

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS

CENTRO DE TECNOLOGIA

ENGENHARIA CIVIL

Marcus Antônio de Souza Nobre Neto

**Surgimento de fissuras em placas de vedações verticais de gesso acartonado
em *Light Steel Frame***

Maceió

2023

Marcus Antônio de Souza Nobre Neto

**Surgimento de fissuras em placas de vedações verticais de gesso acartonado
em *Light Steel Frame***

Plano de Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao curso de Engenharia Civil,
do Centro de Tecnologia da Universidade
Federal de Alagoas, como requisito
parcial para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Professora Dra. Karoline
Melo Alves

Maceió

2023

Catálogo na Fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Central
Divisão de Tratamento Técnico

Bibliotecário: Marcelino de Carvalho Freitas Neto – CRB-4 – 1767

N754s Nobre Neto, Marcus Antônio de Souza.
Surgimento de fissuras em placas de vedações verticais de gesso acartonado em *Light Steel Frame* / Marcus Antônio de Souza Nobre Neto. – Maceió, 2022.
59 f. : il., grafs. e tabs. color.

Orientadora: Karoline Alves Melo Moraes.
Monografia (Trabalho de conclusão de curso em Engenharia Civil) –
Universidade Federal de Alagoas. Centro de Tecnologia. Maceió, 2022.

Bibliografia: f. 57-59.

1. *Light Steel Frame* (Construção civil). 2. Vedações verticais - Fissuras. 3. Gesso acartonado. I. Título.

CDU: 69

RESUMO

O presente trabalho evidencia a utilização do método construtivo *Light Steel Frame* no Brasil e como ele pode contribuir para o mercado da construção civil, explicando o seu funcionamento, instalação, características e uso na sociedade. No estudo, foi abordado uma das principais formas de vedação vertical no *Light Steel Frame*, sendo esse fechamento composto por gesso acartonado e mostradas as formas de utilização, execução, interface com o *Light Steel Frame* e afins. Aliado a isso, o estudo avaliou as principais causas responsáveis pelo surgimento de fissuras em placas de vedação vertical em gesso acartonado no método *Light Steel Frame* através de revisões bibliográficas e levantamento dos principais problemas existentes dentro do processo construtivo, os quais foram evidenciados através da utilização do diagrama de Ishikawa, também conhecido como diagrama de causa e efeito. Ao final do estudo, pôde-se obter diversos insumos relacionados a quais são as principais causas de fissuras no gesso acartonado. Dessa forma, contribui-se para facilitar a identificação da causa do surgimento da manifestação patológica e de forma a reduzir e prevenir o surgimento de fissuras em placas de gesso acartonado de *Light Steel Frame*. Contudo, vale a menção de que o diagrama é incapaz de envolver a totalidade das causas e assim como outras ferramentas de diagnóstico de manifestação patológica, faz-se necessário um aprofundamento da causa e uma constante atualização do material tendo em vista inovações tecnológicas e construtivas.

Palavras-chave: *Light Steel Frame*; Fissuras; Gesso acartonado

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 : Obra executada em Light Steel Frame.	14
Figura 2: Desenho esquemático da montagem do sistema Light Steel Frame.	15
Figura 3 : Construções modulares utilizando de Light Steel Frame.	16
Figura 4: Materiais utilizados para fechamento do sistema Light Steel Frame;	19
Figura 5: Desenho esquemático do sistema Light Steel Frame	20
Figura 6: Interfaces entre sistema no Light Steel Frame;	22
Figura 7 : Aplicação de gesso acartonado em fechamentos verticais e horizontais;	25
Figura 8: Tipos de chapas de gesso;	27
Figura 9: Fluxograma com montagem típica de paredes de gesso acartonado;	30
Figura 10: Exemplo de fixação correta de parafusos em uma placa de gesso acartonado;	32
Figura 11: Fissura em placa de gesso acartonado por dilatação e contração térmica;	36
Figura 12: Incidência das origens das manifestações patológicas no Brasil;	40
Figura 13: Exemplificação do Diagrama de Ishikawa;	42
Figura 14: Diagrama de Ishikawa do surgimento de fissuras em placas de gesso acartonado em Light Steel Frame.	53

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Critérios geométricos do gesso acartonado.	28
Tabela 2: Critérios físicos do gesso acartonado.	28

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Tipos de massa utilizados para tratamento de juntas.	33
Quadro 2: Classificação das fissuras de acordo com a sua abertura.	39

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
1.1 Objetivos	11
1.1.1 Objetivo Geral	11
1.1.2 Objetivos Específicos	11
1.2 Justificativa do trabalho	11
1.3 Metodologia do trabalho	12
2 LIGHT STEEL FRAME NA CONSTRUÇÃO CIVIL	13
2.1 Surgimento e significado	13
2.2 Características	14
2.3 Métodos de construção	15
2.4 Etapas do processo construtivo	17
2.5 Placas de vedação internas e externas	18
2.6 Análise do emprego e funcionamento do Light Steel Framing - NBR 16970:2022	19
2.6.1 Desempenho	20
2.6.2 Projeto Estrutural	21
2.6.3 Interface entre áreas	22
3 GESSO ACARTONADO NA ENGENHARIA CIVIL	24
3.1 Surgimento e significado	24
3.2 Características e tipos	26
3.3 Desempenho	29
3.4 Execução	29
3.5 Fixação	32
3.6 Massas para tratamento de juntas	32
3.7 Interface entre gesso acartonado e Light Steel Frame	34
3.8 Comparativo entre gesso acartonado usado em Light Steel Frame com construções convencionais com relação à fissuração	34
3.9 Surgimento de fissuras envolvendo placas de gesso acartonado utilizadas em Light Steel Frame	35
5 METODOLOGIA	42
5.1 Levantamento bibliográfico	43
5.2 Diagrama de Ishikawa	43
6 RESULTADOS	45
6.1 Levantamento bibliográfico	45
6.2 Divisão de causas para o surgimento de fissuras em placas de gesso acartonado utilizadas no Light Steel Frame	50
6.2 Diagrama de Ishikawa	52
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	55
REFERÊNCIAS	57

1 INTRODUÇÃO

Atualmente no Brasil, de acordo com a Pesquisa Nacional por Amostras de Domicílio, coordenada pelo IBGE (2019), cerca de 88,2% das construções são executadas com sistemas convencionais. Existem muitas barreiras acerca da mudança na utilização de sistemas construtivos que diferem do convencional no país. Isso ocorre porque esses sistemas já são de amplo conhecimento da população e dos profissionais, além disso, falta uma atualização do mercado com relação à busca por técnicas que impactam positivamente o meio-ambiente, a satisfação do usuário e o desempenho da edificação. Em virtude disso, vê-se a necessidade de que sejam difundidas mais informações sobre os diferentes métodos construtivos, de modo a mostrar a sua importância e desempenho. Neste contexto, destaca-se o sistema construtivo em *Light Steel Frame* como uma possibilidade promissora para novas construções.

Segundo a Associação Brasileira da Construção Metálica (ABCEM, 2021), no ano de 2020 houve um crescimento de produção de 52,7% para o *Light Steel Frame* e 17,2% para o *Drywall* em relação a 2019, com expectativas otimistas para os anos seguintes.

Diante disso, é notória a evolução da engenharia civil e da tecnologia no curto período de tempo. Observa-se que é visível a necessidade da sociedade se reinventar constantemente e não seria diferente para com os métodos construtivos utilizados no meio da construção, visando sempre estabelecer parâmetros de segurança, qualidade, conforto e custo.

O sistema *Light Steel Frame* (LSF) utiliza perfis de aço associados a diferentes tipos de placas para vedação. É um procedimento de construção com uma estrutura leve, que proporciona grande agilidade e sustentabilidade à obra. Por ser um método construtivo relativamente novo e pouco conhecido, sua mão de obra deve ser especializada o que acaba por aumentar parte dos custos, mas que pode ser compensado ao se ter um produto final melhor, com menos problemas e de mesma ou melhor eficácia que um método convencional. É uma técnica bastante utilizada nos países desenvolvidos como, por exemplo, os Estados Unidos e o Japão. No entanto, a utilização no mercado residencial ainda é muito baixa, na Austrália apenas 15% das construções deste segmento são feitas em LSF, enquanto

na América do Norte esses números não ultrapassam os 3%, mesmo se tratando de um sistema bastante difundido nesses países (MIRANDA; ZAMBONI, 2016).

Analisando de um viés do qual as edificações estão cada vez mais velhas e por vezes os construtores realizam obras sem projeto, ou sem a mínima gestão de qualidade, isso propicia um aumento nos índices de recorrência de determinadas manifestações patológicas.

Dentre as manifestações patológicas apresentadas na alvenaria, as trincas e fissuras são as mais comuns, uma vez que os materiais utilizados em sua fabricação, tais como cerâmicas, concretos e argamassas são frágeis e possuem baixa resistência à tração (RAMALHO, 2003). Analogamente, o uso do *Light Steel Frame* não reduz totalmente o surgimento de manifestações patológicas, mas considerando-se o uso de material diferente, de uma mão de obra mais cautelosa e especializada, conseqüentemente, tende a existir uma menor incidência de problemas, além de uma maior facilidade de manutenção.

A ocorrência de fissuras nesse método construtivo se dá quando as vedações sofrem uma solicitação maior do que aquelas para as quais foram dimensionadas a suportar. A resistência desse tipo de vedação aos esforços depende do material utilizado nas placas de fechamento. Gaião *et al.* (2011) propuseram estudo de caso onde identificaram as principais manifestações patológicas que ocorreram nesse tipo de inovação tecnológica. No estudo em questão as placas de fechamento eram de gesso acartonado. As fissuras foram algumas das manifestações encontradas nas placas de gesso.

Segundo Rosa (2022), ao analisar os tipos de placas de vedação vertical utilizada no método construtivo, as mais utilizadas são: Placas de gesso acartonado, placas OSB, cimentícias, placas de gesso fibra de vidro e placas de madeira compensadas. Em virtude da facilidade de instalação e bom desempenho acústico e térmico e habituação do mercado brasileiro em trabalhar com gesso acartonado, vê-se a necessidade de entender como ele se comporta frente ao surgimento de fissuras, em quais etapas de execução tendem a ocorrer e como mitigar a manifestação patológica para esse modelo construtivo crescente no Brasil.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

O presente trabalho tem como objetivo evidenciar as principais causas de fissuração em placas de gesso acartonado usadas no *Light Steel Frame*, frente às principais etapas de execução do método construtivo.

1.1.2 Objetivos Específicos

O trabalho em estudo também buscará atingir os seguintes objetivos:

- Analisar como as interfaces entre os sistemas existentes no *Light Steel Frame* ocasiona fissuras em placas de gesso acartonado usadas como vedação vertical.
- Auxiliar na identificação de ações mitigadoras quanto ao surgimento de fissuras nas placas de gesso acartonado em etapas precedentes à execução da obra em *Light Steel Frame*.
- Auxiliar no processo de descoberta da causa de uma fissura existente em placas de gesso acartonado utilizadas em *Light Steel Frame*.

1.2 Justificativa do trabalho

O presente trabalho tem por justificativa, sanar dúvidas, auxiliar estudantes, instruir profissionais e ajudar a população. Tendo em vista que a NBR 16970 (ABNT, 2022) foi aprovada no final de maio de 2022, por isso, há uma carência acerca dos conhecimentos e instruções normativas presentes nela. Em virtude disso, o estudo também auxiliará em prol do entendimento e aprofundamento frente ao que se é abordado na norma em relação ao surgimento de fissuras em placas de gesso acartonado como sendo um dos materiais mais utilizados para fechamento vertical em *Light Steel Frame*.

A ocorrência de fissuras nesse método construtivo se dá quando as placas de gesso sofrem uma solicitação maior do que aquelas para as quais foram dimensionadas a suportar. A resistência desse tipo de vedação aos esforços depende do material utilizado nas placas de fechamento. Gaião et al. (2011)

propuseram estudo de caso onde identificaram as principais manifestações patológicas que ocorreram nesse tipo de inovação tecnológica. No estudo em questão as placas de fechamento eram de gesso acartonado. As fissuras foram algumas das manifestações encontradas nas placas de gesso.

Diante disso, vê-se a necessidade de identificar como o método construtivo LSF, utilizando-se de placas de gesso acartonado, sofre com o surgimento de fissuras, em quais etapas de execução tendem a ocorrer e como mitigar a manifestação patológica para esse modelo construtivo crescente no Brasil.

Além disso, entende-se como um tema que deve ser explorado, tendo em vista que o futuro precisa de técnicas construtivas mais sustentáveis, rápidas e eficientes como o *Light Steel Frame*.

Por fim, ao analisar o mercado, principalmente em Alagoas, é visto que o método é pouco difundido e de difícil perpetuação em virtude de existirem poucas empresas qualificadas para trabalhar com LSF. Aliado a isso, é difícil de obter insumos voltados ao uso do método construtivo e as placas de gesso acartonado como sistema de vedação vertical interna. Portanto, faz-se necessário uma expansão do conhecimento existente hoje no estado e vê-se no presente trabalho uma possibilidade de difundir o conhecimento acerca dos métodos existentes e que haja uma propagação do LSF para uma maior utilização em Alagoas.

1.3 Metodologia do trabalho

Diante do discorrido no presente estudo, será apresentada uma revisão bibliográfica essencial para a aplicação da metodologia escolhida para atingir os resultados propostos. Essa revisão será capaz de trazer diversos insumos relacionados ao uso do *Light Steel Frame* e do gesso acartonado para com esse método construtivo, de forma que o próprio referencial teórico é capaz de alcançar alguns objetivos descritos, uma vez que traz um aprofundamento de conteúdos que são pouco conhecidos dentro da ótica alagoana e nacional sobre *Light Steel Frame*.

Portanto, a fundamentação teórica apresentada no trabalho será capaz de auxiliar a aplicação da metodologia adotada e complementar os resultados obtidos de forma que diversos conteúdos abordados durante a revisão bibliográfica são de suma importância para o acervo de conhecimento de *Light Steel Frame* e gesso acartonado no Brasil.

2 LIGHT STEEL FRAME NA CONSTRUÇÃO CIVIL

2.1 Surgimento e significado

O método *Light Steel Frame*, assim conhecido mundialmente, é um sistema construtivo de concepção racional, que tem como principal característica uma estrutura constituída por perfis formados a frio de aço galvanizado que são utilizados para a composição de painéis estruturais e não estruturais, vigas secundárias, vigas de piso, tesouras de telhado e demais componentes da edificação. É também conhecido como Sistema Auto-portante de Construção a Seco (SANTIAGO *et al.*, 2012).

De acordo com Frechette (1999), o método construtivo *Light Steel Frame*, apesar de ser considerado uma tecnologia nova, teve sua origem em meados do século XIX. O lançamento deste método ocorreu na década de 1930 a partir de uma feira mundial ocorrida em Chicago, onde foi apresentado o projeto de uma residência em *Light Steel Frame*.

Conforme Freitas e Crasto (2006), no período pós Segunda Guerra mundial houve um forte crescimento na economia norte americana e uma alta na fabricação de aço, o que possibilitou o aumento na produção de perfis formados a frio. Portanto, devido a uma maior resistência desses materiais, a utilização dos perfis de aço passou a substituir os de madeira, pois observou-se que esse tipo de estrutura era capaz de suportar as catástrofes naturais existentes no país.

O *Light Steel Frame* é um método construtivo cuja estrutura é feita por perfis de aço galvanizado formados a frio. Tais perfis foram desenvolvidos para compor quadros estruturais, não estruturais e outros componentes (CAMPOS, 2014). Santiago *et al.* (2012) completam que este é um sistema industrializado a seco, que proporciona uma construção limpa e eficiente.

Nos países em que a construção civil é industrializada, usa-se constantemente o método *Light Steel Frame*. Em contrapartida, no Brasil este método é pouco conhecido, devido à utilização predominante dos métodos convencionais. O *Light Steel Frame* é um método construtivo que pode ser empregado em diversos tipos de projetos. Santiago *et al.* (2012) citam alguns, são eles: residências unifamiliares, edifícios residenciais e comerciais de até 4 pavimentos, hotéis, hospitais, escolas, unidades modulares e “retrofit” de

edificações. Na figura 1 pode ser visto uma construção executada utilizando do método construtivo do *Light Steel Frame*.

Figura 1 : Obra executada em *Light Steel Frame*



Fonte: TecnoFrame (2020)

2.2 Características

O *Light Steel Frame* é um sistema construtivo racional, constituído por perfis formados a frio de aço galvanizado, que são utilizados para compor painéis estruturais e não estruturais, vigas de piso, vigas secundárias, tesouras de telhados e outros componentes (CRASTO, 2005).

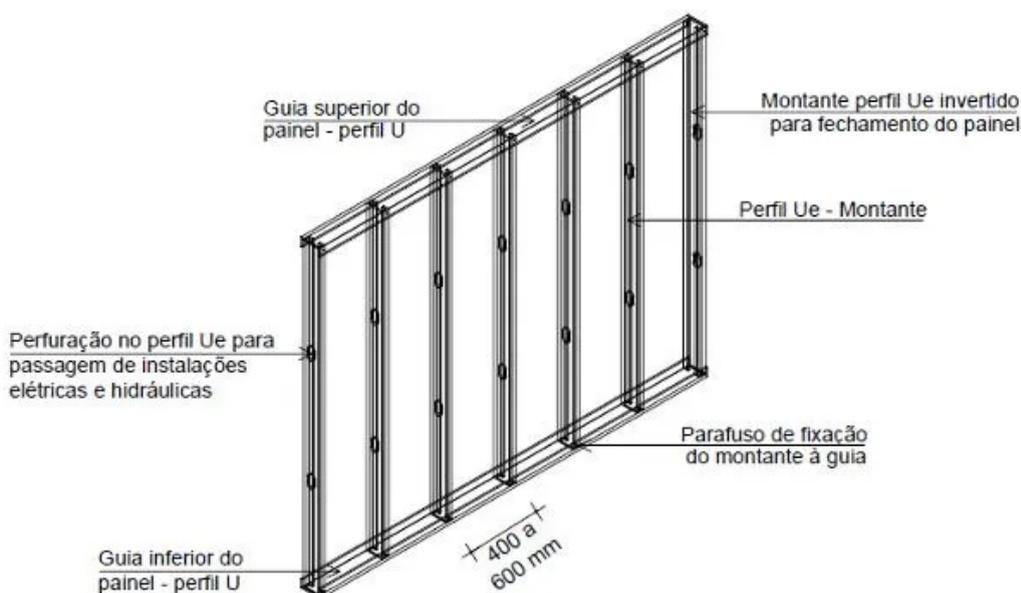
A estrutura do sistema é caracterizada por um esqueleto que absorve as solicitações da edificação e distribui uniformemente as cargas para as fundações em conjunto com outros elementos estruturais (SANTIAGO *et al.*, 2012)

O *Light Steel Frame* é um sistema aberto, flexível, racionalizado, customizável, durável e reciclável, que permite a utilização de diversos materiais de revestimento. O sistema é estruturado em painéis projetados para suportar as cargas da edificação e trabalhar em conjunto com outros subsistemas

industrializados, garantindo os requisitos de funcionamento da edificação (CAMPOS, 2020).

As montagens mais usuais do *Light Steel Frame* utilizam combinações de seções transversais "U" enrijecido (Ue) e "U" simples, como pode ser visto na figura 2, mas há sistemas de montagem que empregam apenas seções Ue. A coordenação modular utilizada no sistema não é um fator limitante de criação, pois a infinidade de combinações e arranjos conseguidos através dele permite uma grande flexibilidade, nas mais variadas linguagens arquitetônicas (SANTIAGO *et al.*, 2012).

Figura 2 : Desenho esquemático da montagem do sistema *Light Steel Frame*



Fonte: Manual Steel Framing: Arquitetura (2012)

2.3 Métodos de construção

Segundo Kim *et al.* (2017), há três métodos de construção utilizados no *Light Steel Frame*:

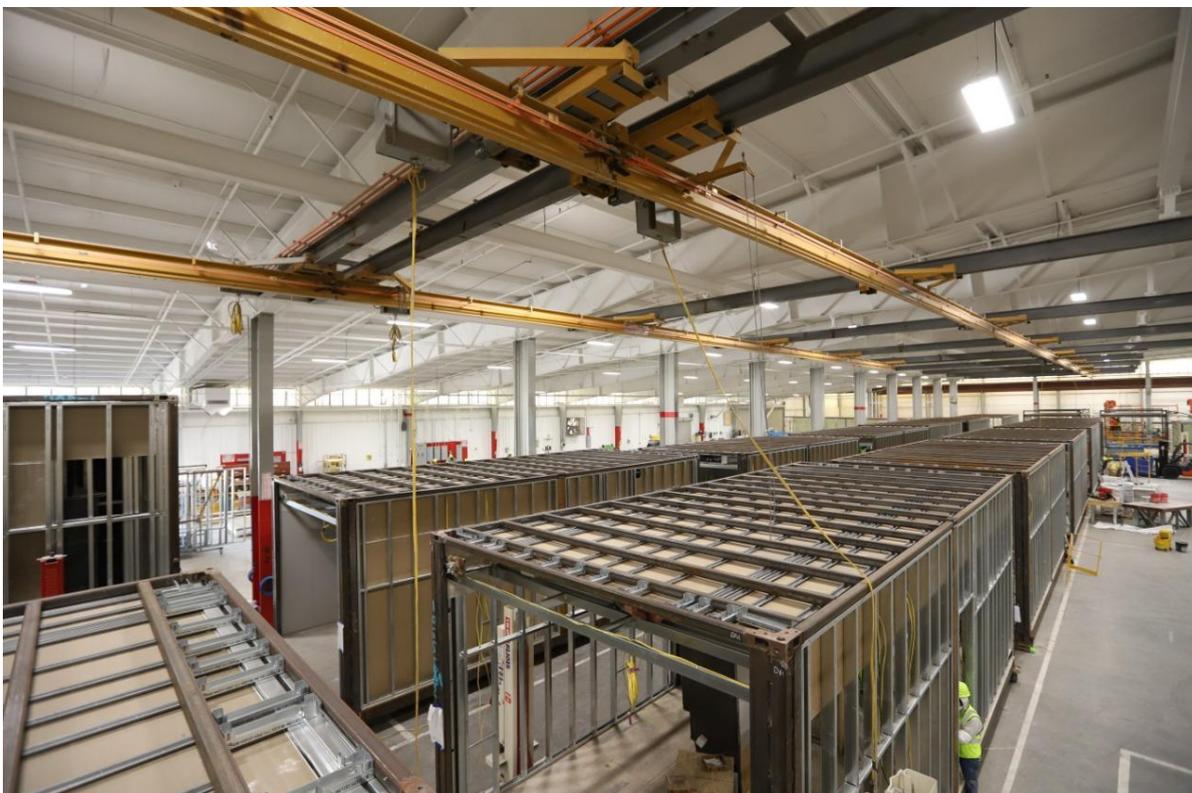
- Método de painéis: painéis estruturais e não estruturais são fabricados em uma fábrica e posteriormente montados no local da obra. Esse método é vantajoso em termos de qualidade, precisão, rapidez e segurança na construção.
- Método de perfis: os perfis formados a frio são fixados no local da obra e posteriormente os painéis são fixados nesses perfis. Esse método é

adequado para construções com design irregular e necessidades específicas de modulação.

- Método híbrido: é uma combinação dos métodos de painéis e perfis, onde são utilizados painéis pré-fabricados e perfis fixados no local da obra. Esse método é flexível, permitindo adaptar-se a diferentes requisitos de construção e modulação.

Um outro método que vem se destacando no mercado da construção usando de perfis de aço é a utilização da construção modular em conjunto com o *Light Steel Frame*. Segundo Chan *et al.* (2016), é uma técnica de construção que se baseia na produção em série de módulos padronizados, fabricados com estruturas de aço leve e revestidos com materiais diversos. Essa técnica tem ganhado cada vez mais espaço na construção civil, pois apresenta diversas vantagens em relação aos métodos tradicionais de construção. Na figura 3 pode ser visto um exemplo de construção modular em *Light Steel Frame*.

Figura 3 : Construções modulares utilizando de *Light Steel Frame*



Fonte: TecnoFrame (2020)

Uma das principais vantagens da construção modular com LSF é a rapidez na execução da obra. Isso porque os módulos são produzidos em uma fábrica e montados no local da obra, reduzindo significativamente o tempo de construção em relação ao método tradicional. Além disso, a utilização do LSF na estrutura dos módulos torna o sistema mais leve e resistente, reduzindo o uso de materiais e garantindo uma construção mais eficiente e sustentável.

Outra vantagem da construção modular com LSF é a flexibilidade no projeto, pois os módulos podem ser facilmente adaptados às necessidades do cliente. É possível personalizar o tamanho, o layout e os acabamentos dos módulos de acordo com as especificações do projeto.

A construção modular com LSF também apresenta um bom desempenho térmico e acústico, devido à utilização de materiais isolantes na construção dos módulos. Isso garante um ambiente interno mais confortável e reduz o consumo de energia elétrica com ar-condicionado e aquecedores.

Por fim, a construção modular com LSF apresenta um custo-benefício vantajoso em relação ao método tradicional, uma vez que a produção em série dos módulos reduz o desperdício de materiais e a mão de obra necessária para a execução da obra (KHALID *et al.*, 2017).

2.4 Etapas do processo construtivo

De acordo com Adorno *et al.* (2020), o processo construtivo em *Light Steel Frame* geralmente envolve as etapas descritas a seguir.

A primeira etapa é a elaboração dos projetos arquitetônico e estrutural em que se definem as dimensões, o tipo de estrutura e as especificações dos materiais a serem utilizados na construção.

Depois de definido o projeto, inicia-se a etapa de fundação. Nesta fase é construída a base da construção, que é responsável por suportar toda a estrutura da edificação. De acordo com o Manual de Construção em Light Steel Frame (LEAL *et al.*, 2015), os tipos de fundação mais adequados para esse sistema construtivo são: Radier de concreto armado, sapata corrida e estaca cravada. Esses tipos de fundação são indicados por proporcionarem uma distribuição uniforme das cargas do edifício, garantindo a estabilidade da estrutura e minimizando o risco de fissuras ou trincas nas paredes.

A seguir, são construídas a estrutura da edificação, sendo as paredes, lajes e telhados, utilizando o sistema de perfis leves de aço galvanizado, que formam uma estrutura resistente e durável. É essencial que seja realizada a locação do esqueleto da estrutura conforme projeto e a devida ancoragem entre esses perfis de aço e a fundação, procedimento fundamental para garantir estabilidade ao conjunto estrutural. Uma maneira eficiente de fazer essa ancoragem é através de chumbadores mecânicos expansivos denominados parabolts (CASTRO, 2005).

Com a estrutura pronta, as instalações elétricas e hidráulicas são instaladas. Isso inclui a fiação elétrica, as tubulações de água e esgoto, as caixas de energia, entre outros.

Depois de concluídas as instalações elétricas e hidráulicas, são instalados os fechamentos, ou seja, as placas cimentícias, placas OSB ou placas drywall que revestem as paredes internas e externas da construção.

Por fim, são realizados os acabamentos finais da construção, como pintura, colocação de pisos e azulejos, instalação de portas e janelas, entre outros detalhes.

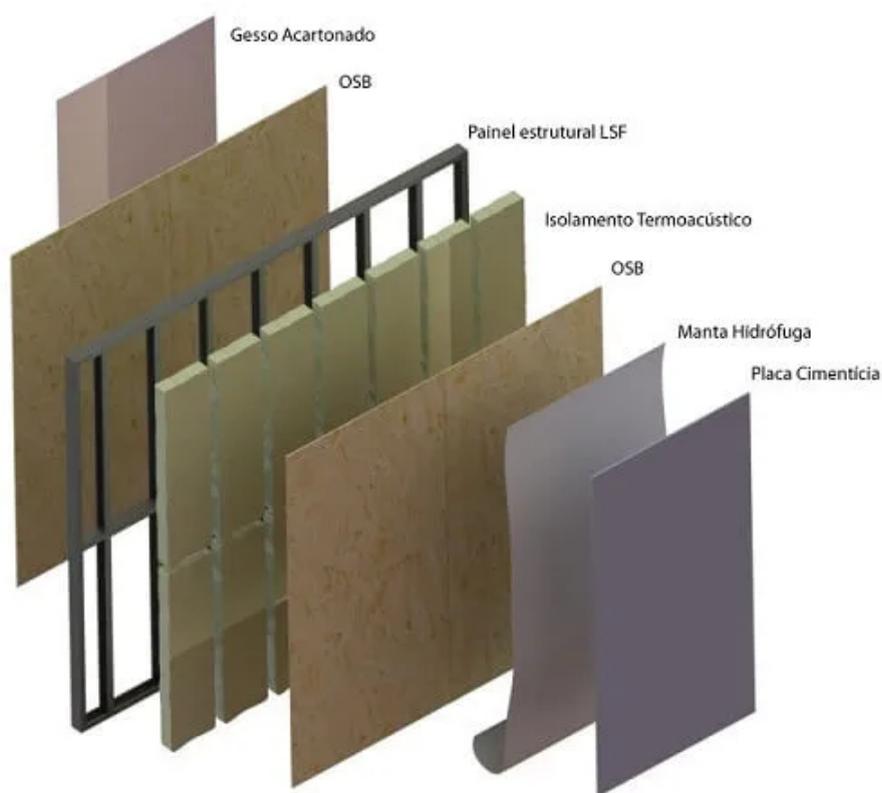
Vale lembrar que o processo construtivo pode variar de acordo com as particularidades de cada projeto e região, mas, em geral, essas são as principais etapas envolvidas na construção em *Light Steel Frame*. É imprescindível que todas as etapas sejam executadas por profissionais responsáveis e com experiência em perfis de aço leve.

2.5 Placas de vedação internas e externas

Os painéis no sistema de construção *Light Steel Frame* podem desempenhar tanto o papel de paredes quanto de estrutura da edificação. Quando associados a elementos de vedação, funcionam como paredes convencionais. Os painéis podem ser estruturais ou não estruturais, internos ou externos, dependendo do seu papel na sustentação das cargas da construção. Segundo Freitas e Castro (2006), os painéis estruturais são compostos por perfis de aço galvanizado denominados montantes, que são separados entre si a cada 400 mm ou 600 mm, permitindo a modulação do projeto de acordo com o cálculo estrutural. Eles são responsáveis por absorver as cargas horizontais e verticais e conduzi-las até a fundação. Por outro lado, os painéis não estruturais funcionam apenas como fechamento externo ou divisória interna, sem função estrutural.

Segundo de Luca *et al.* (2022), o sistema *Light Steel Frame* permite a utilização de diferentes tipos de materiais e técnicas de fechamento, desde que estejam em conformidade com a Norma ISO 6241, que estabelece requisitos de segurança estrutural, segurança ao fogo, estanqueidade, conforto termo-acústico, conforto visual, adaptabilidade ao uso, higiene, durabilidade e economia. De acordo com Terni *et al.* (2008), o sistema de vedação pode ser dividido em três partes: fechamento externo, isolantes térmicos e acústicos e fechamentos internos. A figura 4 apresenta uma representação esquemática dos materiais utilizados no fechamento do sistema.

Figura 4 : Materiais utilizados para fechamento do sistema *Light Steel Frame*



Fonte: Oliveira (2019)

2.6 Análise do emprego e funcionamento do *Light Steel Framing* - NBR 16970:2022

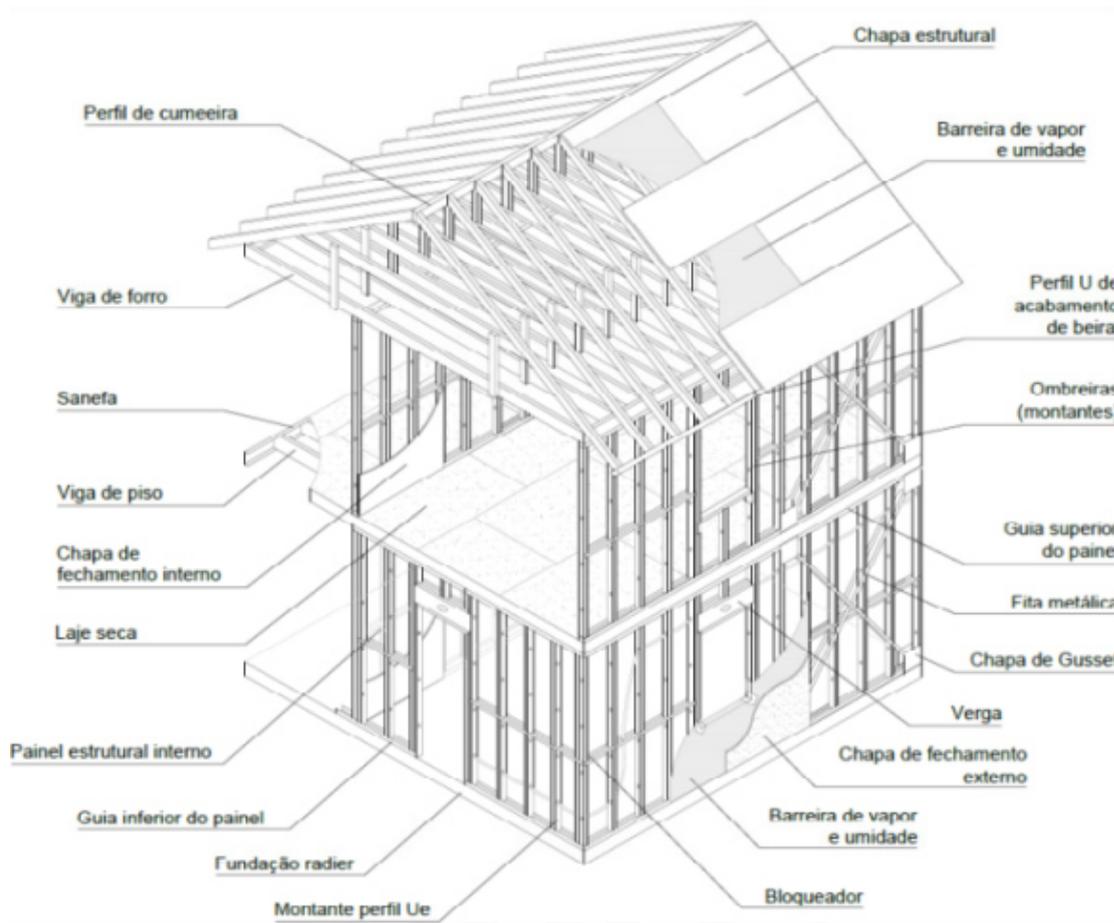
A partir da NBR 16970 (ABNT, 2022) é possível finalmente ter uma regulamentação clara a respeito do emprego, funcionamento e desempenho do LSF.

A recém emitida norma é dividida em 3 partes, sendo elas: parte 1 - desempenho; parte 2 - projeto estrutural; parte 3 - interface entre sistemas.

2.6.1 Desempenho

A primeira parte relacionada ao desempenho é responsável por definir os requisitos para os componentes e desempenho do sistema *Light Steel Framing*, além de determinar os usos para edificações residenciais e não residenciais de até dois pavimentos. Tais componentes podem ser vistos na figura 5, que representa o desenho esquemático do sistema *Light Steel Frame*.

Figura 5 : Desenho esquemático do sistema *Light Steel Frame*



Fonte: NBR 16970 - 1 (ABNT, 2022)

Os principais requisitos tratados são: Elementos de fundação, componentes e elementos estruturais, componentes de fechamento e revestimento de vedação vertical (chapas de gesso para *drywall*, chapas de fibrocimento, chapa de gesso revestida com fibra de vidro etc.), componentes de fechamento da vedação

horizontal (chapas de fibrocimento, chapas de *Oriented Strand Board* e chapas de gesso para *drywall*), isolantes termo acústicos (lã de rocha, lã de vidro, banda acústica etc.), barreiras de vapor e umidade.

Quanto ao desempenho, é preciso atender aos critérios de projeto e normas de ABNT para:

- Sistema de estrutura;
- Sistema de vedações verticais;
- Subsistema de piso;
- Subsistema de cobertura;
- Durabilidade;
- Manutenibilidade da edificação.

Em virtude do tratado na NBR 16970-1 (ABNT, 2022) relacionado a desempenho, faz-se necessário analisar em conjunto aos pontos trazidos pela NBR 15575 (ABNT, 2013), os quais apresentam 7 requisitos do usuário quanto à habitabilidade, sendo eles:

- Estanqueidade da água
- Desempenho térmico
- Desempenho acústico
- Desempenho lumínico
- Saúde, higiene e qualidade do ar
- Funcionalidade e acessibilidade
- Conforto tátil e antropodinâmico

Através desses critérios de habitabilidade, a norma cobre as exigências básicas dos usuários para que as edificações sejam adequadas e confortáveis. Além de serem de extrema importância para manter a qualidade das construções em um nível aceitável, garantindo o uso para o proprietário e sociedade.

2.6.2 Projeto Estrutural

Na segunda parte da norma, são estabelecidos os requisitos gerais para o projeto e dimensionamento das estruturas de aço que fazem parte do sistema, etapa essencial para a prevenção de fissuras nas estruturas de *Light Steel Frame*, por falta de um dimensionamento assertivo.

São vistas as características do sistema e alinhamento de painéis, além das excentricidades toleradas, estruturas de cobertura, conceituação da estrutura LSF

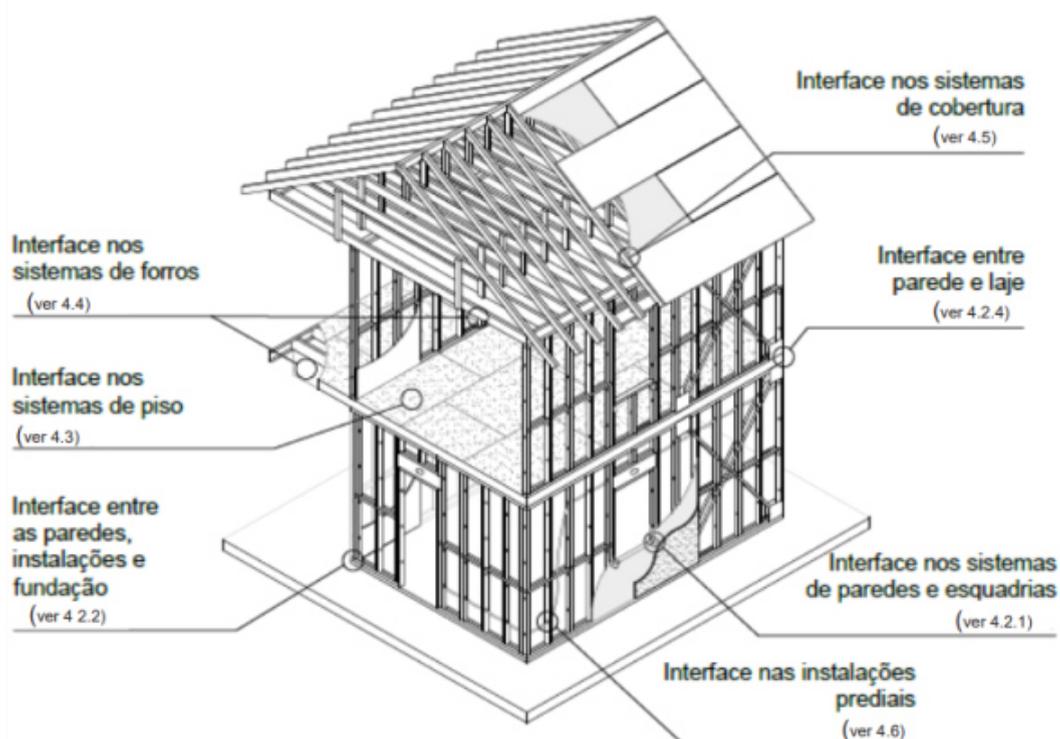
para cobertura, requisitos do projeto, avaliação da conformidade do projeto, memorial de cálculo, desenhos do projeto e análise e dimensionamento da estrutura e seus elementos.

Além disso, é discorrido acerca dos materiais utilizados, junto às características do aço estrutural e materiais de ligação, citando como é utilizada a ancoragem da estrutura nas fundações, a relação entre resistência e rigidez das contenções, ademais da descrição dos deslocamentos máximos verticais, horizontais e sobre estabilidade lateral. Por fim, trata de princípios básicos para realizar análises dinâmicas de estruturas de pisos que suportam lajes através da vibração que acontece a partir dos esforços atuantes.

2.6.3 Interface entre áreas

Para a terceira e última parte da norma, é possível estabelecer os requisitos e detalhes construtivos que relacionam as interfaces entre os sistemas, como externos e internos, paredes e esquadrias, paredes e pisos, paredes e instalações e afins. Salienta-se que a norma se aplica para edificações de até dois pavimentos. Tais interfaces estão dispostas na figura 6.

Figura 6 : Interfaces entre sistema no *Light Steel Frame*



Segundo a Associação Brasileira de Construção Metálica (ABCEN, 2022), nessa parte da norma são estabelecidos os requisitos e detalhes construtivos para paredes e pisos, externos e internos, paredes e esquadrias e paredes ou pisos e instalações divididos em:

- Garantia de um bom desempenho e durabilidade, em paredes e esquadrias, instalações prediais e de gás, água fria e quente, pluviais e de esgoto, elétricas, SPDA e ar-condicionado. Fixação de peças suspensas e de elementos construtivos, instalações de fundação e interfaces entre paredes, sistemas mistos, de parede e de laje, de piso, forro e cobertura;

- Definição dos tipos e de como devem ser as fixações na chapa de drywall interna, perfis de aço e reforços;

- Fixação de elementos estruturais que atendam ao dimensionamento;

- Utilização correta do revestimento de churrasqueiras, lareiras e ambientes agressivos;

- Detalhamento de impermeabilização de áreas molháveis.

3 GESSO ACARTONADO NA ENGENHARIA CIVIL

3.1 Surgimento e significado

Conforme a NBR 11685 (ABNT, 1990), que discorre sobre as terminologias das divisórias leves internas moduladas, o método de *Drywall* é caracterizado como sendo um elemento construtivo que separa os espaços internos de uma edificação, compartimentando e ou definindo os ambientes, estendendo-se da parte inferior até a parte superior entre pisos podendo ser na vertical (paredes) ou na horizontal (tetos), sendo constituído por painéis modulares e seus componentes, com massa não superior a 60 kg/m².

A placa de gesso conhecida através do sistema de *Drywall* surgiu da necessidade de se desenvolver materiais construtivos que suportam altas temperaturas evitando incêndios, visto que a madeira era um insumo largamente utilizado para as construções no século passado (VIVA DECORA, 2018).

Segundo Fersan (2020), a placa de gesso teria surgido em 1888 em Rochester, Kent, no Reino Unido, sendo patenteada em 1894 nos Estados Unidos, pelo empresário americano Augustine Sackett, que registrou as então conhecidas placas Sackett. Elas eram formadas por quatro camadas de gesso molhado sobrepostas em quatro folhas de papel, lã e camurça e eram comercializadas como telhas à prova de fogo. Para melhorar o acabamento foi criado um núcleo de gesso envolto em uma celulose de várias folhas, conhecida mundialmente como *Drywall*.

No Brasil o *Drywall* teve suas primeiras aparições no século XX, início dos anos setenta, quando foi criada a primeira fábrica para a produção de placas de gesso acartonado, a Gypsum do Nordeste, localizada na cidade de Petrolina, no estado de Pernambuco. Neste período foi realizado um grande esforço do setor da construção civil para fomentar a nova tecnologia de sistemas pré-fabricados no mercado nacional (MITIDIÉRI, 2009).

Segundo Tagliboa (2011), mesmo com esforços para efetivar o método, apenas 20% das placas produzidas eram utilizadas como divisórias em ambientes majoritariamente comerciais e o restante da produção era utilizado como forro. Atualmente, apesar desta forma construtiva já ter evoluído nos últimos anos, o mercado parece ainda ter algumas reservas para a sua utilização.

Para Rizzo (2015), o gesso acartonado é uma solução moderna, que atende às exigências de agilidade e praticidade nas obras, sem abrir mão da qualidade e da segurança. É uma tecnologia que evoluiu bastante desde que foi criada, nos Estados Unidos, e se consolidou como uma alternativa viável e econômica para a construção de paredes internas e tetos em todo o mundo.

O *Drywall* é uma placa de gesso revestida por duas camadas de papel-cartão resistente, que oferece resistência mecânica e estabilidade dimensional. A composição do gesso acartonado permite uma variedade de aplicações, como paredes, tetos e revestimentos internos.

Uma das principais vantagens do uso de gesso acartonado é a sua facilidade e rapidez na instalação, já que as placas são leves e podem ser facilmente cortadas e montadas em diferentes formas e tamanhos. Além disso, o *Drywall* oferece isolamento acústico e térmico, é resistente ao fogo e possui baixa emissão de compostos orgânicos voláteis (COVs).

Devido a essas características, o gesso acartonado tem se tornado cada vez mais popular na construção civil, sendo utilizado em residências, edifícios comerciais, escolas, hospitais e outros tipos de construções. Na figura 7 pode ser visto uma edificação utilizando placas de gesso acartonado para vedações verticais (paredes) e horizontais (forro).

Figura 7 : Aplicação de gesso acartonado em fechamentos verticais e horizontais



3.2 Características e tipos

Conforme Manual de Projeto de Sistemas *Drywall* (2006), o *Drywall* é um sistema pré-fabricado utilizado no interior das edificações, em forros, revestimentos e alvenarias de vedação, podendo ser empregado em ambientes secos ou úmidos variando também o modelo da chapa conforme orientação do fabricante.

De acordo com Voitille (2019), podem apresentar os seguintes tipos (figura 8):

- Chapa Standard – ST (cor cinza/branca) = para uso geral, utilizada em paredes, tetos e revestimentos de áreas secas (indicada para ambientes internos, não deve ficar exposta ao relento e ação do tempo);
- Chapa Resistente à Umidade – RU (cor verde) = utilizada em áreas molhadas, como: banheiros, cozinhas, áreas de serviços e lavanderias (as chapas de gesso apresentam silicone na composição, o que trará maior resistência à umidade, mas não podem entrar em contato com a água, pois infiltrações danificam o gesso);
- Chapa Resistente ao Fogo – RF (cor rosa) = utilizada em saídas de emergência e em áreas enclausuradas, como: escadas e corredores (o gesso é um material que naturalmente resiste ao fogo e para garantir mais eficiência, as chapas RF apresentam na composição retardantes de chama).

Figura 8 : Tipos de chapas de gesso



Fonte: Decorfácil (2023)

As chapas de gesso devem respeitar os seguintes critérios de valores conforme as tabelas 1 e 2 com dados do Manual de projeto de sistema *Drywall* de paredes, forros e revestimentos (DE LUCA *et al.*, 2006).

Tabela 1 : Critérios geométricos do gesso acartonado

Característica geométrica			Tolerância	Limite
Espessura	9,5 mm		± 0,5 mm	-
	12,5 mm			-
	15 mm			-
Largura			± 0 / -4 mm	Máximo de 1200mm
Comprimento			± 0 / -5 mm	Máximo de 3600mm
Esquadro			≤ 2,5mm/m de largura	-
Rebaixo	Largura	Mínimo	-	40 mm
		Máximo	-	80 mm
	Profundidade	Mínimo	-	0,6 mm
		Máximo	-	2,5 mm

Fonte: adaptado (Manual de projeto de sistema *drywall*, 2006)

Tabela 2 : Critérios físicos do gesso acartonado

Característica física		Limites		
		Espessura da chapa (mm)		
		9,5	12,5	15
Densidade superficial da massa (kg/m ³)	Mínimo	6,5	8,0	10,0
	Máximo	8,5	12,0	14,0
	Varição máxima em relação à média das amostras de um lote	± 0,5		
Resistência mínima à ruptura da flexão (N)	Longitudinal	400	550	650
	Transversal	160	210	250
Dureza superficial determinada pelo diâmetro máximo (mm)		20		
Absorção máxima de água para chapa resistente à umidade - RU - (%)		5		
Absorção superficial máxima de água para chapa resistente à umidade - tanto para face da frente quanto para a do verso - característica facultativa - (g/m ²)		160		

Fonte: adaptado (Manual de projeto de sistema *drywall*, 2006)

3.3 Desempenho

É necessário encontrar um equilíbrio dinâmico entre o custo e o benefício de uma construção e o meio ambiente. Esse equilíbrio é conhecido como desempenho do produto (SOUZA, 1992). Todos os critérios de execução devem seguir os padrões de qualidade estabelecidos pela NBR 16970-1 (ABNT, 2022), NBR 15575 (ABNT, 2013) e NBR 14715 (ABNT, 2010), a fim de satisfazer as necessidades dos usuários do edifício.

Quanto às paredes internas feitas com *Drywall*, Melo e Fernandes (2017) estabelecem requisitos de desempenho, incluindo isolamento térmico, resistência e reação ao fogo, isolamento acústico, estanqueidade à água e ao vapor d'água e desempenho estrutural.

O objetivo principal de cumprir esses requisitos e critérios de desempenho é garantir a segurança e a durabilidade das edificações, bem como as condições de habitabilidade, a fim de satisfazer as necessidades dos usuários.

3.4 Execução

De acordo com Diniz (2015), é responsabilidade do profissional encarregado realizar a supervisão das várias etapas envolvidas na execução da instalação, com especial atenção às fases iniciais que envolvem a equipe de montagem. Essas etapas incluem: locação e marcação, montagem da estrutura, fixação das guias, fixação dos montantes, reforços nos pontos indicados no projeto, verificação do prumo, fixação das placas de gesso acartonado e, posteriormente, aplicação de massa para tapar as frestas.

Antes de iniciar a montagem da estrutura, o instalador deve assegurar-se de que o acabamento do chão, paredes e teto esteja nivelado e com os acabamentos regulares.

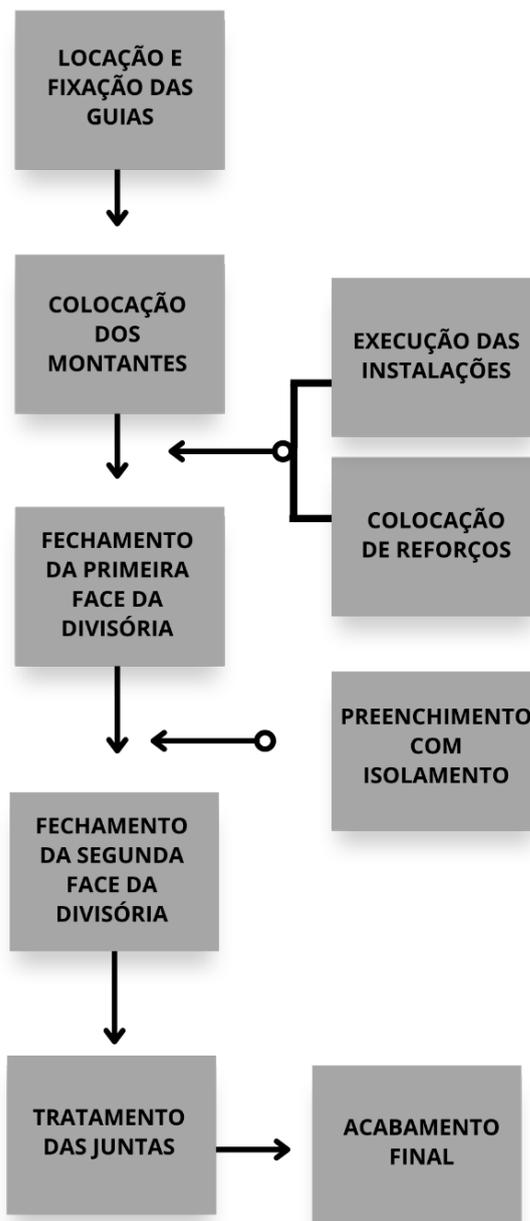
Os componentes básicos para a montagem do sistema são:

- Componentes para fechamento da divisória (placas de gesso, cimentícias);
- Perfis U e Ue galvanizados para estruturação da divisória (montantes e guias);
- Parafusos para a fixação dos perfis galvanizados e das placas à estrutura;
- Materiais para tratamento das juntas (massas e fitas);

- Materiais para isolamento termo-acústico (lã de vidro ou lã de rocha) (SANTIAGO *et al.*, 2012).

A montagem do sistema segue uma sequência típica, como mostra a figura 9.

Figura 9 : Fluxograma com montagem típica de paredes de gesso acartonado



Fonte: Autor (2023)

É importante ressaltar a necessidade de, ao trabalhar-se com gesso acartonado, aplicar recomendações voltadas ao *Design for Manufacturing* ou *Design*

para manufatura (DfM) que é uma técnica focada nas peças e componentes que formarão um produto, estruturando o projeto e planejamento do processo de fabricação. Além disso, adota tolerâncias que são essenciais para garantir a qualidade do serviço executado, tendo em vista as mudanças as quais o processo construtivo está passível de sofrer durante a construção de determinada edificação e as possíveis variações aceitáveis por cada material.

Segundo Ribeiro (2004), a metodologia DfM apresenta uma série de princípios básicos:

1. Simplificar e melhorar a montagem;
2. Minimizar o número de componentes;
3. Padronização dos componentes;
4. Adequar o projeto ao processo;
5. Adequar o projeto ao sistema de manufatura;
6. Maximizar a facilidade de montagem;
7. Projetar componentes considerando a quantidade a ser fabricada.

Para Brandão (2020), sempre é importante definir as tolerâncias geométricas e dimensionais de uma peça de modo que não seja excessivamente restritivo, levando em conta a capacidade do processo produtivo em atendê-las. A fabricação com tolerâncias muito apertadas tem um alto custo, que é frequentemente subestimado pelos projetistas. Esse custo pode ser atribuído a fatores como: necessidade de operações adicionais de polimento, afiação e lapidação; maior custo associado ao ferramental devido à maior precisão necessária e manutenção mais frequente e cuidadosa; ciclos de operação mais longos; maiores custos de retrabalho e sucata; necessidade de pessoal altamente capacitado e treinado; maiores custos de material; e investimentos maiores em equipamentos de alta precisão.

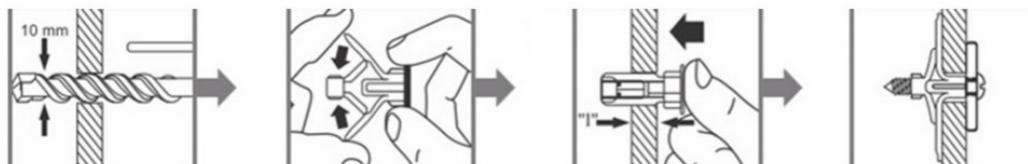
Há casos em que as tolerâncias devem ser estritamente aplicadas por requisitos de clientes, normas ou questões de segurança. Nesses casos, a equipe do produto deve trabalhar colaborando com a equipe da manufatura para especificar a maneira mais fácil possível de fabricar o componente. A escolha das referências da peça, por exemplo, para as tolerâncias geométricas, tem uma influência direta na facilidade do processo de fabricação. Alguns dos critérios de tolerância podem ser vistos na tabela 1 de critérios geométricos.

3.5 Fixação

Compondo uma etapa essencial para um bom desempenho e qualidade do gesso acartonado, as fixações são peças utilizadas para fixar os componentes entre si ou entre os perfis metálicos nos elementos construtivos presentes (ASSOCIAÇÃO DRYWALL, 2006).

Conforme a Associação *Drywall* (2006), o comprimento dos parafusos que unem as chapas de gesso aos perfis metálicos pode variar, mas é determinado pela espessura das chapas de gesso acartonado que foram especificadas em projeto a serem fixadas. Os parafusos devem fixar todas as camadas até ultrapassar o perfil metálico em aproximadamente 10 mm. O comprimento destes parafusos que unem os perfis metálicos entre si deve transpassar a última peça metálica, no mínimo em três voltas de rosca, como pode ser visto na figura 10.

Figura 10: Exemplo de fixação correta de parafusos em uma placa de gesso acartonado



Fonte: Associação Brasileira dos fabricantes de chapas para *drywall* (2021)

Para Placo do Brasil (2021), na fixação existe a necessidade de verificar a profundidade que se introduz os parafusos nas placas, pois a cabeça do parafuso não pode ficar saliente para não comprometer o acabamento, mas também não é recomendado que fique reentrante, pois a cabeça do parafuso deve estar fixada no cartão, que vai resistir aos esforços requeridos.

3.6 Massas para tratamento de juntas

As massas para tratamento das juntas de gesso acartonado em *Light Steel Frame* são produtos utilizados para nivelar, cobrir e suavizar as juntas entre as placas. Essas juntas podem ser encontradas em paredes e tetos de construções em *Light Steel Frame* que utilizam perfis de aço galvanizado para a estruturação do edifício.

Para o tratamento de juntas em sistemas construtivos em Light Steel Frame, recomenda-se o uso de massas específicas para drywall, que possuem propriedades adequadas para a aplicação em superfícies de gesso acartonado. Essas massas proporcionam uma boa aderência, secagem rápida e facilidade de lixamento, garantindo um acabamento de qualidade às paredes e teto (PINI, 2017).

As massas para juntas são produtos específicos para o tratamento das juntas entre chapas de gesso, tratamento dos encontros entre as chapas e o suporte (alvenarias ou estruturas de concreto), além do tratamento das cabeças dos parafusos. Estas massas devem ser utilizadas juntamente com fitas apropriadas. As massas para colagem são produtos específicos para a fixação das chapas de gesso diretamente sobre os suportes verticais (alvenarias ou estruturas de concreto) e para pequenos reparos nas chapas. A utilização das massas e fitas de rejunte assegura o acabamento sem trincas.

Segundo o Manual de Projeto de Sistemas *Drywall* (DE LUCA *et al.*, 2006), existem diversos tipos de massas para tratamento de juntas de gesso acartonado disponíveis no mercado, cada uma com características e finalidades específicas. As principais são a massa de rejunte em pó (rápida ou lenta), massa de rejunte pronta para uso e massa de colagem, como pode ser visto no quadro 1.

Quadro 1: Tipos de massa utilizadas para tratamento de juntas

Tipo	Utilização
Massa de rejunte em pó	Tratamento de juntas entre chapas em paredes, forros e revestimentos. Deve ser misturada com água para aplicação.
Massa de rejunte pronta para uso	Tratamento de juntas entre chapas em paredes, forros e revestimentos. Não há necessidade de misturar com água para aplicação.
Massa de colagem	Para revestimento através da colagem das chapas em alvenarias e estruturas de concreto. Deve ser misturada com água para aplicação.

Fonte: adaptado (Associação Brasileira dos fabricantes de chapas para *drywall*, 2021)

Ainda de acordo com o Manual de Projeto de Sistemas *Drywall* (DE LUCA *et al.*, 2006), em nenhuma hipótese deve-se utilizar gesso em pó ou massa corrida de pintura para a execução das juntas.

3.7 Interface entre gesso acartonado e *Light Steel Frame*

Segundo Fernandes (2018), a interface entre gesso acartonado e *Light Steel Frame* (LSF) é fundamental para o desempenho e a estabilidade do sistema construtivo. O LSF é um sistema estrutural composto por perfis de aço galvanizado, que são fixados uns aos outros por meio de parafusos, formando um esqueleto rígido e resistente. As placas de gesso acartonado, por sua vez, são fixadas nos perfis de aço por meio de parafusos específicos, formando as paredes, forros e tetos.

Para garantir uma boa interface entre o gesso acartonado e o LSF, é importante que a fixação das placas seja feita de forma precisa e seguindo as recomendações do fabricante do sistema construtivo. Além disso, deve-se levar em consideração a dilatação térmica do aço e do gesso acartonado, para evitar a ocorrência de trincas e fissuras na superfície.

Ainda de acordo com Fernandes (2018), para minimizar esses problemas, são utilizados perfis de aço com recortes em forma de losango, que permitem a dilatação térmica dos perfis sem que a fixação das placas de gesso acartonado seja afetada. Além disso, também são utilizados acessórios, como cintas e reforços, para garantir a estabilidade das paredes e evitar o deslocamento dos perfis de aço.

3.8 Comparativo entre gesso acartonado usado em *Light Steel Frame* com construções convencionais com relação à fissuração

Segundo Moraes (2017), as fissuras nas placas de gesso acartonado em *Light Steel Frame* são geralmente causadas por movimentações estruturais, vibrações, dilatações térmicas, acúmulo de tensões, entre outros fatores. Isso ocorre porque a estrutura em *Light Steel Frame* é bastante rígida e pouco deformável, o que pode gerar tensões na placa de gesso acartonado. Além disso, as placas de gesso são relativamente frágeis e suscetíveis a danos, o que pode levar à formação de fissuras.

Por outro lado, para Pereira (2018), as fissuras em blocos de alvenaria cerâmica geralmente ocorrem devido à variação de temperatura e umidade, bem como movimentações estruturais, carregamentos excessivos, erros de construção, entre outros fatores. A alvenaria cerâmica é menos rígida do que o *Light Steel*

Frame, o que significa que é mais deformável e pode absorver melhor as tensões, reduzindo a formação de fissuras. No entanto, a alvenaria cerâmica pode ser afetada por variações de temperatura e umidade, o que pode levar à formação de fissuras.

Em resumo, as causas das fissuras em placas de gesso acartonado em *Light Steel Frame* e blocos de alvenaria cerâmica são diferentes devido às características de cada método construtivo. O *Light Steel Frame* é mais rígido e pouco deformável, enquanto a alvenaria cerâmica é menos rígida e mais deformável. Ambos os métodos construtivos podem apresentar fissuras, mas as causas podem variar de acordo com as características estruturais de cada um.

O uso de gesso acartonado em *Light Steel Frame* se destaca em relação ao método de blocos cerâmicos no que diz respeito à redução do surgimento de fissuras. Isso ocorre porque o *Light Steel Frame* é uma estrutura mais rígida e homogênea, capaz de suportar melhor as tensões e as cargas, reduzindo a possibilidade de surgimento de fissuras nas placas de gesso acartonado.

Além disso, as placas de gesso acartonado são fixadas diretamente na estrutura de perfis metálicos do *Light Steel Frame*, o que, segundo De Luca *et al.* (2016), proporciona uma superfície mais uniforme e resistente para a fixação das placas, evitando deformações e desníveis que poderiam causar fissuras.

Por outro lado, os blocos cerâmicos têm maior propensão a fissurar devido à sua menor resistência e rigidez em comparação ao *Light Steel Frame*. Além disso, a alvenaria cerâmica é mais suscetível a variações de temperatura e umidade, o que pode levar à formação de fissuras.

No entanto, é importante ressaltar que o sucesso do uso de gesso acartonado em *Light Steel Frame* depende de uma boa execução do projeto e da instalação das placas, seguindo as normas técnicas e as boas práticas construtivas.

3.9 Surgimento de fissuras envolvendo placas de gesso acartonado utilizadas em *Light Steel Frame*

O surgimento de fissuras em placas de vedação no sistema *Light Steel Frame* pode ser explicado por meio de diversos fatores que podem gerar tensões excessivas nas placas. Dentre as principais causas de fissuras, pode-se destacar a

movimentação da estrutura, excesso de carga, variações climáticas, problemas no processo construtivo ou má qualidade dos materiais utilizados.

De acordo com Oliveira *et al.* (2015), o *Light Steel Frame* é uma estrutura leve e flexível que pode sofrer movimentações durante a construção ou ao longo da vida útil da edificação, o que pode gerar tensões nas placas de vedação e levar à formação de fissuras. Além disso, a aplicação de carga excessiva nas placas, como o peso de equipamentos e objetos fixados nas paredes, pode gerar tensões excessivas e causar a formação de fissuras.

Segundo Macedo *et al.* (2021), as variações climáticas, como as mudanças de temperatura e umidade, podem causar dilatações e contrações nas placas de vedação, gerando tensões e fissuras. Problemas no processo construtivo, como erros no dimensionamento, corte ou fixação das placas, também podem gerar tensões excessivas e, conseqüentemente, fissuras. Na figura 11 pode ser vista uma fissura ocorrida numa placa de vedação vertical em razão da dilatação e contração das placas de gesso acartonado.

Figura 11: Fissura em placa de gesso acartonado por dilatação e contração térmica



Fonte: Placo Saint-Gobain (2018)

Por fim, a má qualidade dos materiais utilizados na construção, como placas de gesso acartonado de baixa qualidade ou com defeitos de fabricação, podem apresentar fragilidades que favorecem a formação de fissuras, como destacado por Soares *et al.* (2020).

Para prevenir ou minimizar a ocorrência de fissuras em placas de gesso acartonado no *Light Steel Frame*, é importante seguir as especificações do projeto e utilizar materiais de qualidade, além de realizar inspeções periódicas na edificação para identificar eventuais problemas e corrigi-los a tempo. É também recomendável contar com profissionais especializados na construção em *Light Steel Frame* para garantir um processo construtivo adequado e seguro.

É sabido que as fissuras, ao lado das infiltrações, são as manifestações patológicas mais recorrentes de se aparecerem em uma edificação. No estudo de Guimarães *et al.* (2021), as trincas e fissuras decorrentes de movimentação estrutural tem uma incidência de 47% nas edificações, enquanto as decorrentes de recalque na fundação possuem uma tendência de 26%. São estimativas teóricas, mas que validadas pela prática, se tornam problemáticas a serem resolvidas. As fissuras são configuradas como manifestações patológicas nas edificações, sendo prejudicial em quesitos construtivos, estéticos e psicológicos principalmente para os usuários que não possuem o conhecimento técnico e se encontram em constante desconforto frente ao problema.

Tendo em vista que novos métodos construtivos apresentam diferentes abordagens para diferentes problemas e meios, vê-se no *Light Steel Framing* uma possibilidade de reduzir o surgimento de fissuras e, ao mesmo tempo, caso estas ocorram, a manutenção pode se dar de uma forma mais rápida e prática do que na alvenaria convencional. Considera-se como favorável no *Light Steel Frame* (LSF) a capacidade de redução do tempo de execução, controle de qualidade tanto na fabricação como na montagem, ser reciclável, sua facilidade na execução no manuseio e no deslocamento dos perfis, a realização simultânea de etapas da obra, como por exemplo, a fundação ser executada enquanto as peças são confeccionadas, a agilidade na união das peças e a durabilidade elevada devido ao procedimento de galvanização contido nas peças (ALVES, 2015).

Existem diferentes tipos de placas de vedação vertical em *Light Steel Frame* (LSF), cada uma com suas características e aplicabilidades específicas. Segundo Schmidt *et al.* (2020), alguns dos tipos mais comuns são:

1. Placas de gesso acartonado: São as mais utilizadas em construções em *Light Steel Frame*. São formadas por uma placa de gesso revestida por papel cartão em ambos os lados. Essas placas podem ter diferentes espessuras e densidades, para se adequar às necessidades de cada projeto.

Segundo Dantas *et al.* (2019), ao classificar as fissuras nesses tipos de fechamento vertical de *Light Steel Frame* de acordo com sua origem e características, têm-se:

- Fissuras de retração: surgem devido à retração do material utilizado na placa de vedação. Esse tipo de fissura é comum em placas de gesso acartonado, por exemplo.
- Fissuras de cisalhamento: ocorrem devido à aplicação de cargas transversais nas placas, causando tensões de cisalhamento. Elas podem ser causadas pela movimentação da estrutura, que pode afetar a posição das placas, ou pela aplicação de cargas externas, como vento e terremotos.
- Fissuras de flexão: surgem devido à aplicação de cargas perpendiculares ao plano da placa, como cargas concentradas em um ponto específico da placa.
- Fissuras de tração: ocorrem devido à aplicação de tensões de tração nas placas, que podem ser causadas por cargas verticais aplicadas na estrutura ou por movimentos térmicos.
- Fissuras por deformação: ocorrem devido à deformação da estrutura ou das placas de vedação. Isso pode ocorrer devido à instalação inadequada das placas, à falta de resistência da estrutura ou a mudanças na temperatura e umidade.
- Fissuras por fadiga: ocorrem devido à aplicação repetida de cargas nas placas de vedação. Elas podem surgir em locais de alta tensão, como juntas entre placas adjacentes ou onde há alteração na espessura da placa.

Para Oliveira (2012), fissuras podem ocorrer em alvenaria, vigas, pilares, lajes e outros elementos da construção. Suas causas geralmente estão relacionadas com as tensões dos materiais, que quando solicitados a uma aplicação maior que a resistente sofrem uma abertura que é classificada de acordo com sua espessura. Ou seja, as fissuras maiores receberão nomenclaturas diferentes, como: trinca, rachadura, fenda ou brecha. O quadro 2 demonstra a classificação de fissuras quanto à abertura.

Quadro 2 - Classificação das fissuras de acordo com a sua abertura

Manifestação patológica	Abertura
Fissura	$\leq 0,5$ (mm)
Trinca	$0,5 \leq e \leq 1,5$ (mm)
Rachadura	$1,5 \leq e \leq 5,0$ (mm)

Fonte: adaptado (OLIVEIRA, 2012)

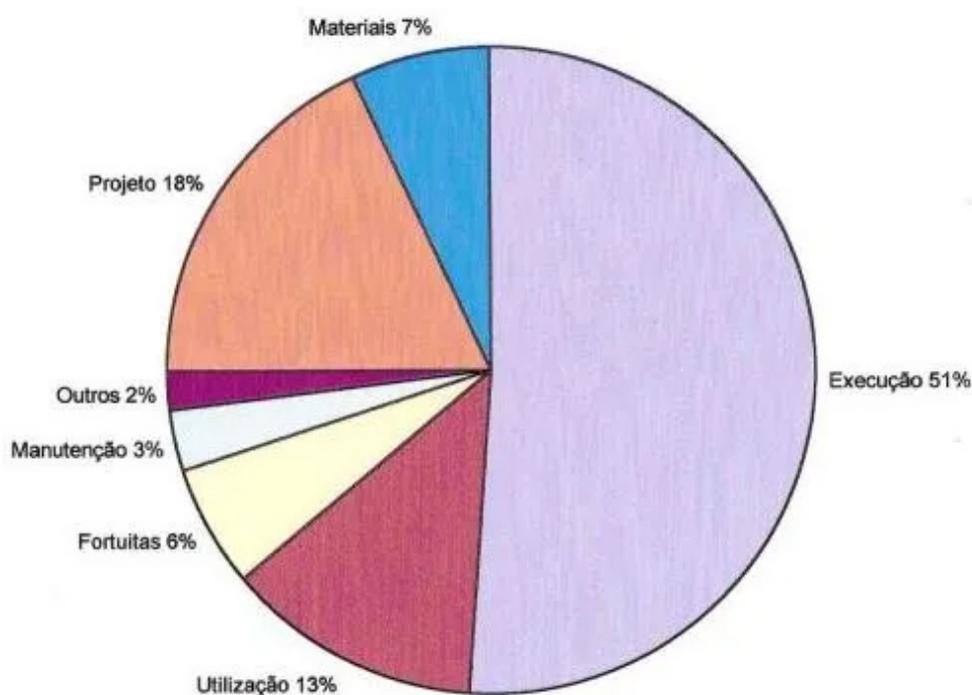
A partir da análise do *Light Steel Framing*, sabe-se que as fissuras podem ocorrer no sistema construtivo quando as vedações empregadas sofrem uma solicitação maior do que aquelas para as quais foram dimensionadas para suportar (CASTRO, 1999). Além disso, outros fatores podem incidir para a ocorrência dessa manifestação, como a movimentação das chapas de fechamento em razão da dilatação ou contração devido à variação de temperatura. Ademais, podem existir as falhas nas juntas entre placas que podem ser caracterizadas, conforme Lira e Lordsleem Jr. (2018), pelo destacamento da fita das juntas, geralmente ocasionado por erros na etapa de montagem dos painéis, o que remete mais uma vez à importância de uma mão de obra especializada e que mitigue erros que possam propiciar esses problemas.

Tendo em vista que tanto a alvenaria de vedação como o *Light Steel Framing* possuem o mesmo objetivo no que diz respeito à obtenção de uma construção que satisfaça o usuário, garantindo conforto, economia, beleza e principalmente segurança, pode-se levar em consideração que existe a importância de uma análise conjunta frente aos problemas que possam aparecer na execução do serviço, desde o estudo de viabilidade, passando pela formulação do projeto e, por fim, até a execução e entrega. Portanto, pode-se fazer um paralelo entre as principais problemáticas que venham a surgir de acordo com a sua incidência na etapa do processo construtivo para os dois métodos.

Na figura 12 pode ser vista a incidência da origem das manifestações patológicas no Brasil, nas edificações de um modo geral, onde embora os dados ultrapassem 10 anos, ainda são interessantes para se criar uma base e levar em consideração, portanto a utilização desses dados é pautada em identificar que os

erros construtivos na etapa de execução são elevados e precisam ser mitigados e justamente pelo *Light Steel Frame* possuir uma mão de obra especializada, essa porcentagem tende a diminuir. Vê-se que a principal incidência de manifestações patológicas decorre de problemas relacionados à execução do serviço prestado, não extinguindo a necessidade de combater todas as outras frentes para que seja possível reduzir ainda mais a possibilidade de existir manifestações patológicas, mas que deva ser a principal área de atuação para mitigar tais problemas.

Figura 12: Incidência das origens das manifestações patológicas no Brasil



Fonte: Silva e Jonov (2011)

Em várias situações, recuperar uma estrutura com patologia é mais difícil do que construir uma nova. Isto ocorre devido ao fato de que muitas vezes a edificação já pode estar em uso, o que vai dificultar os trabalhos de recuperação (SACHS, 2015).

Fissuras em placas de vedação vertical de *Light Steel Frame* podem ocorrer em diferentes etapas do projeto e construção. No entanto, é mais provável que as fissuras ocorram durante a instalação das placas, principalmente quando há falta de atenção aos detalhes do processo de instalação, como a qualidade da superfície de

instalação, a quantidade e o posicionamento adequado dos parafusos e a aplicação adequada da massa de rejunte (FERREIRA, 2016).

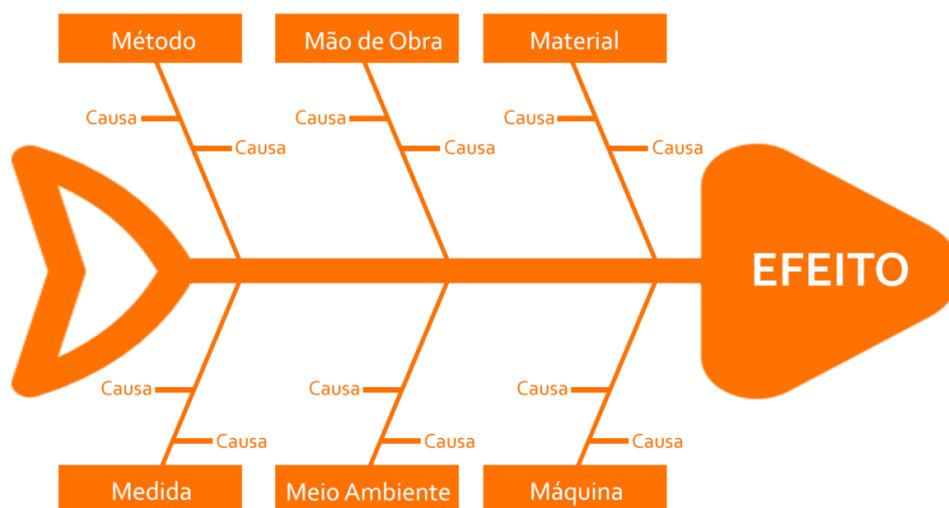
Segundo Lima (2015), durante a instalação é importante garantir que as placas sejam fixadas adequadamente à estrutura de aço leve e que haja espaço suficiente para a sua expansão térmica. Se as placas forem fixadas de forma inadequada, ou se não houver espaço suficiente para a expansão térmica, podem ocorrer fissuras devido à tensão nas placas.

Além disso, a qualidade dos materiais utilizados e a habilidade da equipe de instalação também podem afetar a ocorrência de fissuras. É importante utilizar materiais de qualidade e contratar uma equipe de instalação experiente para minimizar o risco de fissuras nas placas de vedação vertical.

5 METODOLOGIA

O estudo aconteceu através da esquematização das principais causas que podem ocasionar fissuras em placas de vedação vertical de gesso acartonado no processo construtivo do *Light Steel Frame*. Para isso foi feito um levantamento bibliográfico prévio para coleta dos principais insumos relacionados ao surgimento de fissuras e posteriormente utilizado o diagrama de Ishikawa, para esquematizar e ilustrar as causas e o efeito das fissuras. Tendo em vista que a aplicação do diagrama envolve categorias essenciais dentro do processo construtivo, sendo elas: método, matéria prima, mão de obra, máquinas, medição e meio ambiente, tal qual pode ser visto na figura 13, torna-se viável a utilização da metodologia.

Figura 13: Exemplificação do Diagrama de Ishikawa



Fonte: Vitor Soares (2022)

Para a aplicação da metodologia foi feita uma adaptação por parte do autor nas categorias principais, com o foco em contemplar e atingir de maneira mais qualitativa categorias que são estão mais envolvidas com o processo construtivo do *Light Steel Frame*. As categorias escolhidas foram: material, mão de obra, projeto, condições ambientais, manutenção e uso e instalação.

5.1 Levantamento bibliográfico

Em virtude da necessidade de levantar insumos para localizar as principais causas responsáveis pelo surgimento de fissuras em placas de gesso acartonado utilizadas no *Light Steel Frame*, será feito um levantamento bibliográfico através de pesquisas *online* em plataformas de busca como Google, a fim de localizar normas, artigos, publicações e referências que indiquem as principais causas responsáveis pelo surgimento de fissuras e relacionadas com as 6 categorias escolhidas a serem esquematizadas no diagrama de Ishikawa.

5.2 Diagrama de Ishikawa

O Diagrama de Ishikawa, também conhecido como Diagrama de Espinha de Peixe ou Diagrama de Causa e Efeito, é uma ferramenta de qualidade utilizada para identificar e analisar as possíveis causas de um problema específico. Ele recebeu este nome em homenagem a seu criador, o engenheiro japonês Kaoru Ishikawa.

Segundo Ishikawa (1985), o diagrama consiste em uma representação gráfica de uma espinha de peixe, onde a espinha representa o problema em questão e as barbatanas representam as possíveis causas que levam a esse problema. As causas são divididas em seis categorias principais, que são: pessoas, processos, materiais, máquinas, medidas e meio ambiente.

O objetivo do Diagrama de Ishikawa é ajudar as equipes a identificar todas as possíveis causas de um problema, a fim de que possam ser eliminadas ou reduzidas, aprimorando a qualidade do produto ou serviço oferecido. Para Burrattino (2015), o uso do Diagrama de Ishikawa, por meio da identificação das causas-raiz dos problemas, permite a aplicação de soluções específicas e efetivas para minimizar as perdas na construção civil, melhorando a produtividade, a qualidade e reduzindo os custos.

De acordo com Taormina (2004), a construção do diagrama deve seguir os seguintes passos:

- 1. Identifique o problema: Determine claramente qual é o problema que você deseja analisar.

- 2. Determine as categorias: Identifique as possíveis causas do problema em questão, considerando as seis categorias principais do Diagrama de Ishikawa: pessoas, processos, materiais, máquinas, medidas e meio ambiente.
- 3. Faça uma lista de possíveis causas: Liste todas as possíveis causas do problema identificado, colocando-as nas categorias correspondentes. Para fazer isso, é interessante conversar com os membros da equipe, inspecionar o local de trabalho, revisar documentos relevantes, entre outros.
- 4. Analise as causas: Analise cada uma das possíveis causas identificadas e determine sua relevância para o problema em questão.
- 5. Determine as causas raiz: Identifique as causas que parecem ser as mais relevantes e encontre suas causas raiz, ou seja, as causas fundamentais que levam a essa causa imediata.
- 6. Desenvolva um plano de ação: Com base nas causas raiz identificadas, desenvolva um plano de ação para eliminar ou reduzir o problema. As soluções podem incluir treinamentos para os funcionários, mudanças nos processos, atualizações de equipamentos, entre outras.

Tais passos podem ser totalmente relacionados ao meio da construção civil e conseqüentemente ao estudo em questão. O passo 1, "Identifique o problema", foi feito no início do presente, posteriormente, na definição da metodologia foi feita a determinação das categorias tal qual mencionado no 2º passo. Em virtude disso, a metodologia se reservará a analisar os passos: 3. Faça uma lista de possíveis causas; 4. Analise as causas; 5. Determine as causas raiz. Após análise destes passos será desenvolvido um diagrama visual, tal qual o diagrama de Ishikawa, com as principais causas.

6 RESULTADOS

Conforme embasamento teórico e técnico, foi possível levantar os dados necessários para concluir o presente trabalho através da obtenção dos seguintes resultados que visam contribuir com a diminuição do surgimento de fissuras em placas de gesso acartonado em *Light Steel Frame*.

6.1 Levantamento bibliográfico

A resistência das placas de gesso acartonado ao surgimento de fissuras pode depender de vários fatores, como a qualidade da placa de gesso, a espessura da placa, a espessura do revestimento de papel cartão e a qualidade da instalação.

No entanto, algumas especificações técnicas podem ajudar a determinar a resistência das placas de gesso acartonado ao surgimento de fissuras. Por exemplo, a norma NBR 15758-1 (ABNT, 2016) estabelece os requisitos e métodos de ensaio para placas de gesso acartonado e determina que elas devem ter uma resistência mínima à tração perpendicular de 1,0 MPa e uma resistência mínima à flexão de 5,0 MPa.

Além disso, a norma estabelece que as placas de gesso acartonado devem ser capazes de resistir a uma carga uniformemente distribuída de 3,0 kN/m², sem apresentar deformações permanentes ou rupturas.

Vale ressaltar que, além da resistência das placas de gesso acartonado, é importante considerar outros fatores que podem contribuir para o surgimento de fissuras, como variações de temperatura e umidade, movimentações estruturais e vibrações. Uma instalação adequada e a escolha dos acessórios corretos também são fundamentais para garantir a durabilidade e a resistência das placas de gesso acartonado.

Existem vários problemas relacionados à mão de obra, material, meio ambiente, método, máquinas e medidas que podem ocasionar fissuras em placas de gesso acartonado para vedação vertical. Alguns desses problemas estão listados abaixo, conforme observado na literatura (LEAL *et al.*, 2015; ABNT, 2016; DE LUCA *et al.*, 2016; LIRA *et al.*, 2018; ZUEHL, 2019; LAGOA *et al.*, 2021; ROSA *et al.*, 2022).

- Mão de obra:

1. Instalação inadequada das placas: As placas devem ser fixadas corretamente às estruturas de suporte, com parafusos de comprimento adequado, espaçamento e orientação correta dos perfis.
2. Escolha incorreta de materiais: O uso de materiais inadequados, como parafusos com rosca inadequada, pode causar danos às placas de gesso acartonado e resultar em fissuras.
3. Falta de planejamento adequado: A falta de planejamento adequado pode resultar em falhas na instalação, como a instalação de placas de gesso acartonado em áreas com umidade excessiva ou em áreas sujeitas a vibrações.
4. Falta de atenção aos detalhes: Detalhes importantes, como o preenchimento adequado de juntas e o uso de fitas de junta adequadas, podem ser negligenciados durante a instalação das placas de gesso acartonado, o que pode resultar em fissuras.
5. Uso excessivo de massa corrida: O uso excessivo de massa corrida para esconder irregularidades pode resultar em fissuras nas placas de gesso acartonado. A massa corrida não é um substituto para uma instalação adequada e pode prejudicar a integridade das placas.
6. Falta de cuidado durante a pintura: A pintura inadequada pode resultar em fissuras nas placas de gesso acartonado. É importante usar tintas de qualidade e seguir as instruções do fabricante para garantir uma aderência adequada.

- Material:

O gesso acartonado é um material relativamente de baixa resistência em comparação com outros materiais de construção, como o concreto, e pode ser responsável por ocasionar fissuras nas placas de vedação vertical de *Light Steel Frame* por algumas razões:

1. Baixa resistência mecânica do material: É um de material relativa baixa resistência mecânica e pode facilmente quebrar ou rachar quando exposto a tensões ou forças excessivas, o que pode levar à formação de fissuras.
2. Baixa resistência à umidade: O gesso acartonado é sensível à umidade e pode inchar e se deteriorar se for exposto a condições úmidas por um período

prolongado. A umidade pode enfraquecer as placas de gesso acartonado, tornando-as mais suscetível a fissuras.

3. Baixa resistência a impactos: O material pode ser facilmente danificado por impactos, como choques de móveis ou objetos que são jogados contra a parede, o que pode levar à formação de fissuras.
4. Falta de flexibilidade: Não possui flexibilidade suficiente para acomodar a movimentação estrutural ou vibrações que podem ocorrer na estrutura do *Light Steel Frame*, o que pode levar à formação de fissuras.

- Condições ambientais:

As condições ambientais podem afetar a integridade das placas de vedação vertical de gesso acartonado em um sistema de *Light Steel Frame*, e assim, levar à formação de fissuras. Algumas maneiras pelas quais o meio ambiente pode ocasionar fissuras nas placas de vedação vertical de gesso acartonado no *Light Steel Frame* incluem:

1. Umidade: A umidade pode afetar o gesso acartonado, tornando-o mais suscetível à formação de fissuras. Quando a umidade penetra nas placas de gesso acartonado, ela pode enfraquecer a integridade do material, levando à deformação e, possivelmente, à formação de fissuras.
2. Variações de temperatura: As variações de temperatura podem causar a expansão e a contração dos materiais de construção, incluindo o gesso acartonado. Quando o gesso acartonado expande ou contrai em resposta às mudanças de temperatura, podem ocorrer tensões e fissuras nas placas de vedação vertical de gesso acartonado.
3. Assentamento da fundação: Quando a fundação da construção se estabelece ou afunda, isso pode levar a movimentações estruturais que, por sua vez, podem afetar a integridade das placas de vedação vertical de gesso acartonado e levar à formação de fissuras.

- Método:

As fissuras em placas de vedações verticais de gesso acartonado podem ocorrer devido a uma série de fatores, incluindo a forma de trabalho utilizada durante a instalação das placas.

Algumas das formas de trabalho que podem ocasionar fissuras nas placas de gesso acartonado são:

1. Fixação inadequada das placas: Se as placas não forem fixadas corretamente às estruturas de suporte, podem ocorrer fissuras ao longo do tempo. Isso pode acontecer se as fixações não forem suficientemente profundas, se os parafusos estiverem mal posicionados ou se as placas não forem niveladas corretamente.
2. Uso de ferramentas inadequadas: O uso de ferramentas inadequadas durante a instalação, como furadeiras inadequadas, pode causar danos às placas e ocasionar fissuras.
3. Falta de preparação da superfície: Antes da instalação das placas, é importante preparar corretamente a superfície onde serão instaladas. Se a superfície não estiver plana e livre de detritos, a fixação das placas pode ser comprometida e as fissuras podem aparecer.
4. Movimentação de estruturas adjacentes: A movimentação de estruturas adjacentes, como portas e janelas, pode fazer com que as placas de gesso acartonado sejam submetidas a tensões excessivas, o que pode levar à formação de fissuras.

Em resumo, é importante garantir que as placas de gesso acartonado sejam instaladas corretamente, seguindo as orientações do fabricante e utilizando as ferramentas adequadas. Também é importante preparar adequadamente a superfície onde as placas serão instaladas e considerar as possíveis mudanças climáticas e movimentos adjacentes.

- Máquinas:

As ferramentas utilizadas durante a produção e instalação de placas de vedação vertical de gesso acartonado podem ocasionar fissuras nas placas se não forem utilizadas corretamente ou se não estiverem em boas condições de uso. As principais ferramentas e as formas inadequadas são:

1. Furadeiras: Se a furadeira não for adequada para o trabalho, ou se a broca estiver desgastada ou mal posicionada, ela pode causar danos às placas, tais como rachaduras e fissuras.

2. Serras: As serras utilizadas para cortar as placas devem estar com lâminas afiadas e com a velocidade correta para não causar vibrações excessivas, que podem danificar as bordas das placas e causar fissuras.
3. Nível: É importante usar um nível para garantir que as placas estejam retas e niveladas durante a instalação. Se as placas não estiverem niveladas, isso pode causar tensões nas bordas das placas, o que pode levar à formação de fissuras.
4. Parafusos: Os parafusos devem ser instalados com a profundidade adequada, pois se estiverem muito profundos podem causar rachaduras nas placas e se estiverem muito superficiais podem não fixar adequadamente as placas, o que pode levar a fissuras com o tempo.
5. Espátulas: O uso de espátulas inadequadas durante o processo de acabamento pode causar fissuras na superfície das placas de gesso acartonado. É importante usar espátulas com bordas arredondadas para evitar marcas e arranhões nas placas.
6. Martelos: Os martelos devem ser usados com cuidado para evitar danificar as bordas das placas, o que pode levar à formação de fissuras.

- Instalação:

A mensuração inadequada dos dados pode ser uma das causas relacionadas à ocorrência de fissuras em placas de vedação de gesso acartonado. Algumas das possíveis causas incluem:

1. Medidas imprecisas: Se as medidas não forem precisas, a instalação das placas pode não ser feita corretamente e as placas podem ficar mal encaixadas, o que pode levar à formação de fissuras.
2. Corte inadequado das placas: Se as placas não forem cortadas corretamente de acordo com as medidas, podem ocorrer lacunas entre as placas ou as placas podem ficar mal encaixadas, o que pode levar à formação de fissuras.
3. Falta de espaçamento adequado: É importante garantir que haja um espaçamento adequado entre as placas durante a instalação, para permitir a dilatação das placas e evitar tensões excessivas que podem levar à formação de fissuras.

4. Erros de alinhamento: Se as placas não estiverem alinhadas corretamente durante a instalação, podem ocorrer tensões excessivas nas bordas das placas, o que pode levar à formação de fissuras.
5. Falta de nivelamento: É importante garantir que as placas estejam niveladas durante a instalação, para evitar que haja tensões excessivas nas bordas das placas, o que pode levar à formação de fissuras.

6.2 Divisão de causas para o surgimento de fissuras em placas de gesso acartonado utilizadas no *Light Steel Frame*

- Material
 - Qualidade do gesso acartonado
 - Composição inadequada do gesso
 - Variação na espessura da camada de gesso
 - Falhas na aplicação da camada de papel cartão
 - Uso de gesso acartonado de qualidade inferior
 - Espessura da placa
 - Variação na espessura da placa
 - Falhas no processo de fabricação
 - Uso de placas com espessura incompatível com a estrutura
 - Qualidade das cantoneiras metálicas
 - Cantoneiras de metal com espessura inadequada
 - Cantoneiras de metal com baixa resistência à corrosão
 - Cantoneiras de metal com baixa resistência à tração
 - Qualidade dos parafusos e buchas
 - Parafusos com comprimento inadequado
 - Buchas com diâmetro inadequado
 - Parafusos de baixa qualidade
- Mão de obra
 - Habilidade do instalador
 - Falta de treinamento e conhecimento técnico
 - Falta de habilidade manual
 - Falta de atenção aos detalhes
 - Experiência do instalador

- Falta de experiência na instalação de gesso acartonado
 - Falta de experiência na instalação em *Light Steel Frame*
- Conhecimento técnico do instalador
 - Falta de conhecimento sobre as técnicas de instalação
 - Falta de conhecimento sobre as normas técnicas
- Uso adequado das ferramentas
 - Falta de manutenção das ferramentas
 - Uso inadequado das ferramentas
- Projeto
 - Falhas no projeto estrutural
 - Falhas no cálculo estrutural
 - Falhas na especificação dos perfis metálicos
 - Falhas na fixação dos perfis metálicos
 - Falhas no dimensionamento das fundações
 - Falhas no projeto de vedação
 - Falhas no dimensionamento das placas
 - Falhas no posicionamento das placas
 - Falhas na especificação dos materiais de fixação
 - Falhas na especificação dos materiais
 - Especificação de materiais de baixa qualidade
 - Especificação de materiais incompatíveis com a estrutura
 - Especificação de materiais com dimensões inadequadas
 - Falhas no detalhamento
 - Falhas na definição das juntas entre as placas
 - Falhas na definição das cantoneiras metálicas
 - Falhas na definição das aberturas para portas e janelas
- Condições ambientais
 - Temperatura e umidade
 - Variação excessiva na temperatura ambiente
 - Variação excessiva na umidade relativa do ar
 - Movimentações sísmicas
 - Vibrações excessivas
 - Movimentos bruscos da estrutura
 - Exposição à água ou umidade

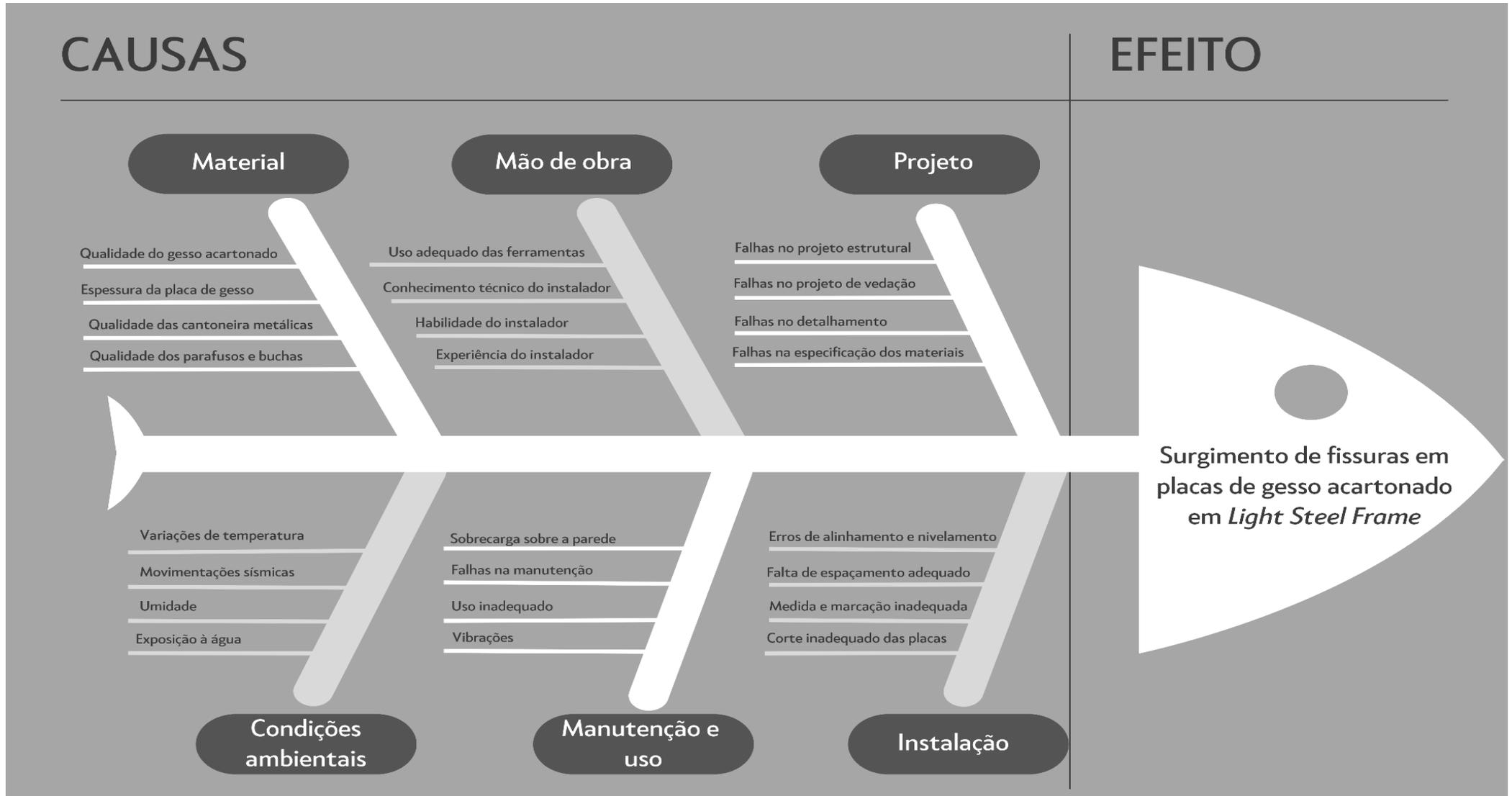
- Exposição direta à água ou umidade durante a instalação
- Exposição à água ou umidade ao longo do tempo, como em áreas úmidas ou com infiltrações
- Manutenção e uso
 - Sobrecarga sobre a parede
 - Colocação de objetos pesados ou móveis próximos à parede
 - Sobrecarga de prateleiras ou estantes
 - Falhas na manutenção
 - Falta de manutenção da estrutura
 - Falta de manutenção das instalações hidráulicas e elétricas
 - Falta de manutenção das placas de gesso acartonado
 - Uso inadequado
 - Uso de produtos químicos ou abrasivos na limpeza das paredes
 - Uso inadequado de ferramentas ou objetos próximos às paredes
 - Uso inadequado do ambiente, como exposição a temperaturas extremas ou umidade excessiva.
 - Vibrações
 - Vibrações causadas por equipamentos ou máquina
 - Vibrações causadas por atividades humanas, como caminhar ou fechar portas
- Instalação
 - Medição e marcação inadequada
 - Corte inadequado das placas
 - Falta de espaçamento adequado
 - Erros de alinhamento e nivelamento

É importante ressaltar que essa é apenas uma lista de possíveis causas, e que cada caso deve ser analisado individualmente para identificar as causas específicas das fissuras em placas de vedação de gesso acartonado em *Light Steel Frame*.

6.2 Diagrama de Ishikawa

Na figura 14 está disposto o Diagrama de Ishikawa com relação ao surgimento de fissuras em placas de gesso acartonado em *Light Steel Frame*.

Figura 14: Diagrama de Ishikawa do surgimento de fissuras em placas de gesso acartonado em *Light Steel Frame*



Fonte: Autor (2023)

Utilizando-se do diagrama de Ishikawa, é possível que em etapas do processo construtivo o mesmo possa ser consultado para prevenir o surgimento de fissuras em placas de gesso acartonado, sendo através de uma consulta prévia em uma etapa projetual por exemplo, ou corrigir alguma execução que tenha sido feita de forma errada em virtude do acesso rápido e fácil e da possibilidade de sua presença em Fichas de Verificação de Serviços (FVS), das quais muitas construções utilizam para garantir a qualidade de execução de um serviço.

Vale salientar que o diagrama é incapaz de envolver todas as causas e cada caso deve ser analisado individualmente, além do que, faz-se necessário que haja um aprofundamento da razão da fissura após o descobrimento dela, tendo em vista que o diagrama é capaz de esquematizar de forma mais geral e visual. O aprofundamento pode ser visto na etapa de levantamento bibliográfico presente no estudo, como em novos artigos, publicações e normas relacionadas ao assunto.

No mais, é importante afirmar que o diagrama pode sofrer mudanças de acordo com o avanço das técnicas construtivas, uso de diferentes materiais, mudanças climáticas inesperadas e inovações tecnológicas que possam surgir no mercado.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em conclusão, este trabalho buscou mapear o surgimento de fissuras em placas de gesso acartonado usado no método construtivo *Light Steel Frame*, analisando 6 categorias que estão totalmente relacionadas ao processo construtivo, sendo elas: Material, mão de obra, projeto, condições ambientais, manutenção e uso e instalação. Com base no levantamento bibliográfico e esquematização das causas e efeitos no diagrama de Ishikawa, é possível afirmar que as placas de gesso acartonado utilizadas como vedação vertical no *Light Steel Frame* apresentam diversas possíveis causas que podem levar à fissuração, fazendo-se necessário que existam ações mitigadoras para diminuir o surgimento dessa manifestação patológica.

Os resultados desta pesquisa demonstram que as placas de gesso acartonado estão sujeitas a fissuração como qualquer material frágil submetido a uma carga na construção civil. Entretanto, é essencial reconhecer que em virtude da necessidade de mão de obra especializada para todas etapas do processo construtivo, facilidade na utilização do material quando é de boa qualidade, adoção de medidas de manutenção, é possível ter um excelente desempenho contra o surgimento de fissuras.

A partir das reflexões apresentadas neste trabalho, é possível concluir que o uso de gesso acartonado como placa de vedação vertical no *Light Steel Frame* é totalmente viável e possível de execução. Tendo em vista a pouca quantidade de construções que utilizam do método construtivo, faz-se necessário uma divulgação maior dessa possibilidade, além de uma especialização por parte dos construtores.

Ademais, espera-se que este estudo possa contribuir para diminuir o surgimento de fissuras em placas de gesso acartonado no *Light Steel Frame*, acelerar o processo de descoberta de causa do surgimento de fissura através de uma identificação mais rápida do que ocasionou e adoção de uma medida mitigadora para com a manifestação patológica.

Além do citado, acredita-se que através da divulgação do presente trabalho, e com o conteúdo presente nele instruindo profissionais e divulgando esse método para a população, seja possível contribuir para o crescimento da utilização do *Light Steel Frame*, de forma a aumentar a porcentagem de construções executadas nesse método construtivo em Alagoas e no Brasil.

Por fim, em termos de complemento do trabalho em questão, sugere-se para novos estudos que possa ser feito um aprofundamento das causas que ocasionam fissuras e um complemento voltado para ações práticas que possam prevenir ou solucionar a manifestação patológica de maneira objetiva e relacionada à causa inicial.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA CONSTRUÇÃO METÁLICA (ABCEM). **O futuro do light steel framing no Brasil**. Disponível em:

<https://www.abcem.org.br/site/noticias/o-futuro-do-light-steel-framing-no-brasil>.

Acesso em 1 de novembro 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 19670**. Light Steel Framing: Sistemas construtivos estruturados em perfis leves de aço conformados a frio, com fechamento em chapas delgadas. Rio de Janeiro, 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118**. Projeto de estruturas de concreto – Procedimento. Rio de Janeiro, 2014.

CAMARGO, Robson. **Diagrama de causa e efeito**. 21/11/2019. Disponível em: <https://robsoncamargo.com.br/blog/Diagrama-de-causa-e-efeito-como-usar-a-metodologia-dos-6Ms#:~:text=O%20que%20%C3%A9%20diagrama%20de,e%20categorias%20do%20pr%C3%B3prio%20m%C3%A9todo>. Acesso em: 3 de novembro de 2022

CASSAR, Bernardo Camargo. **Análise comparativa de sistemas construtivos para empreendimentos habitacionais**: alvenaria convencional X light steel frame. Rio de Janeiro: UFRJ – Universidade Federal do Rio de Janeiro – Escola Politécnica, 2018.

CHAN, C.S., ANTONY, S.J., YU, T.X. (2016). **A review of modular construction practices**. *Journal of Cleaner Production*, 139, 740-749.

CORSINI, R. Trinca ou fissura?. *Téchne*. 160, p., São Paulo: jul. de 2010. Disponível em:

<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/160/trinca-ou-fissura-como-se-originam-quais-os-tipos-285488-1.aspx>. Acesso em 02 nov. 2022.

CRASTO, R. C. M. **Arquitetura e Tecnologia em Sistemas Construtivos Industrializados- Light Steel Framing**. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, 2005.

DE LUCA et al. ABRAGESSO (Associação Brasileira do Drywall). **Manual de projeto de Sistemas Drywall - Paredes, forros e revestimentos**, 2006 . Disponível em: <https://drywall.org.br/manuais>. Acesso em: 15/03/2023

DOMARASCKI, C. S.; FAGIANI, L. S. **Estudo comparativo dos sistemas construtivos: Steel Frame, Concreto PVC e Sistema Convencional**. 2009. Monografia (Engenharia Civil) — Centro Universitário da Fundação Educacional de Barretos. Disponível em: <https://docplayer.com.br/1991504-Estudo-comparativo-dos-sistemas-construtivos-steel-frame-concreto-pvc-e-sistema-convencional.html>. Acesso em: 20/03/2023.

FERNANDES, R. A. C.; Gervásio, H. **Light steel frame**: guia prático para projeto e execução. São Paulo: Editora PINI. 2018.

FERREIRA, M. L. **Análise de fissuras em placas de gesso acartonado**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos. 2016

FERREIRA, Vitor Pinheiro. **Estudo comparativo entre sistemas construtivos: alvenaria convencional e light steel framing**. Artigo (Graduação) – Universidade Católica de Brasília, Brasília, 2016.

GASPAR, A. P. **Construção de edifícios de habitação em Light Steel Framing: Alternativa viável à construção tradicional**. Dissertação (Arquitetura) — Universidade Lusófona do Porto. 2013

GUIMARÃES, Marcio Martins; GONÇALVES, José Roberto Moreira Ribeiro; NORTE, Luciana Carreiras; MARTINS, Fabiano Battemarco da Silva. Comparação das características físicas e financeiras entre os sistemas de vedação drywall e alvenaria convencional – estudo de caso. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v.7, n.5 maio. 2021.

JUNIOR, José Antonio Morato. **Divisórias de Gesso Acartonado**: Sua utilização na construção civil. Monografia (Graduação) - Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo, 2008. 74 p.

JUNIOR, Lucas Alberto; NETO, Antônio Gomes; SIMÃO, Charles Freund. Método Construtivo de Vedação Vertical Interna de Chapas de Gesso Acartonado. 2006. In: IV Seminário de Iniciação Científica Construction method for gypsum plasterboard partition. Goiás, GO, 2006.

KAMINSKI, João Junior. Construções de light steel frame. **Revista Técnica**, 2006.

KHALID, Y.A., ARSHAD, M.N.M., ARSHAD, M.R., SULAIMAN, S.A. (2017). **Cost analysis of modular construction versus conventional construction**. International Journal of Technology, 8(1), 124-134.

LIMA, E. S. **Análise da resistência mecânica de placas de gesso acartonado sob variações de temperatura**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil), Universidade Federal de Goiás, Goiânia. 2015.

MACEDO, R. C. *et al.* Estudo comparativo de painéis de vedação para sistemas Light Steel Frame. In: Congresso de Pesquisa, Ensino e Extensão da UFG, 1, 2021, Goiânia. **Anais [...]**. Goiânia: UFG, 2021.

OLIVEIRA, A. M. *et al.* Análise das patologias em estruturas de aço leve - Light Steel Frame. In: Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais, 11, 2015, Natal. **Anais [...]**. Natal: ABCM, 2015.

PLACO, SAINT-GOBAIN. **Tudo sobre drywall**. 2014. Disponível em: www.placo.com.br/blog Acesso em: março de 2023

SANTIAGO, Alexandre Kokke *et al.* **Steel framing**: arquitetura. Rio de Janeiro: Instituto Aço Brasil/CBCA, 2012.

SANTOS, Altair. **Alvenaria ainda domina, mas o desperdício segue em alta**, 7 de agosto de 2019. Disponível em:

[https://www.cimentoitambe.com.br/massa-cinzenta/alvenaria-ainda-domina-mas-des-perdicio-segue-em-alta/#:~:text=As%20estruturas%20de%20concreto%20armado,pa%C3%ADs%20\(casas%20e%20apartamentos\)](https://www.cimentoitambe.com.br/massa-cinzenta/alvenaria-ainda-domina-mas-des-perdicio-segue-em-alta/#:~:text=As%20estruturas%20de%20concreto%20armado,pa%C3%ADs%20(casas%20e%20apartamentos)). Acesso em: 26 de outubro de 2022

SOARES, L. *et al.* A importância do controle de qualidade na produção de sistemas construtivos industrializados. In: Congresso de Pesquisa, Ensino e Extensão da UFRGS, 20, 2020, Porto Alegre. **Anais [...]**. Porto Alegre: UFRGS, 2020.

THOMAZ, Ana. **Tudo o que você precisa saber sobre a norma de Light Steel Frame**. 27 de maio de 2022. Disponível em:

<https://conteudo.espacosmarti.com.br/norma-abnt-light-steel-framing/>. Acesso em: 26 de outubro de 2022

VIVAN, André Luiz. **Projetos para produção de residências unifamiliares em light steel framing**. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2011. 209 p.