

FACULDADE DE ENGENHARIA DE MINAS GERAIS
Programa de Pesquisa, Produção e Divulgação Científica

ANA RAQUEL RODRIGUES ANDRADE
ADRIELLE LARISSA MARTINS ARCANJO
INGRIDH MELISSA ALMEIDA DE ANDRADE

LIGHT STEEL FRAME: patologias em sistemas de vedações leves

BELO HORIZONTE - MG
NOVEMBRO / 2021

ANA RAQUEL RODRIGUES ANDRADE
ADRIELLE LARISSA MARTINS ARCANJO
INGRIDH MELISSA ALMEIDA DE ANDRADE

LIGHT STEEL FRAME: patologias em sistemas de vedações leves

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado ao curso de Engenharia Civil, da Faculdade de Engenharia de Minas Gerais (FEAMIG), como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil.

Área de concentração: Construção Civil

Orientador: Prof. Ms. Diego de Jesus Queiroz Rosa

Coorientador: Ms. Gustavo Costa Val Moura Leite

Orientador (a) de metodologia: Prof. Ms. Raquel Ferreira de Souza

BELO HORIZONTE - MG
NOVEMBRO / 2021



FEAMIG

Instituto Educacional "Cândida de Souza"

FOLHA DE APROVAÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso intitulado **LIGHT STEEL FRAME: PATOLOGIAS EM SISTEMAS DE VEDAÇÕES SIMPLES**, de autoria dos alunos ANA RAQUEL RODRIGUES ANDRADE, ADRIELLE LARISSA MARTINS ARCANJO e INGRIDH MELISSA ALMEIDA DE ANDRADE, isento de banca examinadora, em função de publicação de artigo científico nos **Cadernos de Comunicações Universitárias**, do 5º SEAG – Simpósio de Engenharia, Arquitetura e Gestão, ISSN 2675-1879.

Belo Horizonte, 09 de novembro de 2021.

Profa. Ms. Raquel Ferreira de Souza

Coordenadora do Programa de Pesquisa, Produção e Divulgação Científica

PPDC/FEAMIG

Dedicamos este trabalho a Deus,
que nos permitiu chegar até aqui.

AGRADECIMENTOS

À Deus, pelas oportunidades de todos os dias.

À nossa família, por estar presente em todos os momentos.

Àqueles com quem tivemos a oportunidade de conviver durante as diferentes etapas da graduação, nos ensinando sobre companheirismo e amizade.

Aos professores e orientadores Diego Rosa, Gustavo Costa e Raquel Ferreira, por toda a disponibilidade, paciência e incentivo durante a realização do presente trabalho, proporcionando o direcionamento para a conclusão do mesmo.

Aos professores da FEAMIG, por todos os ensinamentos durante o período de graduação.

A todos que contribuíram direta ou indiretamente na elaboração deste trabalho.

*“Um pássaro pousado em uma árvore nunca tem medo que o galho se rompa,
porque sua confiança não está no galho e sim em suas próprias asas, por isso
acredite em si mesmo!”*

Chico Xavier

RESUMO

Ao analisar historicamente a evolução das construções, percebe-se diferenças em termos de materiais e de técnicas utilizadas. Neste contexto, o mercado está abrindo espaço para outros sistemas construtivos, como por exemplo, o Light Steel Frame. O presente trabalho tem como objetivo principal a pesquisa sobre o método construtivo em Light Steel Frame, com o intuito de avaliar o surgimento das manifestações patológicas no LSF e elaborar propostas para reduzir e/ou minimizar a aparição das mesmas. Utilizou-se como metodologia de pesquisa a revisão bibliográfica pertinente aos tópicos citados, com intuito de compreender melhor o assunto e trazer informações relevantes, não só para a comunidade acadêmica uma vez que é um tema relevante para os âmbitos sociais, econômicos e principalmente ambientais. Neste trabalho são apresentados os resultados de um estudo de propostas para prevenir as manifestações patológicas no método construtivo Light Steel Frame (LSF) explorando as possíveis manifestações patológicas e indicando ações viáveis de prevenção e recuperação destas patologias.

Palavras-chave: Sistema Construtivo. Light Steel Frame. Manifestações Patológicas.

ABSTRACT

When analyzing historically the evolution of constructions, differences are perceived in terms of materials and techniques used. In this context, the market is making room for other construction systems, such as the Light Steel Frame. The main objective of this work is to research the construction method in Light Steel Frame, in order to evaluate the emergence of pathological manifestations in the LSF and to elaborate proposals to reduce and/or minimize their appearance. The research methodology was the bibliographic review relevant to the topics mentioned, in order to better understand the subject and bring relevant information, not only to the academic community, since it is a relevant theme for social, economic and mainly environmental spheres. This paper presents the results of a study of proposals to prevent pathological manifestations in the Light Steel Frame (LSF) constructive method exploring possible pathological manifestations and indicating viable actions to prevent and recover these pathologies. You need to present the main results of the work.

Keywords: Constructive System. Light Steel Frame. Pathological Manifestations.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Dimensões da Sustentabilidade	20
Figura 2- Desenho esquemático de uma estrutura em Light Steel Framing	23
Figura 3- Estrutura de residência em Light Steel Framing	23
Figura 4 - Método Stick	28
Figura 5 - Método por painéis.....	30
Figura 6 - Método modular	31
Figura 7 - Detalhe esquemático de fixação em laje radier	33
Figura 8 - Detalhe esquemático de fixação em sapata corrida.....	34
Figura 9 - (a) Máquina estacionária (b) Máquina Suspensa.....	36
Figura 10 - Ancoragem de um painel após a cura do concreto	37
Figura 11 - Detalhe da fixação de um conector à pólvora	38
Figura 12 - Fixação com parafusos autobrocantes	39
Figura 13 - Ranhura e comprimento da broca de parafusos para LSF	40
Figura 14 - Tipos de cabeça dos parafusos para LSF.....	40
Figura 15: Detalhamento de fechamento vertical	42
Figura 16: Casa construída no sistema LSF	54
Figura 17: Lei da evolução dos custos	58

LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Vantagens do Light Steel Framing em edificações	25
Quadro 2- Categorias de manifestações patológicas	56
Quadro 3- Principais manifestações patológicas.....	57

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AEEBC - *Association d'Experts Européens du Bâtiment et de la Construction*

EPS - Poliestireno Expandido

EUA – Estados Unidos da América

FEAMIG – Faculdade de Engenharia de Minas Gerais

JIT - *Just-in-Time*

LSF – *Light Steel Frame*

LWF - *Light Wood Framing*

OSB - *Oriented Strand Board*

PFF – Perfis Formados a Frio

STP - Sistema Toyota de Produção

TCC - Trabalho de Conclusão de Curso

TQM - *Total Quality Management*

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 Contexto do Problema.....	14
1.2 Problema de Pesquisa	14
1.3 Objetivos	15
1.3.1 Objetivo Geral	15
1.3.2 Objetivos Específicos	15
1.4 Justificativa.....	15
2 REFERENCIAL TEÓRICO	17
2.1 Industrialização da Construção Civil	17
2.2 Sustentabilidade na Construção Civil.....	19
2.3 Construção Enxuta.....	21
2.4 Light Steel Frame (LSF)	22
2.4.1 Vantagens e desvantagens do sistema Light Steel Framing.....	24
2.4.2 Aço no LSF.....	27
2.4.3 Métodos construtivos do sistema LSF.....	27
2.4.3.1 Método “Stick”	28
2.4.3.2 Método por painéis.....	29
2.4.3.3 Método modular	30
2.4.4 Fundações.....	32
2.4.4.1 Laje Radier	32
2.4.4.2 Sapata corrida	34
2.4.5 Ligações	35
2.4.5.1 Soldas	35
2.4.5.2 Chumbadores.....	37
2.4.5.3 Fixadores à pólvora	38
2.4.5.4 Parafusos	39
2.4.5.5 Fechamento Vertical.....	42
3 METODOLOGIA DE PESQUISA	44
3.1 Tipo de Pesquisa.....	44
3.2 Natureza da Pesquisa	45
3.3 Tipo de Pesquisa Quanto aos Fins	45
3.4 Tipo de Pesquisa Quanto aos Meios.....	46

3.5 Universo e Amostra	48
3.6 Coleta e Análise de Dados	49
3.7 Limitações	51
4 ANÁLISE E DISCUSSAO DOS RESULTADOS.....	52
4.1 Contextualização do Sistema Construtivo <i>Light Steel Frame</i>	52
4.2 Possíveis Manifestações Patológicas Adeptas ao sistema LSF e Suas Causas	54
4.3 Recuperação das referidas manifestações patológicas e como evitá-las	58
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	60
REFERÊNCIAS.....	61
APÊNDICE A – ARTIGO PUBLICADO	66

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, estão sendo cada vez mais implantados novos sistemas construtivos, devido a evolução tecnológica dos materiais, da teoria das estruturas e dos sistemas construtivos. Thomaz (1990) complementa que, na busca de alvos ideais como materiais leves, compactos, duráveis e de baixo custo, surgiram com maior frequência, problemas de falhas de construção.

Os aspectos construtivos modernos favorecem o aparecimento de fenômenos patológicos, pois, em função do conhecimento mais aperfeiçoado e profundo dos materiais e técnicas, seu emprego aproxima-se do limite de desempenho satisfatório. Uma vez que se conhece, com maior precisão, até que ponto se pode confiar em determinado material, tende-se a reduzir o seu consumo, fazendo com que o mínimo erro possa causar patologias (VERÇOSA, 1991).

Segundo Carmo (2003), as anomalias patológicas têm origem relacionada a algum erro ou falha cometida em pelo menos uma das fases do processo de construção, e sua ocorrência estão vinculadas a um conjunto de sintomas ou manifestações patológicas que são características, apresentadas durante a execução do uso da edificação, podendo se tornar visíveis já no início da construção ou após anos de conclusão da obra.

Nesse sentido, o sistema construtivo, industrializado, *Light Steel Frame*, também conhecido como estrutura em aço ou construção LSF, é reconhecido internacionalmente para definir o material construtivo que utiliza como principal elemento estrutural, o aço galvanizado, gerando edificações de baixo peso (TEIXEIRA e SIMPLÍCIO, 2018).

Este modelo consiste em uma estrutura mais leve, com perfis de aço galvanizado, formando um molde com painéis e vigas e alguns elementos desenvolvidos para suportar as cargas da edificação. É utilizado placas de fechamento, que podem ser de diversos materiais inclusive já acabados, além de isolamentos térmicos e

acústicos, o que gera um resultado final próximo e até mesmo superior em alguns quesitos ao da construção convencional e com qualidade superior. (CASTRO, 2006).

1.1 Contexto do Problema

O método construtivo *Light Steel Frame* por se tratar de um sistema de construção a seco, possibilita uma obra limpa, isenta de desperdícios e entulhos, proporcionando vantagens e benefícios para a construção civil. Porém, como em qualquer outro método construtivo, o sistema possui desvantagens e barreiras, sendo que entre os principais impedimentos para sua aplicação no Brasil, destaca-se a deficiência de normalização sobre o assunto e formação deficiente dos profissionais. (CAVALHEIRO, 1995)

Mesmo com as inovações tecnológicas e o aprimoramento no setor de técnicas e materiais de construção, ainda se observa também diversos tipos de fatores patológicos que podem ser ditas como as consequências da deficiência na construção, vícios e/ou defeitos construtivos. Os problemas patológicos podem ser decorrentes de erros de projeto, execução, seleção de materiais e uso da estrutura (GOMES, MONTEIRO e VITÓRIO, 2017).

Nesse contexto se insere a importância da investigação das manifestações patológicas no sistema construtivo LSF, pois através desse estudo, é possível entender o mecanismo de atuação dessas manifestações, e principalmente suas causas e origens, de modo a se propor ações reparadoras para as manifestações já existentes, além de ações preventivas, no intuito de evitar sua ocorrência.

1.2 Problemas de Pesquisa

Como reduzir e/ou prevenir as manifestações patológicas no sistema construtivo industrializado LSF?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo Geral

Elaborar propostas para prevenir as manifestações patológicas no método construtivo *Light Steel Frame* (LSF).

1.3.2 Objetivos Específicos

- a) Explanar o sistema construtivo em *Light Steel Frame*;
- b) Explorar as possíveis manifestações patológicas adequadas ao sistema LSF, assim como suas causas;
- c) Mapear as ações viáveis para recuperação das referidas manifestações patológicas, tanto quanto obter entendimento de como evitá-las

1.4 Justificativa

Tornar-se de conhecimento o conceito, a aplicabilidade e os benefícios do sistema construtivo *Light Steel Frame* em edificações são fundamentais para compreender que esse método construtivo é extremamente vantajoso e versátil.

Com o surgimento de novas tecnologias na construção civil, o sistema LSF se mostra muito inovador e tecnológico, além de proporcionar às empresas e construtoras um método capaz de atender de forma rápida, fácil, sustentável e custos reduzidos, sem perder a qualidade. É um sistema construtivo a ser explorado por grandes corporações e profissionais da área civil, que buscam por novas tecnologias e crescimento profissional.

Segundo Gorgolewski (2006), o uso do sistema LSF vem atraindo o interesse em muitos países nos últimos anos, principalmente no que se refere a habitações residenciais unifamiliares, visto que este sistema pode contribuir para o aumento do nível de especialização e qualidade da mão-de-obra e estabelecer altos padrões de construção.

Considerando a limitada disponibilidade de material, referente ao estudo das possíveis manifestações patológicas relacionadas ao sistema *Light Steel Frame* e seus métodos, o presente trabalho se propõe a realizar um estudo entre os processos construtivos desse sistema para encontrar as principais falhas, através de uma análise crítica sobre os fatores, que conseqüentemente levam a patologias no sistema LSF, bem como buscar soluções para resolver, empenhando-se em expor ações e técnicas necessárias, a fim de evitar tais manifestações patológicas, para que assim sejam elaboradas tratativas de modo a reduzir essas ocorrências, impulsionando o crescimento do LSF no mercado civil nacional.

Além disso, se almeja auxiliar os profissionais da área de Engenharia Civil que buscam conhecimento no sistema LSF, sendo usado como uma fonte de pesquisa, de modo a entenderem sua funcionalidade e seus processos internos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Industrialização da Construção Civil

A história da industrialização se identifica, em primeiro tempo, com a história da mecanização, ou seja, com a evolução das ferramentas e máquinas para a produção de bens. De forma gradativa, as atividades exercidas pelo homem com auxílio da máquina foram sendo substituídas por aparelhos mecânico e eletrônicos ou genericamente por automações (GOMES *et al.*, 2013).

Conforme com Brumatti (2008) o setor da construção civil tem sido considerado por muitos uma indústria “atrasada” quando comparado com outros setores, por apresentar, de maneira geral, baixa produtividade, grande desperdício de materiais, morosidade e baixo controle de qualidade.

De maneira geral, a indústria da construção civil apresenta resistência para modernização dos processos construtivos utilizados e quando comparado como avanço tecnológico e desenvolvimento de outros setores da sociedade nota-se que a forma de construir convencional não é mais capaz de atender as demandas e resolver os problemas da construção relacionados à produtividade e ao meio ambiente. Neste sentido a industrialização na construção civil surgiu para aprimorar estas técnicas e atender estas necessidades (MASO, 2017).

Para Baptista (2005) o uso de elementos de concreto pré-fabricados promoveu um significativo salto na qualidade dos canteiros de obras. Através destes componentes industrializados as obras tornaram-se mais organizadas e seguras, fazendo uso de materiais de melhor qualidade, com fornecedores selecionados e mão-de-obra mais qualificada.

De acordo com Villar (2005) a industrialização na construção civil pode ser definida como:

Processo evolutivo que, através das ações organizacionais e da implementação de inovações tecnológicas, métodos de trabalho, e de técnicas de planejamento e controle, tem como objetivo incrementar a produtividade e o nível de produção, e aprimorar o desempenho da atividade construtiva (VILLAR, 2005, p. 16).

Para Ribeiro (2002) a definição de industrialização demonstra a participação dos processos industriais utilizados e que colaboram no alcance dos benefícios proporcionados por este processo.

A construção industrializada se caracteriza, essencialmente, por procedimentos baseados em componentes de fábrica, ou componentes construtivos funcionais, produzidos em série, com o fim de tornar mais rápido o processo construtivo e reduzindo ao máximo as operações no canteiro de obras (RIBEIRO, 2002, p. 9).

Segundo Gomes (2013) de modo geral, a industrialização é um processo organizacional caracterizado por:

- Continuidade no fluxo de produção;
- Padronização;
- Integração dos diferentes estágios do processo global de produção;
- Alto nível de organização do trabalho;
- Mecanização em substituição ao trabalho manual sempre que possível;
- Pesquisa e experimentação organizadas e integradas à produção (GOMES, 2013, p. 2).

As mudanças geradas na forma de projetar e de construir utilizando os processos de industrialização e racionalização acabam por estabelecer uma relação com os conceitos de sustentabilidade, um assunto muito discutido no contexto atual e que busca pelo desenvolvimento da sociedade de forma sustentável, levando em consideração a utilização de forma responsável e cautelosa dos recursos naturais e a menor geração de resíduos (MASO, 2017).

2.2 Sustentabilidade na Construção Civil

Os impactos da construção civil no meio ambiente são significativos devido à aos recursos naturais consumidos em grande quantidade e o volume de resíduos sólidos. As práticas de sustentabilidade devem ser incorporadas na construção de maneira crescente já que diferentes agentes como governos, consumidores, investidores e associações alertam, estimulam e pressionam essa mudança de paradigma (GOMES; LACERDA, 2014).

Para Mobuss (2020) a sustentabilidade na construção civil é um tema cada vez mais indispensável em qualquer empresa do ramo a grande quantidade de resíduos em todas gerados nos canteiros de obra além das nossas atividades de extração de matéria-prima e elevado uso de energia elétrica representa um desafio na minimização dos impactos provocados pelas construções.

A primeira definição de sustentabilidade foi apresentada no relatório de Brundtland em 1987. Determina que o “desenvolvimento que satisfaz as necessidades do presente, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de atingirem as suas próprias necessidades” (BRUNTLAND, 1987, p. 54).

A partir de então, já surgiram várias definições e, provavelmente, aparecerão outras no futuro, entretanto, o ponto comum em todas elas, quando analisadas detalhadamente, está nas dimensões que compõem o termo sustentabilidade. Segundo Claro *et al* (2008) a maioria dos estudos afirma que sustentabilidade é composta de três dimensões que se relacionam: econômica, ambiental e social conforme apresentado na Figura1.

Figura 1 – Dimensões da Sustentabilidade.



Fonte: [https://specto.com.br/destaques-2019-2-pt-1-sustentabilidade\(2019\)](https://specto.com.br/destaques-2019-2-pt-1-sustentabilidade(2019))

O desenvolvimento sustentável é como a fonte da capacidade de gestão e dos recursos técnicos e financeiros indispensáveis à resolução dos desafios ambientais. Necessitam partilhar do entendimento de que deve haver um objetivo comum, e não um conflito, entre desenvolvimento econômico e proteção ambiental, tanto para o momento presente como para as gerações futuras (ANDRADE *et al.*, 2004).

De acordo com Aguilar e Motta (2009), como construção civil representa a atividade com maior impacto sobre o meio ambiente é de extrema importância promover a sustentabilidade no setor. Além disto, ela promove impactos econômicos e sociais que contribuem no aumento da qualidade de vida tornando uma estratégia fundamental.

Na construção civil, fazer empreendimento sustentável vai além da utilização de materiais amigáveis ao meio ambiente. Vários fatores são relevantes como, por exemplo, infraestrutura verde, arquitetura inteligente, gestão de águas, construção enxuta e controle dos resíduos gerados.

2.3 Construção Enxuta

Desde a década de 90, segundo Shingo (1992) a construção civil vem avançando em direção a novos referenciais teóricos e, por decorrência, de novas práticas, a partir das filosofias TQM (Total Quality Management), JIT (Just-in-Time) e, principalmente, do STP (Sistema Toyota de Produção), segundo. Com isso, o trabalho de Kostela (1992) foi o referencial mais proeminente para a fundamentação do modelo denominado de Construção Enxuta também conhecida por *Lean Construction*. (LEAN CONSTRUCTION INSTITUTE, 2009).

Segundo Koskela *et al.* (2010) a sustentabilidade e a construção enxuta são hoje dois dos mais importantes norteadores do setor da construção. De maneiras distintas, os conceitos embasam métodos, ferramentas e práticas que buscam eliminar ou reduzir problemas frequentes do setor, como o alto impacto ambiental e a falta de eficiência de produção.

O processo da Construção Enxuta, assim como em toda a filosofia “*Lean*” consiste em um fluxo de materiais, desde a matéria-prima até a entrega do produto ao cliente final. É constituído por atividades de transporte, tempo de espera, processamento (planejamento e execução) e inspeção (qualidade)(FORMOSO, 2002).

De acordo com Correia (2018) diferença entre a construção tradicional e a construção enxuta, está em seus conceitos. A construção tradicional, predominante em países como o Brasil, define produção como conjunto de atividades, transformando insumos em produtos finais ou parciais.

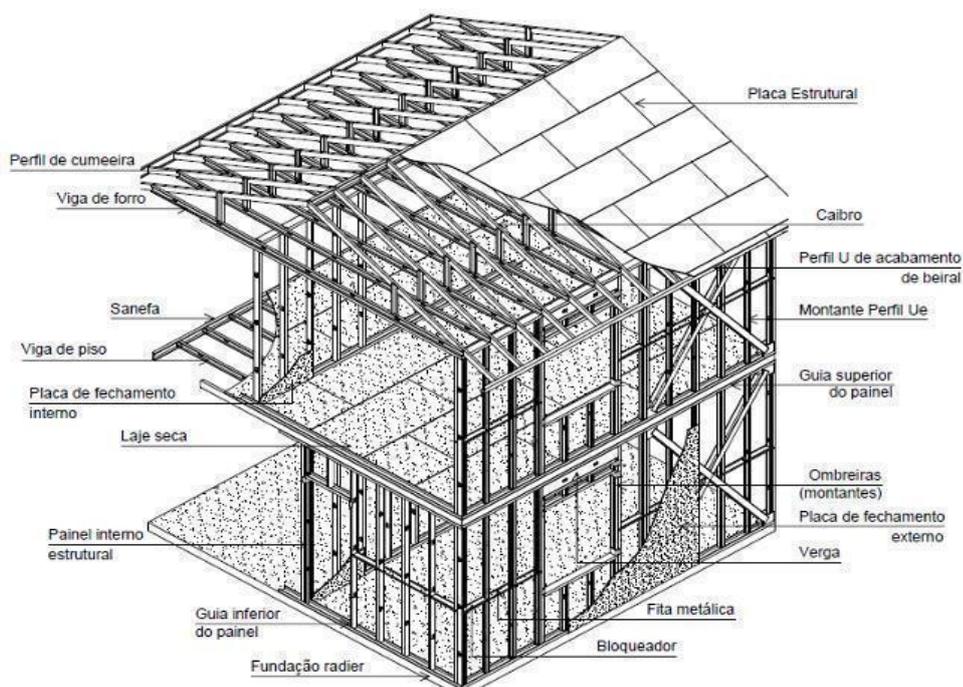
Para Campos *et al.* (2012), apesar de não haver conexão direta entre os conceitos de sustentabilidade e a construção enxuta, a aplicação de práticas de uma esfera, ajuda a alcançar melhores resultados na outra. Um exemplo de processo artesanal que vem sendo substituído ou diminuído, quando possível e de forma sustentável e enxuta, é o uso de *Light Steel Frame* (LSF), paredes de alvenaria através da utilização de *Drywall* e painéis de isopor (EPS).

2.4 Light Steel Frame (LSF)

Segundo Santiago *et al.* (2012) a definição do termo *Light Steel Framing* em português é “Light” = leve, “Steel” = aço e “Framing” que deriva da palavra “Frame” = esqueleto. Portanto é uma estrutura (esqueleto) de aço leve, por se tratar de perfis de aço formados a frio.

O *Light Steel Framing* é considerado um método construtivo autoportante, composto por alguns componentes industrializados, proporcionando uma construção com grande precisão e rapidez na execução. Ele se caracteriza por um esqueleto estrutural que é composto por perfis leves de aço galvanizado formados a frio, responsável por absorver as solicitações da edificação e, em conjunto com os outros elementos estruturais, distribuir uniformemente as cargas para as fundações (RODRIGUES, 2006). Os componentes como vigas de piso, tesoura de telhado, painéis estruturais e painéis não estruturais, são compostos por esses perfis de aço, para formar esse sistema industrializado.

De acordo com Rodrigues (2016), o sistema estrutural *Light Steel Framing*, representado pela sigla LSF, é oriundo da união de dois conceitos básicos. O primeiro refere-se ao esqueleto formado pela estrutura, para dar suporte e rigidez, já o segundo conceito aborda os PFF (Perfis Formados a Frio), que são componentes leves utilizados na edificação, sendo que “*Frame*” refere-se ao esqueleto estrutural projetado para dar forma e sustentar o empreendimento ou a edificação. Na maioria das vezes, são utilizados os famosos PFF (Perfis Formados a Frio). A Figura 2 exemplifica o sistema.



Fonte: FREITAS *et al.* (2012)

Os elementos de uma estrutura em LSF servem para distribuir suas cargas até a fundação e também dar forma para a construção, conforme Figura 3. Mas como outros sistemas construtivos, este também possui outros subsistemas além do estrutural, sendo os de fundação, de isolamento termoacústico, de fechamento interno e externo, e instalações elétricas e hidráulicas. (CONSUL STEEL, 2002).

Figura 3- Estrutura de residência em *Light Steel Framing*.



Fonte: CRASTO (2005)

Assim, conforme Freitas e Crasto (2010), para que o sistema atenda às funções para qual foi projetado e construído, é necessário que os subsistemas estejam corretamente interrelacionados, assim como em outros tipos de estrutura, e que sejam utilizados mão-de-obra e materiais adequados, o que será essencial para a velocidade e desempenho do sistema.

Dentre outras características, segundo especialistas da ConsulSteel (2002) citados por Rego (2012), o modelo LSF não se resume apenas à estrutura de aço como também é composto por vários outros subsistemas. Além de estrutural, ele também traz a proposta de isolamento térmico e acústico, instalações hidráulicas e elétricas, e até mesmo a combinação de fechamentos internos e externos com placas de *drywall*.

Apesar do LSF apresentar características competitivas frente aos sistemas construtivos tradicionais como a alvenaria estrutural, o sistema, largamente utilizado em países desenvolvidos, enfrenta grande preconceito no Brasil mediante a cultura de construção que existe no país. Porém, sob o ponto de vista técnico da produção de uma edificação, o LSF torna-se mais vantajoso sobre sistemas construtivos tradicionais (GOMES *et al.*, 2013).

2.4.1 Vantagens e desvantagens relativas ao método LSF

Os principais benefícios na utilização do sistema LSF em edificações são técnicas e construtivas, além de utilizar um material leve, os produtos que compõem o sistema, em particular o aço, vedações e isolantes são padronizados, de tecnologia avançada e produzidos industrialmente, devido a essa industrialização. Tem-se como benefício o menor prazo de execução, além da fidelidade orçamentária, pois os materiais enviados a obra são conforme o projeto (ABDI, 2015).

Os projetos de *Light Steel Framing* permitem exclusividade para cada cliente, permitindo total controle dos gastos já nessa fase. Por se tratar de um sistema de montagem, as peças já chegam na obra prontas, permitindo um melhor gerenciamento de perdas e gastos. (JARDIM; CAMPOS, 2009).

Santiago *et al.* (2012) listam as propriedades e descrições dos principais benefícios e vantagens no uso do sistema *Light Steel Framing* em edificações, conforme apresentado no Quadro 1.

Quadro 1- Vantagens do *Light Steel Framing* em edificações.

PROPRIEDADES	VANTAGENS
Materiais industrializados e controle de qualidade	Os produtos que constituem o sistema são padronizados e fruto de avanços tecnológicos no setor da construção, 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.
Durabilidade e Desempenho da estrutura	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. Associado ao processo de galvanização das chapas de fabricação dos perfis a estrutura tem grande durabilidade e longevidade.
Racionalidade e economia	Facilidade de montagem e execução das ligações, manuseio e transporte devido à leveza dos elementos, bem como facilidade de obtenção dos perfis formados a frio já que são largamente utilizados pela indústria. Considerável redução nos dimensionamentos e custos da estrutura, uma vez que o sistema tem peso bastante inferior ao método construtivo tradicional e uniforme distribuição dos esforços através de paredes leves e portantes, rapidez de construção, uma vez que o canteiro se transforma em local de montagem.
Otimização dos recursos naturais e desempenho da construção	Construção a seco, o que minora o uso de recursos naturais e o desperdício, melhores níveis de desempenho termoacústico, que podem ser obtidos através da combinação de materiais de fechamento e isolamento. O aço é reciclável, podendo ser reciclado diversas vezes sem perder suas propriedades.
Manutenção e Instalações	A execução das instalações elétricas e hidráulicas, de telefonia, de sistemas de informação etc., é simplificada pela existência de espaços internos, sequencia construtiva e pelo fato de os perfis serem perfurados previamente facilitam a passagem das instalações e posterior manutenção.
Flexibilidade construtiva	O sistema atende as mais variadas concepções estéticas de projeto arquitetônico, não limitando a criatividade do arquiteto.
Segurança	É possível alcançar altos índices de desempenhos em Resistência ao fogo, se adotados materiais que não propagam chamas e que garantam proteção contra incêndios.

Fonte: SANTIAGO *et al.* (2012)

Além disso, segundo Freitas e Castro (2006) há uma redução de desperdícios de materiais e do uso de recursos naturais na execução, pois não há produção in loco, contribuindo para a organização do canteiro de obra e evitando acidentes. Não há baias com insumos e diminuindo o transporte de materiais, favorecendo a durabilidade

e longevidade dos elementos de vedação e isolamento, além de ótimo desempenho térmico e acústico.

Com relação a outros métodos construtivos o LSF possui desvantagens, que são importantes para conhecimento, melhor aceitação no mercado e melhor utilização do sistema. As desvantagens são devido ao desconhecimento do público e dos profissionais da área sobre o sistema, o déficit de mão de obra qualificada, falta de conhecimento técnico e limitação de construção em até 8 pavimentos. (RAMOS, 2015).

2.4.2 Aço no LSF

No Brasil é predominante o método de construção de alvenaria o qual é responsável por uma grande quantidade de resíduos que causam impactos ambientais. Como opção de melhoria no setor, alguns construtores estão adotando um método construtivo que utiliza o aço como matéria prima, chamado (RIBEIRO; CARVALHO, 2018).

O potencial do aço na construção civil tende a crescer cada vez mais, fazendo com que ocorra um caminho mais livre para métodos construtivos como o LSF, pois ele permite que ocorra essa junção com materiais pré-fabricados. Segundo Jardim e Campos (2009) o Brasil é um dos maiores produtores de aço e, ainda assim, o sistema *Light Steel Frame*, apesar de tratar-se de um método de construção antigo, muito utilizado nos EUA, não é tão explorado como deveria.

De acordo com Santiago *et al.* (2010) 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 de construções a seco, o que minora o uso dos recursos naturais e o desperdício.

Conforme exposto no manual *Steel Buildings in Europe*, o uso do aço como material de construção pode ser fundamentado por meio de vários aspectos positivos que são as seguintes:

- Qualidade da obra;
- Modificar propriedades do corte;
- Elevar a dureza dos elementos;
- Melhorar a resistência ao desgaste;
- Elasticidade e Ductilidade;
- Destinados principalmente à fabricação de perfis soldados e eletro soldados (colunas e vigas) e perfis leves para o sistema LSF;
- Facilidade na execução das ligações;
- Solução sustentável: o aço pode ser reciclado inúmeras vezes sem perder qualidade ou resistência, (ARCELORMITTAL, 2019).

Segundo Inocenti e Bertequini (2018) esse sistema construtivo, tem como principal característica o uso de perfis de aço galvanizado formados a frio para montagem de painéis estruturais e não estruturais, colunas, vigas e demais elementos de ligação. Por ser um sistema construtivo industrializado, a geração de resíduos sólidos é mínima e sua execução é rápida.

2.4.3 Métodos construtivos do sistema LSF

Segundo Santiago, Freitas e Crasto (2012), bem como descrito no Manual da Construção Industrializada (ABDI, 2015), de modo geral, o LSF pode ser construído utilizando basicamente 3 métodos; o método *stick* ou tradicional, método por painéis e o método modular.

A estrutura de perfis de aço galvanizado para Santiago, Freitas e Crasto (2012) é parte principal do sistema LSF. Os autores complementam que para compor um conjunto autoportante capaz de resistir aos esforços solicitados pelos elementos da edificação, é necessário que o dimensionamento dos perfis e o projeto estrutural sejam executados por profissional especializado, obedecendo as especificações das normas brasileiras para perfis formados a frio.

A racionalização, industrialização e rapidez de execução são características vantajosas do sistema *Light Steel Framing*. Porém só são possíveis quando há um planejamento integral da obra, utilizando subsistemas corretamente interrelacionados e mão de obra especializada (PRUDÊNCIO, 2013).

2.4.3.1 Método “Stick”

O método Stick ou tradicional é uma técnica utilizada em locais onde a pré-fabricação não é viável, apresentando vantagens como a facilidade de transporte dos perfis até o canteiro e fácil execução das ligações entre os elementos, pois neste método os perfis são cortados no canteiro de obra, e painéis, lajes, colunas, e treliças de telhados são montados no local conforme representado na Figura 4. Os perfis podem vir perfurados para a passagem das instalações elétricas e hidráulicas e os demais subsistemas são instalados posteriormente à montagem da estrutura (PRUDENCIO, 2013).

Figura 4 - Método Stick



Fonte: ABDI (2015).

Santiago *et al.* (2012) apresenta as vantagens desse método construtivo com relação ao método por painéis: não é necessário possuir um local para pré-fabricação do sistema, há a facilidade de transporte das peças até o canteiro, uma vez que são perfis

soltos e isso ocupa menos espaço no carregamento; e as ligações das barras são de fácil execução.

Esse método é utilizado quando a pré-fabricação ou o transporte dos materiais não é viável, gerando algumas desvantagens, como por exemplo, maior atividade no canteiro de obras e menor controle e precisão da qualidade das peças. Por outro lado, não há necessidade de o construtor possuir local para a pré-fabricação do sistema e a facilidade de transporte dos materiais até o local da obra, conforme Figura 4 (CRASTO, 2005).

2.4.3.2 Método por painéis

Painéis estruturais ou não, contraventamentos, lajes e tesouras de telhado podem ser pré-fabricados fora do canteiro e montados no local. Segundo Santiago *et al.* (2012), alguns materiais de fechamento podem também ser aplicados na fábrica para reduzir o tempo da construção. A confecção dos componentes é realizada em mesas especiais de trabalho, seguindo a orientação dos projetos estruturais.

Os painéis e subsistemas são conectados no local usando as técnicas convencionais (parafusos auto brocantes e auto atarrachantes). Uma vez que uma parte considerável do processo construtivo é feito na fábrica este método tem como vantagem a velocidade de montagem de diminuição dos trabalhos na obra, alto controle de qualidade na produção e aumento da precisão dimensional (SOUZA, 2014).

A Figura 5 representa o método de construção que melhor se adaptou à cultura brasileira, foi o método por painéis, considerado até o momento o mais amplamente utilizado.



Fonte: ABDI (2015).

As principais vantagens deste método mostrado na Figura 5 dizem respeito a velocidade de montagem, o alto controle de qualidade na produção dos sistemas, a redução do trabalho na obra e o aumento da precisão dimensional devido às condições mais propícias de montagem dos sistemas na fábrica. Os elementos como painéis, treliças de telhado, contraventamentos e lajes, podem ser pré-fabricados fora do canteiro e montados no local (FRASSON; BITENCOURT, 2017).

2.4.3.2 Método modular

Conforme descrito no Manual da Construção Industrializada o método modular, é um processo altamente industrializado. É caracterizado pelo uso de unidades modulares completamente pré-fabricadas que podem ser entregues no local da obra com todos os acabamentos internos prontos: revestimentos, louças sanitárias, bancadas, mobiliários fixos, metais, instalações elétricas e hidráulicas etc. (CRASTO, 2015).

Além disso, ainda segundo Crasto (2015) essas unidades podem ser estocadas lado a lado, ou uma sobre as outras já na forma da construção final. Neste método à grande

controle de qualidade e precisão construtiva, e a rapidez de montagem é uma grande vantagem em relação aos outros métodos. A Figura 6 apresenta a montagem de estrutura por construção modular.

Figura 6 - Método modular



Fonte: DEGANI (2017).

É completamente plausível a utilização casada deste método construtivo com obras de outra natureza, porém os cuidados de obras em LSF devem ser tomados, principalmente com relação a corrosão que pode ocorrer pelo encontro do aço galvanizado com outros materiais. Em obras comerciais, onde é necessária uma maior velocidade, este sistema se adéqua perfeitamente, pois enquanto ergue-se a estrutura, os módulos de banheiros, por exemplo, podem estar sendo fabricados e já receberem o acabamento interno (JÚNIOR, 2014).

2.4.4 Fundações

De acordo com Freitas e Crasto (2012), o LSF tem a vantagem de possuir perfis e componentes de fechamento com peso muito baixo, se comparado aos métodos construtivos convencionais. Devido a essa característica, as solicitações das fundações no LSF também serão reduzidas, contribuindo para a redução do custo da estrutura, pois haverá uma diminuição no dimensionamento da mesma.

Os tipos de fundações consideradas mais usuais para o sistema LSF são o Radier e a Sapata Corrida (Viga Baldrame). A escolha do tipo de fundação só será possível após a realização da sondagem no terreno onde será realizada a construção, considerando alguns elementos, como por exemplo a topografia do terreno, o tipo de solo, o nível do lençol freático e a profundidade de solo firme (ABDI, 2015).

Assim, a qualidade final da fundação, está ligada ao correto funcionamento dos subsistemas que constituem a construção. Desse modo, com a base corretamente nivelada e em esquadro há maior possibilidade de precisão na montagem da estrutura e demais componentes do sistema (SANTIAGO *et al.*, 2012).

É possível notar o quanto é fundamental a disposição de todas as informações relevantes. Dessa forma será possível a realização de um projeto adequado e de uma execução satisfatória com a finalidade de maior eficiência estrutural.

2.4.4.1 Laje Radier

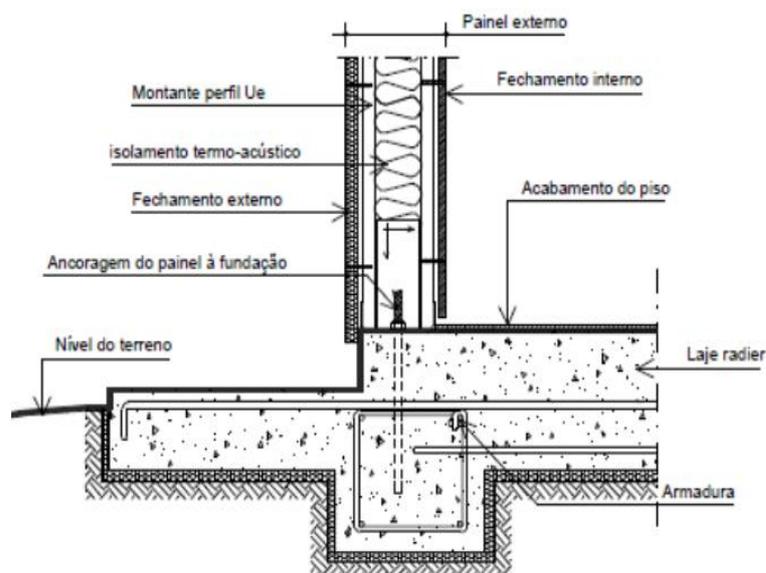
A laje radier é um tipo de fundação direta que atua como uma laje e distribui as cargas da estrutura de forma uniforme para o meio externo. Dispõe de componentes estruturais como por exemplo, uma laje contínua de concreto, vigas no perímetro da laje e sob as paredes estruturais ou colunas, e onde mais forem necessárias para fornecer rigidez no plano da fundação (MORAES, 2008).

A NBR 6122 (ABNT, 2019) classifica radier como um elemento de fundação rasa dotado de rigidez para receber mais do que 70% das cargas da estrutura. Segundo

Brasilit (2014), a fundação do tipo laje radier é o principal tipo de fundação para o sistema construtivo *Light Steel Framing*. Utilizada quando o solo tem baixa capacidade de carga e deseja-se uniformizar os recalques. É uma fundação rasa e direta que transmite ações e as distribui para o solo. (BRASILIT, 2014).

Sempre que for possível, a laje radier é a fundação mais usualmente utilizada para construções em *Light Steel Frame* (ABDI, 2015), devido a sua estrutura ser até cinco vezes mais leve que a construção de estrutura convencional (alvenaria). Além de ser mais econômico e rápido com relação a sapata corrida, conforme representado na Figura 7.

Figura 7 - Detalhe esquemático de fixação em laje radier



Fonte: Brasilit (2014).

Crasto (2005) faz algumas observações com relação ao radier, sobre a umidade. Primeiramente, deve-se atentar para realizar o contrapiso a no mínimo 15 cm acima da cota do solo, para evitar umidade e infiltração; deve-se deixar uma inclinação mínima de 5% nas áreas externas.

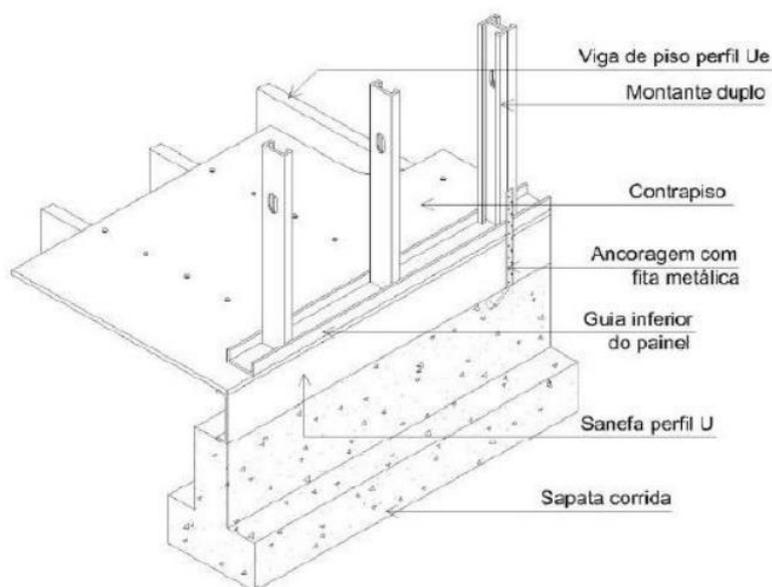
2.4.4.2 Sapata corrida ou viga baldrame

De acordo com Souza (2014) a sapata corrida ou viga baldrame é uma estrutura prismática que pode ser de concreto armado, de blocos de concreto, de alvenaria de pedra rachão ou até mesmo de alvenaria de tijolos cerâmicos. É responsável por melhorar a distribuição das cargas no solo, devido o contato com o mesmo.

Já conforme a NBR 6122 (3.6), sapata corrida é aquela “sujeita à ação de uma carga distribuída linearmente ou de pilares ao longo de um mesmo alinhamento”. É um tipo de fundação indicada para edificações com paredes portantes, onde a distribuição é contínua ao longo das mesmas. Constituídas de vigas de concreto armado, de blocos de concreto ou alvenaria são alocadas sob os painéis estruturais do LSF, conforme a Figura 05 (SANTIAGO *et al.*, 2012).

Ainda de acordo com Souza e Martins (2009), para esse tipo de fundação, o contrapiso do térreo pode ser executado em concreto ou em perfis formados a frio, apoiados na fundação que funciona como uma laje. Na Figura 8 podemos ver um esquema básico de uma sapata corrida sustentando os painéis do sistema *Light Steel Framing* e o contrapiso seco formado por perfis de aço.

Figura 8 - Detalhe esquemático de fixação em sapata corrida



Fonte: Brasilit (2014).

A sapata corrida é um tipo de fundação indicada para edificações com paredes portantes, onde a distribuição é contínua ao longo das mesmas. Constituídas de vigas

de concreto armado, de blocos de concreto ou alvenaria são alocadas sob os painéis estruturais do LSF (SANTIAGO *et al.*, 2012).

2.4.5 Ligações

Com o objetivo de assegurar o desempenho adequado das estruturas em LSF é necessário à correta prática dos componentes de ligação que, são todos aqueles elementos que possibilitam a transferência dos esforços que podem ser: enrijecedores, talas de mesa e de alma, placas de base, chapas de gusset e cantoneiras (ZUEHL,2019).

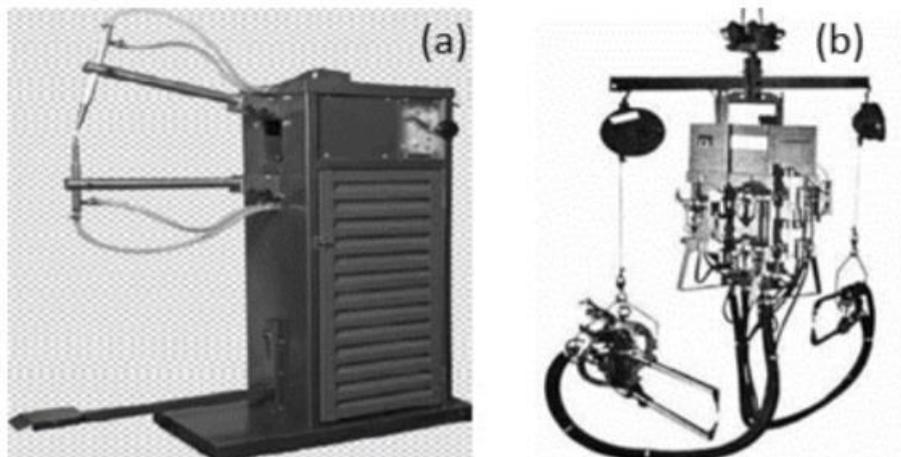
Segundo Bevilaqua (2005), há também os meios de ligação, que possibilitam a junção entre as partes da estrutura para formar a ligação, como: parafusos e soldas. Enfatizamos que é fundamental dar atenção às ligações, uma vez que as mesmas podem prejudicar o desempenho da estrutura, causar manifestações patológicas e elevar os custos da obra.

De acordo com Elhadj (2004), a escolha de um tipo específico de ligação ou fixação depende dos seguintes fatores. Local de montagem, se no canteiro ou em uma fábrica ou oficina; Custo; Tipo e espessura dos materiais conectados; Configuração do material; Condições de carregamento; Normativas; Experiência de mão de obra; Resistência necessária da conexão; Disponibilidade de ferramentas e fixações.

2.4.5.1 Soldas

Os equipamentos utilizados para executar a soldagem por pontos podem ser estacionárias, como mostrado na Figura 9a, ou podem ser suspensas, também chamado de pinça de solda, como mostrado na Figura 9b. A forma construtiva dos dois tipos de equipamentos de solda é diferente, porém, o funcionamento é semelhante e obedecem aos mesmos padrões de regulagem (BRANCO, 2004).

Figura 9 - (a) Máquina estacionária (b) Máquina Suspensa



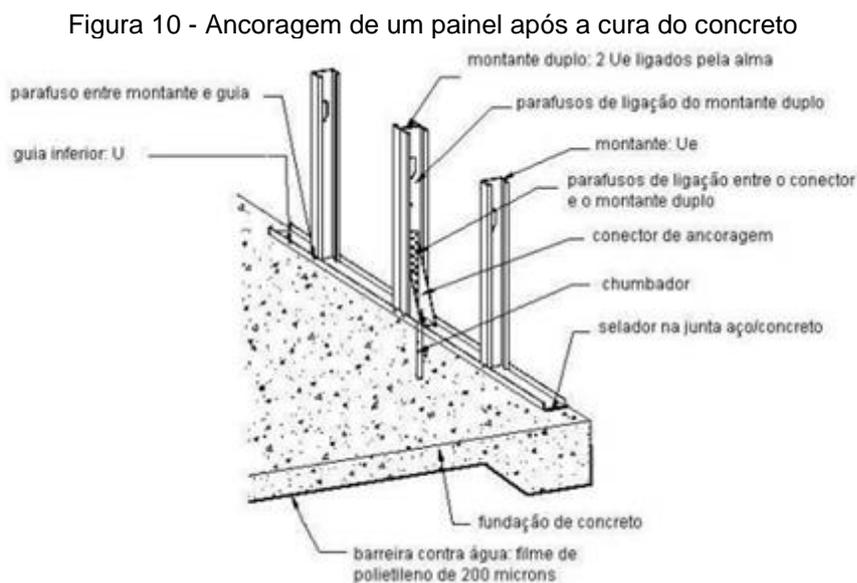
Fonte: BRANCO (2004).

Conforme apresentado em Aslanlar (2006), uma endentação em torno de 20% da espessura mínima da chapa soldada é um indício de boa condição da solda em aços galvanizados. No entanto, esta limitação pode variar de acordo com os fatores de aparência e resistência necessários.

O aço galvanizado pode associar-se com solda de ponto ou solda contínua. Soldar perfis galvanizados talvez seja um método de ligação econômico, especialmente quando executado em uma fábrica de painéis. Embora os tipos de solda volatilizem o recobrimento de zinco sobre o aço, a solda de ponto é um método muito mais localizado que a contínua, já que esta tira o zinco de uma zona bem maior. Esta região exposta pelo processo de solda deverá ser recoberta mais uma vez com pinturas ricas em zinco, necessitando-se para esta função muita supervisão e mão-de-obra especial (BEVILAQUA, 2005).

2.4.5.2 Chumbadores

A estrutura de aço necessita estar adequadamente ancorada às fundações. Como a maior seção das fundações de obras em LSF são realizadas em concreto, os chumbadores contêm a característica de se adequar a este modelo de material de base conforme Figura 10 (LIMA, 2013).



Fonte: (BEVILAQUA, 2005)

São dois tipos de chumbadores: os aplicados antes da concretagem e os realizados após a cura do concreto, segundo Bevilaqua (2005):

- ✓ Chumbadores aplicados antes da concretagem: para a instalação deste tipo de chumbador são empregues posicionadores, que tem a finalidade de manter fixas as barras dos chumbadores no tempo em que a fundação é concretada. Estas peças exercem a função de gabarito e são fixadas nas formas de piso para assegurar os chumbadores na posição correta, os mesmos podem ser do tipo chumbadores de guia, fitas metálicas ou chumbadores rosqueados.
- ✓ Chumbadores aplicados após a cura do concreto: são barras rosqueadas presas a uma chapa de ancoragem que são fixadas no concreto após a realização das fundações. Executa-se primeiramente um furo e fixa-se o chumbador com resinas epóxi. Na figura 7 podemos ver o detalhe de um painel ancorado por um chumbador feito após a cura do concreto (BEVILAQUA, 2005, p. 61).

A ancoragem expansível é uma técnica de ancoragem mecânica utilizada em LSF que se dá por meio da expansão dos chumbadores, que pode ser gerado por torque ou

percussão. A ancoragem por torque utiliza-se de barras roscadas ou parafusos (com roscas internas e externas) que fixam ao furo por meio de atrito (SOUZA; JÚNIOR, 2014).

2.4.5.3 Fixadores à pólvora

São conectores que não têm rosca e são colocados por meio de máquinas pneumáticas que fixam estes itens por impacto de uma explosão de uma espoleta, conhecidos como fixadores à pólvora. Este modelo de fixador é muito usado para a fixação das guias no concreto das fundações. Na Figura 11 podemos ver o detalhe de fixação de um conector fixado à pólvora (BEVILAQUA, 2005).

Figura 11 - Detalhe da fixação de um conector à pólvora



Fonte: (BEVILAQUA, 2005)

De acordo com Santiago *et al.* (2012) no processo de montagem dos painéis do térreo se utiliza uma ancoragem provisória através de pinos fixados na fundação utilizando uma pistola a pólvora. O objetivo da ancoragem provisória é facilitar a montagem mantendo os painéis no prumo, também é utilizada em painéis não estruturais para evitar deslocamentos indesejados.

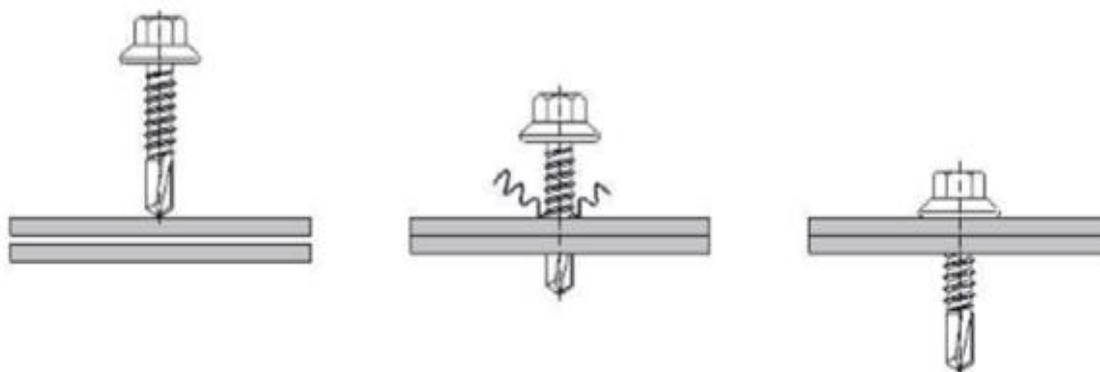
Quando um fixador aciona a pólvora se introduz no concreto, o próprio move o material de base ao redor de sua haste. Este concreto deslocado se encolhe contra a haste, criando um suporte de fricção. Adicionalmente, o calor causado durante o procedimento de penetração causa uma sinterização no concreto da vizinhança do fixador ((BEVILAQUA, 2005).

2.4.5.4 Parafusos

Parafusos para a execução em construções em LSF devem ser fixadores de alta performance definidos pelo fato de possuírem a habilidade de realizar a fixação completa em peças metálicas em uma só operação. Os parafusos auto brocantes têm a propriedade de perfurar o próprio furo, liquidando o trabalho de furação antes da fixação das peças (SANTIAGO, *et al.*, 2012).

Segundo Bevilaqua (2005) o procedimento de fixação de um parafuso auto brocante para LSF está representado na Figura 12. Eles são compostos de aço baixo carbono temperado e revenido recoberto com uma proteção zinco eletrolítica ou epoxídica para impossibilitar a corrosão galvânica. Assim, são aptos para causar a furação e conformação de rosca em peças metálicas sem sofrer deformação ou ruptura.

Figura 12 - Fixação com parafusos auto brocantes.



Fonte: (BEVILAQUA, 2005)

A ponta da broca de um parafuso auto brocante tem formato capaz de furar peças metálicas com espessuras compatíveis com as bitolas dos parafusos, apresenta dois

aspectos importantes: a ranhura da broca e o comprimento da ponta. A ranhura da broca é o canal para remover os cavacos durante a perfuração, é o comprimento da ranhura que define a espessura do material a ser perfurado (CISER, 2020).

De acordo com Bevilaqua (2005) as seções sem rosca desde a ponta do parafuso até o primeiro fio de rosca (também chamado de passo). O comprimento da ponta do parafuso é representado pela letra “S” na Figura 13.

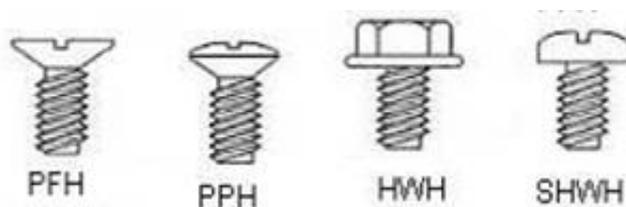
Figura 13 - Ranhura e comprimento da broca de parafusos para LSF



Fonte: (BEVILAQUA, 2005)

Estão à disposição hoje em dia no mercado vários tipos de cabeça para os parafusos auto brocantes. A definição do modelo de cabeça depende do uso a que o parafuso se remete, conforme ELHAJJ (2004). Na Figura 14 podemos ver tipos de cabeça dos parafusos para LSF.

Figura 14 - Tipos de cabeça dos parafusos para LSF



Fonte: (BEVILAQUA, 2005)

As definições, funcionalidade e aplicabilidade de cada tipo de cabeça de parafuso para LSF, segundo Bevilaqua (2005) são:

- ✓ PFH: Cabeça plana tipo Phillips ou trombeta: usadas especialmente na fixação de painéis de OSB e madeira, já que sua cabeça fica embutida na madeira, impedindo que a mesma trinque ou se despedace;
- ✓ PPH: Cabeça tipo Phillips ou lentilha: cabeça convencional, que aparece pouco sobre a superfície do material a ser fixado. Empregada na fixação de guias e painéis;
- ✓ HWH – Cabeça Hexagonal com Flange ou Sextavada: usado para a fixação de estruturas como contraventamentos e chapas de ligação. A face inferior da cabeça com forma de arruela oferece uma superfície adicional de sustentação em sua aplicação;
- ✓ SHWH – Cabeça Hexagonal ranhurada com flange ou panela: a cabeça ranhurada oferece grande simplicidade na remoção do parafuso quando necessário (BEVILAQUA, 2005, p. 61).

O espaçamento mínimo entre os parafusos é determinado pela NBR 14762 (ABNT, 2001). Onde é definido que “a distância livre entre as bordas de dois furos adjacentes não deve ser inferior a $2d$, e a distância entre a borda de um furo à extremidade do elemento conectado não deve ser inferior a d , onde d é o diâmetro nominal do parafuso”.

Outro aspecto interessante dos parafusos para LSF de acordo com Bevilaqua (2005) é o comprimento da rosca. Ele necessita ser suficiente para assegurar a ancoragem total no material de base. O comprimento mínimo da rosca é o somatório das espessuras das chapas que deverão ser fixadas por ele.

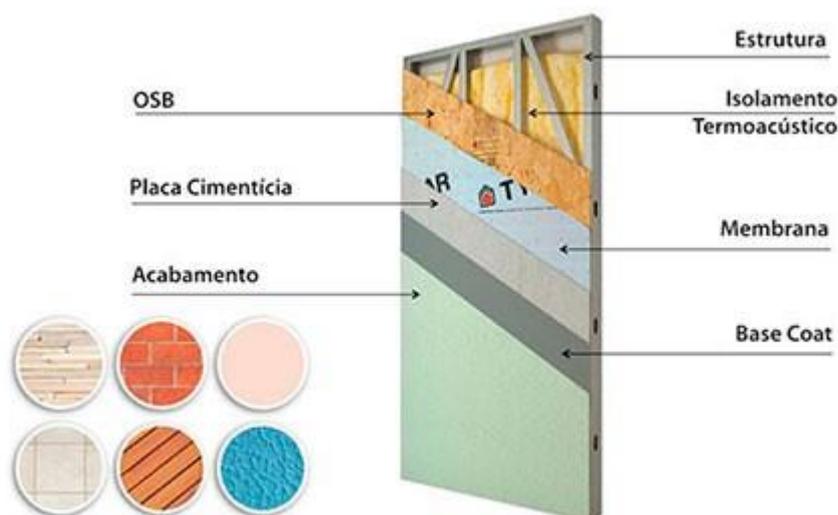
O passo da rosca é a separação entre os fios da rosca ou o número de fios por polegada. Sua determinação depende da espessura do material a ser perfurado. Quanto maior a espessura da chapa metálica, menor será o passo do parafuso (CESER, 2020).

2.4.5.5 Fechamento Vertical

Os fechamentos verticais do LSF, possuem acabamentos leves, ou seja, tem um próprio baixo peso, pois fazem parte de um sistema a seco. Estes acabamentos utilizam aspectos específicos, onde são descritos seus conceitos. Precisam também atender a NBR 15575-4:2013, que apresenta métodos e critérios, que avaliam a edificação, como estanqueidade, estética, desempenho estrutural, adaptabilidade ao uso e reação ao fogo (CASSAR, 2018).

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

Figura 15: Detalhamento de fechamento vertical



Fonte: (DICA DA ARQUITETA 2016)

Os componentes são posicionados externamente à estrutura como uma “pele”. Juntamente com os perfis galvanizados, vão formar as vedações internas e externas da construção (SANTIAGO *et al.*, 2012).

Segundo Pereira Junior (2004) o sistema LSF empregado como fechamento externo pode ser dimensionado para colaborar no contraventamento vertical e horizontal da

estrutura principal do edifício, aumentando a rigidez de seus quadros, principalmente com a diminuição dos comprimentos de flambagem de pilares

Porém, na maioria dos casos, o fechamento em LSF é dimensionado como um sistema secundário, ou seja, não possui papel estrutural global no edifício. Nesta situação, a estrutura principal do edifício deve ser dimensionada sem considerar o sistema de fechamento para sua estabilização ou suporte de cargas (SCHAFER, 2003).

3 METODOLOGIA DE PESQUISA

Segundo Gil (1999, p.42), pode-se definir pesquisa como um “processo formal e sistemático de desenvolvimento do método científico. O objetivo fundamental da pesquisa é descobrir respostas para problemas mediante o emprego de procedimentos científicos”.

Ao explicar os critérios empregados acredita-se que ao acessar as informações postas no texto terá uma melhor visão da pesquisa, ou seja, onde, como, de que forma, quem participará, da pesquisa. Sobre o contexto, Bruyne (1991) declarou o seguinte:

A metodologia deve ajudar a explicar não apenas os produtos da investigação científica, mas principalmente seu próprio processo, pois suas exigências não são de submissão estrita a procedimentos rígidos, mas antes da fecundidade na produção dos resultados (BRUYNE, 1991, p.29).

De acordo com Yin (2005), a pesquisa tem um caráter pragmático, é um processo formal e sistemático de desdobramento do método científico, sendo o objetivo fundamental da pesquisa, descobrir respostas para problemas através de inclusão de metodologias científicas.

3.1 Tipo de Pesquisa

Segundo Gil (2010), o tipo de pesquisa pode ser classificado como básica ou aplicada. A pesquisa básica reúne estudos que objetivam completar conceitos e conhecimentos já abordados, enquanto a pesquisa aplicada trata de estudos feitos com o objetivo de resolver problemas que ocorrem no meio em que o pesquisador vive.

Sendo assim, o presente estudo é classificado quanto ao tipo de pesquisa, como uma pesquisa aplicada, por se tratar de uma pesquisa de tem como objetivo gerar conhecimentos para aplicação prática com soluções de prevenção e tratamento das patologias ocorridas no método construtivo de *light steel frame*.

3.2 Natureza da Pesquisa

Gil (1999) e Yin (2005) apresenta a caracterização da pesquisa em dois métodos principais:

Pesquisa quantitativa: considera que tudo pode ser quantificável, o que significa traduzir em números opiniões e informações para classificá-las e analisá-las. Requer o uso de recursos e de técnicas estatísticas (percentagem, média, moda, mediana, desvio-padrão, coeficiente de correlação, análise de regressão, etc.);

Pesquisa qualitativa: considera que há uma relação dinâmica entre o mundo real e o sujeito, isto é, um vínculo indissociável entre o mundo objetivo e a subjetividade do sujeito que não pode ser traduzido em números. A interpretação dos fenômenos e a atribuição de significados são básicas no processo de pesquisa qualitativa, que não requer o uso de métodos e técnicas estatísticas. A estratégia desta pesquisa está relacionada às variáveis no objeto de estudo analisado, que podem mudar de quantidade ou medida dependendo do processo utilizado, onde, os pesquisadores tendem a descrever e analisar o objeto de estudo, analisando suas peculiaridades e experiências individuais.

Sendo assim, o presente estudo é classificado, quanto a natureza da pesquisa, como uma pesquisa qualitativa, por apresentar o sistema construtivo, possíveis patologias e ações viáveis para reduzir e/ou prevenir as manifestações patológicas no sistema construtivo industrializado LSF.

3.3 Tipo de Pesquisa Quanto aos Fins

De acordo com Gil (2008) cada pesquisa social, naturalmente, tem um objetivo específico e com isso é possível agrupar várias pesquisas em certo número de grupos maiores. Ainda segundo o Gil (2008, p.27-28), ele distingue três níveis de pesquisa quanto aos fins, que podem ser:

Pesquisa Exploratória: Esta pesquisa tem como objetivo proporcionar maior familiaridade com problema, com vistas a torná-lo mais explícito ou a constituir hipóteses. Pode-se dizer que estas pesquisas tem como objetivo principal o aprimoramento de ideias ou a descoberta de intuições. Seu planejamento é, portanto, bastante flexível de modo que possibilite a consideração dos mais variados aspectos relativos ao fato estudado;

Pesquisa Descritiva: As pesquisas descritivas tem como objetivo primordial a descrição das características de determinada população ou fenômeno ou, então, o estabelecimento de relações entre variáveis. São inúmeros os estudos que podem ser classificados sob esse título e uma de suas características mais significativas está na utilização de técnicas padronizadas de coleta de dados tais, como o questionário e a observação sistemática;

Pesquisa Explicativa: Essa pesquisa tem como preocupação central identificar os fatores que determinam o que contribuem para ocorrência dos fenômenos. Esse é o tipo de pesquisa que mais aprofunda o conhecimento da realidade, porque explicar razão, o porquê das coisas. Por isso mesmo, é o tipo mais complexo e delicado, já que o risco de cometer erros aumenta consideravelmente.

Sendo assim, o presente estudo é classificado, quanto aos fins, como uma pesquisa exploratória, visto que o trabalho aborda sobre o sistema construtivo em *Light Steel Frame*. Além disso, provê informações desde a sua instalação até suas patologias, bem como a prevenção e recuperação das mesmas.

3.4 Tipo de Pesquisa Quanto aos Meios

Com objetivo de organizar as informações com o intuito de responder o problema, a pesquisa quanto aos meios busca apresentar os dados necessários ao desenvolvimento da pesquisa, de acordo com o método selecionado, juntamente com o referencial teórico. Segundo Moresi (2003, p.9-11), as técnicas mais usuais podem ser definidas como:

Estudo de Campo: É o circunscrito a uma ou poucas unidades, entendidas essas como uma pessoa, uma família, um produto, uma empresa, um órgão público, uma comunidade ou mesmo um país. Tem caráter de profundidade e detalhamento. Pode ou não ser realizado no campo;

Pesquisa de Laboratório: É experiência realizada em local circunscrito, já que no campo seria praticamente impossível realizá-la. Simulações em computador situam-se nesta classificação;

Pesquisa Documental: É a realizada em documentos conservados no interior de órgãos públicos e privados de qualquer natureza, ou com pessoas: registros, anais, regulamentos, circulares, ofícios, memorandos, balancetes, comunicações informais, filmes, microfilmes, fotografias, vídeo-tape, informações em disquete, diários, cartas pessoais a outros;

Pesquisa Bibliográfica: É o estudo sistematizado desenvolvido com base em material publicado em livros, revistas, jornais, redes eletrônicas, isto é, material acessível ao público em geral. Fornece instrumental analítico para qualquer outro tipo de pesquisa, mas também pode esgotar-se em si mesma. O material publicado pode ser fonte primária ou secundária;

Pesquisa Experimental: É investigação empírica na qual o pesquisador manipula e controla variáveis independentes e observa as variações que tal manipulação e controle produzem em variáveis dependentes. Variável é um valor que pode ser dado por quantidade, qualidade, característica, magnitude, variando em cada caso individual;

Pesquisa-ação: É um tipo particular de pesquisa participante que supõe intervenção participativa na realidade social;

Pesquisa Estudo de Caso: É o circunscrito a uma ou poucas unidades, entendidas essas como uma pessoa, uma família, um produto, uma empresa, um órgão público, uma comunidade ou mesmo um país. Tem caráter de profundidade e detalhamento.

Sendo assim, o presente estudo é classificado, quanto aos meios, como uma pesquisa bibliográfica, por se tratar um estudo desenvolvido a partir de materiais já publicados que abordaram sobre o sistema construtivo em LSF e com propostas para prevenir e/ou reduzir as manifestações patológicas.

3.5 Universo e Amostra

O universo, ou população, é o conjunto de elementos que possuem as características que serão objeto do estudo, e a amostra, ou população amostral, é uma parte do universo escolhido selecionada a partir de um critério de representatividade (VERGARA, 2007).

No presente estudo, o universo pesquisado são os artigos, publicações, revistas, livros e sites que abordam sistema construtivo em *Light Steel Frame*, com suas principais etapas de execução, possíveis manifestações patológicas adequadas ao sistema e ações para recuperação e prevenção dessas patologias.

Segundo Gil (2008), são utilizados diversos tipos de amostragem, que pode ser classificado em dois grandes grupos:

Amostragem Probabilística: Este grupo é rigorosamente científico e se baseiam nas leis estatísticas;

Amostragem Não-Probabilística: não apresentam fundamentação matemática ou estatística, dependendo unicamente de critérios do pesquisador. Claro que os procedimentos deste último tipo são muito mais críticos em relação à validade de seus resultados, todavia apresentam algumas vantagens, sobretudo no que se refere ao custo e ao tempo despendido.

Sendo assim, a amostra deste estudo é classificada como não probabilística, pois são amostras estudadas através de leitura e compreensão de outros autores que dependem unicamente dos parâmetros dos pesquisadores. As amostras estudadas são

baseadas em conceitos e fundamentos do sistema construtivo em LSF com suas principais etapas para a execução, implantação do sistema, possíveis manifestações patológicas e ações de recuperação e prevenção dessas patologias.

3.6 Coleta e Análise dos Dados

Para Merriam (1998), o processo de coleta e análise de dados além de ser bastante intuitivo, também é recursivo e dinâmico. O estudo do material leva o pesquisador a pensar sobre os dados, confrontando a abordagem teórica já existente, com a investigação levantada em campo.

Segundo Gil (1999), estes dois processos, mesmo sendo diferentes acabam se relacionando.

A análise tem como finalidade organizar os dados de tal forma que possibilitem o fornecimento de respostas ao problema proposto para investigação. Já a interpretação tem como objetivo procurar o sentido das respostas de forma mais abrangente, o que é feito a partir de sua ligação a outros conhecimentos anteriormente obtidos (GIL, 1999, p. 168).

Existem diversas maneiras de coletar dados, sendo uma delas, a entrevista. Para Gressler (2003), a entrevista é uma coleta de informações entre duas ou mais pessoas através de perguntas, respostas, gestos, expressões fisionômicas, entre outros.

Outra maneira é a do grupo focal que, por sua vez, captura comentários subjetivos dos participantes por intermédio dos pesquisadores, avaliando suas atitudes, motivações, sentimentos e percepções. Entretanto, há o risco de má interpretação de dados pois os mesmos não são quantificáveis (TEIXEIRA, 2003).

Segundo Cervo e Bervian (2002) o método mais usual é o questionário, que permite medir com exatidão o que se deseja. Para isso, é usado um formulário que o próprio informante preenche a fim de obter respostas sobre o problema central da pesquisa.

A análise documental é um outro método para se coletar dados e é uma das primeiras fontes de informação a ser considerada através de relatórios, arquivos em computador, fichas, projetos e demais tipos de documentos. Além disso, o uso de registros e documentos disponíveis para a pesquisa reduz tempo e custo para o pesquisador. Há pontos negativos que se devem ressaltar, há registros que não estão completos, que obtiveram mudanças de padrões com o tempo inviabilizando a comparação entre dados obtidos em épocas diversas, dados que só são disponíveis para uso confidencial, entre outros (BARBOSA, 1999).

Para Gil (1999), a observação nos permite delinear as etapas de um estudo, sendo assim, um elemento fundamental para a pesquisa. Para ele, a observação é a aplicação dos sentidos humanos a fim de obter informações reais. Já para Rúdio (2002), não se trata simplesmente de ver, mas também examinar e é um dos métodos mais usuais para se conhecer pessoas, coisas, acontecimentos e fenômenos.

Sendo assim, a coleta de dados desta pesquisa se dará pelo método da análise documental. Será realizada através de pesquisas, artigos, informações, vídeos e conteúdos diversos, que tratam sobre o tema, com o objetivo de levantar informações convenientes para o desenvolvimento da pesquisa e obter resolução do problema inicial da mesma.

As conclusões extraídas na pesquisa foram baseadas nos fatos e dados apresentados, cuidadosamente analisadas e organizadas para melhor visualização das possíveis manifestações patológicas que podem apresentar no sistema construtivo de LSF e a como recuperar e/ou evitar estas patologias, na montagem da pesquisa.

3.7 Limitações

Segundo Vergara (2007), todos os métodos de pesquisa têm possibilidades, porém também tem suas limitações. Sendo assim, limitação é tudo aquilo que dificulta ou impede a obtenção total e clara dos resultados.

A primeira limitação encontrada na pesquisa foi o isolamento social enfrentado pela população devido à pandemia causada pelo novo Covid-19 que ocorre desde fevereiro de 2020. Uma série de novos cuidados, impossibilitou encontros presenciais para discussão e análise de dados, visitas a campo para buscar obras em execução.

Além disso, durante o desenvolvimento desse estudo, foi possível verificara falta de referencial bibliográfico sobre manifestações patológicas relacionadas ao método *Light Steel Frame*. Em vista disso, se pressupõe a real eficiência do sistema quando executado com competência, ou ainda, se suspeita não existir segurança por parte dos profissionais, em expor falhas relacionadas às suas atividades.

4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Neste capítulo serão demonstrados os resultados e as discussões desta pesquisa, com vistas a responder o objetivo geral que norteia o presente trabalho: Elaborar propostas para prevenir as manifestações patológicas no método construtivo Light Steel Frame (LSF).

Para atingir os objetivos específicos deste estudo foram utilizadas diversas referências bibliográficas com intuito de explanar o sistema construtivo em Light Steel Frame, explorar as possíveis manifestações patológicas adequadas ao sistema LSF, assim como suas causas e mapear as ações viáveis para recuperação das referidas manifestações patológicas, tanto quanto obter entendimento de como evitá-las

4.1 Contextualização do Sistema Construtivo *Light Steel Frame*

De acordo com Santiago *et al* (2012) o sistema LSF “é um sistema construtivo de concepção racional, que tem como principal característica uma estrutura constituída por perfis formados a frio de aço galvanizado”. Apesar de ser um método ainda pouco conhecido, vem aparecendo como uma opção para a realização de construções, além de ter ganhado certo espaço devido ao fato de sua característica industrial oferecer maior cuidado com a qualidade envolvida no processo de fabricação e pela maior velocidade no manuseamento.

O sistema *Light Steel Framing* (LSF), chamado também de *Light Gauge Steel Framing* se trata de um melhoramento do sistema *Light Wood Framing* (LWF), sistema autoportante de construção realizada em madeira muito conhecido em países como Canadá e Estados Unidos. Tal método, que utilizava madeira para fazer o fechamento em placas mais finas, surgiu inicialmente em meados do século XIX. Devido ao acelerado crescimento urbano da época, o sistema LWF ganhou grande popularidade (SANTIAGO *et al.*, 2012).

O sistema construtivo LSF é baseado na utilização de perfis formados a frio de aço galvanizado como material fundamental que, quando aliados a outros elementos tais como chapas, fitas e bloqueadores, placas de OSB (*oriented strand board* – tiras de madeira orientada), têm finalidade no auxílio do contraventamento da construção

(CAMPOS, 2014). A ligação dos perfis para a obtenção de um conjunto estrutural autoportante e que possa transmitir as cargas impostas à estrutura é, em geral, realizada por parafusos auto brocantes ou auto atarraxantes (LIMA, 2013).

Santiago *et al.* (2012) apresentam o LSF como um sistema altamente industrializado que possibilita uma construção a seco com grande rapidez de execução, sendo composto por vários componentes e subsistemas - como isolamento térmico e acústico, fechamento interno e externo, e instalações elétricas e hidráulicas –, que trabalham de forma conjunta ao sistema.

Outra característica inerente ao sistema consiste na diminuição do carregamento na fundação, possibilitando, por vezes, o barateamento desta etapa, graças ao baixo peso da estrutura metálica e, com isso, menor solicitação à estrutura (JARDIM e CAMPOS, 2006).

O *Light Steel Frame* (LSF) é um sistema construtivo que utiliza perfis de aço dobrados a frio em sua estrutura, aplicada em conjunto com subsistemas racionalizados, culminando em uma construção industrializada e a seco. Tem como principais características a racionalização e modulação. Sua estrutura é composta por um grande número de elementos estruturais, que são projetados a resistir a uma parcela da carga total aplicada na estrutura, possibilitando a utilização de peças esbeltas e painéis mais leves (RODRIGUES, 2006).

Takushi (2016) afirma que a racionalização, industrialização e rapidez de execução - características tão apreciadas na construção em aço - são possíveis apenas quando há um planejamento contínuo da obra, que implica em um projeto detalhado. No sistema LSF os detalhamentos dos projetos arquitetônicos, estruturais e complementares são essenciais para o desempenho do sistema e para evitar o surgimento de patologias.

Figura 16: Casa construída no sistema LSF



Fonte: ELLO CONSTRUTORA (2014)

Neste sistema, a estrutura se apresenta encoberta pelos materiais de fechamento, assim o resultado final assemelha-se à de uma construção convencional, como na Figura 16. A tecnologia ainda permite que sejam aplicados diferentes fechamentos e revestimentos, atendendo a norma de desempenho e de acordo com a necessidade do usuário final (SANTIAGO *et al.* 2012).

4.2 Possíveis Manifestações Patológicas Adeptas ao Sistema LSF e Suas Causas

O termo patologia é definido como o estudo sistemático de doenças com o objetivo de compreender suas causas, sintomas e tratamento (WATT, 2007). Para entender melhor a predisposição da estrutura ou de parte dela de apresentar problemas patológicos é necessário ter conhecimento aprofundado de como as construções são projetadas, executadas, usadas e, por vezes alteradas, além dos vários mecanismos pelos quais suas condições materiais e ambientais podem ser afetadas.

Segundo Castro (1999), manifestações patológicas acontecem quando a edificação não é capaz de se adaptar à ação de agentes agressivos, como por exemplo, agentes atmosféricos, variações térmicas, agentes biológicos, incompatibilidade de materiais, variação de umidade, cargas excessivas, etc.

Portanto, sabendo da dificuldade em obter controle sobre as variadas reações que as edificações possam ter perante tais agentes, haja vista as manifestações patológicas

terem diversas causas e origens, se for possível determinar os diversos tipos de origens, será viável a realização de trabalho de prevenção através de planejamento e manutenção.

Ainda, a definição de patologia dos edifícios, fornecida pela *Association d'Experts Européens du Bâtiment et de la Construction* – AEEBC (2019) chama a atenção para três áreas separadas, embora relacionadas entre si como áreas de preocupação:

- Identificação, investigação e diagnóstico de defeitos em edifícios existentes;
- Prognóstico de defeitos diagnosticados, e recomendações para as ações mais adequadas considerando o edifício, seu futuro e recursos disponíveis;
- Concepção, especificação, implementação e supervisão de programas apropriados de obras de remediação; monitoramento e avaliação de obras corretivas em termos de seu desempenho funcional, técnico e econômico em uso (AEEBC, 2019).

Atualmente, é ainda notória a carência de pesquisas e publicações a respeito de manifestações patológicas no sistema construtivo Light Steel Frame. Considerando toda a evolução que se busca acerca das inovações na construção civil, é indispensável haver abordagem sobre problemas estruturais e dos demais componentes, bem como discussões sobre segurança, habitabilidade, conforto e estanqueidade das edificações.

De acordo com Silva (2012), as manifestações patológicas podem ser evitadas utilizando as corretas especificações e, principalmente, desenvolvendo o projeto adequado em concordância com as normas técnicas. Ainda, é mencionado por especialistas da área que a deficiência dos materiais empregados e a falta de capacidade técnica da mão de obra empregada ou sua negligência, podem também provocar diversos vícios ou defeitos construtivos.

Destacado também por outros autores, o grande déficit nos projetos em *Light Steel Frame*, assim como no detalhamento e execução dos sistemas complementares de fechamento em geral, evidentemente provocará a ocorrência de manifestações patológicas. Castro (1999) menciona em seu trabalho que, em se tratando de

estruturas de aço, as principais manifestações patológicas podem ser divididas em três categorias, conforme Quadro 2:

Quadro 2- Categorias de manifestações patológicas

CATEGORIA	DESCRIÇÃO
Adquiridas	São mecanismos de degradações estruturais que ocorrem quando a estrutura não consegue se adaptar a ação de elementos externos, os quais podem ser líquidos corrosivos, atmosfera poluída, incêndios, vibrações, etc. A falta de preparo inicial da estrutura ou a falta de manutenção são os principais causadores desse tipo de problema. Como exemplo da manifestação patológica adquirida, a corrosão é a mais frequente.
Transmitidas	Podem ser transmitidas de obra para obra devido vícios e/ou falta de conhecimento técnico dos profissionais envolvidos na fabricação ou montagem da estrutura. Como exemplos podem mencionar: falha no desempenho de soldas devido a presença de impurezas oriundas da aplicação da mesma sobre superfícies impróprias (pintadas ou enferrujadas), falta de prumo e não utilização ou aplicação errada de mastique em juntas sujeitas a infiltração.
Atávicas	São as de recuperação difícil e de alto custo, pois geralmente comprometem a segurança e funcionalidade da estrutura, estando as mesmas relacionadas à descuido, cobiça ou economia. Essas manifestações patológicas se desenvolvem quando há má concepção de projeto, erros de cálculo, escolha de fechamentos verticais de espessura inadequada e, também o uso de aço de resistência inferior às consideradas em projeto.

Fonte: Adaptado CASTRO. (1999)

Segundo Crasto e Freitas (2006) a anomalia de maior ocorrência no sistema LSF é a fissuração na junta entre placas de fechamento. As irregularidades nas vedações verticais podem diminuir o desempenho das mesmas e alterar as características funcionais. Além da fissura, são mencionados por outros autores problemas como: falha estrutural, falta de prumo, problemas nas ligações, corrosão, umidade, bolhas nas junções das placas cimentícias, trincas nas paredes, má qualidade do acabamento das placas de fachada, manchas nas placas causadas pela ação das chuvas, que estão distinguidas no Quadro 3.

Quadro 3- Principais manifestações patológicas

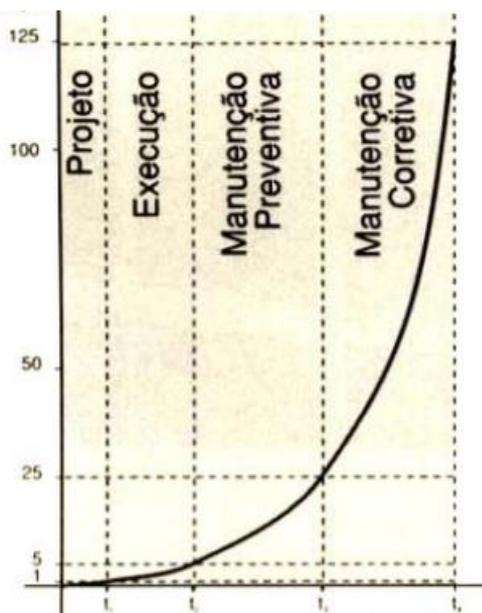
PATOLOGIAS	DESCRIÇÃO
Fissuras	Podem ocorrer no sistema LSF quando as vedações empregadas sofrem uma solicitação maior do que as mesmas foram dimensionadas para suportar. Pode também, acontecer variação de temperatura, resultando na dilatação e contração das chapas de fechamento, o que causa movimentação das mesmas e conseqüentemente, fissuras. Além disso, há também as falhas nas juntas entre placas que podem ser caracterizadas, pelo destacamento da fita das juntas, geralmente ocasionadas por erros na etapa de montagem dos painéis.
Manifestações patológicas das ligações	São todas as formas de problemas que podem ocorrer tanto nos meios de ligação como nos elementos de ligação. Erros de concepção, corrosão, defeitos de fabricação de soldas e ligações parafusadas, além de montagem inadequada são exemplos de manifestações patológicas que podem ocorrer.
Umidade	Existem duas fontes de umidade a serem consideradas: a fonte externa que é a ascensão de umidade do solo pelas fundações e infiltração de água de chuva pelas fachadas, lajes expostas e coberturas e a fonte interna relacionada água decorrente do uso e limpeza dos ambientes, vapor de água e condensação de vapor de água gerado nas atividades normais de uso e, vazamento das instalações.

Fonte: Adaptado CASTRO. (1999)

Além de estudar e identificar a aparição das manifestações patológicas que afetam a vida útil do LSF, é essencial entender que a realização de manutenções periódicas nas edificações contribui para o bom desempenho e efetivamente garantem a vida útil da edificação. Nesse âmbito, Villanueva (2015) defende que a falta de uma cultura de prevenção em nosso país é clara quando observa-se que a maioria dos usuários dos empreendimentos só empregam a devida importância da manutenção, quando o problema já é existente. Esta demora em iniciar a manutenção torna os reparos mais trabalhosos e onerosos.

As principais causas das manifestações patológicas, de acordo com Silva *et al.* (2020), está relacionada a vários fenômenos que influenciam no surgimento das anomalias, merecendo destaque as cargas excessivas, a variação de umidade, as variações térmicas, os agentes biológicos, a incompatibilidade de materiais, entre outros.

Figura 17- Lei da evolução dos custos



Fonte: SILVA *et al.* (2020)

Os problemas patológicos são evolutivos e tendem a se agravar com o passar do tempo, podendo até gerar novas manifestações em decorrência das primeiras, de modo que se pode afirmar que as correções serão mais duráveis, mais efetivas, mais fáceis e mais baratas se forem executadas, quanto antes se apresentarem os problemas. A Figura 17 apresenta um gráfico de evolução das patológicas de acordo com os erros apresentado nas etapas apresentadas (SILVA *et al.*, 2020).

4.3 Recuperação das referidas manifestações patológicas e como evitá-las

As manifestações patológicas em edificações são as responsáveis por promover desconforto aos usuários e, mais do que isso, podem ser as causadoras do comprometimento da estrutura em relação à segurança e estabilidade. Uma edificação deve estar preparada para atender requisitos de desempenho relativos à segurança, habitabilidade e sustentabilidade (ZUEHL, 2019).

Segundo Andrade (2017) as patologias que aparecem nas edificações, existem uns que comprometem só a parte estética, não trazendo riscos para as pessoas, enquanto que existem outras que comprometem a durabilidade e a estabilidade da edificação,

trazendo o risco e o desconforto para as pessoas. As construtoras e os profissionais da área de construção civil devem investir firme na prevenção das patologias, para garantir a durabilidade, estabilidade, segurança, um bom desempenho das edificações e também reduzir os gastos com as reformas.

Para prevenir essas manifestações patológicas, Lima (2013) afirma que é imprescindível elaboração e execução adequada para que uma edificação ofereça condições de habitabilidade e, de modo geral a durabilidade de um sistema está diretamente ligada ao atendimento das exigências de especificações e desempenho definidas para todos os componentes.

De acordo com Zuehl (2019), das medidas de recuperação e correção das patologias, deve-se realizar vistoria e acompanhamento da execução da obra na fase de montagem, sempre conferindo com os projetos. Nesta etapa, é possível constatar que erros relacionados à concepção do projeto, carência nos detalhamentos necessários para a correta execução e montagem do sistema, mão de obra desprovida de conhecimentos técnicos suficientes e possível defeito nos parafusos utilizados.

A manutenção periódica de uma edificação é um processo importante que contribui para conservação, prevenção e melhoria de desempenho das construções, e ela deve ser calculada pelo construtor e repassada para os usuários no manual de edificação. A manutenção normalmente é feita após a ocupação da edificação e ela pode ser preventiva ou corretiva: A manutenção preventiva ocorre quando se faz uma inspeção e revisão dos elementos que estão apresentando algum tipo de problema e trocá-los por outro, para permitir que a edificação se mantenha num bom estado. Já por outro lado a manutenção corretiva ocorre mais nos casos emergenciais, normalmente aplicadas para recuperação de uma edificação em um estado grave, ou seja, quando já não existe a possibilidade de uso (ANDRADE, 2017).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo desta pesquisa foi realizar um levantamento das possíveis manifestações patológicas identificadas no sistema construtivo LSF e contribuir com a divulgação e entendimento das manifestações patológicas, bem como explorar os meios de recuperação das mesmas e fomentar a importância de garantir qualidade às estruturas metálicas, haja vista o potencial do sistema LSF.

O LSF é uma inovação tecnológica que visa promover a industrialização da construção civil, através da inserção de técnicas que promovem uma execução rápida, com o mínimo de desperdício e boa qualidade. Porém essas inovações ainda encontram dificuldade de inserção em algumas regiões do Brasil, tendo como principal empecilho a cultura dos usuários, que estão mais habituados com as tecnologias artesanais utilizadas comumente.

Existem muitos estudos a serem feitos em torno do uso do LSF, é necessário que a indústria adeque as etapas de projeto, planejamento, gerenciamento e execução das edificações, bem como os usuários revejam seus hábitos de utilização e manutenção, de forma que as tecnologias consigam proporcionar os benefícios que lhe são atribuídos, tanto na etapa de construção como de utilização. Identificar as principais manifestações patológicas que ocorrem nessas tecnologias é de suma importância, para que essas possam ser evitadas e recuperadas, quando já existentes.

Como este é um assunto ainda pouco discutido e utilizado no Brasil, se faz necessário potencializar a busca pelo conhecimento quando se pretende implantar novos métodos de construção, sendo que falta de domínio acerca do assunto pode causar problemas relacionados ao desempenho, segurança e conforto através de manifestações patológicas.

REFERÊNCIAS

ABDI - AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL. **Manual da Construção industrializada - Vol 1: Estrutura e Vedação**. Brasília, 2015.

Disponível em: < <http://www.abramat.org.br/datafiles/publicacoes/manual-construcao.pdf>>. Acesso em: 16 mai. 2021.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS.; NBR 14762:2001 –**Dimensionamento de estruturas de aço constituídas por perfis formados a frio -Procedimento**. Rio de Janeiro: ABNT, 2001.

AGUILAR, M. T. P.; MOTTA, S. R. F. **Sustentabilidade e processos de projetos de edificações**. Revista Gestão & Tecnologia de Projetos: São Paulo, 2009.

ANDRADE, T. C. **Inspeção no pós ocupação de empreendimento de interesse social em Light steelframe**. Departamento de Construção Civil, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná: Curitiba, 2017.

ANDRADE, R. O.; TACHIZAWA, T.; CARVALHO, A. B. **Gestão ambiental: enfoque estratégico aplicado ao desenvolvimento sustentável**. 2. ed. São Paulo: Makron, 2004.

ARCELORMITTAL. Steel buildings in Europe: **Single Storey Buildings (SSB): Part 1 Architect's guide**. [2019]. Disponível em: <<https://sections.arcelormittal.com/3594/3541/EN>>. Acesso em: 14 mai. 2021

ASLANLAR, S. **The effect of nucleus size on mechanical properties in electrical resistance spot welding of sheets used in automotive industry**. Materials& Design. 2006.

BARBOSA, E. F. **Desenvolvimento e Avaliação de Projetos Educacionais**. Curso de Especialização em Metodologias. SEE-MG/CEFET-MG, 1999. Disponível em: < https://www2.unifap.br/midias/files/2012/03/coleta_dados.pdf>. Acesso em: 02 jun. 2021.

BEVILAQUA, Rosane. **Estudo Comparativo do Desempenho Estrutural de Prédios Estruturados em Perfis Formados a Frio Segundo os Sistemas Apertado e “Light Steel Framing”**. Dissertação (mestrado) - Departamento de Engenharia de Estruturas, Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2005.

BRANCO, H. L. O. **Avaliação de capas de eletrodos utilizadas na soldagem por resistência de chapas galvanizadas automotivas**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, 2004.

BRASILIT SAINT GOBAIN. **Apostila de Construção Industrializada**. 2014.

Disponível em:

<https://www.brasilit.com.br/sites/brasilit.com.br/files/downloads/1/Guia%20de%20Sistemas%20Produtos%20Planos_2.pdf>. Acesso em: 17 mai 2021.

BRUNTLAND, G.H. **Our common future: The World Commission on Environment and Development**. Oxford: Oxford University Press. 1987.

BRUMATTI, D. O. **Uso de Pré Moldados – Estudo e Viabilidade**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Minas Gerais 2008.

BRUYNE, P. **Dinâmica das pesquisas em ciências sociais**. Rio de Janeiro: Francisco Alves, 1991.

CAMPOS, I. B.; OLIVEIRA, D. M.; CARNEIRO, S. B. M.; CARVALHO, A. B. L.; NETO, J. P. B. **Relation Between the Sustainable Maturity of Construction Companies and the Philosophy of Lean Construction**. IANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEANCONSTRUCTION: San Diego, 2012.

CASSAR, B. C. **Análise comparativa de sistemas construtivos para empreendimentos habitacionais: alvenaria convencional x light steel frame**. UFRJ: Rio de Janeiro, 2018.

CERVO, A. L.; BERVIAN, P. A. **Metodologia científica**. 5. ed. São Paulo: Prentice Hall, 2002.

CISER, B. **Parafuso Autobrocante: características e aplicações**. 2020. Disponível em: <<https://blog.ciser.com.br/tudo-sobre-fixadores/parafuso-autobrocante-caracteristicas-e-aplicacoes/>> Acesso em: 19 mai. 2021.

CLARO, P. B. O.; CLARO, D. P.; AMANCIO, R. **Entendendo o conceito de sustentabilidade nas organizações**. Revista de Administração da Universidade de São Paulo: São Paulo, 2008.

CONSULSTEEL. **Construcción con acero liviano – Manual de Procedimiento**. Buenos Aires: Consul Steel, 2002.

CORREIA, J. V. F. B. **Contextualização dos princípios da construção enxuta: Aplicação da filosofia enxuta do sistema Toyota de produção na indústria da construção civil em exemplos práticos**. Cadernos de Graduação de Ciências exatas e tecnológicas: Aracaju, 2018.

CRASTO, R. C. M. **Arquitetura e tecnologia em sistemas construtivos industrializados: Light Steel Framing**. Dissertação de mestrado da Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, MG, 2005.

DEGANI, J. A. **Construção modular em Light Steel Frame: Comparativo com construção em alvenaria convencional**. UNISUL: Tubarão, 2017.

ELHAJJ, Nader. **Fastening of Light frame steel housing: an international perspective**. Upper Marlboro, MD: National Association of Home Builders (NAHB), 2004.

ELLO CONSTRUTORA. **Inovação na construção civil**. Santiago, 2014. Disponível em: <<http://elloconstrutora.com.br/inovacao-na-construcao-civil/>>. Acesso em: 21 set. 2021.

FORMOSO, C. T. **Lean construction: princípios básicos e exemplos**. Porto Alegre: NORIE/UFRGS, 2002.

FRASSON, K. C.; BITENCOURT, M. **Análise comparativa do sistema construtivo alvenaria convencional e Light Steel Frame um estudo de caso em residência unifamiliar**. UNISUL: Tubarão, 2017.

FREITAS, A. M. S.; CRASTO, R. C. M. **Sistema Light Steel Framing**. São Paulo: IBRACON, 2010.

FREITAS, A. M. S.; CRASTO, R. C. M.; SANTIAGO, A. K. **Steel Framing: Arquitetura**. Instituto Aço Brasil. Rio de Janeiro, p. 151. 2012.

GIL, Antônio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 1999.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2018.

GOMES, C. E. M.; VIVAN, A. L.; SICHIERI, E. P.; PALIARI, J. C. **Light Steel Frame: Construção industrializada a Seco para habitação Popular – Práticas Sustentáveis**. Curitiba: ELECS, 2013.

GRESSLER, L. A. **Introdução à pesquisa: projetos e relatórios**. São Paulo: Loyola, 2003.

INOCENTI, R. S. D.; BERTEQUINI, A. B. T. **Estudo do Sistema Light Steel Frame: Uma Abordagem Geral**. Centro Universitário Toledo: Araçatuba, 2018.

JARDIM, G. T. C.; CAMPOS, A. S. **Light Steel Framing: uma aposta do setor siderúrgico no desenvolvimento tecnológico da Construção civil**. 2009.

JÚNIOR, G. V. B. A. **Sistema construtivo Light Steel Framing: acompanhamento de uma obra residencial**. UNICEUB: Brasília, 2014.

KOSTELA, L. **Application of the new production philosophy to construction**. Technical Report n. 72. Stanford: University of Stanford, 1992.

LEAN CONSTRUCTION INSTITUTE. **Institutional site**. Disponível em: <<http://www.leanconstruction.org/>>. Acesso em: 15 mai. 2021.

LIMA, R. F. **Técnicas, Métodos e Processos de Projeto e Construção do Sistema Construtivo Light Steel Frame**. UFMG: Belo Horizonte, 2013.

MASO, J. B. **Análise Comparativa entre o Sistema Construtivo Light Steel Framing e Alvenaria Estrutural**. UNISUL: Palhoça, 2017.

MERRIAM, S. B. **Qualitative research and case study applications in education**. São Francisco (CA): Jossey-Bass, 1998.

MOBUSS, C. **Sustentabilidade na construção civil: entenda a importância e como aplicar**. Blumenau, 2020. Disponível em:

<<https://www.mobussconstrucao.com.br/blog/sustentabilidade-na-construcao-civil/>>. Acesso em: 12mai. 2021.

MORAES, F. R. **Uma contribuição ao estudo do processo de projeto de empreendimentos em construção metálica: uma visão segundo a nova filosofia de produção**. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2008.

MORESI, E. **Metodologia da pesquisa**. Programa de pós-graduação stricto sensu em gestão do conhecimento e tecnologia da informação. UCB – Brasília, 2003.

PEREIRA JÚNIOR, C. J. **Edifícios de pequeno porte contraventados com perfis de chapa fina de aço**. COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2004.

PRUDÊNCIO, M. V. M. V. **Projeto e análise comparativa de custo de uma residência uni familiar utilizando sistemas construtivos convencional e Light Steel Frame**. Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação: Campo Mourão, 2013.

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**. UNIS/MG: Varginha, 2018.

RODRIGUES, F. C. **Steel Framing: Engenharia**. Rio de Janeiro: IBS/CBCA, 2006.
SANTIAGO, A. K.; FREITAS, A. M. S.; CASTRO, R. C. M. **Manual de construção em aço Steel Framing**: Arquitetura. 2. ed. 2012.

RUDIO, F. V. **Introdução ao Projeto de Pesquisa Científica**. 30. ed. Petrópolis: Vozes, 2002.

SANTIAGO, A. K.; RODRIGUES, M. N.; OLIVEIRA, M. C. **Light Steel Framing como alternativa para construção de moradias populares**. São Paulo: CONSTRUMETAL, 2010.

SANTIAGO, A. K.; FREITAS, A. M. S.; CRASTO, R. C. M. **Steel Framing: arquitetura**. Série Manual da Construção em Aço. Rio de Janeiro: IBS/CBCA, 2012.

SCHAFER, B. W. **Accommodating Building Deflections: What every EOR should know about accommodating deflections in secondary cold-formed steel systems**. Structure Magazine: EUA, 2003.

SILVA, C. S. C. C.; FERREIRA, G. C. S.; SILVA, T. L.; SERRA, V. M. G.; SCALI, S. B.; MASCIA, N. T.; PRIOSTA, T. D. **ANÁLISE DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM SISTEMAS HÍBRIDOS: MADEIRA X STEEL FRAME**. Congresso Brasileiro de Patologia das Construções – CBPAT 2020: Fortaleza, 2020.

SOUZA, E. L. **Construção civil e tecnologia: Estudo do sistema construtivo Light Steel Frame**. Universidade Federal de Minas Gerais: Belo Horizonte, 2014.

TAKUSHI, R. **COMPARATIVO ORÇAMENTÁRIO ENTRE COMPOSIÇÕES DE PAREDES ESTRUTURAIS PARA OBRAS DE REPETIÇÃO NOS SISTEMAS CONSTRUTIVOS CONVENCIONAIS E EM LIGHT STEEL FRAME NA CIDADE DE PORTO ALEGRE**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul: Porto Alegre, 2016.

TORRESI, S. I. C.; PARDINI, V. L.; FERREIRA, V. F. **O que é sustentabilidade?** Quím. Nova, São Paulo, v.33, n.1, p.1, 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422010000100001&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 02jun. 2021.

VERGARA, S. C. **Projetos e Relatórios de Pesquisa em Administração**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

VILLANUEVA, M. M. **A Importância da Manutenção Preventiva para o Bom Desempenho da Edificação**. 2015. 173f. Monografia (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.

VILLAR, F. H. R. **Alternativas de sistemas construtivos para condomínios residenciais horizontais - estudo de caso**. Universidade Federal de São Carlos: São Carlos, 2005.

YIN, R. K. **Estudo de caso planejamento e método**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

ZUEHL, M. E. **Análise das manifestações patológicas em estruturas de aço - Light Steel Frame**. Trabalho de conclusão UNISC: Santa Cruz do Sul, 2017.



ISSN: 2675-1879

LIGHT STEEL FRAME: PATOLOGIAS EM SISTEMAS DE VENDAÇÕES SIMPLES

LIGHT STEEL FRAME: PATHOLOGIES IN SIMPLE SALES SYSTEMS

ANA RAQUEL RODRIGUES ANDRADE
ADRIELLE LARISSA MARTINS ARCANJO
INGRIDH MELISSA ALMEIDA DE ANDRADE
DIEGO DE JESUS QUEIROZ ROSA
GUSTAVO COSTA VAL MOURA LEITE

RESUMO

Ao analisar historicamente a evolução das construções, percebe-se diferenças em termos de materiais e de técnicas utilizadas. Nesse contexto, o mercado está abrindo espaço para outros sistemas construtivos, como por exemplo, o Light Steel Frame. O presente trabalho tem como objetivo principal a pesquisa sobre o método construtivo em Light Steel Frame, com o intuito de avaliar o surgimento das manifestações patológicas no LSF e elaborar propostas para reduzir e/ou minimizar a aparição delas. Como medidas de recuperação e correção de patologias, é importante fazer vistorias e acompanhamentos na execução da obra, sempre conferindo com os projetos, pois é nessa conferência é possível identificar erros relacionados à concepção do projeto, carência nos detalhamentos necessários para a correta execução e montagem do sistema, mão de obra desprovida de conhecimentos técnicos suficientes e possível defeito nos materiais utilizados.

Palavras-chave: Sistema Construtivo. Light Steel Frame. Manifestações Patológicas.

ABSTRACT

When analyzing the evolution of buildings historically, differences are perceived, in terms of materials and techniques used. In this context, the market is opening space for other construction systems, such as the Light Steel Frame. The present work has as main objective the research on the constructive method in Light Steel Frame, in order to evaluate the appearance of pathological manifestations in the LSF and to elaborate proposals to reduce and / or minimize their appearance. As measures of recovery and correction of pathologies, it is important to do surveys and follow-ups in the execution of the work, always conferring with the projects, because it is at this conference it is possible to identify errors related to the design of the project, lack of details necessary for the correct execution and assembly of the system, labor devoid of sufficient technical knowledge and possible defect in the materials used.

Keywords: Constructive System. Light Steel Frame. Pathological Manifestations.

Correspondência/Contato

FEAMIG

Rua Gastão Bráulio dos Santos, 837
CEP 30510-120
Fone (31) 3372-3703
<http://www.feamig.br/revista>

Editora responsável

Raquel Ferreira de Souza
raquel.ferreira@feamig.br

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, estão sendo cada vez mais implantados novos sistemas construtivos, devido a evolução tecnológica dos materiais, da teoria das estruturas e dos sistemas construtivos. Thomaz (1990) complementa que, na busca de alvos ideais como materiais leves, compactos, duráveis e de baixo custo, surgiram com maior frequência, problemas de falhas de construção.

Os aspectos construtivos modernos favorecem o aparecimento de fenômenos patológicos, pois, em função do conhecimento mais aperfeiçoado e profundo dos materiais e técnicas, seu emprego aproxima-se do limite de desempenho satisfatório. Uma vez que se conhece, com maior precisão, até que ponto se pode confiar em determinado material, tende-se a reduzir o seu consumo, fazendo com que o mínimo erro possa causar patologias.

Segundo Carmo (2003), as anomalias patológicas têm origem relacionada a algum erro ou falha cometida em pelo menos uma das fases do processo de construção, e sua ocorrência estão vinculadas a um conjunto de sintomas ou manifestações patológicas que são características, apresentadas durante a execução do uso da edificação, podendo se tornar visíveis já no início da construção ou após anos de conclusão da obra.

Nesse sentido, o sistema construtivo, industrializado, Light Steel Frame, também conhecido como estrutura em aço ou construção LSF, é reconhecido internacionalmente para definir o material construtivo que utiliza como principal elemento estrutural, o aço galvanizado, gerando edificações de baixo peso.

Este modelo consiste em uma estrutura mais leve, com perfis de aço galvanizado, formando um molde com painéis e vigas e alguns elementos desenvolvidos para suportar as cargas da edificação. É utilizado placas de fechamento, que podem ser de diversos materiais inclusive já acabados, além de isolamentos térmicos e acústicos, o que gera um resultado próximo e até mesmo superior em alguns quesitos ao da construção convencional e com qualidade superior. (CASTRO, 2006).

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 *Light Steel Frame* (LSF)

O *Light Steel Framing* é considerado um método construtivo autoportante, composto por alguns componentes industrializados, proporcionando uma construção com grande precisão e rapidez na execução. Ele se caracteriza por um esqueleto estrutural que é composto por perfis leves de aço galvanizado formados a frio, responsável por absorver as solicitações da edificação e, em conjunto com os outros elementos estruturais, distribuir uniformemente as cargas para as fundações (RODRIGUES, 2001). Os componentes como vigas de piso, tesoura de telhado, painéis estruturais e painéis não estruturais, são compostos por esses perfis de aço, para formar esse sistema industrializado.

De acordo com Rodrigues (2016), o sistema estrutural *Light Steel Framing*, representado pela sigla LSF, é oriundo da união de dois conceitos básicos. O primeiro refere-se ao esqueleto formado pela estrutura, para dar suporte e rigidez, já o segundo conceito aborda os PFF (Perfis Formados a Frio), que são componentes leves utilizados na edificação, sendo que “Frame” refere-se ao esqueleto estrutural projetado para dar forma e sustentar o empreendimento ou a edificação. Na maioria das vezes, são utilizados os famosos PFF (Perfis Formados a Frio). A Figura 1 exemplifica o sistema.

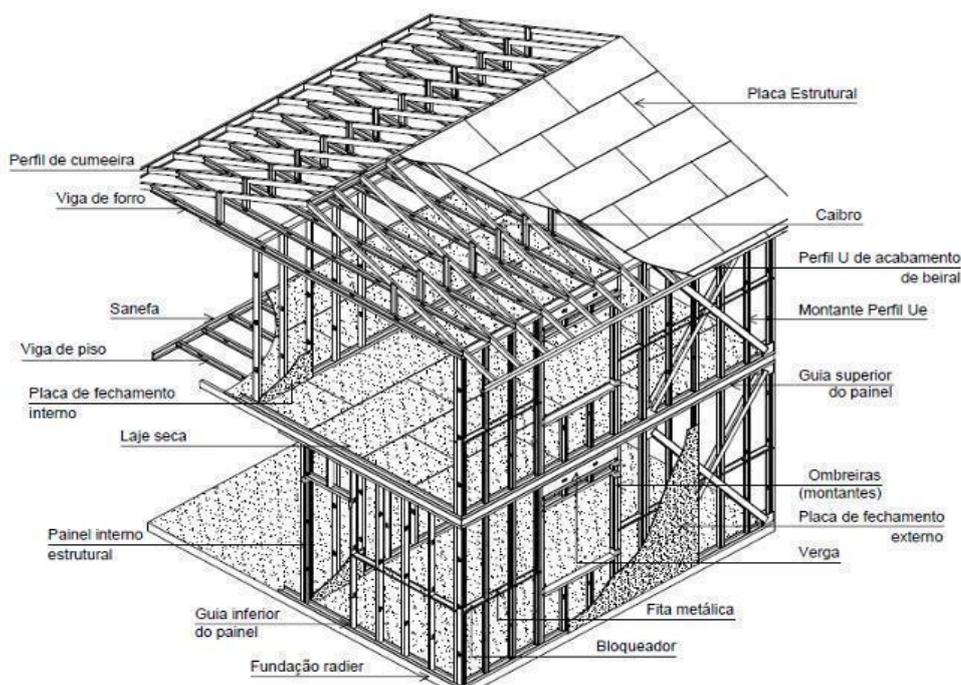


Figura 1: Desenho esquemático de uma estrutura em *Light Steel Framing*

Fonte: FREITAS *et al.* (2012).

Dentre outras características, segundo especialistas da ConsulSteel (2002) citados por Rego (2012), o modelo LSF não se resume apenas à estrutura de aço como também é composto por vários outros subsistemas. Além de estrutural, ele também traz a proposta de isolamento térmico e acústico, instalações hidráulicas e elétricas, e até mesmo a combinação de fechamentos internos e externos com placas de gesso acartonado (*drywall*).

Apesar do LSF apresentar características competitivas frente aos sistemas construtivos tradicionais como a alvenaria estrutural, o sistema, largamente utilizado em países desenvolvidos, enfrenta grande preconceito no Brasil mediante a cultura de construção que existe no país. Porém, sob o ponto de vista técnico da produção de uma edificação, o LSF torna-se mais vantajoso sobre sistemas construtivos tradicionais (GOMES *et al.*, 2013).

2.2 Vantagens e desvantagens relativas ao método LSF

Os principais benefícios na utilização do sistema LSF em edificações são técnicas e construtivas, além de utilizar um material leve, os produtos que compõem o sistema, em particular o aço, vedações e isolantes são padronizados, de tecnologia avançada e produzidos industrialmente, devido a essa industrialização. Tem-se como benefício o menor prazo de execução, além da fidelidade orçamentária, pois os materiais enviados a obra são conforme o projeto (ABDI, 2015).

Os projetos de LSF permitem exclusividade para cada cliente, permitindo total controle dos gastos já nessa fase. Por se tratar de um sistema de montagem, as peças já chegam na obra prontas, permitindo um melhor gerenciamento de perdas e gastos. (JARDIM; CAMPOS, 2009). Além disso, segundo Freitas e Castro (2006) há uma redução de desperdícios de materiais e do uso de recursos naturais na execução, pois não há produção in loco, contribuindo para a organização do canteiro de obra e evitando acidentes.

Santiago *et al.* (2012) listam as propriedades e descrições dos principais benefícios e vantagens no uso do sistema *Light Steel Framing* em edificações, conforme apresentado no Quadro 1.

PROPRIEDADES	VANTAGENS
Materiais industrializados e controle de qualidade	Os produtos que constituem o sistema são padronizados e fruto de avanços tecnológicos no setor da construção, 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.
Durabilidade e Desempenho da estrutura	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. Associado ao processo de galvanização das chapas de fabricação dos perfis a estrutura tem grande durabilidade e longevidade.
Racionalidade e economia	Facilidade de montagem e execução das ligações, manuseio e transporte devido à leveza dos elementos, bem como facilidade de obtenção dos perfis formados a frio já que são largamente utilizados pela indústria. Considerável redução nos dimensionamentos e custos da estrutura, uma vez que o sistema tem peso bastante inferior ao método construtivo tradicional e uniforme distribuição dos esforços através de paredes leves e portantes, rapidez de construção, uma vez que o canteiro se transforma em local de montagem.
Otimização dos recursos naturais e desempenho da construção	Construção a seco, o que minora o uso de recursos naturais e o desperdício, melhores níveis de desempenho termoacústico, que podem ser obtidos através da combinação de materiais de fechamento e isolamento. O aço é reciclável, podendo ser reciclado diversas vezes sem perder suas propriedades.
Manutenção e Instalações	A execução das instalações elétricas e hidráulicas, de telefonia, de sistemas de informação etc., é simplificada pela existência de espaços internos, sequencia construtiva e pelo fato de os perfis serem perfurados previamente facilitam a passagem das instalações e posterior manutenção.
Flexibilidade construtiva	O sistema atende as mais variadas concepções estéticas de projeto arquitetônico, não limitando a criatividade do arquiteto.
Segurança	É possível alcançar altos índices de desempenhos em Resistência ao fogo, se adotados materiais que não propagam chamas e que garantam proteção contra incêndios.

Quadro 1: Vantagens do LSF em edificações

Fonte: SANTIAGO et al. (2012)

Com relação a outros métodos construtivos o LSF possui desvantagens, que são importantes para conhecimento, melhor aceitação no mercado e melhor utilização do sistema. As desvantagens são devido ao desconhecimento do público e dos profissionais da área sobre o sistema, o déficit de mão de obra qualificada, falta de conhecimento técnico e limitação de construção em até 8 pavimentos. (RAMOS, 2015).

2.3 Métodos construtivos do sistema LSF

Segundo Santiago, Freitas e Crasto (2012), bem como descrito no Manual da Construção Industrializada (ABDI, 2015), de modo geral, o LSF pode ser construído utilizando basicamente 3 métodos; o método *stick* ou tradicional, método por painéis e o método modular.

A estrutura de perfis de aço galvanizado para Santiago, Freitas e Crasto (2012) é parte principal do sistema LSF. Os autores complementam que para compor um conjunto

autoportante capaz de resistir aos esforços solicitados pelos elementos da edificação, é necessário que o dimensionamento dos perfis e o projeto estrutural sejam executados por profissional especializado, obedecendo as especificações das normas brasileiras para perfis formados a frio.

A racionalização, industrialização e rapidez de execução são características vantajosas do sistema *Light Steel Framing*. Porém só são possíveis quando há um planejamento integral da obra, utilizando subsistemas corretamente interrelacionados e mão de obra especializada (PRUDÊNCIO, 2013).

2.4 Fundações

De acordo com Freitas e Crasto (2012), o LSF tem a vantagem de possuir perfis e componentes de fechamento com peso muito baixo, se comparado aos métodos construtivos convencionais. Devido a essa característica, as solicitações das fundações no LSF também serão reduzidas, contribuindo para a redução do custo da estrutura, pois haverá uma diminuição no dimensionamento dela.

Os tipos de fundações consideradas mais usuais para o sistema LSF são o Radier e a Sapata Corrida (Viga Baldrame). A escolha do tipo de fundação só será possível após a realização da sondagem no terreno onde será realizada a construção, considerando alguns elementos, como por exemplo a topografia do terreno, o tipo de solo, o nível do lençol freático e a profundidade de solo firme (ABDI, 2015).

Assim, a qualidade final da fundação, está ligada ao correto funcionamento dos subsistemas que constituem a construção. Desse modo, com a base corretamente nivelada e em esquadro há maior possibilidade de precisão na montagem da estrutura e demais componentes do sistema (SANTIAGO *et al.*, 2012).

É possível notar o quanto é fundamental a disposição de todas as informações relevantes. Dessa forma será possível a realização de um projeto adequado e de uma execução satisfatória com a finalidade de maior eficiência estrutural.

2.5 Ligações

Com o objetivo de assegurar o desempenho adequado das estruturas em LSF é necessário à correta prática dos componentes de ligação que, são todos aqueles elementos que possibilitam a transferência dos esforços que podem ser: enrijecedores, talas de mesa e de alma, placas de base, chapas de *gusset* e cantoneiras (ZUEHL, 2019).

Segundo Bevilaqua (2005), há também os meios de ligação, que possibilitam a junção entre as partes da estrutura para formar a ligação, como: parafusos e soldas. Enfatizamos que é fundamental dar atenção às ligações, uma vez que elas podem prejudicar o desempenho da estrutura, causar manifestações patológicas e elevar os custos da obra.

De acordo com Elhajj (2004), a escolha de um tipo específico de ligação ou fixação depende dos seguintes fatores: Local de montagem, se no canteiro ou em uma fábrica ou oficina; Custo; Tipo e espessura dos materiais conectados; Configuração do material; Condições de carregamento; Normativas; Experiência de mão de obra; Resistência necessária da conexão; Disponibilidade de ferramentas e fixações.

3 METODOLOGIA

Segundo Gil (1999, p.42), pode-se definir pesquisa como um “processo formal e sistemático de desenvolvimento do método científico. O objetivo fundamental da pesquisa é descobrir respostas para problemas mediante o emprego de procedimentos científicos”.

O presente estudo é classificado quanto ao tipo de pesquisa, como uma pesquisa básica. Por se tratar de uma ideia já estabelecida, que já tiveram seus conceitos abordados por diversos autores sobre o sistema construtivo de *Light Steel Framing*, o estudo buscará reunir dados e informações nestes conceitos que possam servir de base para a solução do problema proposto.

Quanto a natureza da pesquisa, o estudo é classificado como uma pesquisa qualitativa, por apresentar o sistema construtivo, possíveis patologias e ações viáveis para reduzir e/ou prevenir as manifestações patológicas no sistema construtivo industrializado LSF.

Quanto aos fins, o estudo é classificado como uma pesquisa exploratória, visto que o trabalho aborda sobre o sistema construtivo em *Light Steel Frame*. Além disso, provê informações desde a sua instalação até suas patologias, bem como a prevenção e recuperação delas.

Quanto aos meios, o estudo é classificado como uma pesquisa bibliográfica, por se tratar um estudo desenvolvido a partir de materiais já publicados que abordaram sobre o sistema construtivo em LSF e com propostas para prevenir e/ou reduzir as manifestações patológicas.

A amostra deste estudo é classificada como não probabilística, pois são amostras estudadas através de leitura e compreensão de outros autores que dependem unicamente dos parâmetros dos pesquisadores. As amostras estudadas são baseadas em conceitos e fundamentos sistema construtivo em LSF com suas principais etapas para a execução e instalação do sistema, possíveis manifestações patológicas e ações de recuperação e prevenção dessas patologias.

A coleta de dados deste estudo se dará pelo método da análise documental. Será realizada através de pesquisas, artigos e informações que tratam sobre o tema, com o objetivo de levantar informações convenientes para o desenvolvimento da pesquisa e obter resolução do problema inicial dela.

A primeira limitação encontrada na pesquisa foi o isolamento social enfrentado pela população devido à pandemia causada pelo novo Covid-19 que ocorre desde fevereiro de 2020. Uma série de novos cuidados, impossibilitou encontros presenciais para discussão e análise de dados, visitas a campo para buscar obras em execução.

Além disso, durante o desenvolvimento desse estudo, foi possível verificar falta de referencial bibliográfico sobre manifestações patológicas relacionadas ao método *Light Steel Frame*. Em vista disso, se pressupõe a real eficiência do sistema quando executado com competência, ou ainda, se suspeita não existir segurança por parte dos profissionais, em expor falhas relacionadas às suas atividades

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

4.1 Possíveis Manifestações Patológicas Adeptas ao Sistema LSF e Suas Causas

O termo patologia é definido como o estudo sistemático de doenças com o objetivo de compreender suas causas, sintomas e tratamento. Para entender melhor a predisposição da estrutura ou de parte dela de apresentar problemas patológicos é necessário ter conhecimento aprofundado de como as construções são projetadas, executadas, usadas e, por vezes alteradas, além dos vários mecanismos pelos quais suas condições materiais e ambientais podem ser afetadas.

Segundo Castro (1999), manifestações patológicas acontecem quando a edificação não é capaz de se adaptar à ação de agentes agressivos, como por exemplo, agentes atmosféricos, variações térmicas, agentes biológicos, incompatibilidade de materiais, variação de umidade, cargas excessivas etc.

Portanto, sabendo da dificuldade em obter controle sobre as variadas reações que as edificações possam ter perante tais agentes, haja vista as manifestações patológicas terem diversas causas e origens, se for possível determinar os diversos tipos de origens, será viável a realização de trabalho de prevenção através de planejamento e manutenção.

Atualmente, é ainda notória a carência de pesquisas e publicações a respeito de manifestações patológicas no sistema construtivo *Light Steel Frame*. Considerando toda a evolução que se busca acerca das inovações na construção civil, é indispensável haver abordagem sobre problemas estruturais e dos demais componentes, bem como discussões sobre segurança, habitabilidade, conforto e estanqueidade das edificações.

Takushi (2016) afirma que a racionalização, industrialização e rapidez de execução - características tão apreciadas na construção em aço - são possíveis apenas quando há um planejamento contínuo da obra, que implica em um projeto detalhado. No sistema LSF os detalhamentos dos projetos arquitetônicos, estruturais e complementares são essenciais para o desempenho do sistema e para evitar o surgimento de patologias.

De acordo com Silva (2012), as manifestações patológicas podem ser evitadas utilizando as corretas especificações e, principalmente, desenvolvendo o projeto adequado em concordância com as normas técnicas. Ainda, é mencionado por especialistas da área que a deficiência dos materiais empregados e a falta de capacidade técnica da mão de obra empregada ou sua negligência, podem também provocar diversos vícios ou defeitos construtivos.

Destacado também por outros autores, o grande déficit nos projetos em LSF, assim como no detalhamento e execução dos sistemas complementares de fechamento em geral, evidentemente provocará a ocorrência de manifestações patológicas. Castro (1999) menciona em seu trabalho que, em se tratando de estruturas de aço, as principais manifestações patológicas podem ser divididas em três categorias, conforme Quadro 2:

CATEGORIA	DESCRIÇÃO
Adquiridas	São mecanismos de degradações estruturais que ocorrem quando a estrutura não consegue se adaptar a ação de elementos externos, os quais podem ser líquidos corrosivos, atmosfera poluída, incêndios, vibrações, etc. A falta de preparo inicial da estrutura ou a falta de manutenção são os principais causadores desse tipo de problema. Como exemplo da manifestação patológica adquirida, a corrosão é a mais frequente.
Transmitidas	Podem ser transmitidas de obra para obra devido vícios e/ou falta de conhecimento técnico dos profissionais envolvidos na fabricação ou montagem da estrutura. Como exemplos podem mencionar: falha no desempenho de soldas devido a presença de impurezas oriundas da aplicação da mesma sobre superfícies impróprias (pintadas ou enferrujadas), falta de prumo e não utilização ou aplicação errada de mastic em juntas sujeitas a infiltração.
Atávicas	São as de recuperação difícil e de alto custo, pois geralmente comprometem a segurança e funcionalidade da estrutura, estando as mesmas relacionadas à descuido, cobiça ou economia. Essas manifestações patológicas se desenvolvem quando há má concepção de projeto, erros de cálculo, escolha de fechamentos verticais de espessura inadequada e, também o uso de aço de resistência inferior às consideradas em projeto.

Quadro 2: Categorias de manifestações patológicas
 Fonte: Adaptado CASTRO, (1999)

Segundo Crasto e Freitas (2006) a anomalia de maior ocorrência no sistema LSF é a fissuração na junta entre placas de fechamento. As irregularidades nas vedações verticais podem diminuir o desempenho das mesmas e alterar as características funcionais. Além da fissura, são mencionados por outros autores problemas como: falha estrutural, falta de prumo, problemas nas ligações, corrosão, umidade, bolhas nas junções das placas cimentícias, trincas nas paredes, má qualidade do acabamento das placas de fachada, manchas nas placas causadas pela ação das chuvas, que estão distinguidas no Quadro 3.

PATOLOGIAS	DESCRIÇÃO
Fissuras	Podem ocorrer no sistema LSF quando as vedações empregadas sofrem uma sollicitação maior do que as mesmas foram dimensionadas para suportar. Pode também, acontecer variação de temperatura, resultando na dilatação e contração das chapas de fechamento, o que causa movimentação das mesmas e conseqüentemente, fissuras. Além disso, há também as falhas nas juntas entre placas que podem ser caracterizadas, pelo destacamento da fita das juntas, geralmente ocasionadas por erros na etapa de montagem dos painéis.
Manifestações patológicas das ligações	São todas as formas de problemas que podem ocorrer tanto nos meios de ligação como nos elementos de ligação. Erros de concepção, corrosão, defeitos de fabricação de soldas e ligações parafusadas, além de montagem inadequada são exemplos de manifestações patológicas que podem ocorrer.
Umidade	Existem duas fontes de umidade a serem consideradas: a Fofnte externa que é a ascensão de umidade do solo pelas fundações e infiltração de água de chuva pelas fachadas, lajes expostas e coberturas e a fonte interna relacionada água decorrente do uso e limpeza dos ambientes, vapor de água e condensação de vapor de água gerado nas atividades normais de uso e, vazamento das instalações.

Quadro 3: Principais manifestações patológicas
 Fonte: Adaptado CASTRO, (1999)

4.2 Recuperação das referidas manifestações patológicas e como evitá-las

As manifestações patológicas em edificações são as responsáveis por promover desconforto aos usuários e, mais do que isso, podem ser as causadoras do comprometimento da estrutura em relação à segurança e estabilidade. Uma edificação deve estar preparada para atender requisitos de desempenho relativos à segurança, habitabilidade e sustentabilidade (ZUEHL, 2019).

Segundo Andrade (2017) as patologias que aparecem nas edificações, existem uns que comprometem só a parte estética, não trazendo riscos para as pessoas, enquanto existem outras que comprometem a durabilidade e a estabilidade da edificação, trazendo o risco e o desconforto para as pessoas. As construtoras e os profissionais da área de construção civil devem investir firme na prevenção das patologias, para garantir a durabilidade, estabilidade, segurança, um bom desempenho das edificações e reduzir os gastos com as reformas.

Para prevenir essas manifestações patológicas Lima (2013) afirma que é imprescindível o atendimento às exigências mínimas de desempenho para que uma edificação ofereça condições de habitabilidade e, de modo geral a durabilidade de um sistema está diretamente ligada ao atendimento das exigências de especificações e desempenho definidas para todos os componentes.

De acordo com Zuehl (2019), das medidas de recuperação e correção das patologias, deve-se realizar vistoria e acompanhamento da execução da obra na fase de montagem, sempre conferindo com os projetos. Nesta etapa, é possível constatar que erros relacionados à concepção do projeto, carência nos detalhamentos necessários para a correta execução e montagem do sistema, mão de obra desprovida de conhecimentos técnicos suficientes e possível defeito nos parafusos utilizados.

A manutenção periódica de uma edificação é um processo importante que contribui para conservação, prevenção e melhoria de desempenho das construções, e ela deve ser calculada pelo construtor e repassada para os usuários no manual de edificação. A manutenção normalmente é feita após a ocupação da edificação e ela pode ser preventiva ou corretiva: A manutenção preventiva ocorre quando se faz uma inspeção e revisão dos elementos que estão apresentando algum tipo de problema e trocá-los por outro, para permitir que a edificação se mantenha num bom estado. Já por outro lado a manutenção corretiva ocorre mais nos casos emergenciais, normalmente aplicadas para recuperação de

uma edificação em um estado grave, ou seja, quando já não existe a possibilidade de uso (ANDRADE, 2017).

5. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo desta pesquisa foi realizar um levantamento das possíveis manifestações patológicas identificadas no sistema construtivo LSF e contribuir com a divulgação e entendimento das manifestações patológicas, bem como explorar os meios de recuperação das mesmas e fomentar a importância de garantir qualidade às estruturas metálicas, haja vista o potencial do sistema LSF.

O LSF é uma inovação tecnológica que visa promover a industrialização da construção civil, através da inserção de técnicas que promovem uma execução rápida, com o mínimo de desperdício e boa qualidade. Porém essas inovações ainda encontram dificuldade de inserção em algumas regiões do Brasil, tendo como principal empecilho a cultura dos usuários, que estão mais habituados com as tecnologias artesanais utilizadas comumente.

Existem muitos estudos a serem feitos em torno do uso do LSF, é necessário que a indústria adeque as etapas de projeto, planejamento, gerenciamento e execução das edificações, bem como os usuários revejam seus hábitos de utilização e manutenção, de forma que as tecnologias consigam proporcionar os benefícios que lhe são atribuídos, tanto na etapa de construção como de utilização. Identificar as principais manifestações patológicas que ocorrem nessas tecnologias é de suma importância, para que essas possam ser evitadas e recuperadas, quando já existentes.

Como este é um assunto ainda pouco discutido e utilizado no Brasil, se faz necessário potencializar a busca pelo conhecimento quando se pretende implantar novos métodos de construção, sendo que falta de domínio acerca do assunto pode causar problemas relacionados ao desempenho, segurança e conforto através de manifestações patológicas.

REFERÊNCIAS

- ABDI - AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL. **Manual da Construção industrializada - Vol 1: Estrutura e Vedação**. Brasília, 2015. Disponível em: <<http://www.abramat.org.br/datafiles/publicacoes/manual-construcao.pdf>>. Acesso em: 16 mai. 2021.
- ANDRADE, T. C. **Inspeção no pós ocupação de empreendimento de interesse social em Light steel frame**. Departamento de Construção Civil, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná: Curitiba, 2017.
- BEVILAQUA, Rosane. **Estudo Comparativo do Desempenho Estrutural de Prédios Estruturados em Perfis Formados a Frio Segundo os Sistemas Apertado e “Light Steel Framing”**. Dissertação (mestrado) - Departamento de Engenharia de Estruturas, Univesrsidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2005.
- CONSULSTEEL. **Construcción con acero liviano – Manual de Procedimiento**. Buenos Aires: Consul Steel, 2002.
- CRASTO, R. C. M. **Arquitetura e tecnologia em sistemas construtivos industrializados: Light Steel Framing**. Dissertação de mestrado da Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, MG, 2005.
- ELHAJJ, N. **Fastening of Light frame steel housing: an international perspective**. Upper Marlboro, MD: National Association of Home Builders (NAHB), 2004.
- FREITAS, A. M. S.; CRASTO, R. C. M.; SANTIAGO, A. K. **Steel Framing: Arquitetura. Instituto Aço Brasil**. Rio de Janeiro, p. 151. 2012.
- GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 1999.
- GOMES, C. E. M.; VIVAN, A. L.; SICHIERI, E. P.; PALIARI, J. C. **Light Steel Frame: Construção industrializada a Seco para habitação Popular – Práticas Sustentáveis**. Curitiba: ELECS, 2013.
- JARDIM, G. T. C.; CAMPOS, A. S. **Light Steel Framing: uma aposta do setor siderúrgico no desenvolvimento tecnológico da Construção civil**. 2009.
- LIMA, R. F. **Técnicas, Métodos e Processos de Projeto e Construção do Sistema Construtivo Light Steel Frame**. UFMG: Belo Horizonte, 2013.
- PRUDÊNCIO, M. V. M. V. **Projeto e análise comparativa de custo de uma residência uni familiar utilizando sistemas construtivos convencional e Light Steel Frame**. Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação: Campo Mourão, 2013.
- RODRIGUES, F. C. **Steel Framing: Engenharia**. Rio de Janeiro: IBS/CBCA, 2006.
- SANTIAGO, A. K.; FREITAS, A. M. S.; CASTRO, R. C. M. **Manual de construção em aço Steel Framing: Arquitetura**. 2. ed. 2012.

SOUZA, E. L. **Construção civil e tecnologia: Estudo do sistema construtivo Light Steel Frame.** Universidade Federal de Minas Gerais: Belo Horizonte, 2014.

TAKUSHI, R. **COMPARATIVO ORÇAMENTÁRIO ENTRE COMPOSIÇÕES DE PAREDES ESTRUTURAIS PARA OBRAS DE REPETIÇÃO NOS SISTEMAS CONSTRUTIVOS CONVENCIONAIS E EM LIGHT STEEL FRAME NA CIDADE DE PORTO ALEGRE.** Universidade Federal do Rio Grande do Sul: Porto Alegre, 2016.

ZUEHL, M. E. **Análise das manifestações patológicas em estruturas de aço -Light Steel Frame.** Trabalho de conclusão UNISC: Santa Cruz do Sul, 2017.