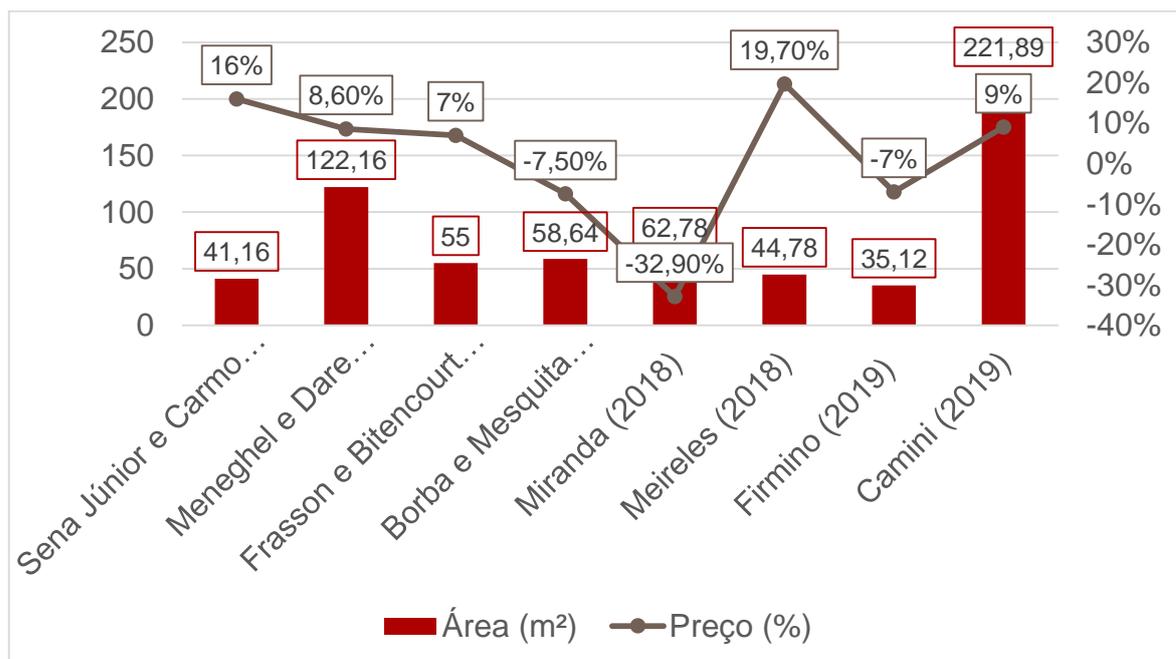
De acordo com Borba e Mesquita Filho (2018) uma edificação com área real de 58,64m², retirados dos dados da Tabela SINAPI daquele ano, do Estado de Goiás, gastaria um valor de 7,5% menor com o sistema LSF em relação ao convencional. Já em Ijuí-RS, no mesmo ano, segundo Miranda (2018), o orçamento de uma obra com 62,78m² de área construída apresentou uma diferença de 32,9% menor com o sistema LSF. Conforme Meireles (2018), o custo total em LSF para uma casa com área construída de 44,78m², foi 19,7% maior em relação ao sistema convencional. Porém para este tipo, em LSF, a casa obteve uma redução de área, passando para 42,7m².

No ano de 2019, em Maceió – AL, segundo Firmino (2019) o orçamento com base na Tabela SINAPI daquele ano, para uma residência com área total construída de 35,12m², utilizando o sistema LSF, teve um gasto 7% menor em relação ao sistema de alvenaria convencional, além de chegar a quase 14% em relação ao custo de alvenaria estrutural. No

mesmo ano, Camini (2019), apresentou um estudo comparativo entre os custos para os dois métodos, LSF e alvenaria convencional, de uma obra com área construída de 221,89m², com resultados em um orçamento 9% superior para o LSF, com base na Tabela SINAPI. No entanto, o autor não identificou o local da pesquisa.

Nota-se que, apesar da área construída da edificação influenciar diretamente na variação do custo final da edificação, este não foi o fator determinante para a diferença entre os orçamentos apresentados nos estudos. É possível notar que os custos da construção em LSF diminuíram com o passar dos anos e que o local do estudo revela maiores diferenças entre orçamentos, de forma a indicar uma grande variabilidade de custos regionais. Deve-se levar em conta também, que alguns estudos não identificaram a cidade ou estado para os quais os orçamentos foram feitos, o que apresentou ser um fator determinante para tal diferença.

Gráfico 1: Análise de dados Econômicos



Fonte: Os autores (2021)

5.2 Comparativo de Produtividade

Como já dito, o tempo de produtividade é um dos fatores mais relevantes na construção civil, sendo este um dos pilares de gastos dentro da execução da edificação. Apesar do sistema em LSF exigir uma mão de obra mais especializada, o tempo necessário de execução é menor, conforme o GRAF. 2, sendo assim um ponto forte deste método construtivo.

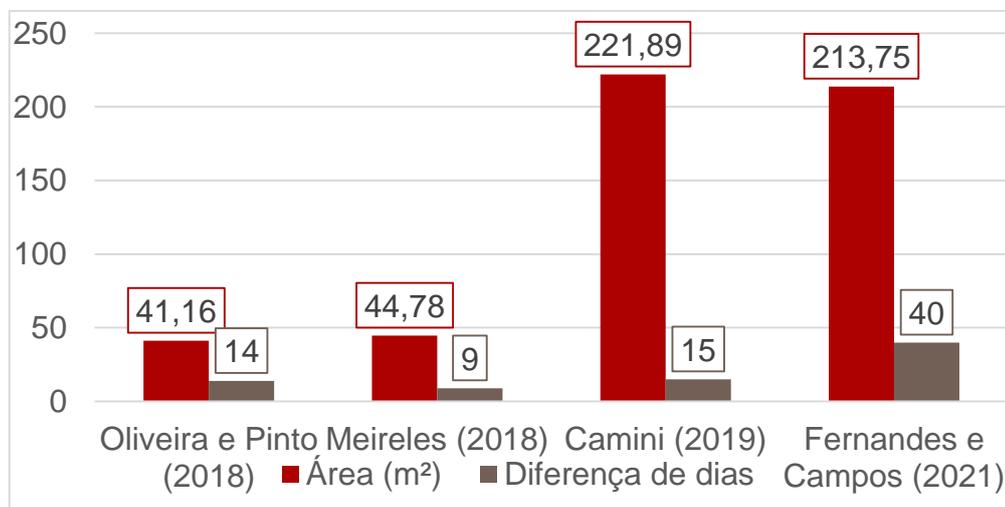
Segundo Meireles (2018), são necessários em torno de 10 dias para execução de painéis com fechamento para uma casa com área total de 44,78m². Já para uma casa em alvenaria convencional, desde a estrutura até a massa finalizada da parede, leva-se cerca de 19 dias. Vale ressaltar que trata - se da mesma casa, porém com uma redução de área, passando para 42,7m² no sistema construtivo convencional, devido à algumas particularidades da construção em LSF. Identifica - se, portanto, uma redução em torno de 45% do tempo de construção em LSF.

De acordo com Fernandes e Campos (2021), o tempo de execução para a parte estrutural e fechamento para um projeto comercial com área de 213,75m² durou em torno de 60 dias com sistema convencional e 20 dias com sistema LSF, ambos utilizando 4 funcionários.

Ainda segundo Camini (2019), existe uma diferença de 15 dias entre ambos os métodos construtivos para um projeto de uma edificação com 221,89m² de área construída, contabilizando 44 horas, sendo 5 dias semanais. Além de tudo, o clima não afeta tanto na construção em LSF, pelo fato de alguns processos não dependerem de ser feitos no local, como por exemplo os painéis, que podem ser feitos em locais fechados, podendo então, o tempo de construção ser ainda menor.

Para uma casa com aproximadamente 42m² de área construída foi estimado 6 dias para construção da superestrutura até a pintura externa em LSF, enquanto pelo método tradicional, 20 dias. Garantir uma obra rápida é essencial, podendo ter seu capital investido retornado de forma rápida também (OLIVEIRA; PINTO, 2018).

Gráfico 2: Análise de dados da Produtividade



Fonte: Os autores (2021)

5.3 Impacto Ambiental

A resolução do CONAMA nº 1 de 23 de janeiro de 1986 define impacto ambiental qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam, a saúde, a segurança, bem-estar da população, atividades sociais, atividades econômicas, a biota, condições sanitárias do ambiente e qualidade dos recursos naturais.

A construção civil é um dos principais setores econômicos, participando de cerca de 15% do PIB nacional. De acordo com o Conselho Brasileiro de Construção Sustentável (CBCS, 2013), estima-se que a construção civil consome 75% dos recursos naturais extraídos, produz aproximadamente 80 milhões de toneladas de resíduos por ano, além da liberação de CO₂ na extração de minérios utilizados.

A Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC) entende que com o cenário atual da relação homem e meio ambiente, se faz imprescindível a eficiência energética, hídrica e de materiais. Soluções inovadoras passam a ser de extrema importância de acordo com as necessidades de mudanças nas maneiras de projetar, construir e operar edificações, melhorando o uso de materiais escassos, de forma a tornar as edificações coeficientes ao longo do tempo (CNI, 2017).

De acordo com Mass e Tavares (2017), a técnica do sistema em LSF, quando comparada com a construção convencional, reduz de 40% a 70% dos resíduos no canteiro de obras. Segundo Ramos (2019), a utilização do LSF, considerado um sistema de construção a seco, permite a redução das emissões de CO₂ e de consumo energético em média de 40%, em relação ao sistema convencional.

Segundo Marcos (2015) a redução de CO₂ utilizando o sistema LSF gira em torno de 21,43% em relação ao sistema construtivo convencional. Além disso, a utilização de recursos naturais no sistema convencional tem um grande impacto, como na extração de madeiras necessárias na fabricação de fôrmas para vigas, pilares e lajes, elevado consumo de água em etapas exclusivas como no concreto estrutural, chapisco, reboco e emboço, enquanto no LSF a utilização desses recursos é quase nula.

6 CONCLUSÃO

Este trabalho possibilitou com embasamento teórico, investigar os aspectos gerais do sistema construtivo em *Light Steel Framing* (LSF), de forma a apresentá-lo como realidade de tecnologia construtiva.

Na busca por alternativas que minimizem os impactos negativos da construção civil, pode-se concluir que o LSF é uma opção viável na substituição de técnicas construtivas tradicionais. Apesar da sua limitação de pavimentos e da necessidade de mão de obra especializada, é uma proposta de construção que alia alta produtividade nas etapas construtivas a impactos ambientais quase nulos, de modo a concretizar uma opção possível às construções convencionais.

A elevada demanda da construção civil leva a busca por métodos construtivos rápidos e eficientes. Assim, por ser um sistema industrializado, estruturado por perfis de aço galvanizado, e totalmente reciclável, o LSF apresenta durabilidade acima dos métodos convencionais se tornando assim, uma ótima opção para construções residenciais e comerciais.

Foi possível identificar que, embora exista uma variabilidade regional quanto aos custos das edificações em LSF, superando na maioria das vezes os custos do sistema convencional, existe um consenso geral nos resultados: a redução dos prazos de entrega da obra e da perda de materiais (entulhos), promove uma compensação no custo final da obra.

Dentro do objetivo proposto, pôde-se conhecer as características do sistema construtivo LSF e entender que sua viabilidade real, desde que sejam consideradas suas particularidades e exigências técnicas de projeto e execução.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA CONSTRUÇÃO METÁLICA – ABCEM. Light Steel Framing: o modelo de construção flexível para todos os projetos. **ABCEM**, 2021. Disponível em: <https://www.abcem.org.br/site/blog/light-steel-framing-o-modelo-de-construção-flexível-para-todos-os-projetos>. Acesso em: 02 nov. 2021
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 6118**: Projeto de estruturas de concreto - Procedimento. Rio de Janeiro, 2004.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 6122**: Norma Brasileira para Projeto e Execução de Fundações. Rio de Janeiro, 1996.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 15575**: Norma Brasileira Edificações Habitacionais - Desempenho. São Paulo, 2013.
- BORBA, F. L.; MESQUITA FILHO, N. S. **Estudo comparativo de análise de custos de uma residência utilizando o sistema de alvenaria estrutural e o sistema construtivo light steel frame para a região de Anápolis**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – UniEvangélica, Anápolis, GO, 2018.
- BRIZOLLA, M. M. B.; FILIPIN, R.; WINDMÖLLER, C. M.; ROSA, F. S. A sustentabilidade na construção civil. In: **Anais... XIX ENGEMA**, 2017.
- CALDAS, L. R.; SPOSTO, R. M.; LOPES, A. M. S.; TAVARES, W. C. Avaliação do ciclo de vida energético (ACVE) e do desempenho térmico de uma habitação de light steel framing com o uso de diferentes tipos de isolantes térmicos. **Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, V. 11, n. 2, 2016.
- CAMINI, V. **Comparativo de custos dos sistemas light steel frame e convencional para uma habitação unifamiliar**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade do Vale do Taquari, Lajeado, RS, 2019.
- CASSAR, B. C. **Análise comparativa de sistemas construtivos para empreendimentos habitacionais: alvenaria convencional x light steel frame**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, 2018.
- CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA – CNI. **Construção Sustentável: a mudança em curso**. Câmara Brasileira da Indústria da Construção, Brasília: CNI, 2017. 98 p.
- CONSELHO BRASILEIRO DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL – CBCS. **Boletim Informativo do Conselho Brasileiro de Construção Sustentável**. CBCS, n. 9, 2013.
- CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE – CONAMA. Resolução nº 1, de 23 de janeiro de 1986. Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental. Publicada no **DOU**, de 17/02/1986.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE – CONAMA. Resolução nº 307, de 5 de julho de 2002. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Publicada no **DOU** nº 136, de 17/07/2002, págs. 95-96.

CRASTO, R. C. M. **Arquitetura e tecnologia em sistemas construtivos industrializados: Light steel framing**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, MG, 2005.

CRUZ, D. N. **Sistema construtivo convencional e sistema construtivo sustentável para edificação de uso misto: uma análise de viabilidade econômica**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Mato Grosso, Barra dos Garças/MT, 2021.

FELIPE, J. M. M.; ARAÚJO JÚNIOR, J. L. Estudo dos tipos de fundações: sapatas. In: COLÓQUIO ESTADUAL DE PESQUISA MULTIDISCIPLINAR & CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA MULTIDISCIPLINAR, 3. & 1., 2018. **Anais...** Pesquisa Uniformes, 2018.

FERNANDES, J. V. C.; CAMPOS, G. L. **Comparativo orçamentário sintético e qualitativo dos modelos construtivos LSF e convencionais em construções residenciais e comerciais de pequeno porte**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Unisociesc, Joinville, SC, 2021.

FIRMINO, A. K. S. **Análise comparativa orçamentária dos sistemas construtivos alvenaria convencional, alvenaria estrutural e light steel frame**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Centro Universitário CESMAC, Maceió, AL, 2019.

GARCIA, B. R. G.; RODRIGUES, E. A.; SANTOS, J. M. A.; QUEIJA, R. C. Alvenaria estrutural, sistemas construtivos e suas diferenças para a alvenaria convencional. **Revista Engenharia em Ação UniToledo**, Araçatuba, SP, v. 04, n. 01, p. 32-46, 2019.

GRUBLER, T. H. **Estudo comparativo entre os métodos construtivos light steel frame, alvenaria convencional e alvenaria estrutural**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, RS, 2021.

INOCENTI, R. S. D.; BERTEQUINI, A. B. T. **Estudo do sistema construtivo light steel framing: uma abordagem geral**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Civil) – UniToledo, São Paulo/SP, 2018.

LABUTO, L. V. **Parede seca: sistema construtivo de fechamento em estrutura de drywall**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, 2014.

LAGOA, D. C.; CRUZ, C. S.; FERREIRA, T. V.; BÔAS, I. C. C. V.; DUARTE, T. R. G.; GERUDE NETO, O. J. A.; GERUDE, M. S.; PEREIRA, D. R. Light Steelframe como alternativa ao sistema convencional de construção, visando a redução de patologias construtivas. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 4, 2021.

LEÃO, L. B. S.; ROCHA, V. A.; OLIVEIRA, A. S.; BARBOSA, G. K. R.; JESUS, J. P. P.; SANTOS, S. A.; SOUSA, D. C.; FERNANDES, W. L. Avaliação da resistência de montantes de paredes internas a partir da modelagem de uma residência em light steel framing usando o sap2000. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 6, 2021.

MASS, B. H.; TAVARES, S. F. Quantidade de resíduos de construção na obra de uma habitação de LSF comparada com uma em alvenaria convencional. **Revista Mundi Engenharia, Tecnologia e Gestão**, Curitiba, PR, v. 2, n. 2, 2017.

MARCOS, M. H. C. **Metódo de obtenção de dados de impactos ambientais, durante o processo de desenvolvimento do projeto, através do uso de ferramenta BIM**. 2015. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

MEIRELES, A. P. V. **Estudo comparativo de custos diretos entre o sistema light steel frame e o sistema de paredes de concreto aplicados a uma habitação de interesse social**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, PB, 2018.

MENDES, G. F. **Índice global de impacto dos métodos construtivos light steel frame e alvenaria convencional**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, MG, 2021.

MEREB, M. P. (Org.). **Guia para arquitetos na aplicação da Norma de Desempenho**. Asbea, 2015.

MIOLA, A. J. **Comparativo de custos de sistemas construtivos: convencional, steel frame e alvenaria estrutural**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Toledo, PR, 2019.

MIRANDA, P. P. **Estudo comparativo entre o sistema construtivo convencional mais utilizado na região noroeste do estado do Rio Grande Do Sul e o sistema construtivo industrializado light steel framing**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande Do Sul, Ijuí, RS, 2018.

MOTTA, S. R. F. **Sustentabilidade na construção civil: crítica, síntese, modelo de política e gestão de empreendimentos**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, 2009.

NICOLETTI, R. S.; SANTOS, D. M.; ROSSETO, L. L. Análise do desempenho e da viabilidade técnica e econômica do sistema light steel framing para construção de residências populares. **Revista Construindo**, Belo Horizonte. v. 11, n. 01, p. 59-61, 2019.

OLIVIERI, H. BARBOSA, I. C. A.; ROCHA, A. C.; GRANJA, A. D.; FONTANINI, P. S. P. A utilização de novos sistemas construtivos para a redução no uso de insumos nos canteiros de obras: Light Steel Framing. **Ambiente Construído**, v. 17, n. 4, 2017.

RAMOS, V. M. K. **Avaliação do ciclo de vida dos materiais de uma habitação de interesse social em alvenaria convencional, light steel framing e light wood framing**.

2019. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Construção Civil) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, 2019.

SANTOS, B. H.; DA COSTA. K. B. **Comparativo da tecnologia de construção ligh steel frame de uma residência familiar.** 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Centro Universitário Cesmac, Maceió, AL, 2018.

SENA JÚNIOR, C. A. S.; CARMO, L. R. S. **Estudo comparativo em habitações sociais: alvenaria convencional x light steel frame.** 2015. Monografia (Bacharelado em Engenharia Civil) – DOCTUM, Caratinga, MG, 2015.

STEEL FRAME BRASIL. Porque o Steel Frame tem a melhor proteção Contra Umidade? 4 Motivos! **Steel Frame Brasil**, 2018. Disponível em: <http://steelframebrasil.com.br/porque-steel-frame-tem-a-melhor-protecao-contra-umidade/>. Acesso em: 02 nov. 2021.