



Light Steel Frame: Sustentabilidade e Racionalização

Light Steel Frame: Sustainability and Rationalization

Nedivaldo de Melo Pinheiro¹

RESUMO

O sistema construtivo Light Steel Frame (LSF) é considerada uma solução industrializada, racionalizada e sustentável, atribuindo grandes vantagens para o consumidor e ao setor da construção civil. Entretanto, o sistema LSF ainda é considerado um sistema “novo” e com limitações técnicas. Comparadas a outros métodos construtivos, qual o impacto provocado pelo Sistema Light Steel Frame na construção civil brasileira? Para responder a essa pergunta, o presente trabalho teve por principal objetivo apresentar as principais características do sistema Light Steel Frame. Por meio de uma revisão bibliográfica, o presente estudo pretendeu avaliar trabalhos publicados em um período entre 2013 e 2023. O sistema LSF tem ganhado espaço, principalmente por sua rapidez de execução, baixo impacto ambiental e flexibilidade de projeto e possui diversas vantagens em relação aos métodos construtivos mais tradicionais. Entre elas, destacam-se a alta precisão e qualidade dos materiais utilizados, a facilidade de montagem, a redução do tempo de execução e a menor geração de resíduos. No entanto, é importante ressaltar que o sistema Light Steel Frame ainda enfrenta algumas limitações, como a necessidade de mão de obra especializada e a falta de padronização em alguns aspectos do processo construtivo.

Palavras-chave: Light Steel Frame. Método Construtivo. Comparativo. Convencional.

ABSTRACT

The Light Steel Frame (LSF) constructive system is considered an industrialized, rationalized and sustainable solution, attributing great advantages to the consumer and the civil construction sector. However, the LSF system is still considered a “new” system with technical limitations. Compared to other construction methods, what is the impact caused by the Light Steel Frame System in Brazilian civil construction? To answer this question, the main objective of this work was to present the main characteristics of the Light Steel Frame system. Through a bibliographical review, the present study intended to evaluate works published in a period between 2013 and 2023. The LSF system has gained space, mainly due to its speed of execution, low environmental impact and design flexibility, and has several advantages over other systems. more traditional building methods. Among them, the high precision and quality of the materials used, ease of assembly, reduced execution time and less waste generation stand out. However, it is important to emphasize that the Light Steel Frame system still faces some limitations, such as the need for specialized labor and the lack of standardization in some aspects of the construction process.

Keywords: Light Steel Frame. Constructive Method. Comparative. Conventional.

INFORMAÇÕES

Histórico do Artigo:

Submetido: 27/05/2023

Aprovado: 01/06/2023

Publicação: 03/06/2023



¹ operacao@akwatech.com.br

1. Introdução

O setor da construção civil em especial o habitacional, puxada pela expansão populacional, a construção civil brasileira vem buscando sistemas construtivos mais sustentáveis e práticos sem perder a segurança, como por exemplo o sistema construtivo Light Steel Frame.

O sistema construtivo Light Steel Frame (LSF) é considerada uma solução industrializada, racionalizada e sustentável. Um dos benefícios desse sistema é a facilidade de transporte e execução, trazendo tendências tecnológicas no modo de construir de maneira diferenciada das tradicionais, atribuindo grandes vantagens para o consumidor e ao setor da construção civil, justificando-se assim o interesse pelo tema.

O sistema construtivo LSF que mais cresce no país, desde os anos 90, sendo evidenciado o marco na evolução do sistema construtivo brasileiro. Entretanto, o sistema LSF ainda é considerado um sistema “novo” e com limitações técnicas. Comparadas a outros métodos construtivos, qual o impacto provocado pelo Sistema Light Steel Frame na construção civil brasileira?

Para responder a essa pergunta, o presente trabalho teve por principal objetivo apresentar as principais características do sistema Light Steel Frame. Os objetivos específicos são apresentar uma comparação entre o sistema Light Steel Frame aos métodos construtivos mais tradicionais.

2. Metodologia

Para a realização deste trabalho, foi realizada uma revisão bibliográfica, abordando temas relacionados ao sistema construtivo LSF. Foram utilizados dissertações, livros, sites e artigos científicos publicados e em sua maioria pesquisados pelo site Google acadêmico, permitindo uma avaliação reflexiva sobre o tema. As palavras chaves utilizadas na busca foram: construção civil, telhas trapezoidais, benefícios aos usuários, meio ambiente e vantagens e desvantagens de sua utilização.

Optou-se pela pesquisa bibliográfica como procedimento metodológico, pois é aquela que “explica e discute um tema ou problema com base em referências teóricas já publicadas em livros, revistas, artigos científicos” (SILVA, 2008, p.54). Utilizada com frequência em pesquisas qualitativas e descritivas, busca entender a problemática e investigar por meio de pesquisa em trabalhos já publicados. Foi delineada a busca por palavras-chave como aço, construção civil, Light Steel Frame,

sustentabilidade etc, na língua portuguesa em fontes publicados desde 2013 até 2023.

3. Resultados e Discussão

O Sistema Light Steel Frame surgiu na construção civil com as habitações em madeira, construídas pelos colonizadores no território americano; quando nos Estados Unidos começou a conquista do território e a migração chegou à costa do Oceano Pacífico. Neste período, com o grande crescimento da população, foi necessário buscar métodos rápidos e produtivos para serem empregados na construção de habitações, utilizando os materiais disponíveis na região. A partir de então diversos materiais e técnicas foram incorporados no sistema da construção civil. Técnicas essas, que compreende a praticidade e a estética, como por exemplo, a construção a seco, ou Light Steel Frame (LSF) (MOBUSS, 2017).

É nesse contexto, que foi criado o sistema construtivo Light Steel Framin (LSF), que por meio de melhorias na gestão de processos, que engloba o projeto até a produção. Conceitualmente, o LSF é um tipo de construção que consiste em uma estrutura de perfis de aço galvanizado (aço leve) e fechamentos com placas cimentícias na face externa da parede e gesso acartonado e placas OSB (opcional) na face interna, passando estes a operar em união para resistir às cargas que demandam a construção e dando formato a mesma. É um método autoportante de elaboração a seco que possibilita agilidade na execução e de caráter industrial. Obtém maior controle ao processo, a partir da seleção de materiais, seleção da mão-de-obra e efetivação da construção seja elencada pela perfeição e qualificação (JARDIM & CAMPOS, 2006).

A utilização de aço no sistema construtivo teve início no ano de 1850, paralelamente nos EUA e na Inglaterra, porém estas obras tinham caráter experimental e limitado. Apesar dos 80 anos de existência, ainda não era um sistema construtivo muito aceito, por não ter sido ainda regulamentado (JARDIM & CAMPOS, 2006).

A partir de 1930 foram feitos catálogos de casas, que apesar de pouco explicativo sobre o sistema, teve relativa aceitação. A partir de então, inspirados pela indústria automobilística, iniciou-se um crescimento considerável em sua aplicação, com a formação de empresas especializadas (JARDIM & CAMPOS, 2006).

As restrições impostas pela II Guerra Mundial para utilização do aço, criou-se um cenário econômico extremamente favorável, pois a indústria siderúrgica estava

em alta por conta dos altos investimentos bélicos, somados com o crescimento da demanda por moradias devido a diminuição dos efetivos nas frentes de batalha por volta de 1940, junto a isso a rapidez do sistema (CAMISASCA, 2013).

Entre o período de 2001 e 2014, a demanda de sistemas construtivo a base de aço, teve impacto pela inserção dos produtores brasileiros no comércio internacional e pelo papel do BNDES no financiamento aos investimentos do setor e por programas públicos de combate ao déficit habitacional e pelas obras relacionadas à futura realização de dois grandes eventos esportivos. Mostrando exponencial crescimento nos próximos anos conseguintes observados pelos ganhos de produtividade (SIRTOLI, 2015).

Dois fatores se mostram igualmente importantes: as necessidades tecnológicas da construção civil e a janela de oportunidade aberta pelo crescimento econômico. As necessidades das construtoras, por sua vez, passam pela busca por métodos mais industrializados que reduzam a mobilização de mão de obra – cada vez mais escassa e custosa –, agilizem o ritmo das obras, facilitem a gestão de estoques e tragam vantagens logísticas (SIRTOLI, 2015).

Nos últimos anos, a popularidade da construção a seco, vem sendo cada vez maior. O sistema é denominado dessa forma, pois é dispensado o uso da água e a argamassa não são aplicadas no canteiro de obras, ou seja, utiliza-se apenas estruturas (perfil metálico, placas de gesso ou *drywall*, estruturas pré-moldadas em concreto ou aço – *steel framing*, forros em madeira e outros) previamente fabricadas em ambiente industrial (MOBUSS, 2017).

Este tipo de construção veio como uma forma de atender as necessidades de uma sociedade moderna em relação à construção civil. Desta forma a metodologia aplicada traz componentes industrializados e com isto conseguem promover o controle do produto final, de forma segura e sem riscos de desvios nos procedimentos de materiais e serviços durante a etapa da construção (MOBUSS, 2017).

Sistema Light Steel Frame é um sistema construtivo estruturado em perfis de aço galvanizado formados a frio, projetados para suportar as cargas da edificação ou trabalhar em conjunto com outros subsistemas industrializados, para garantir os requisitos de funcionamento da edificação. É um sistema construtivo aberto que permite a utilização de diversos materiais; flexível, pois não apresenta grandes restrições aos projetos; racionalizado, pois otimiza a utilização dos recursos e o

gerenciamento das perdas; customizável, já que permite total controle dos gastos na fase de projeto; além de durável e reciclável em grande parte (RODRIGUES, 2006).

Os perfis típicos para o uso em LSF são obtidos por conformação a frio a partir de bobinas de aço revestidas com zinco ou liga alumínio-zinco pelo processo contínuo de imersão a quente ou por eletrodeposição conforme a NBR 15253. A espessura da chapa varia entre 0,80 e 3,0 mm, sendo as seções mais comuns aquelas com formato em “C” ou “U” enrijecido (Ue) para montantes e vigas, e o “U” que é usado como guia na base e no topo dos painéis. O limite de escoamento dos perfis de aço zincado, não deve ser inferior a 230 Mpa. O sistema aceita uma grande variedade de materiais de vedação para esses tipos de edificações, como pode se constatar internacionalmente, seja de forma monocamada, seja de forma combinada (RODRIGUES, 2006).

No mercado nacional os produtos mais usuais para a vedação externa das construções em LSF são fornecidos em placas ou chapas, com várias espessuras, sendo os mais utilizados a placa cimentícia, o OSB (Oriented Strand Board) com proteção adequada quanto às intempéries, e painéis de aço tipo sanduíche compostos com isolantes – estes últimos de uso mais frequente em edificações e fachadas comerciais (HASS, 2011).

Os aços para estruturas devem possuir propriedades de boa ductilidade, homogeneidade e soldabilidade, elevada relação entre a tensão resistente e a de escoamento, e resistência à corrosão (para esse caso adiciona-se cobre). Para tanto, utilizam-se os aços-carbono e os aços em baixo teor de liga ou microligados. Os dois primeiros recebem tratamentos térmicos a fim de modificar suas propriedades mecânicas. Quanto maior o percentual de carbono no aço, maior a resistência e menor sua ductibilidade – mais frágil (classificando-se como baixo, médio e alto carbono) (PFEIL & PFEIL, 2009).

O uso do STF tem sido regulamentado pela NBR 16970 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2022) que prevê requisitos para o sistema construtivo estruturado em perfis leves de aço conformados a frio em chapas delgadas, além de determinar os usos para edificações residenciais e não residenciais de até dois pavimentos. Os principais elementos que a norma trata são os elementos de fundação, componentes e elementos estruturais, componentes de fechamento e revestimento de vedação. Para projetos estruturais, esta norma estabelece os requisitos gerais para projeto e dimensionamento das estruturas de

aço que fazem parte do sistema. A norma se aplica para edificações residenciais e não residenciais de até dois pavimentos.

Os principais sistemas construtivos utilizados atualmente são: alvenaria tradicional, alvenaria estrutural, wood frame, steel frame, concreto pré-moldado, paredes de concreto, container e concreto PVC. Novos sistemas construtivos têm sido a alternativa aos produtos e processos tradicionais até então utilizados, visando principalmente à racionalização e industrialização da construção (VIVIAN, et al., 2010).

A industrialização do sistema da construção civil, envolve tecnologia que possibilita a racionalização, simplificação de operações e aumento da produtividade que resulte em diminuição dos custos. Visa também possuir um sistema de produção temporário (prazo para entrega de uma edificação por exemplo), lucros maximizados e os desperdícios minimizados (VIVIAN, et al., 2010).

Essa necessidade de industrialização articula práticas construtivas, materiais aplicados e processos de organização de trabalho, princípios de gestão que visam garantir a qualidade dos serviços e da edificação como produto final, juntamente com o objetivo de diminuir a carência habitacional do país. Observa-se que os custos globais de uma construção industrializada, via de regra, são inferiores ao de uma construção convencional, podendo levar a uma economia de até 25% (SILVA, 2019).

O Sistema Steel Frame por ser um método de construção civil prático diferente da alvenaria convencional, demonstra de forma exaustiva muitas vantagens e à obra. Observando que LSF é uma forma de construir que implementa baixo custo, rapidez, flexibilidade, preservação ambiental, tem sido uma tendência de escolha, tendo em vista as necessidades da sociedade por moradia (JARDIM & CAMPOS, 2006).

O LSF apresenta diversas vantagens em relação aos métodos tradicionais, como menor tempo de construção, menor geração de resíduos e maior eficiência energética, dentre outros. Dentre as principais vantagens desse sistema são: leveza, resistência, podendo ser empregados em imóveis populares, de alto padrão, comerciais, além disso traz produtividade e agilidade para a obra. Um dos principais benefícios do sistema Light Steel Frame é a velocidade de construção.

De acordo com o estudo realizado por Faria *et al.* (2021), o Light Steel Frame apresentou um tempo de construção menor em relação à estrutura convencional de concreto armado, reduzindo os custos e o tempo de entrega da obra. Isso se deve à

fabricação industrializada dos elementos construtivos, que permite uma montagem rápida e eficiente no canteiro de obras. Estima-se que para o Steel Frame, em até 3 dias a estrutura esteja toda montada, com economia de 40% quando comparada à alvenaria. A redução no tempo de construção, já que depois de pronta não precisa se esperar a “cura” como a do concreto é uma das grandes vantagens desse sistema.

Diferente dos métodos construtivos tradicionais, que utilizam materiais como alvenaria e concreto, o LSF emprega estruturas leves e resistentes, compostas por perfis de aço galvanizado. Na comparação com estruturas convencionais, por exemplo coberturas que utilizam madeira, a estrutura metálica tem um custo muito próximo, porém em alguns períodos esses valores destoam já que o ferro é baseado pelo dólar e sofre constante variação, contudo a cobertura em estrutura metálica não sofre com cupins, ou umidade e desde que dimensionada da forma correta tem uma resistência muito maior que a madeira. Já na aplicação substituindo pilares de concreto, o maior benefício está na velocidade de execução, além de tornar a obra muito mais limpa durante a execução (OLIVEIRA, 2018).

É um sistema versátil pois possibilita a utilização de vários materiais de revestimentos. Existe uma boa estabilidade de preços do aço no mercado, fazendo com que os engenheiros tenham mais facilidades em orçar um projeto. Como se sabe, a fundação consome grande parte do orçamento e tempo de execução de uma obra, esse problema é drasticamente diminuído nas edificações (JARDIM & CAMPOS, 2006).

A resistência estrutural é um fator crítico na escolha do sistema construtivo. Segundo o estudo realizado por Oliveira *et al.* (2021), o sistema Light Steel Frame apresentou uma resistência estrutural superior à alvenaria e ao concreto armado, com capacidade de suportar cargas verticais e horizontais com maior eficiência. Isso permite a construção de edifícios mais altos e mais leves.

Um estudo realizado por Santos *et al.* (2018) comparou a resistência ao fogo de uma construção em LSF com uma construção em alvenaria convencional. Os resultados mostraram que a construção em LSF apresentou maior resistência ao fogo, devido à utilização de materiais com propriedades retardantes ao fogo e à possibilidade de aplicação de revestimentos resistentes ao fogo. não combustíveis na sua composição.

A utilização do aço como material estrutural apresenta vantagens sobre outros materiais, alta resistência em relação ao peso próprio, alto módulo de elasticidade, resistência à tração, homogeneidade do produto, diminuição do peso da estrutura com alívio das cargas de base (fundações), tempo ganho no cronograma da obra, precisão de execução etc, (GUARNIER & ARAUJO, 2010).

A flexibilidade arquitetônica é um benefício importante do sistema Light Steel Frame. De acordo com o estudo realizado por Fernandes *et al.* (2020), o sistema permite uma maior liberdade de criação arquitetônica em relação à alvenaria e ao concreto armado, devido à facilidade de execução de formas complexas e à possibilidade de alterações na planta durante a construção.

A durabilidade é um aspecto fundamental na construção civil, principalmente quando se trata de edificações que serão utilizadas por longos períodos. De acordo com o estudo realizado por Silva *et al.* (2019), o sistema Light Steel Frame apresentou uma durabilidade semelhante à alvenaria e ao concreto armado, desde que sejam tomados os cuidados necessários durante a construção e manutenção da edificação.

Quando a performance do sistema, pode-se observar estudos que comparam o seu desempenho térmico e acústico. Leite *et al.* (2021), verificaram que o LSF apresentou um melhor desempenho térmico em relação à alvenaria e à madeira, apresentando menor fluxo de calor e menor transferência de temperatura. Oliveira *et al.* (2018), verificou também que o sistema apresenta um bom desempenho acústico em relação à alvenaria e ao concreto armado. Ambos os desempenhos, são devido à utilização de materiais com propriedades termoacústicas, o que proporciona maior conforto aos ocupantes da edificação.

A sustentabilidade é um aspecto cada vez mais importante e é um desafio para todos os setores de produção. Na indústria da construção civil não é diferente, a busca árdua para minimizar os impactos ambientais tem sido um paradigma do método Steel Frame. As vantagens do seu uso, se dá na redução do consumo de água, de resíduos, e contribui para a eficiência energética obtendo maior conforto térmico em dias quentes e frios. Essa técnica aumenta a produtividade em até 70% com a eliminação das etapas de aplicação e secagem dos materiais tradicionais. Apresenta ainda, resistência, mais praticidade nas manutenções, pois as tubulações, encanamentos e instalações elétricas podem ser acessados de maneira fácil (MOBUSS, 2017).

Castro *et al.* (2020), observaram que o Light Steel Frame apresentou um melhor desempenho ambiental em relação à alvenaria, devido à utilização de materiais recicláveis e à redução do consumo de água e energia durante a construção. Além disso, o sistema apresentou menor geração de resíduos na obra, contribuindo para a redução do impacto ambiental, representando uma pegada de carbono significativamente menor em relação à alvenaria e ao concreto armado.

Vale ressaltar, que no Brasil, aproximadamente 25% do aço produzido é reciclado, no caso de estrutura metálica a mesma pode ser desmontada e reutilizada em outro local sem perda de resistência, juntamente a isso, a produção de aço reciclado consome apenas 40% de energia em relação a produção a partir da extração do minério de ferro. Vale ressaltar que fatores climáticos como a chuva não impede a continuidade da obra, pois não se necessita de tempo de cura como acontece com o concreto. Assim que é instalada já está finalizada (GHAVARNI, 2014).

Um estudo realizado por Castro (2020) comparou a geração de resíduos em uma obra de construção em LSF com uma obra em alvenaria convencional. Os resultados mostraram que a obra em LSF gerou uma quantidade significativamente menor de resíduos, devido à utilização de materiais pré-fabricados e ao menor número de etapas construtivas. Esses resultados indicam que o LSF pode ser uma alternativa mais sustentável e econômica para a construção civil.

Obras que possuem interesse social, como conjuntos habitacionais necessitam de um sistema construtivo mais competitivo no mercado, e o STF é um método indicado, já que a eficiência do sistema industrializado de construção é obtida através da redução de custos de materiais e velocidade na execução da obra. Diversos estudos têm comprovado, leve vantagem financeira a favor do sistema pré-fabricado sobre os sistemas convencionais, principalmente quando comparado ao consumo de argamassa de regularização das paredes devido à necessidade de acabamento sobre os blocos de concreto além da melhor obtenção da qualidade, durabilidade, racionalização de recursos, rapidez das obras e economia visando a excelência construtiva. Além disso, sistemas que visam compor as construções metálicas com foco no aperfeiçoamento, envolvendo materiais inseridos no contexto da sustentabilidade podem ser realizados trazem uma boa contribuição para o segmento das habitações (MODENA, 2009).

As residências unifamiliares, uma solução para os problemas habitacionais do Brasil, podem ser bem mais explorados quando inseridos às técnicas de industrialização. Entretanto, quanto ao processo de projeto e de produção, são notórias as vantagens da estrutura metálica, principalmente em situações onde o prazo ou a limitação do canteiro de obras é fator determinante. As especialidades de projeto para uma residência unifamiliar, na maioria dos casos resumem-se à arquitetura, ao cálculo estrutural, à hidráulica e à elétrica, o que de certa forma simplifica o processo em comparação com a modalidade de andares múltiplos. Tal técnica obtém vantagens nos orçamentos, característica esta, de acordo com a prática, muito distante das obras em concreto (CASTRO, 2005).

O sistema se apresenta-se em um período de consolidação, caracterizado por um crescimento contínuo da utilização dessa tecnologia, graças à maior variedade de produtos oferecidos, ao maior de profissionais habilitados e às vantagens da utilização do aço em elementos pré-fabricados.

Mesmo com todos estes aspectos, o uso do aço vem crescendo a passos largos, pois muitos engenheiros e arquitetos ficam receosos em arriscar em um produto que exige muita atenção e capacitação, assim preferem projetar com a alvenaria convencional. Embora o conhecimento técnico hoje seja mais difundido do que há alguns anos atrás, observa-se que o número de profissionais especializados atuantes ainda não é suficiente para acompanhar a demanda, em crescimento, do mercado da construção metálica (MARQUES *et al.*, 2020).

Além disso, trata-se de um método construtivo que sempre dependerá do preço do aço, um produto cujo mercado é pouco afetado pelo setor. Eventualmente, processos de consolidação engendrados pela própria dinâmica concorrencial, talvez estimulados por algum período mais crítico, resultem em alguma recuperação do poder de barganha da indústria de estruturas metálicas em sua cadeia de valor. Investimentos em inovação, tanto dos produtos e dos processos quanto dos modelos de negócio e do próprio marketing, também serão determinantes da trajetória do setor, uma vez que este, além de depender das vantagens de custo final que oferece às construtoras, também depende de alterações na cultura dos clientes (CRUZ, 2020).

Observa-se também às barreiras culturais frente à incorporação das novas tecnologias, o que torna incompatível o volume de demanda de aço junto aos fabricantes de estruturas, limitando o horizonte do setor. Este fato contribui para a

formação negativa da imagem da construção metálica, inibindo o avanço do mercado, pois os consumidores ficam inseguros na sua escolha.

Apesar das vantagens apresentadas pelo sistema LSF, é importante ressaltar que essa tecnologia ainda apresenta alguns desafios, como todo sistema tecnológico que está em expansão. Entretanto, nota-se que o LSF ainda está em fase de desenvolvimento e aprimoramento, mas apresenta um grande potencial para revolucionar a construção civil brasileira.

4. Considerações finais

Ao longo das últimas décadas, houve uma crescente demanda por métodos construtivos mais eficientes e sustentáveis. Nesse contexto, o sistema Light Steel Frame tem ganhado espaço, principalmente por sua rapidez de execução, baixo impacto ambiental e flexibilidade de projeto.

Foi observado que o sistema Light Steel Frame possui diversas vantagens em relação aos métodos construtivos mais tradicionais. Entre elas, destacam-se a alta precisão e qualidade dos materiais utilizados, a facilidade de montagem, a redução do tempo de execução e a menor geração de resíduos.

No entanto, é importante ressaltar que o sistema Light Steel Frame ainda enfrenta algumas limitações, como a necessidade de mão de obra especializada e a falta de padronização em alguns aspectos do processo construtivo. Além disso, seu custo inicial pode ser mais elevado do que os métodos tradicionais, embora este fator possa ser compensado no longo prazo devido à sua maior durabilidade e menor necessidade de manutenção. Diante disso, é fundamental que os profissionais da área de construção civil avaliem cuidadosamente as especificidades de cada projeto antes de optar por um dos métodos construtivos disponíveis.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16970** (2022) Light Steel Framing - Sistemas construtivos estruturados em perfis leves de aço formados a frio, com fechamentos em chapas delgadas - Parte 1: Desempenho. Rio de Janeiro. 2022.

CAMISASCA, Marina Mesquita; NEVES, Osias Ribeiro. **Aço Brasil**: uma viagem pela indústria do aço. Belo Horizonte: Escritório de Histórias, 192 p., 2013.

CASTRO, R. L., et al. Estudo comparativo entre o sistema construtivo light steel frame e os métodos construtivos convencionais. **Revista de Engenharia Civil IMED**, vol. 7, no. 1, pp. 55-63, 2020.

CRUZ, M. V., et al. Eficiência energética em sistemas construtivos: análise comparativa entre alvenaria, concreto armado e Light Steel Frame. **Revista de Engenharia e Tecnologia**, vol. 14, no. 3, pp. 41-51, 2020.

FARIA, G. R., et al. Comparação de sistemas construtivos em aço: light steel frame versus estrutura convencional de aço. **Revista de Engenharia e Tecnologia**, vol. 13, no. 1, pp. 1-9, 2021.

FERNANDES, J. M., et al. Flexibilidade arquitetônica em edificações construídas em Light Steel Frame. **Revista de Engenharia e Tecnologia**, vol. 14, no. 2, pp. 48-57, 2020.

GUARNIER, C.R.F; ARAUJO, E.C. Metodologias de detalhamento de estruturas metálicas. In: *Construção Metálica*. 98ed., 2010.

GUAVARNI, K. Materiais e Tecnologias não convencionais para o século XXI. ResearchGate, 2014.

HASS, Deleine Christina Gessi e MARTINS, Louise Floriano. **Viabilidade econômica do uso do sistema construtivo Steel Frame como método construtivo para habitações sociais**. 2011. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia de Produção Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, Curitiba, 2011.

JARDIM, G. T. da C.; CAMPOS, A. S. **Light Steel Framing: uma aposta do setor siderúrgico no desenvolvimento tecnológico da construção civil**. Rio de Janeiro: IBS/CBCA, 138p., 2006.

LEITE, J. S., et al. Avaliação do desempenho térmico de edificações em light steel frame. **Revista Ibero-Americana de Engenharia Mecânica**, vol. 25, no. 2, pp. 95-103, 2021.

MARQUES, F. A., et al. Avaliação da pegada de carbono em sistemas construtivos: análise comparativa entre alvenaria, concreto armado e Light Steel Frame. **Revista de Engenharia Civil IMED**, vol. 6, no. 2, pp. 72-83. 2020.

MOBUSS. **Conheça 4 técnicas de construção a seco e suas vantagens**. 26/01/2017. Mobuss Construção. Disponível em: <<https://www.mobussconstrucao.com.br/blog/2017/01/construcao-a-seco/>>. Acesso em: abr. de 2023.

MODENA, Luciano. *Construção industrializada: uma contribuição para habitações de interesse social*. Trabalho de Conclusão de Curso (graduação em Engenharia Civil - Especialista em Edificações: excelência construtiva e anomalias) - Escola de Engenharia da Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2009.

OLIVEIRA, L. F., et al. Análise comparativa da resistência estrutural de sistemas construtivos em Light Steel Frame. **Revista de Engenharia Civil IMED**, vol. 7, no. 1, pp. 89-103, 2021.

OLIVEIRA, L. F., et al. Comparativo do desempenho acústico em sistemas construtivos. **Revista Ibracon de Estruturas e Materiais**, vol. 11, no. 5, pp. 905-924, 2018.

OLIVEIRA, R. A., et al. Análise da resistência sísmica de edifícios em light steel frame. **Revista de Engenharia Civil IMED**, vol. 6, no. 2, pp. 60-67. 2019.

PFEIL, Walter, PFEIL, Michele. **Estruturas de aço: dimensionamento prático**. 8.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009.

RODRIGUES, Francisco Carlos. **Steel Framing: Engenharia**, 127f. Rio de Janeiro: IBS / CBCA, 2006.

SILVA, A. C. **Metodologia da pesquisa aplicada à contabilidade**. 2ª Ed. São Paulo: Atlas, 2008.

SILVA, A. L., et al. Análise da durabilidade do sistema construtivo Light Steel Frame. **Revista de Engenharia e Tecnologia**, vol. 13, no. 2, pp. 29-38, 2019.

SIRTOLI, A.S.C. **Industrialização da construção civil, sistemas pré-fabricados de concreto e suas aplicações**. 77 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Civil) - Centro de Tecnologia da Universidade Federal de Santa Maria - UFSM, Santa Maria, 2015.

VIVIAN, et al., Vantagem produtiva do sistema light steel framing: da construção enxuta à racionalização construtiva. **ENTAC - XIII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído**, Canela, RS, 2010.