

Faculdade Impacto de Porangatu - FIP
Departamento de Engenharia Civil
Trabalho de Conclusão de Curso

Método De Construção *Steel Frame* E Suas Vantagens No Ramo Da Construção Civil

Porangatu-GO
2024

**JESSICA CAROLINE V. DA SILVA
REINALDO NUNES DE MOURA**

Método De Construção *Steel Frame* E Suas Vantagens No Ramo Da Construção Civil

Artigo apresentado como requisito para conclusão do curso de Engenharia Civil da Faculdade Impacto Porangatu.

Orientador (a): Prof^a Dr^a: Márcia Inês Florin Costa

Porangatu-GO
2024

**JESSICA CAROLINE V. DA SILVA
REINALDO NUNES DE MOURA**

Método De Construção *Steel Frame* E Suas Vantagens No Ramo Da Construção Civil

Artigo apresentado como requisito para conclusão do
curso de Engenharia Civil da Faculdade Impacto.

Porangatu-GO, 10 de maio de 2024

Banca Examinadora

Profª Drª: Márcia Inês Florin Costa
Orientador

Prof.(a) Esp. Leonardo Borges Taffarel
Examinador

Prof.(a) Esp. Zilda Maria Leverger Vasconcelos Pierre
Examinador

Método De construção *Steel Frame* E Suas Vantagens No Ramo Da Construção Civil

Jessica Caroline V. da Silva¹

Reinaldo Nunes de Moura²

Márcia Inês Florin Costa³

RESUMO: O avanço tecnológico expandiu consideravelmente, ganhando espaço até mesmo na construção civil, a qual frequentemente tem buscado se reinventar, utilizando das novas tecnologias com o objetivo de facilitar o trabalho de quem está desenvolvendo a atividade nos canteiros de obras. Assim, nesse contexto, o método de construção *Steel Frame* surgiu como uma das inovações que apresentam inúmeras vantagens no processo construtivo, tais como no tempo de execução, geração de resíduos, limpeza dos canteiros, construção à seco, porém deve se atentar no custo de obra. O método *Steel Frame* é inovador, contudo, ainda é pouco difundido no território brasileiro, pois a mão-de-obra é mais cara em comparação com o sistema convencional de alvenaria, o que dificulta a sua implantação em grande proporção, no entanto, torna-se necessário melhor difundir esse sistema, visto que, este vem sendo representado como uma boa e importante alternativa no ramo da construção civil. Pensando nisso, este trabalho surgiu com o objetivo de compreender o método *Steel Frame*, analisando as inovações, a importância, os benefícios e as vantagens desse método de construção. A metodologia utilizada foi de caráter exploratório, onde empregou o método bibliográfico. De acordo com os dados obtidos a partir das pesquisas realizadas foi possível concluir as inúmeras vantagens e a viabilidade do uso do método *Steel Frame*.

Palavras-chave: *Steel Frame*, inovações tecnológicas, construção civil.

ABSTRACT: Technological advances have expanded considerably, gaining ground even in civil construction, which has often sought to reinvent itself, using new technologies with the aim of facilitating the work of those carrying out the activity on construction sites. Thus, in this context, the *Steel Frame* construction method emerged as one of the innovations that present numerous advantages in the construction process, such as execution time, waste generation, site cleaning, dry construction, but attention must be paid to the cost of construction. constructions. The *Steel Frame* method is innovative, however, it is still not widespread in Brazil, as labor is more expensive compared to the conventional masonry system, which makes its implementation difficult to a large extent, however, it makes It is necessary to better disseminate this system, as it has been represented as a good and important alternative in the construction sector. With this in mind, this work was created with the aim of understanding the *Steel Frame* method, analyzing the innovations, importance, benefits and advantages of this construction method. The methodology used was exploratory in nature, using the bibliographic method. According to the data obtained from the research carried out, it was possible to conclude the numerous advantages and feasibility of using the *Steel Frame* method.

Key-words: *Steel Frame*, technological innovations, construction.

¹ Graduando do Curso de Engenharia Civil da Faculdade Impacto – Porangatu/GO, Brasil. E-mail: jessikakarolyne2011@hotmail.com

² Graduando do Curso de Engenharia Civil da Faculdade Impacto – Porangatu/GO, Brasil. E-mail: reinaldotim26@gmail.com

³ Professora Dra. do Curso de Engenharia civil da Faculdade Impacto – Porangatu/GO, Brasil. E-mail: ciaflorim@hotmail.com

1 INTRODUÇÃO

No campo da construção civil, mudanças constantes vêm ocorrendo visando otimizar processos, aumentar a qualidade e buscar resolução de tais problemas. Surge assim, a alternativa do método construtivo *Light Steel Frame (LSF)*, o qual surgiu na década de 1930, nos Estados Unidos, utilizando uma estrutura de perfis de aço galvanizado que são formados a frio, sendo que ao utilizá-los com placas de cimento, com lã de rocha ou outros materiais industrializados, estes vão dar sustentação as paredes, aos pisos e as coberturas, etc (SANTIAGO *et al.*, 2012; FARMER 2016 *apud* FERNANDES, 2022).

O *Light Steel Framing (LSF)*, assim conhecido mundialmente, é um sistema construtivo de concepção racional, que tem como principal característica uma estrutura constituída por perfis formados a frio de aço galvanizado que são utilizados para a composição de painéis estruturais e não-estruturais, vigas secundárias, vigas de piso, tesouras de telhado e demais componentes [...]. Por ser um sistema industrializado, possibilita uma construção a seco com grande rapidez de execução. (SANTIAGO *et al.*, 2012, p. 12).

Esse processo inovador deu-se após a Segunda Guerra Mundial até os dias atuais em países desenvolvidos. Atualmente o sistema LSF é utilizado nos EUA, Europa, Japão, Nova Zelândia, Austrália e entre outros. No Brasil, o modelo construtivo começou a ser utilizado por volta de 1980, até então as construções eram de alvenaria, usando blocos cerâmicos, responsável pelo consumo considerável de concretos e argamassas, o que contribuía com a emissão de gases CO₂, e uma produção significativa de resíduos, desperdício de materiais e a baixa produtividade (MOURA, 2019).

As mudanças no processo de construção civil brasileira com o método *Steel Frame* possibilitaram inovações tecnológicas no modo de construir de maneira diferenciada das tradicionais, atribuindo grandes benefícios, vantagens e viabilidade.

Frente a essas questões, este trabalho tem-se como objetivo geral, realizar um estudo bibliográfico a fim de compreender o método *Steel Frame*, analisando as inovações, a importância, os benefícios e as vantagens desse método de construção.

A motivação deste trabalho se deu após uma reflexão acerca do método de construção convencional e o método de construção *Steel Frame*, enfatizando que o Brasil necessita de inovações positivas que aumentem a capacidade produtiva do setor da construção civil, minimizando a geração de resíduos e os problemas ambientais decorrentes dos mesmos, implantação do processo sustentável, a qualidade, a mão de obra, utilizando-se das construções modulares *off-site*.

O tema proposto não foi escolhido aleatoriamente, foi decidido porque se trata de um assunto de grande importância para a construção civil, considerando que o método de construção *Steel Frame* é uma alternativa importante nos dias atuais.

Assim, este estudo justifica-se pelo interesse em refletir sobre o método construtivo convencional e o *Steel Frame*, relacionados a construção civil, para uma melhora do processo construtivo e redução de problemas e tempo necessário para a construção, pois dentre os métodos de construções modulares, o método *Steel Frame* tem ganhado muito espaço em todo o mundo, pois é um sistema de construção a seco de alta resistência, onde os materiais são de extrema qualidade e utilizam a tecnologia como base. O *Light Steel Frame* é formado por estruturas de aço galvanizado, focado em tecnologia e sustentabilidade, ecologicamente limpo e correto e muito ágil e prático. Seu fechamento pode ser feito por placas de madeiras, de cimentos, *drywall*, entre outros. Processos industrializados na construção civil, como a Construção Modular, são considerados inovadores (FARMER 2016 *apud* FERNANDES, 2022).

Este estudo irá proporcionar uma importante reflexão, contribuindo para que acadêmicos do curso de Engenharia venham se sentir motivados a estudar mais sobre o assunto e a elaborar projetos baseados no método de construção *Steel Frame*.

2 METODOLOGIA

A presente pesquisa trata-se de uma problemática que ganhou espaço e discussões na engenharia civil no Brasil a partir da década de 1990, por ser um método de construção onde usa-se chapas de aço galvanizado com uma espessura reduzida, o que acaba gerando maior rapidez no processo de execução de uma obra, além de reduzir o peso do edifício, os custos e os desperdícios na construção. No tema proposto é possível encontrar um acervo significativo de livros e artigos científicos que o abrange. Diante disso, optou-se por realizar uma revisão sistemática baseada em estudos que já foram desenvolvidos e que tratam diretamente da questão *locus*⁴ desta pesquisa.

⁴ Trata-se do momento de estudar determinado fenômeno.

Será usada essa metodologia porque diz respeito a um método de investigação científica, cujo objetivo está relacionado a prática de pesquisar, selecionar, sintetizar e de avaliar de forma minuciosa e com criticidade os inúmeros resultados encontrados. Entrelaçado a esse objetivo está o propósito de encontrar respostas para a pergunta específica que fundamenta a pesquisa em estudo, e isso acontecerá por meio dos dados que foram consultados e selecionados sistematicamente a partir das referências consideradas de maior relevância para o estudo (CORDEIRO *et al.*, 2007).

Com base nessa questão, buscou-se priorizar os artigos científicos que foram publicados entre 2010 e 2024, pensando na validade dos dados e das informações dentro do cenário atual. Para isso, utilizou publicações utilizadas na língua materna (português) e que faz parte do acervo necessário, tendo como base dados publicados pesquisados nas plataformas de pesquisa: SCIELO, LILACS, Periódicos CAPES e Google Acadêmico.

Pensando no resultado final deste estudo, os resultados das pesquisas foram filtrados e selecionados no primeiro momento a partir de uma leitura mais detalhada do título apresentado, do conteúdo do resumo e uma observação mais rápida no corpo do texto pesquisado e nas referências utilizadas, para constatar de fato se as referências vão de encontro com a temática tratada. Realizado isso, escolheu quais estudos descreviam melhor os assuntos abordados e que seriam relevantes para execução do presente trabalho.

Para melhor facilitar na pesquisa do tema a ser abordado, utilizou de palavras chaves como *Steel Frame*, inovações tecnológicas e construção civil, no Brasil. Assim, os resultados das pesquisas realizadas nas plataformas mencionadas são apresentados a seguir.

Quadro 1: Plataforma, referências consultados, selecionadas e utilizadas.

Plataforma	Referências consultados	Referências selecionadas	Referências utilizadas
SCIELO	41	22	17
LILACS	26	7	2
Periódicos	30	11	6
Google Acadêmico	27	9	4

Observa-se que a construção modular não é um conceito novo, porém, estudos tem crescido consideravelmente no Brasil, visto que esse método pode ser utilizado na construção de prédios, abrangendo: qualidade, segurança, economia, agilidade e redução na geração de resíduos.

Deste modo, este estudo irá proporcionar uma importante reflexão, contribuindo para que acadêmicos do curso de Engenharia venham se sentir motivados a explorar mais sobre o assunto e a elaborar projetos baseados no método de construção Steel Frame.

3 DESENVOLVIMENTO

3.1 O método *Steel Frame* no Brasil

Estudos apontam que o processo de construção civil no território brasileiro ainda predomina a forma artesanal que tem como característica a baixa produtividade e o desperdício exagerado (JÚNIOR; CARMO, 2015). Com isso, a propagação do método *Light Steel Frame* ou *Light Steel Framing* em países desenvolvidos se mostrava expansivo, mas, no Brasil, esse sistema construtivo iniciou por volta de 1998, nas construções de residências, apresentando tendências tecnológicas e uma forma de construção diferenciada das tradicionais, o que veio atribuir inúmeras vantagens tanto para a engenharia e o construtor como para o consumidor. Esse método busca atender a demanda e necessidade da sociedade moderna junto a construção civil, promovendo o controle do resultado final com segurança, minimizando os riscos. (PEDROSO *et al.*, 2014).

No Brasil, o *Light Steel Frame* volta-se para as construções individuais, apesar de ser em pequena escala e pouco comum. Mas gradativamente esse método tem sido utilizado, pois o ramo da engenharia tem buscado métodos menos artesanais possíveis, e que venham proporcionar tanto maior produtividade quanto racionalização, e isso não depende das finalidades da obra que será construída (MAGALHÃES, 2013).

Contudo, no Brasil esse método construtivo ainda é bastante atrasado em relação aos países desenvolvidos, visto que nesse território os equipamentos costumam ser caros quando disponíveis no mercado nacional, o que acarreta na consequência dos construtores optarem por recorrer ao uso de um maior número de mão-de-obra nas construções de casas e edifícios de menor porte (SOUZA, 2014).

Esse é um sistema de construção que se difere do método de alvenaria e que pode ser uma implementação adotada mais amplamente no Brasil, pois é bem prático e demonstra inúmeras vantagens, tais como: baixo custo, a rapidez, a flexibilidade e economia (PEDROSO *et al.*, 2014).

Entre a década de 2001 a 2014, houve uma demanda significativa do sistema construtivo com base no aço no comércio internacional, isso impactou na inserção do *Light Steel Frame* no

Brasil, levando o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social – BNDES a oferecer financiamento em investimentos habitacionais, o que levou ao crescimento desse método e sua produtividade. Esse estímulo proporcionado pelo Governo Federal na questão das construções de casas populares influenciou na mudança do cenário atual da construção civil no território nacional, o que vem transformando o método de construção industrializada numa solução construtiva de qualidade e de rápida execução (SIRTOLI, 2015 *apud* PINHEIRO, 2023).

[...] o momento histórico social brasileiro passa por inovações: em razão do estímulo dado pelo governo no financiamento de residências populares, da procura por construções residenciais de qualidade e com rápida entrega. Tais elementos impulsionaram a construção civil a inovar a tecnologia de obras industrializadas, possibilitando a execução de construções com rapidez e qualidade devido à exigência do mercado consumidor. Um desses sistemas é o “Light Steel Framing”, que acabou sendo incorporado pela engenharia brasileira. (PETERSEN, 2012, p. 14).

O *Light Steel Framing* também é conhecido no Brasil como o processo de construção a seco, e sua aplicação apresenta detalhes diferenciados e vantagens comparado ao processo convencional do mercado. Diante disso, esse processo pode se tornar no país, um dos mais relevantes sistemas para a construção civil e a habitação do país, por ser uma tecnologia que apresenta soluções nos procedimentos e métodos de execução, com vantagens na obra que é industrializada, exigindo mão de obra qualificada, melhores custos e menos tempo de construção, a redução de desperdícios, a padronização e a racionalização, dentre outros fatores (PETTERSEN, 2012).

Todavia, a expansão do método de construção *Steel Frame* no Brasil ainda apresenta algumas lacunas para isso, como por exemplo: carência de conhecimento nessa área, pouca familiaridade dos profissionais do ramo da construção civil com esse método tecnológico, a prevalência da construção de alvenaria convencional, escassez de mão de obra com qualificação e capacitação na execução do sistema *Steel Framing* (ALMEIDA; PICCHI, 2018).

3.2 Características do método *Steel Frame*

Estudos apontam que o sistema *Light Steel Frame* recebe outros nomes conhecidos por *Light Steel Framing*, pela abreviação *LSF* ou pelo título de estrutura em aço leve, que é a tradução em Português, uma vez que o termo *Light* significa leve, *Steel* é estrutura de aço e *Framing* é usado para designar o esqueleto estrutural da obra que se compõe de aço e de outros elementos que se unem para assim conseguir suportar o peso da obra (PEDROSO *et al.*, 2014).

Esse sistema é industrializado, onde é utilizada uma estruturação de aço galvanizado, ou seja, usa-se um aço comum com um revestimento de zinco, formado a frio, sendo planejado para aguentar todas as cargas da construção (LOURENÇO, 2018). Outra característica apresentada sobre esse método é que ele também pode ser visto como um processo construtivo aberto, uma vez que ele permite o uso de diversos modelos de revestimento; flexível no ato da execução, reforma e ampliação; otimização dos recursos e gerenciamento de possíveis perdas; durável e pode ser reciclável, sustentável mais do que o método convencional (PEREIRA, 2019; MIÑO FILHO, 2020).

Steel Frame é um sistema que apresenta diversas opções no processo de montagem, combinando os elementos da estrutura, de fechamento e de acabamento (CAMPOS, 2014). A NBR 16970-01 considera o *Light Steel Framing* como um método construtivo composto de diversos subsistemas, os quais envolvem a fundação, o isolamento, o fechamento interno e o externo, a instalação elétrica e a hidráulica (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2022; PINHEIRO, 2023).

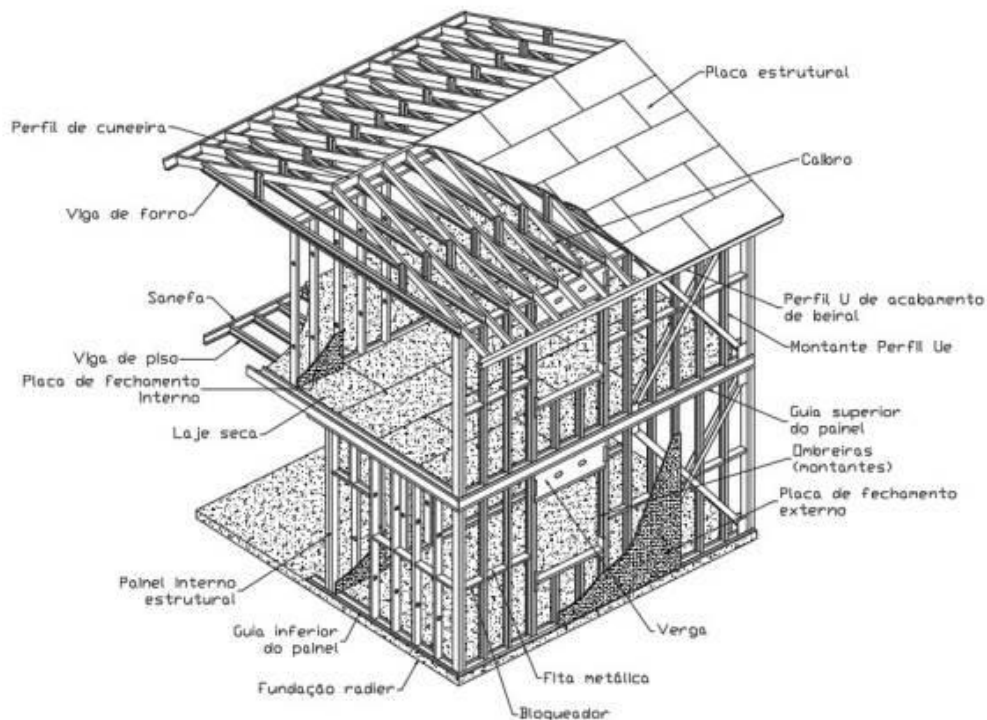
Prudêncio (2013, p. 15-16) afirma que o *Light Steel Framing* é:

[...] caracterizado por ser um sistema altamente industrializado que possibilita uma construção a seco com grande rapidez de execução esses subsistemas se integram a estrutura do *LSF*, composta por painéis estruturais ou autoportantes, responsáveis pela integridade da edificação, resistindo aos esforços que solicitam a estrutura [...]. Esses subsistemas se integram a estrutura do *LSF*, que é composta por painéis estruturais ou autoportantes, que são responsáveis pela integridade da edificação, resistindo aos esforços que solicitam a estrutura.

Nesse sistema, é necessário e de fundamental importância que os subsistemas mencionados estejam relacionados de forma adequada e corretamente. O sistema *LSF* por ser flexível permite o uso de materiais variados para vedação nos diferentes tipos de edifícios, seja residências ou edificações não residenciais. (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2022; PINHEIRO, 2023).

O sistema *Steel Frame* se destaca perante aos métodos construtivos, pois tem como característica representado pelo elevado padrão de qualidade, reciclando as pontas, pedaços e parte dos próprios materiais, sem desperdiçar matéria-prima. O modelo dessa construção é formado por paredes portantes, por pisos formando plataformas, por travamentos e contraventamentos, bem como a estrutura de telhado que também é presente. (BATISTA FILHO, 2015). O esquema abaixo mostra a estrutura em *LSF*.

Figura 1 - Desenho esquemático de uma estrutura em *Light Steel Frame*



Fonte: Santiago *et al*, (2012, p. 14).

3.3 Sistema construtivo *Steel Frame*

O sistema *Steel Frame* viabiliza uma vasta possibilidade de projetos arquitetônicos, sendo esta planejada detalhadamente de acordo com as exigências e comportamento do sistema. Assim,

[...] a construção em aço é muito versátil e viabiliza qualquer projeto arquitetônico, desde que ele seja concebido e planejado considerando o comportamento do sistema. A racionalização, industrialização e rapidez de execução, características tão apreciadas na construção em aço, só são possíveis quando há um planejamento integral da obra, que implica em um projeto amplamente detalhado. Com o *Light Steel Framing* não é diferente, o detalhamento dos projetos tanto de arquitetura, como estrutural ou complementares são essenciais para o melhor desempenho do sistema e para se evitar patologias. (SANTIAGO, *et al.*, 2012, p. 16).

Para executar o projeto desenvolvido com base no método *Steel Frame* deve se atentar que é possível usar diversos componentes estruturais na mesma edificação, os quais podem ter espessuras e dimensões diferentes, e serem classificados a partir do seu formato. (PETERSEN, 2012). Outro detalhe importante nesse sistema é a escolha certa dos materiais a serem utilizados e da mão-de-obra qualificada para executar um projeto de excelência, garantindo a qualidade da obra construída. (SOUZA, 2014).

3.3.1 Fundação

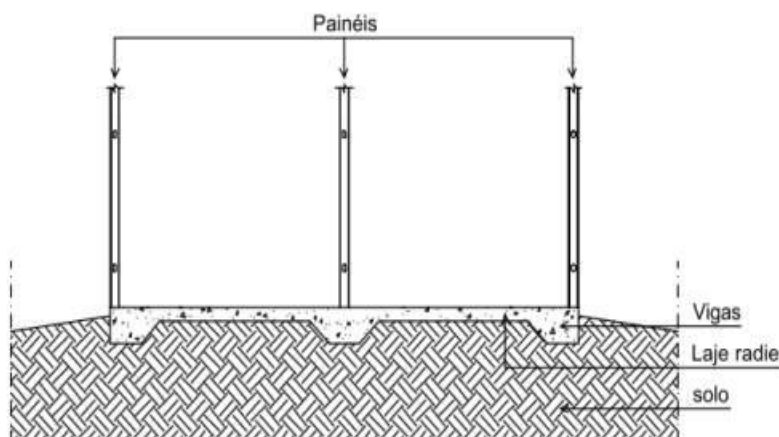
O método *Steel Frame* trata-se de construções bem mais leve, o que não exige uma fundação como a dos outros sistemas construtivos. No entanto, a estrutura da fundação deve ser contínua, capaz de suportar a carga que é distribuída uniformemente e os painéis que farão parte de toda extensão da obra executada. É válido ressaltar que o engenheiro deve atentar-se para o tipo de fundação a ser realizada, pois a mesma depende do tipo de solo, da altitude do lençol freático, da extensão e altura. Para isso, é necessário um estudo aprofundado do terreno onde será construído. É fundamental haver um procedimento correto dos subsistemas, uma base adequadamente nivelada e bem esquadrada. (SANTIAGO, *et al.*, 2012).

As fundações são efetuadas segundo o processo da construção convencional e como em qualquer outra construção deve-se observar o isolamento contra a umidade. É importante destacar que um bom projeto e execução da fundação implica em maior eficiência estrutural. A qualidade final da fundação está intimamente ligada ao correto funcionamento dos subsistemas que formam o edifício. (CONSULSTEEL, 2002 *apud* SANTIAGO, *et al.*, 2012, p. 26).

Sendo que na construção de casas utilizando o *LSF* não há necessidade da fundação suportar cargas tão pesadas, ela pode ser mais superficial, podendo ser do tipo Radier, sapata corrida ou viga baldrame. Contudo, deve considerar tanto o peso da estrutura usada como as condições do solo. (BRESOVIT, 2017).

A fundação Radier é rasa, a qual se constitui em uma laje a base de concreto armado com uma espessura de aproximadamente 15 cm, dispensando a perfuração do solo, e o uso de vigas em todo o perímetro dessa laje e acima das paredes e colunas ou onde for necessário a fim de prover rigidez na fundação. (BRESOVIT, 2017).

Figura 2: Corte esquemático de uma laje Radier



Fonte: Santiago *et al.*, (2012, p. 27).

Esse tipo de fundação deve abranger toda a extensão da construção, desde as calçadas laterais, varandas e garagem. Caso haja necessidade, é importante reforçar as Radier nas paredes estruturais que vão servir de apoio. (SANTIAGO, *et al.*, 2012; BRESCOVIT, 2017).

O dimensionamento do radier resultará do cálculo estrutural e o seu procedimento de execução deve observar algumas condições, como por exemplo: A fim de evitar a umidade do solo ou infiltração de água na construção, prever o nível do contrapiso a no mínimo 15 cm de altura do solo; nas calçadas ao redor da construção, garagens e terraços [...], possibilitar o escoamento da água através de uma inclinação de pelo menos 5%. (SANTIAGO, *et al.*, 2012, p. 27).

A sapata corrida ou viga baldrame utilizada nesse processo constitui de vigas contínuas embaixo de todos os painéis estruturais, pode ser feita tanto de concreto armado quanto de blocos feitos a partir de concretos ou alvenaria. Seu uso é indicado para as construções que apresentam paredes portantes. (BRESCOVIT, 2017). Nesse caso, o contrapiso pode ser realizado por concreto, ou até mesmo ter em sua composição os perfis galvanizados que serão apoiados na parte superior da fundação.

Figura 3: Concretagem da superfície Radier



Fonte: Brescovit (2017, p. 17).

3.3.2 Estrutura e material: perfis de aço

A estrutura no método *Steel Frame* é formada por perfis leves que são de aço galvanizado e constituído a frio, o qual recebe a denominação de montantes e guias para formar os painéis metálicos usados nas paredes e na estrutura dos telhados. Eles são revestidos com zinco ou com uma liga de alumínio e zinco que passa pelo processo de imersão quente. O

revestimento das chapas de perfis estruturais e dos perfis não estruturais são apresentados por Santiago, *et al*, (2012) nos tópicos sobre os “Tipos de Coberturas” e “Coberturas Estruturadas com Caibros e Vigas”. (p. 64-65). “Há uma grande variedade de soluções estruturais para se materializar a cobertura de uma edificação. A escolha depende de diversos fatores como tamanho do vão a cobrir, carregamentos, opções estéticas, econômicas, etc.”. (SANTIAGO, *et al.*, 2012, p. 64).

Quanto as especificações dos materiais, estas são encontradas nas normas em diversas normas da NBR, tais como: NBR 10735/1989, onde trata das “Chapas de aço de alta resistência mecânica zincadas continuamente por imersão a quente”; na NBR 7013/2003 que descreve sobre as Chapas e bobinas de aço revestidas pelo processo contínuo de imersão a quente – Requisitos gerais” e na NBR 7008/2012, onde estabelece os requisitos sobre as “Chapas e bobinas de aço revestidas com zinco ou com liga zinco-ferro pelo processo contínuo de imersão a quente – Especificação”. (SOUZA, 2014).

Usualmente os perfis estruturais utilizados em montantes ou vigas, possuem a forma de “C” ou de “Ue”, enquanto que os que são usados como o guia e colocados tanto na base quanto no topo dos painéis, eles apresentam um formato de “U”. Complementando, a NBR 6355/2012 define a formação geométrica desses perfis. (SANTIAGO, *et al.*, 2012).

Em se tratando da resistência dos perfis de aço, a NBR 15253/2005, destaca que ela vai depender de alguns fatores, como a espessura das chapas, as quais podem variar de 0,80 a 3,0 mm, e a dimensão, a forma e os limites de elasticidades do aço usado. Lá na NBR 6673/1981, e NBR 15253/2005, fica estabelecido que o limite de escoamento desses perfis que são de aço zincado, devem ser de 230 Mpa a mais. (SOUZA, 2014).

Complementando, Santiago *et al*, (2012, p. 22) pontua que:

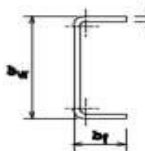
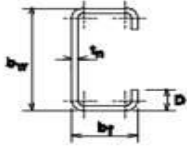
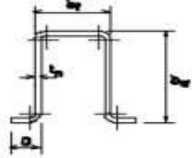
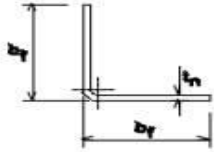
Tiras ou fitas, que vêm em uma variedade de larguras, são tipicamente utilizadas para estabilização dos painéis e formação de ligações. As cantoneiras são normalmente usadas em conexões de elementos onde um perfil Ue não é adequado, e o cartola é comumente empregado como ripas de telhado [...]. Além da espessura (tn), a resistência de um perfil de aço depende da dimensão, forma e limite de elasticidade do aço. O limite de escoamento dos perfis de aço zincado, determinado de acordo com a norma NBR 6673, não deve ser inferior a 230 Mpa. (SANTIAGO, *et al.*, 2012, p. 22).

O aspecto geométrico das peças que compõem os perfis é que vão permitir que se encaixem do montante na guia, dando forma aos painéis. Outra questão importante é que as guias não têm a obrigação de fazer a transmissão, tampouco concentrar os esforços, essa responsabilidade cabe as vigas e pilares que fazem parte da estrutura. (SANTIAGO, *et al.*, 2012).

As dimensões da alma dos perfis Ue variam geralmente de 90 a 300 mm (medidas externas), apesar de ser possível utilizar outras dimensões (tabela 2.3). Os perfis U apresentam a largura da alma maior que a do perfil Ue, a fim de permitir o encaixe deste no perfil guia ou U [...]. No Brasil as dimensões comercializadas são 90,140 e 200 mm. E as mesas podem variar de 35 a 40 mm, dependendo do fabricante e do tipo de perfil. Os outros perfis que podem ser necessários para estruturas de LSF são tiras planas, cantoneiras e cartolas [...]. (SANTIAGO, *et al.*, 2012, p. 22).

Para melhor compreender sobre o perfil U (guia) e o perfil Ue (montante), suas designações nas construções segundo o método *Steel Frame*, bem como as suas aplicações, essas são apresentadas por Santiago *et al.*, (2012, p.23) com base na NBR 15253/2005.

Figura 4: Designações dos perfis de aço formados a frio para uso em *Light Steel Frame*

Seção Transversal	Série Designação NBR 6355:2003 ¹	Utilização
	U simples $U\ b_w \times b_f \times t_n$	Guia Ripa Bloqueador Sanefa
	Ue enrijecido $Ue\ b_w \times b_f \times D \times t_n$	Bloqueador Enrijecedor de alma Montante Verga Viga
	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: Santiago *et al.*, (2012, p. 23).

Ainda de acordo com Santiago *et al.*, (2012, p. 24), baseado nas normas NBR 15253/2005, são apresentadas as “Dimensões Nominais Usuais dos Perfis de Aço para *Light Steel Framing*”.

Figura 5: Dimensões Nominais Usuais dos Perfis de Aço para *Light Steel Framing*

DIMENSÕES (mm)	DESIGNAÇÃO (mm)	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	Cantoneiras de abas desiguais	150	40	-
L 200x40	Cantoneiras de abas desiguais	200	40	-
L 250x40	Cantoneiras de abas desiguais	250	40	-
Cr 20x30	Cartola	30	20	12

Fonte: Santiago *et al*, (2012, p. 24).

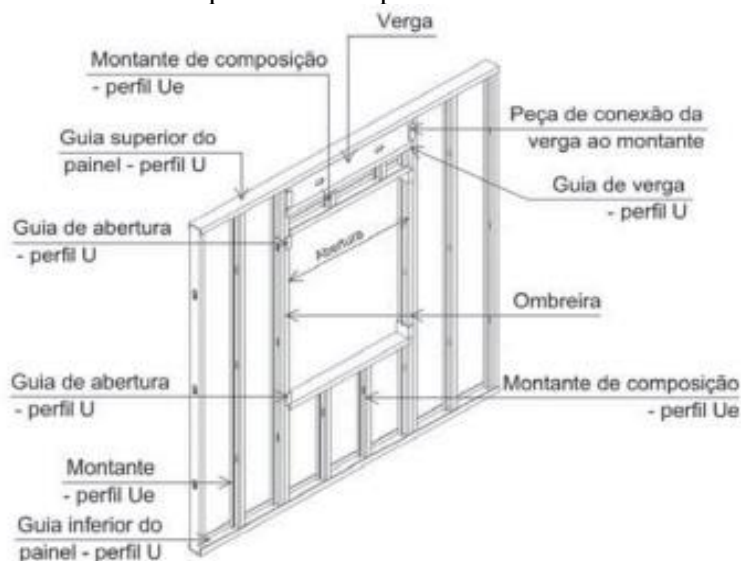
3.3.3 Os painéis

Segundo Santiago *et al*, (2012, p. 32):

Os painéis no sistema Light Steel Framing podem não só compor as paredes de uma edificação, como também funcionar como o sistema estrutural da mesma. Os painéis associados a elementos de vedação, exercem a mesma função das paredes das construções convencionais. Os painéis são estruturais ou auto-portantes quando compõem a estrutura, suportando as cargas da edificação, e podem ser tanto internos quanto externos. E são nãoestruturais quando funcionam apenas como fechamento externo ou divisória interna, ou seja, sem ter função estrutural.

A colocação dos painéis de aço galvanizado é a segunda etapa dentro do método Steel Frame, bem como a etapa de fixar os painéis na fundação Radier. Para montar esses painéis é importante ter os desenhos e medidas exatas dos mesmos, pois só assim os perfis metálicos poderão ser marcados e cortados nas medidas certas e pregueados de forma que se encaixem devidamente para assim formar os painéis rígidos. Coloca-se as chapas de aço sobre o Radier para que fixe os perfis metálicos, e com o marcador demarcar todos os ajustes das paredes internas e externas que ficam sobre a fundação. Caso não consiga o alinhamento, é importante que seja colocada uma viga sob o painel para distribuir de modo uniforme as cargas excêntricas. É necessário perfurar com uma broca para concreto todos pontos que serão de fixação, daí coloca-se os painéis metálicos sobre essas marcações, chumbando com parabolts para dar formação a estrutura rígida. (SANTIAGO, *et al.*, 2012).

Figura 6: Desenho esquemático de painel estrutural com abertura



Fonte: Santiago *et al*, (2012, p. 37).

3.3.4 O fechamento

Sobre os componentes para o fechamento vertical no sistema *Steel Frame*, Santiago *et al*, (2012, p. 78) destaca que:

O sistema de fechamento vertical é composto pelas paredes externas e internas de uma edificação. No sistema LSF, os componentes de fechamento devem ser constituídos por elementos leves, compatíveis com o conceito da estrutura dimensionada para suportar vedações de baixo peso próprio.

O fechamento das paredes externas deve ser formado por diversas camadas, e nessas paredes pode ser possível usar tanto as chapas maciças cimentícias, quanto as chapas OSB, cuja função é vedar e travar a estrutura. Outro detalhe que merece destaque é que entre as chapas coloca-se a manta impermeável e a lã de fibra de vidro, isso para controlar a densidade térmica e acústica. (SANTIAGO, *et al.*, 2012).

As placas de OSB (oriented strand board), podem ser utilizadas como fechamento da face interna e externa dos painéis, para forros, pisos e como substrato para cobertura do telhado. Porém, devido as suas características, não deve estar exposto a intempéries, necessitando de um acabamento impermeável em áreas externas. (SANTIAGO, *et al.*, 2012, p. 79).

Quanto ao fechamento interno, este acontece de forma paralela às instalações elétricas e instalações hidráulicas, é feito utilizando placas de gesso laminado, cartonado ou *drywall* para a fixação das instalações. Essas placas podem ser: placas nominadas comuns ou standard, em que são usadas nas áreas secas, na cor natural; as placas denominadas resistentes à umidade

(RU) ou placas verdes, essas são recomendadas para os ambientes úmidos; a placa titulada resistente ao fogo (RF), é usada de acordo com a necessidade de fazer uma proteção passiva, sua cor é vermelha. Na parte interna, sobre essas placas de gesso é possível aplicar os revestimentos com base nas cerâmicas, realizar pinturas e texturas. Na parte externa também pode fazer acabamento com pastilhas, mármore ou granitos, reboco e pintura. (CAMPOS, 2014).

O sistema de acabamento no método *Steel Frame*, deve considerar a habitabilidade, o desempenho da estrutura, a resistência e a reação ao fogo, a estanqueidade à água, o conforto térmico e acústico, a durabilidade e a estética. Lembrando que no Brasil, o OSB combinado a argamassa, placa cimentícia e gesso cartonado são os mais usados para fazer o acabamento. (SANTIAGO, 2008).

Figura 7: Fechamento interno com placas de gesso cartonado



Fonte: Brescovit (2017, p. 24).

3.3.5 As instalações: sanitária, hidráulica e elétrica

Sobre as instalações no sistema construtivo *Steel Frame*, Santiago *et al*, (2012, p. 108) afirma que:

Os materiais e formas de instalação utilizados para as construções convencionais se aplicam para o Light Steel Framing, demandando apenas alguns cuidados específicos na sua execução, a maioria deles ligados ao fato de a parede das edificações em LSF não possuir massa em seu interior, e, por isso necessitar de suportes e montagens para fixação das instalações.

Após fazer a fundação são colocadas as tubulações de água e esgoto, os fios de energia e fôrmas niveladas no final. Já nivelada, a fundação recebe a brita graduada que será compactada. Em seguida coloca-se a manta de impermeabilização, que pode ser a “manta

plástica de polietileno de alta densidade (PEAD) [...]”, encima dessa manta são fixadas as armaduras para as vigas das paredes e a malha de aço. (BRESCOVIT, 2017, p. 16).

Figura 8: Disposição das instalações elétricas, hidráulicas, armaduras e manta.



Fonte: Brescovit (2017, p. 16).

Como observado, normalmente para as instalações elétricas são usados tubos rígidos e de cor amarela. Posteriormente coloca-se a manta para fazer o isolamento térmico e acústico e os gessos cartonado nas paredes internas para colocar as tomadas. Para as instalações hidráulicas pode ser utilizada tubulação convencional, contudo, indica-se o uso de tubos PEX, o polietileno reticulado, por serem mais flexíveis e resistentes a alta e baixa temperatura. (SANTIAGO, *et al.*, 2012; CAMPOS, 2014; BRESCOVIT, 2017).

3.3.6 O isolamento: térmico e acústico

Para Santiago *et al*, (2012, p. 89):

O desempenho termo-acústico de uma edificação é determinado pela sua capacidade de proporcionar condições de qualidade ambiental adequadas ao desenvolvimento das atividades para o qual ela foi projetada. Esse desempenho é influenciado por uma série de fatores. Entre estes podemos citar a localização e posicionamento do edifício e suas dependências, os tipos de vedações e coberturas, seus revestimentos e cores, tipos de esquadrias, tamanho e posicionamento das aberturas, etc.

O objetivo do isolamento termo-acústico ou vedações verticais numa edificação é promover o conforto no interior do ambiente, seja no aspecto térmico ou acústico, de modo que os fatores externos não venham influenciar as condições internas. Com isso é possível impedir que o volume dos sons e a temperatura do ambiente alcance o meio externo, ou vice-versa.

Enquanto o isolamento térmico é utilizado para reduzir as perdas de calor no período do inverno e conseqüentemente ter o controle dos ganhos de calor durante o verão, diferentemente, usa-se o isolamento acústico afim de atenuar a transmissão dos sons presente no ambiente para o meio externo, vice-versa. (SANTIAGO, *et al.*, 2012; CAMPOS, 2014; BRESCOVIT, 2017).

Para o isolamento térmico e acústico são usados painéis na parte interna e externa, os quais normalmente são porosos ou fibrosos e que apresentam excelência no quesito isolante. Dentre os materiais que podem ser utilizados, os mais usados são: lã mineral, lã de rocha e lã de vidro. Em caso de regiões mais frias e pela necessidade de elevar a eficiência térmica, utiliza o polietileno expandido no exterior dos painéis. (SANTIAGO, *et al.*, 2012; BRESCOVIT, 2017).

Contudo, em um país quente como o Brasil, Pinto (2000 SANTIAGO, *et al.*, 2012, p. 92), destaca:

[...] não é suficiente adotar um procedimento baseado na resistência térmica dos elementos de vedação para caracterizar o comportamento térmico da edificação. É necessário avaliar simultaneamente todas as trocas térmicas dinâmicas que ocorrem nos ambientes, como as possíveis perdas de energia sejam por ventilação ou por condução/convecção através de elementos da edificação. [...] quanto aos materiais é importante observar propriedades tais como: capacidade térmica específica, densidade de massa, condutividade térmica, transmitância, refletância e absorptância à radiação solar, emissividade e forma, além das dimensões e orientações dos mesmos.

3.3.7 A cobertura

Constituindo a base dos telhados que tem sua estrutura com caibros, deve-se primeiramente montar a cumeeira, depois fixa os caibros utilizando parafusos nas partes estruturais ligando os caibros nas tesouras. As vigas do teto são contraventadas conforme vão instalando. (SANTIAGO, *et al.*, 2012).

Figura 9: Detalhe de cumeeira em telhado estruturado com caibros



Fonte: Santiago *et al.*, (2012, p. 104).

Nos telhados onde são usadas as tesouras, elas podem ser hasteadas em conjunto, de forma que vão sendo dispostas nos painéis portantes, posteriormente coloca-se a cobertura, ou seja, as telhas, mas caso há necessidade, tem que usar placas de OSB antes de assentar as telhas. (SANTIAGO, *et al.*, 2012).

Figura 10: Instalação de placas de OSB sobre o telhado



Fonte: Santiago *et al.*, (2012, p. 105).

3.3.8 Laje

Quando se trata de laje, entra a estrutura do piso, que segundo Santiago *et al.*, (2012), sua estrutura no método *Steel Frame* é feita utilizando perfis de seção Ue, os quais são denominadas vigas de piso, e devem ser dispostos horizontalmente, de forma que obedeça a modulação dos montantes, afim de que a alma usada esteja alinhada. No entanto, a altura da alma deve ser estabelecida de acordo com o módulo da estrutura e dos vãos. Os tipos de lajes no *LSF* são, secas e úmidas.

Santiago *et al.*, (2012) pontua que enquanto “[...] a laje seca consiste no uso de placas rígidas aparafusadas às vigas de piso, e servem como contrapiso, podendo desempenhar a função de diafragma horizontal, desde que as placas sejam estruturais” (p. 55), “a laje úmida é composta basicamente por uma chapa ondulada de aço [...] que serve de fôrma para o concreto e é aparafusada às vigas de piso, e uma camada de 4 a 6 cm de concreto simples que formará a superfície do contrapiso” (p. 54).

3.4 Os benefícios e vantagens no processo construtivo *Steel Frame*

O *LSF* é um sistema que proporciona inúmeros benefícios e diversas vantagens na construção civil em comparação ao método convencional, o qual ainda é o utilizado no território brasileiro. A metodologia desse sistema apresenta características que são positivas, uma vez que é possível utilizar variados tipos de materiais, promovendo melhorias no processo construtivo e para o resultado final da edificação (BATTISTELLA, 2011 *apud* OLIVEIRA, 2019).

O *Steel Frame* utiliza de produtos que são industrializados ou até mesmo semi-industrializados, como por exemplo, estruturas de aço, que empregadas corretamente acarretam em inúmeras vantagens para a obra, revertendo facilmente o seu custo final. Outro fator importante em adotar o *LSF* é a sustentabilidade, visto que se trata de uma construção a seco, além de reduzir o uso dos recursos naturais, até porque o aço pode ser reciclado ou reutilizado várias vezes sem que haja perda das suas características. (ALMEIDA, 2017).

Comparando o processo construtivo da alvenaria com o *Steel Frame*, observa-se que o *LSF* se destaca em algumas vantagens como: o aparecimento de fissuras é reduzido; é um método ecologicamente correto; estrutura leve; a limpeza e a organização do canteiro da obra; o telhado em aço galvanizado tem uma durabilidade de aproximadamente 300 anos; o máximo de isolamento termoacústico; o tempo de execução da obra é reduzido; sistema construtivo a seco; maior resistência as forças naturais como terremotos, ventos ou furacões. “As vantagens do sistema *LSF* são inúmeras, destacando-se entre elas, segurança estrutural e leveza do conjunto, visto que numa construção convencional, os pilares e sapatas recebem todas as cargas da edificação, repassando todo o peso da estrutura para o solo”. (OLIVEIRA, 2019, p. 9)

Complementando, Palhares; Freitas (2023, p. 14) afirma que no *Steel Frame*:

Foram constatadas vantagens como: precisão orçamentária, o alto nível de industrialização, possibilidade de controlar e mensurar exatamente todos os insumos que serão utilizados na construção e assegurar a fidelidade orçamentária do sistema. Além disso, em uma construção convencional, a média de descarte de resíduos é de 25%, já o *LSF* fica por volta de 2% a 5% de desperdício; alta rapidez de execução, mão de obra reduzida, sustentabilidade, por se tratar de uma construção a seco (o sistema *LSF* utiliza 90% menos água que uma construção convencional), além da base do sistema ser o aço que é 100% reciclável.

Entre as vantagens do sistema *Steel Frame* está a liberdade de desenvolvimento para o projeto de arquitetura; apresenta maior área útil; mais flexibilidade; compatibilidade de materiais e subsistemas; o prazo de execução é menor; é possível racionalizar os materiais e a

mão de obra; redução de carga na fundação, com uma redução de custo de até 30%; maior qualidade e durabilidade; precisão no processo construtivo; possibilidade da reciclagem e a preservação do meio ambiente. (ALMEIDA, 2017).

Santiago *et al*, (2012) aponta os benefícios e as principais vantagens no processo construtivo *Light Steel Framing*, tais como:

Os produtos que constituem o sistema são padronizados de tecnologia avançada, em que os elementos construtivos são produzidos industrialmente, onde a matéria prima utilizada, os processos de fabricação, suas características técnicas e acabamento passam por rigorosos controles de qualidade; O aço é um material de comprovada resistência e o alto controle de qualidade tanto na produção da matéria-prima quanto de seus produtos, permite maior precisão dimensional e melhor desempenho da estrutura; Facilidade de obtenção dos perfis formados a frio já que são largamente utilizados pela indústria; Durabilidade e longevidade da estrutura, proporcionada pelo processo de galvanização das chapas de fabricação dos perfis; Facilidade de montagem, manuseio e transporte devido a leveza dos elementos; Construção a seco, o que minora o uso de recursos naturais e o desperdício; Os perfis perfurados previamente e a utilização dos painéis de gesso acartonado facilitam as instalações elétricas e hidráulicas; Melhores níveis de desempenho termo-acústico, que podem ser alcançados através da combinação de materiais de fechamento e isolamento; Facilidade na execução das ligações; Rapidez de construção, uma vez que o canteiro se transforma em local de montagem; O aço é um material incombustível; O aço é reciclável, podendo ser reciclado diversas vezes sem perder suas propriedades; Grande flexibilidade no projeto arquitetônico, não limitando a criatividade do arquiteto. (p. 16-17).

Outra vantagem e benefício desse sistema é a padronização das construções e a possibilidade de que se houver necessidade, as partes das edificações podem ser feitas fora do local da obra, promovendo assim, maior agilidade, e conseqüentemente pode afastar o trabalho das influências climáticas que costumeiramente atrasam o tempo de entrega da obra. E essa padronização permite que seja mantida a qualidade, reduz custos, otimiza mão de obra e materiais. Há também a vantagem de praticamente não existir a necessidade de um possível reparo ou manutenção das tubulações hidráulicas e elétricas na pós-ocupação da obra *LSF*, mas caso há necessidade é só remover uma placa de gesso da região afetada e fazer o reparo, posteriormente só recolocá-lo e refazer o acabamento. (PETERSEN, 2012; POÇAS, 2014; MARQUES, 2019).

3.5 As desvantagens de adotar o método *Steel Frame* no Brasil

Assim como existem os benefícios e vantagens no processo construtivo *Steel Frame*, no Brasil também há desvantagens nesse método, como a falta de mão de obra qualificada e especializada afim de promover e garantir a qualidade do resultado final; a dificuldade de

aceitação cultural e a resistência em substituir o processo tradicional pelo *LSF*. Outra desvantagem desse sistema é a limitação de pavimentos. (PETERSEN, 2012; RODRIGUES; CALDAS, 2016 *apud* NAZÁRIO, 2019; PALHARES; FREITAS, 2023).

De acordo com as normas brasileiras, a construção em *LSF* só pode ter no máximo 4 pavimentos, pois não pode ultrapassar esse limite devida a distribuição de cargas e densidade dos perfis em aço galvanizado ser pequena para suportar prédios mais altos. O método de construção convencional enraizada na cultura brasileira é uma das desvantagens, o que dificulta na propagação do *Steel Frame*. (JÚNIOR; CARMO, 2015; RIBEIRO; CARVALHO, 2018).

O déficit de mão de obra especializada, além de falhas na elaboração do projeto e decorrentes a sua execução são as principais desvantagens do sistema, podendo tornar o processo construtivo menos vantajoso e mais oneroso, sendo ideal prever todas as etapas da construção e o treinamento da equipe de trabalho. (SANTIAGO *et al.*, 2012 *apud* OLIVEIRA; LOPES, 2014, p. 53).

Ainda sobre as desvantagens apresentadas no *LSF* está a difusão desse sistema no interior do país, uma vez que os materiais se tornam bem mais caro, visto que o frete é um fator que interfere no valor dos produtos, que aliado a escassez de mão de obra, torna-se necessário deslocar mão de obra qualificada, o que eleva os custos. No Brasil também há pouco conhecimento desse sistema, ainda há uma carência de profissionais qualificados e especializados para trabalhar com *Steel Frame*, isso acaba acarretando em uma obra menos acessível no interior brasileiro. (CAMPOS, 2014; RIBEIRO; CARVALHO, 2018; LAGOA *et al.*, 2021).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O embasamento teórico usado para o desenvolvimento deste artigo possibilitou a compreensão do sistema *Light Steel Framing* e suas particularidades. Ele foi de suma importância para ampliar o conhecimento acerca do método *Steel Frame* no Brasil; suas características desde a fundação, a estrutura e material: perfis de aço; os painéis; fechamento; instalações: sanitária, hidráulica e elétrica e o isolamento térmico e acústico; a cobertura e a laje para os profissionais da área de Engenharia Civil.

A partir dos dados obtidos é possível concluir que sistema o *Light Steel Framing* apresenta benefícios e vantagens no seu processo construtivo frente a outros sistemas, como o sistema convencional, por exemplo: as suas técnicas construtivas; a industrialização; a leveza na estrutura; velocidade de construção e a facilidade na manutenção se for necessário.

Em relação as desvantagens de adotar o método *Steel Frame* no Brasil, constou que ainda há déficit de profissionais com mão de obra qualificada, pois falta conhecimento teórico e técnico, o que gera uma resistência em adotar esse sistema, tanto por parte do produtor quanto por parte do consumidor.

Vislumbra a partir das informações obtidas que o método *Light Steel Frame* se trata de um sistema totalmente viável tecnicamente e economicamente. Contudo, no Brasil faltam investimentos voltados a inovação na área da construção civil, capacitação profissional frente a necessidade de domínio das novas tecnologias que o método exige.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, W. R. **Utilização de sistemas estruturais metálicos no atual cenário da construção civil brasileira**: estudo de caso para a montagem de estrutura e cobertura de galpão industrial de médio porte. Monografia de Gerenciamento de Obras do Departamento Acadêmico de Construção Civil – DACOC da Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 44f. Curitiba, 2017. Disponível em: <https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/19172/1/CT_GEOB_XXIII_2017_35.pdf>. Acesso em: 12 de abril de 2024.

ALMEIDA, E. L. G. de; PICCHI, F. A. Relação entre construção enxuta e sustentabilidade. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 18, n. 1, p. 91-109, 2018. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/ac/a/LXkhtmsmG73wHKjR9rtQYjQ/#:~:text=Hist%C3%B3rico-,Resumo,pode%20gerar%20intera%C3%A7%C3%B5es%20e%20sinergias.>>. Acesso em: 09 de março de 2024.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR16970-1 de 05/2022. Light Steel Framing** – Sistemas Construtivos Estruturados em perfis leves, formados a frio, com fechamento em chapas delgadas. Parte 1: Desempenho. Rio de Janeiro, 2022. Disponível em: <<https://www.target.com.br/produtos/normas-tecnicas/45958/nbr16970-1-light-steel-framing-sistemas-construtivos-estruturados-em-perfis-leves-de-aco-formados-a-frio-com-fechamentos-em-chapas-delgadas-parte-1-desempenho>>. Acesso em: 10 de março de 2024.

BATISTA FILHO, C. A. **Uso de sistema industrializado na construção**: adequação e mudança da estrutura convencional para o sistema *Light Steel Frame*. Dissertação de Mestrado de Engenharia Civil do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais. 96f. Belo Horizonte, 2015. Disponível em: <<https://www.oasisbr.ibict.br/vufind/Author/Home?author=Batista+Filho%2C+A.>>. Acesso em: 09 de abril de 2024.

BRESCOVIT, A. S. **Avaliação de custos entre o sistema construtivo *Light Steel Frame (LSF)* e o sistema convencional**. Monografia de Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 90f. Porto Alegre, 2017. Disponível em: <<https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/188381/001086814.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 09 de abril de 2024.

CAMPOS, P. F. **Light Steel Framing**: Uso em construções habitacionais empregando a modelagem virtual como processo de projeto e planejamento. Dissertação de Mestrado da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo. 196f. São Paulo, 2014. Disponível em: <<https://teses.usp.br/teses/disponiveis/16/16132/tde-11072014-155539/pt-br.php>>. Acesso em: 09 de abril de 2024.

CORDEIRO, A. M. *et al.* A. Revisão sistemática: uma revisão narrativa. **Rev. Col. Bras. Cir.** v. 34, n. 6, 2007. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rcbc/a/CC6NRNtP3dKLgLPwcgmV6Gf/>>. Acesso em: 12 de abril de 2024.

FERNANDES, P. H. **Análise de cenário e perspectivas de crescimento das startups de construções modulares no Brasil**. Monografia de Graduação em Engenharia Civil do Centro Tecnológico da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2022. Disponível em: <<https://www.arataumodular.com/app/wp-content/uploads/2022/08/Analise-de-Cenario-e-Perspectivas-de-Crescimento-das-Startups-de-Construcoes-Modulares-no-Brasil-1.pdf>>. Acesso em: 08 de março de 2024.

JÚNIOR, C. A. S. S.; CARMO, L. R. S. **Estudo comparativo em habitações sociais**: alvenaria convencional x *Light Steel Frame*. Monografia de Graduação do Curso de Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia do Instituto DOCTUM de Educação e Tecnologia. 85p. Caratinga, 2015. Disponível em: <<https://dspace.doctum.edu.br/bitstream/123456789/1035/1/Monografia%20-%20Estudo%20Comparativo%20em%20habita%C3%A7%C3%B5es%20sociais%20-%20Alvenaria%20Convencional%20x%20Light%20Steel%20Frame.pdf>>. Acesso em: 08 de março de 2024.

LAGOA, D. C. *Light Steel frame* como alternativa ao sistema convencional de construção, visando a redução de patologias construtivas. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 7, n. 4, p. 36406-36422, 2021. Disponível em: <<https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/27904/22174>>. Acesso em: 12 de abril de 2024.

LOURENÇO, M. C. **Elaboração do custo unitário básico para o sistema construtivo de light steel frame aplicado a uma residência unifamiliar**. Monografia de Graduação de Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 88f. Porto Alegre, 2018. Disponível em: <<https://lume.ufrgs.br/handle/10183/189394>>. Acesso em: 09 de abril de 2024.

MAGALHÃES, R. F. **Edificações em Light Steel Frame isoladas externamente com EIFS**: Avaliação de desempenho térmico pela NBR 15.575/2013. Monografia de Graduação do Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 92 p. Porto Alegre, 2013. Disponível em: <<https://lume.ufrgs.br/handle/10183/78293>>. Acesso em: 08 de março de 2024.

MARQUES, L. C. **Construção a seco**: sistema construtivo *Light Steel Framing*. Monografia de Engenharia Civil do Centro Universitário Atenas. 34f. Paracatu, 2019. Disponível em: <http://www.atenas.edu.br/uniatenas/assets/files/spic/monography/CONSTRUCAO_A_SEC_O_sistema_construtivo_light_steel_framing.pdf>. Acesso em: 12 de abril de 2024.

MIÑO FILHO, M. A. B. Y. **Análise comparativa de custos de uma construção em *Light Steel Framing* e sistema convencional.** Pontifícia Universidade Católica de Goiás. Curso de Engenharia Civil. Goiânia – Go, 2020. Disponível em: <https://repositorio.pucgoias.edu.br/jspui/bitstream/123456789/877/1/TCC2_042_vers%C3%A3o%20final.pdf>. Acesso em: 10 de abril de 2024.

MOURA, T. R. C. Construção sustentável de casas ‘populares: *Steel Frame* e *Wood Frame*. Núcleo do Conhecimento. **Revista Científica Multidisciplinar. Núcleo do Conhecimento**, 2019. Disponível em: <<https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-civil/steel-frame>>. Acesso em: 08 de março de 2024.

NAZÁRIO, K. T. **Análise Estrutural do Sistema *Light Steel Framing*:** Influência dos Contraventamentos na Estrutura. Monografia de Engenharia Civil do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina. 93f. Florianópolis – SC, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ifsc.edu.br/bitstream/handle/123456789/1509/TCC_Karyna_Tancredo_Nazario%281%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 12 de abril de 2024.

OLIVEIRA, D. M.; LOPES, D. F. **Alvenaria convencional X *Light Steel Framing*.** Monografia de Engenharia Civil do Instituto Doctum de Educação e Tecnologia da Faculdades Integradas de Caratinga. 63f. Doctum – Caratinga, 2014. Disponível em: <<https://dspace.doctum.edu.br/bitstream/123456789/1197/1/MONOGRAFIA%20-%20ALVENARIA%20CONVENCIONAL%20X%20LIGHT%20STEEL%20FRAMING%20-%202026-11-2014%20-%20vers%C3%83%C2%A3o%20final-computadordafaculdade17-12-214.pdf>>. Acesso em: 12 de abril de 2024.

OLIVEIRA, I. M. **Construção de habitações populares com estruturas de *Light Steel Framing* em Pernambuco.** Monografia de Engenharia Civil do Instituto Federal de Pernambuco. Campus Recife. 19f. Recife, 2019. Disponível em: <<https://repositorio.ifpe.edu.br/xmlui/handle/123456789/170?show=full>>. Acesso em: 12 de abril de 2024.

OLIVEIRA, J. J. **Os benefícios no uso do sistema construtivo *Light Steel Framing* na construção civil.** Monografia de Engenharia Civil do Centro Universitário Atenas. 36f. Paracatu, 2019. Disponível em: <http://www.atenas.edu.br/uniatenas/assets/files/spic/monography/OS_BENEFICIOS_NO_USO_DO_SISTEMA_CONSTRUTIVO_LIGHT_STEEL_FRAMING_NA_CONSTRUCAO_CIVIL.pdf>. Acesso em: 12 de abril de 2024.

PALHARES, F. P.; FREITAS, V. A. **Sistema construtivo em *Light Steel Frame*, método engenheirado, em obras civis.** Monografia de Engenharia Civil da Pontifícia Universidade Católica de Goiás. 18f. Goiânia-Go, 2023. Disponível em: <<https://repositorio.pucgoias.edu.br/jspui/handle/123456789/6779>>. Acesso em: 12 de abril de 2024.

PEDROSO, S. P. et al. *Steel Frame* na construção civil. **In:** Anais do 12º Encontro Científico Cultural Interinstitucional, Cascavel: Centro Universitário FAG, 2014. Disponível em: <<https://www.fag.edu.br/upload/ecci/anais/559532ca64bc5.pdf>>. Acesso em: 08 de março de 2024.

PEREIRA, C. O que é Alvenaria?. Escola Engenharia, 2019. Disponível em: <https://www.escolaengenharia.com.br/alvenaria/#google_vignette>. Acesso em: 10 de abril de 2024.

PINHEIRO, N. M. *Light Steel Frame*: Sustentabilidade e Racionalização. **Revista Brasileira de Ensino e Aprendizagem – REBENA**, v. 6, p. 391 – 403, 2023. Disponível em: <<https://rebena.emnuvens.com.br/revista/index>>. Acesso em: 08 de março de 2024.

PETERSEN, R. L. **Sistema “Light Steel Framing”**: comparativo de execução e custos com os sistemas convencionais em blocos de concreto, tijolos seis furos e tijolos maciços. Monografia de Engenharia Civil da Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul – UNIJUI. 70p. Ijuí – RS, 2012. Disponível em: <http://www.projetos.unijui.edu.br/petegc/wp-content/uploads/tccs/2012/TCC_Robson%20Lassen%20Petersen.pdf>. Acesso em: 09 de abril de 2024.

POÇAS, C. H. F. **Análise de custo para sistema construtivo em Light Steel Framing como alternativa para projeto de moradia popular da Caixa Econômica Federal**. Monografia de Engenharia Civil do Departamento Acadêmico de Construção Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR. 153f. Campo Mourão, 2014. Disponível em: <https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/6221/3/CM_COECI_2014_1_11.pdf>. Acesso em: 12 de abril de 2024.

PRUDÊNCIO, M. V. M. V. **Projeto e análise comparativa de custo de uma residência unifamiliar utilizando os sistemas construtivos convencional e Light Steel Framing**. Monografia de Engenharia Civil, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR. 66f, Campo Mourão, 2013. Disponível em: <<https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/6223>>. Acesso em: 12 de abril de 2024.

RIBEIRO, V. M.; CARVALHO, L. C. **Vantagens em adotar o Light Steel Frame**: Comparativo entre o método construtivo Light Steel Frame e o método convencional de alvenaria. Monografia de Engenharia Civil do Centro Universitário do Sul de Minas. 20f, 2018. Disponível em: <<http://repositorio.unis.edu.br/bitstream/prefix/644/1/Vitor.pdf>>. Acesso em: 12 de abril de 2024.

SANTIAGO, A. K. **O uso do sistema Light Steel Framing associado a outros sistemas construtivos como fechamento vertical externo não-estrutural**. Dissertação de Mestrado de Engenharia Civil da Universidade Federal de Ouro Preto. 153f. Ouro Preto, 2008. Disponível em: <<https://www.repositorio.ufop.br/handle/123456789/2248>>. Acesso em: 12 de abril de 2024.

SANTIAGO, A. K. *et al.* **Manual de construção em aço Steel Framing**: Arquitetura. 2. ed. Rio de Janeiro: Instituto Aço Brasil, 2012. Disponível em: <https://engprime.com.br/wp-content/uploads/2020/07/Manual_SF_Arquitetura_web.pdf>. Acesso em: 09 de abril de 2024.

SOUZA, E. L. **"Construção civil e tecnologia: estudo do sistema construtivo Light Steel Framing"**. Monografia de Especialização em Construção Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais. p. 121. Belo Horizonte, 2014. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/BUBD-AGWGDM/1/monografia_eduardo_luciano_ufmg_2014_vers_o_final.pdf>. Acesso em: 09 de março de 2024.