

CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIFACVEST
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

Estudo comparativo entre o sistema construtivo Light Steel Frame e
Alvenaria Convencional

Carlos Adriano de Souza Candido

Lages, SC

2020

Carlos Adriano de Souza Candido

**Estudo comparativo entre o sistema construtivo Light Steel Frame e
Alvenaria Convencional**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Coordenação do Curso de Engenharia civil do
Centro Universitário Unifacvest, como requisito
para obtenção do Grau de Bacharel em
Engenharia Civil.

Orientador: Msc. Prof. Aldori Batista dos
Anjos

Lages, SC

2020

Carlos Adriano de Souza Candido

Estudo comparativo entre o sistema construtivo Light Steel Frame e Alvenaria Convencional

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso de Engenharia civil do Centro Universitário Unifacvest, como requisito para obtenção do Grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Coordenador: Msc. Prof. Aldori Batista dos Anjos

Aprovado em: ____ / ____ / ____.

Nota: ____.

Prof.

Aldori Batista dos Anjos

Prof.

Pierre Anjos

Prof.

Samuel Garcia Schmuller

Lages, SC

2020

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pelo dom da vida, por ter me dado saúde e força para superar todas adversidades, também por toda paixão e persistência em buscar meus sonhos, pois sei que sem ele nada seria possível.

Aos meus familiares, principalmente a minha mãe, Adriana Fátima de Souza, por todo esforço e apoio, essa conquista também é dela. Ao meu pai, Ivan Candido. A Minha vó, Eliene Aparecida Moraes e meu tio, José Donizete de Oliveira, por estarem sempre do meu lado e torcendo por mim. A meus irmãos. A minha namorada, Giulie Ávila Rocker, por toda paciência e incentivo.

Aos meus amigos e colegas de turma, em especial ao time do Engenhando F.C. por todas as copas Crea e parcerias dentro e fora de campo, espero que possamos nos reencontrar futuramente.

Aos meus professores, por todo esforço exercido para repassar seus conhecimentos, contribuindo no meu crescimento pessoal e profissional. Em especial ao meu orientador e professor Aldori Batista dos Anjos, que acompanhou a minha jornada acadêmica desde o princípio, e agora auxiliando na formação deste trabalho.

RESUMO

A área da construção civil brasileira ainda é caracterizada pelas construções artesanais, marcada por imensuráveis sinais de desperdícios de insumos e mão de obra, grande geração de resíduos sólidos e baixa produtividade. No entanto, diante da crescente demanda as indústrias estão apresentando técnicas alternativas as já existentes e predominantes. Soluções industrializadas estão ganhando espaço de acordo com a aceitação do mercado, tanto dos produtores como principalmente dos consumidores. O sistema construtivo Light Steel Frame apresenta aspectos favoráveis que são de grande valor para o setor da construção civil e ambiental, isto porque o método apresenta-se com boas soluções em seu processo construtivo, como: industrialização, racionalização, inovação, qualidade e sustentabilidade. A utilização desse sistema conta com uma grande rapidez de execução e ótima previsão para o prazo final da obra, perdas mínimas de matérias e redução considerável no peso próprio comparado a construções convencionais. Neste contexto, o presente estudo apresentará uma revisão bibliográfica de artigos sobre o Light Steel Frame, abordando suas práticas construtivas, métodos de utilização, vantagens e desvantagens, particularidades e quesitos como o de sustentabilidade.

Palavras-chaves: Light Steel Frame. Sistema Construtivo. Técnicas. Soluções. Sustentabilidade. Ambiental. Construção Industrializada.

ABSTRACT

The Brazilian building area is still showed from artisanal constructions, marked by immeasurable signs of input waste and labor, a big producing of solid waste and low productivity. Although, from the demand increase the companies are showing alternative techniques from the kinds that are in. Industrialized solutions are getting space from the market acceptance, from producers as mainly the consumers. The Light Steel Frame system shows favorable aspects that are from big value to the civil and environment building area, that is because the method shows good solutions in the construction process, as: industrialization, rationalization, innovation, quality, and sustainability. The system using counts with a big execution velocity and a great prevision to the construction deadline, few inputs loss and considerable reduction of own weight compared to conventional constructions. In this context, this essay will show a bibliographical review from Light Steel Frame articles, about constructive practices, utilizing methods, advantages and disadvantages, particularities, and things like sustainability.

Keywords: Light Steel Frame. Constructive System. Techniques. Solutions. Sustainability. Ambiental. Industrialized Construction.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO – TEMA E PROBLEMATIZAÇÃO	11
2. JUSTIFICATIVA	12
3. OBJETIVOS	13
3.1 GERAL	13
3.2 ESPECÍFICOS	13
4. METODOLOGIA DA PESQUISA	13
5. SISTEMA CONSTRUTIVO LIGHT STEEL FRAME	13
5.1 MÉTODOS CONSTRUTIVOS	15
5.2 ETAPAS CONSTRUTIVAS	17
5.2.1 FUNDAÇÃO	17
5.2.1.1 RADIER	18
5.2.1.2 SAPATAS CORRIDAS	18
5.2.2 PERFIS	19
5.2.3 PAINÉIS ESTRUTURAIS	20
5.2.3.1 CONTRAVENTAMENTOS	23
5.2.4 INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E HIDRÁULICAS	24
5.2.5 ISOLAMENTO TERMO ACÚSTICO	25
5.2.6 VEDAÇÃO	28
5.2.6.1 PLACA OSB (ORIENTED STRAND BOARD)	28
5.2.6.2 PLACAS CIMENTÍCIAS	29
5.2.6.3 GESSO ACARTONADO	30
5.3 CANTEIRO DE OBRAS	31
5.4 VANTAGENS E DESVANTAGENS DO SISTEMA LSF	32
5.5 SUSTENTABILIDADE	33
6. ALVENARIA CONVENCIONAL	33
6.1 ASPECTOS DO PROCESSO CONSTRUTIVO	35
6.1.1 FUNDAÇÃO	35
6.1.2 PILARES	36
6.1.3 VIGAS	36
6.1.4 VEDAÇÃO E FECHAMENTO	37
6.1.5 REVESTIMENTOS	38
6.1.6 INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS ELÉTRICAS	38

6.2 CANTEIRO DE OBRAS	39
6.3 VANTAGENS E DESVANTAGENS DA ALVENARIA CONVENCIONAL	40
6.4 SUSTENTABILIDADE	41
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS	42
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	44

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Estrutura em aço galvanizado (LSF)	15
Figura 2 - Montagem de painel em LSF no canteiro de obras	16
Figura 3 - Painéis de LSF produzidos em fábrica e transportados para obra	16
Figura 4 – Módulo de banheiro	17
Figura 5 – Fundação em radier após a concretagem	18
Figura 6 – Sapata corrida	19
Figura 7 - Painéis estruturais	21
Figura 8 - Transmissão da carga vertical a fundação	21
Figura 9 - Painel cuja modulação é de 200mm devido à carga de caixa d'água	22
Figura 10 - Painel típico em Light Steel Frame	23
Figura 11 - Painel com contraventamento em “X”	24
Figura 12 - instalação elétrica e hidráulica	25
Figura 13 - Aplicação da lã de vidro	26
Figura 14 – Placas OSB	29
Figura 15 - instalação de placas cimentícias	30
Figura 16 - A diferenciação visual do tipo de cores das placas	31
Figura 17 - Aplicação das placas de gesso acartonado	31
Figura 18 – Canteiro de obras em LSF	32
Figura 19: Alvenaria Convencional	34
Figura 20 - Modelo da estrutura de concreto armado	35
Figura 21 - Esquema de pilar em concreto armado na forma	36
Figura 22 - Esquema de viga para concretar na forma	37
Figura 23 - Indicação de verga e contra-verga	37
Figura 24 - Instalações hidráulicas e elétricas na Alvenaria convencional	39
Figura 25 – Canteiro de obras na alvenaria convencional	40
Figura 26 – Resíduos gerados da Alvenaria Convencional	42

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Perfis de aço formados a frio para uso em LSF e suas respectivas utilizações	20
Tabela 2 - Qualificação do Isolamento Acústico	27
Tabela 3 - Índice de Redução Acústica	27
Tabela 4 - Vantagens e Desvantagens do Sistema Light Steel Frame	32
Tabela 5 - Vantagens e Desvantagens Alvenaria Convencional	40

1. INTRODUÇÃO – TEMA E PROBLEMATIZAÇÃO

Atualmente um dos maiores desafios para a construção civil é atender a demanda do crescimento populacional garantindo qualidade de moradia a todos e ao mesmo tempo preocupando-se com o meio ambiente. Sendo assim o setor da construção está sempre procurando inovações e processos construtivos mais eficientes, com menores números de resíduos, maior produtividade e economia.

A construção civil no Brasil tem evoluído muito nos últimos anos, mas ainda deixa a desejar se comparado a outros países que já fazem uso de técnicas mais sustentáveis. A alvenaria convencional, que é o método construtivo mais utilizado no país, ainda que tenha diversos pontos positivos, existem muitos contras. Desperdícios de materiais, prazo de execução da obra longo e impreciso, uso elevado de água e patologias, são alguns dos problemas diários enfrentados pelos profissionais da área. Segundo Freitas e Castro (2006), a melhor maneira para mudar tal aspecto se dá pela construção industrializada, com mão de obra especializada, otimizando os custos mediante a contenção do desperdício de materiais, padronização, produção seriada e em escala, racionalização dos processos e cronogramas rígidos de planejamento e execução.

O setor da construção civil é produtor de uma enorme porção de resíduos. Atualmente 60% do total de resíduos produzidos nas cidades brasileiras originam-se na construção civil e, apenas 20% a 50% dos bens naturais são consumidos pelo setor, enquanto que os resíduos gerados dobram se comparados aos resíduos sólidos urbanos (BARRETO, BARROSO, GRAMACHO, MACHADO, ARAUJO, 2013).

A degradação do meio ambiente é uma das grandes preocupações da construção civil brasileira. Na busca de maior eficiência no sistema construtivo temos como grande destaque o Light Steel Frame, um método de construção seca, que tem como principal característica uma estrutura formada por perfis de aço galvanizado, com grande precisão nos cálculos quantitativos, gerando o mínimo de resíduos, mantendo um canteiro de obras limpo e proporcionando uma construção com grande rapidez de execução.

É devido aos grandes impactos ambientais gerados pela construção civil e os problemas de qualidade causados pela mão de obra desqualificado que estudos como esse se fazem necessários, retratando outros procedimentos de construção, visando difundir-los no mercado nacional e integrá-los em novas edificações. O Light Steel Frame é um sistema construtivo muito eficaz e utilizado há muito tempo em países

desenvolvidos como EUA, Japão, Canadá, entre outros. Dentro do Brasil o Light Steel Frame vem tentando ganhar seu espaço nos últimos anos, mas ainda é pouco conhecido (SACCO, STAMATO, 2010).

2. JUSTIFICATIVA

O modo de produção tradicional da construção civil, não teve uma evolução significativa no processo artesanal ao longo dos anos, porém, com a crescente demanda exige-se a necessidade de se construir com maior rapidez e de maneira mais eficiente, evitando desperdícios e a geração de resíduos de construção. A preocupação com as questões ambientais e a necessidade de buscar alternativas sustentáveis, apresentam limitações ao sistema construtivo tradicional, gerando a necessidade de se investir em métodos construtivos que permitam a racionalização dos seus processos, e possuam um alto nível de industrialização.

O sistema Light Steel Frame é uma ótima alternativa para o setor da construção civil, sendo uma técnica já bastante aplicada em grandes países. Podendo trazer soluções a mais que o processo construtivo convencional. Com maior rapidez de execução e menor desperdício de matérias. Preocupando-se com o meio ambiente e tendo uma obra mais eficiente.

O momento desafiador pelo qual passa a macroeconomia brasileira também traz uma série de boas oportunidades para o setor de LSF e Drywall ampliar sua atuação, uma vez que emerge a necessidade de as empresas e as obras incorporarem inovações tecnológicas e soluções industrializadas para poderem aumentar sua eficiência, produtividade e lucratividade. (CENTRO BRASILEIRO DA CONSTRUÇÃO EM AÇO; INSTITUTO DE METAIS NÃO FERROSO, 2016).

A falta de conhecimento sobre novos métodos construtivos dificulta sua implantação, fazendo com que outras técnicas não sejam devidamente aproveitadas. O presente estudo poderá auxiliar àqueles que buscam informações e aplicações para o Light Steel Frame, sistema construtivo baseado em elementos industriais que incorporam qualidade e racionalização dos materiais, trazendo uma construção precisa e sustentável.

3. OBJETIVOS

3.1 GERAL

Este estudo tem como objetivo analisar e comparar uma construção light steel frame e alvenaria convencional.

3.2 ESPECÍFICOS

- Histórico dos métodos de construções;
- Demonstrar as principais características dos sistemas construtivos em estudo: Light Steel Frame e alvenaria convencional;
- Analisar as vantagens e desvantagens técnicas da construção light steel frame e alvenaria convencional;
- Sustentabilidade dos sistemas.

4. METODOLOGIA DA PESQUISA

O presente trabalho é baseado em um estudo bibliográfico do sistema construtivo Light Steel Frame, demonstrando suas principais características e todos seus processos para execução da obra, comparando ao sistema construtivo de alvenaria convencional. Além de analisar as vantagens e desvantagens de cada sistema, visando a segurança da obra, conforto e parte ambiental.

Artigos utilizados foram pesquisados em bases de dados do Google acadêmico, repositórios institucionais de universidades e quadro de normas da ABNT.

5. SISTEMA CONSTRUTIVO LIGHT STEEL FRAME

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; FREITAS; CASTRO, 2012).

Segundo Castro & Freitas (2006) após a segunda guerra mundial, o método já amplamente utilizado nos Estados Unidos, migrou para o Japão, que devido a milhões de casas destruídas durante a guerra necessitava de uma reconstrução rápida e eficiente.

O país havia sofrido com o alastramento rápido de chamas em edificações de madeira, e viram na resistência, otimização de tempo e qualidade dos perfis em aço galvanizado a melhor opção para a rápida recuperação das construções perdidas. Conseqüentemente, o Japão apresenta desde então, uma indústria e mercado altamente desenvolvidos na área de construção em perfis de aço leves (SAINT- GOBAIN, 2011).

Logo após a Segunda Grande Guerra, o aço passou a ser largamente utilizado nos países desenvolvidos. Na Feira Mundial de Chicago em 1933, foi apresentado ao público o primeiro molde em LSF para habitações. Projeto que foi desenvolvido por mais de uma pessoa, tratou-se de uma junção de interesses da comunidade que necessitava de uma alternativa para suas casas, a fim de que não ocorressem mais problemas com incêndio (SANTIAGO; FREITAS; CASTRO, 2012).

No Brasil, sua chegada foi tardia, por volta dos anos 90, e atendia somente a edificações de padrões de renda média e alta. Com o avançar dos anos, este método construtivo está cada vez mais acessível, uma vez que empresas têm investido na produção destes materiais, além de treinamentos de mão de obra especializada para a montagem e condução destas edificações (YAMASHIRO, 2011).

De acordo com Santiago, Freitas e Crasto (2012) o sistema Light Steel Framing (LSF) “é um sistema construtivo de concepção racional, que tem como principal característica uma estrutura constituída por perfis formados a frio de aço galvanizado”.

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).

A estrutura em LFS é definida pela sua constituição em perfis de aço galvanizado formados a frio que são utilizados para compor painéis estruturais e não estruturais, vigas, tesouras, e demais componentes (SANTIAGO; FREITAS; CASTRO, 2012). A fabricação destes perfis ocorre através de bobinas de aço de alta resistência que são revestidos com liga alumínio-zinco ou apenas zinco.

De forma sucinta, no sistema construtivo LFS os painéis de aço galvanizado formam um esqueleto interno e externo da edificação, o qual tem função estrutural, absorvendo as cargas incidentes na estrutura e transferindo-a a fundação. Além da fundação, na qual não há como evitar o uso do concreto armado, todo o restante da estrutura é formado por perfis metálicos. Esses perfis são pré-fabricados e chegam a obra prontos. Durante o processo de formação dos perfis podem ser realizados serviços como a preparação do terreno e fundação, apurando o prazo de execução da obra.

Após a montagem do esqueleto da construção, as instalações elétricas e hidrossanitárias precisam ser realizadas, para assim dar início ao processo de vedação. Possui diferentes tipos de vedações para o sistema LSF, desde o aproveitamento de materiais reciclados como o OSB (Oriented Strand Board), gesso acartonado e placas cimentícias. Também é no decorrer do processo de vedação que são aplicados os materiais para isolamento termoacústica.

Esquadrias são instaladas normalmente, fixadas diretamente na estrutura de aço, os painéis são fabricados precisamente e dimensionados com as aberturas para sua colocação.

Figura 1 – Estrutura em aço galvanizado (LSF)



Fonte: disponível em <https://metalica.com.br/steel-frame-a-construcao-inteligente/>

5.1 Métodos construtivos

De acordo com Santiago, Freitas e Crasto (2012), há basicamente três métodos construtivos para a implantação do sistema LSF: o método tradicional ou Stick, o método por painéis e o método de construção modular.

Para Crasto (2005), o método tradicional é o mais utilizado, onde os perfis são cortados no canteiro de obra, e painéis, lajes, contraventamentos e a cobertura são montados no local, assim não tendo necessidade de o construtor possuir um local para a pré-fabricação do sistema. Conforme exemplificado na figura 2. Vale destacar, que com a utilização desse método as atividades no canteiro de obras são maiores e o controle de precisão junto com a qualidade da estrutura são menores.

Figura 2- Montagem de painel em LSF no canteiro de obras



Fonte: Santiago (2008)

No método dos painéis estruturais ou não estruturais, contraventamentos, lajes e tesouras de telhado podem ser pré-fabricados fora do canteiro e montados no local, e os painéis e subsistemas são conectados no local usando as técnicas convencionais, tendo como vantagens a velocidade de montagem, o alto controle de qualidade na produção dos sistemas, a minimização do trabalho na obra e o aumento da precisão dimensional. Conforme a figura 3 (BRASILIT, 2014).

Figura 3 - Painéis de LSF produzidos em fábrica e transportados para obra



Fonte: Terni, Santiago e Pianheri (2008)

Já as construções modulares são unidades completamente pré-fabricadas e podem ser entregues no local da obra com todos os acabamentos internos como revestimentos, louças sanitárias, bancadas, mobiliários fixos, metais, instalações elétricas e hidráulicas (CRASTRO, 2005). De acordo mostrado na figura 4, a qual ilustra a montagem de um banheiro.

Figura 4 - Módulo de banheiro



Fonte: Crasto (2005)

5.2 Etapas construtivas

5.2.1 Fundação

Fundações são elementos estruturais destinados a transmitir ao solo as cargas de uma estrutura (AZEREDO, 2012). Segundo Terni, Santiago e Pianheri (2008), como o LSF é uma estrutura leve, consequentemente as fundações podem ser, de maneira geral, simples. Há ainda a preocupação com a velocidade na execução das mesmas, ratificando uma das características do sistema que é o tempo reduzido de construção, assim destacando-se o uso de radier e sapatas corridas (OLIVEIRA, 2012).

Por ser muito leve, a estrutura de LSF e os componentes de fechamento exigem bem menos da fundação do que outras construções. No entanto, como a estrutura distribui a carga uniformemente ao longo dos painéis estruturais, a fundação deverá ser contínua suportando os painéis em toda a sua extensão. A escolha do tipo de fundação vai depender além da topografia, do tipo de solo, do nível do lençol freático e da

profundidade do solo firme. Essas informações são obtidas através da sondagem do terreno (SANTIAGO; FREITAS; CRASTO, 2012).

5.2.1.1 Radier

É um tipo de fundação rasa recomendada para solos com baixa resistência. O radier é uma placa de concreto armado em contato direto com o terreno que recebe as cargas oriundas dos pilares e paredes da superestrutura e descarregam sobre uma grande área do solo.

Segundo Castro (2005), em fundações de radier executadas para estruturas em LSF é recomendável a execução de vigas sob as paredes portantes, para que a fundação apresente mais rigidez. As instalações elétricas e hidrosanitárias devem ser instaladas antes da concretagem desta fundação, que deve ser executada sob manta de impermeabilização, para evitar passagem de umidade para a edificação.

Figura 5 - Fundação em radier após a concretagem



Fonte: disponível em www.escolaengenharia.com.br/radier/

5.2.1.2 Sapata corrida

É um tipo de fundação contínua de concreto armado que acompanha a linha das paredes, transmitindo diretamente as cargas para o solo e distribuindo de forma linear. Têm formato de viga e pode ser feita de concreto simples ou armado, solo cimento e canaletas.

Na fundação em sapata corrida em concreto armado, executam-se vigas posicionadas sob os painéis estruturais do LSF. O contrapiso pode ser executado em concreto, ou utilizando-se perfis formados a frio, apoiados sobre tais vigas, funcionando como uma laje. Por ser um método mais demorado e custoso, Castro (2005) não

recomenda a utilização de sapata corrida em estruturas de LSF, principalmente em edificações populares. É uma fundação mais indicada para quando se tem limitações topográficas no terreno.

Figura 6 – Sapata corrida



Fonte: disponível em <https://www.mapadaobra.com.br/negocios/sapata-corrida/>

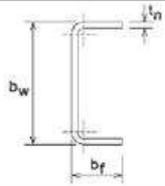
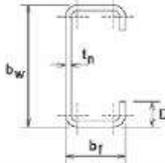
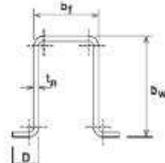
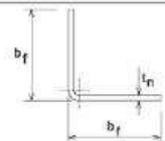
5.2.2 Perfis

Os perfis formados a frio utilizados no LSF devem ser formados através de bobinas de aço Zincado de Alta Resistência (ZAR) com resistência ao escoamento mínima de 230 MPa e espessura mínima de 0,8 mm até 3 mm de acordo com a norma NBR 15253:2014 (MASO, 2018).

Quanto aos processos de produção dos perfis estruturais formados a frio, são dois os mais empregados: o perfilamento, no qual uma peça de chapa é introduzida numa série de cilindros que a deixa uniforme na sua seção transversal; e o dobramento, que consiste na passagem desta mesma peça por um equipamento de punção, que efetua a dobra desejada para o tipo de perfil desejado. Quanto à espessura destas chapas, encontra-se entre 0,8 mm a 3,0 mm, porém a de 0,95 mm é o padrão mais encontrado e utilizado na execução deste sistema construtivo (TERNI, SANTIAGO, PIANHERI, 2008, apud BORTOLOTTI, 2015).

As seções mais comuns (Tabela 1) para esses perfis utilizados na construção civil são com o formato “C” ou “U” enrijecido (Ue) para montantes e vigas, assim como o “U”, utilizado como guia na base e no topo dos painéis, que não tem função de transmitir cargas (CRASTO, 2005).

Tabela 1: Perfis de aço formados a frio para uso em LSF e suas respectivas utilizações.

SEÇÃO TRANSVERSAL	SÉRIE Designação NBR 6355:2003	Utilização
	U simples U $b_w \times b_f \times t_n$	Guia Ripa Bloqueador Sanefa
	U enrijecido Ue $b_w \times b_f \times D \times t_n$	Bloqueador Enrijecedor de alma Montante Verga Viga
	Cartola Cr $b_w \times b_f \times D \times t_n$	Ripa
	Cantoneira de abas desiguais L $b_{f1} \times b_{f2} \times t_n$	Cantoneira

Fonte: NBR 15253, 2005.

5.2.3 Painéis estruturais

Os painéis estruturais em uma edificação de LSF podem não só compor as paredes de uma edificação, como também funcionar como o sistema estrutural da mesma. Os painéis podem ser estruturais ou auto-portantes, quando compõem a estrutura suportando as cargas da edificação, ou não-estruturais, quando funcionam somente como fechamento externo ou divisória interna, ou seja, sem função estrutural (SANTIAGO; FREITAS; CRASTO, 2012).

Segundo Terni, Santiago e Pianheri (2008), os painéis podem ser instalados na vertical, para serem utilizados como paredes, e na horizontal, como pisos. Os painéis verticais, na sua maioria, são portantes, isto é, trabalham como estrutura da edificação.

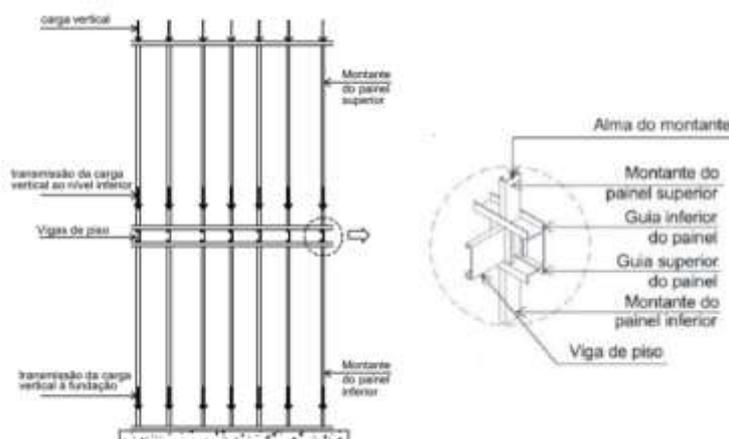
Figura 7 – Painéis estruturais



Fonte: Dogonski (2016)

De maneira geral, os montantes que compõem os painéis, transferem as cargas verticais por contato direto através de suas almas, estando suas seções em coincidência de um nível a outro, dando origem ao conceito de estrutura alinhada. Na figura 8 observa-se a distribuição do carregamento bem como o detalhe do alinhamento entre os elementos que compõem o painel. Vigas de piso, tesouras de telhado ou treliças também devem estar alinhadas aos montantes. Quando não é possível conseguir este alinhamento, deverá ser colocada sob o painel, uma viga capaz de distribuir uniformemente as cargas excêntricas (CRASTO, 2005).

Figura 8 - Transmissão da carga vertical a fundação



Fonte: Manual Steel Framing: Arquitetura (2012)

A distância entre os montantes ou modulação, geralmente de 400 ou 600 mm, é determinada pelas solicitações que cada perfil será submetido. Quanto maior a separação entre os montantes, menor a quantidade dos mesmos e como consequência, maior será a carga que cada um deles deverá absorver. Há casos em que essa modulação pode chegar a 200 mm quando ocorre dos painéis suportarem grandes cargas como as de caixas d'água (CRASTO, 2005).

Figura 9 - Painel cuja modulação é de 200mm devido à carga de caixa d'água.



Fonte: Crasto (2005)

Segundo Crasto (2005), os montantes são unidos em seus extremos inferiores e superiores pelas guias, perfil de seção transversal U simples. Sua função é fixar os montantes a fim de constituir um quadro estrutural. O comprimento das guias define a largura do painel e o comprimento dos montantes, sua altura.

Porém, só os montantes não são capazes de resistir aos esforços horizontais que solicitam a estrutura, de forma que os painéis devem ser providos de outros elementos capazes de resistir e transmitir às fundações os referidos esforços. Esses elementos podem ser contraventamentos em “X” ou placas estruturais de fechamento que funcionam como diafragmas rígidos. Os painéis estruturais devem descarregar diretamente sobre as fundações, outros painéis estruturais ou sobre uma viga principal (ELHAJJ; BIELAT, 2000).

Figura 10 - Paineis típicos em Light Steel Frame



Fonte: Manual Steel Framing: Arquitetura (2012)

5.2.3.1 Contraventamentos

A forma mais comum de contraventamento é em “X”, que consiste em utilizar fitas em aço galvanizado fixadas na face do painel, cuja largura, espessura e localização é determinada pelo projeto estrutural. A seção da fita deve ser dimensionada para transmitir o esforço de tração que resulta de decomposição da carga horizontal atuante (V) na direção da diagonal (Consul Steel, 2002). As diagonais serão solicitadas ora à tração, ora à compressão de acordo com o sentido da aplicação da força do vento.

O ângulo em que a fita é instalada influencia significativamente a capacidade do contraventamento em resistir aos carregamentos horizontais. Quanto menor for o ângulo formado entre a base do painel e a diagonal, menor será a tensão na fita metálica (Scharff, 1996). Para ângulos menores que 30° , as diagonais perdem sua eficiência em evitar as deformações. Preferencialmente, para o melhor desempenho, a inclinação das diagonais deverá estar compreendida entre 30° e 60° (Consul Steel, 2002).

Figura 11 – Painel com contraventamento em “X”



Fonte: Crasto (2005)

5.2.4 Instalações elétricas e hidráulicas

As instalações nas edificações executadas em LSF tem os mesmos princípios daquelas executadas nas estruturas convencionais, portanto os materiais empregados são os mesmos, assim como os princípios e considerações de projetos, seguindo os mesmos requisitos das normas pertinentes (SANTIAGO, 2008)

No entanto, as execuções dessas instalações são muito mais simples e rápidas, visto que a passagem das mangueiras e tubos hidráulicos são realizadas pelos interiores dos painéis, entre os revestimentos. Evitando assim que ocorra quebra de paredes como no sistema convencional, facilitando ainda em eventuais manutenções, reduzindo o desperdício de matérias e o retrabalho.

Figura 12 – instalação elétrica e hidráulica



Fonte: Habitíssimo (2012)

5.2.5 Isolamento Termo Acústico

O desempenho termo-acústico de uma edificação é determinado pela sua capacidade de proporcionar condições de qualidade ambiental adequadas ao desenvolvimento das atividades para o qual ela foi projetada. Esse desempenho é influenciado por uma série de fatores. Entre estes podemos citar a localização e posicionamento do edifício e suas dependências, os tipos de fechamentos e coberturas, seus revestimentos e cores, tipos de esquadrias, tamanho e posicionamento das aberturas, etc. (CRASTO, 2005)

O isolamento termo-acústico é uma forma de controlar a qualidade do conforto dentro de um ambiente de modo que as condições externas não influenciem as internas, bloqueando a propagação de sons e evitando perdas ou ganhos de calor. O fechamento vertical tem papel primordial no isolamento térmico e acústico, já que formam as barreiras físicas entre o ambiente interno e o exterior.

Para garantir à estrutura a característica de desempenho e conforto requerida pelos usuários, é necessário embutir na estrutura do LSF algum tipo de isolamento. O conforto termo-acústico é fundamental para o bom funcionamento da edificação, e pode ser feito com a aplicação de materiais como lã de rocha, lã de vidro e EPS. Podem ser utilizados também fechamentos que contribuam para dar essas características à estrutura. A escolha do tipo do isolamento vai depender da necessidade de isolamento térmico e acústico do ambiente (CASTRO, 2005).

As lãs minerais podem ser aplicadas no forro, na cobertura e nas divisórias. As lãs de rocha e de vidro devem sua capacidade de absorver ruídos à própria porosidade, quando a fibra entra em contato com as ondas sonoras, ocorre uma fricção que converte parte da energia sonora em calor, reduzindo a intensidade do som.

A aplicação de lã de vidro é feita, no caso das vedações externas, instalando o material na parte interna da construção, instalada dentro do painel, antes de ser completamente fechado, conforme a Figura 13. Já o EPS é instalado após o fechamento do painel, que é utilizado como apoio para sua fixação (CASTRO, 2005).

Figura 13 – Aplicação da lã de vidro



Fonte: Acusterm (2018)

No Brasil não há normalização estabelecendo critérios de desempenho acústico nas edificações. O Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT, 1998) propõe critérios mínimos de desempenho para habitações térreas de interesse social, no que diz respeito ao desempenho acústico, considerando 30 dB de isolamento sonoro bruto para o conjunto fachada/cobertura e 45 dB de isolamento sonoro bruto para paredes internas à edificação.

O isolamento acústico de paredes pode ser classificado, de acordo com os valores das respectivas perdas de transmissão, conforme apresentado na tabela 2.

Tabela 2 - Qualificação do Isolamento Acústico

Quantificação do isolamento	Perda de Transmissão (PT)	Condições de audição
Pobre	< 30 dB	Compreende-se a conversação normal facilmente através da parede.
Regular	30 a 35 dB	Ouve-se a conversação em voz alta, mas não se entende bem a conversação normal.
Bom	35 a 40 dB	Ouve-se a conversação em voz alta, mas não é facilmente inteligível.
Muito bom	40 a 45 dB	A palavra normal é inaudível e em voz alta é muito atenuada, sem compreensão.
Excelente	> 45 dB	Ouvem-se muito fracamente os sons muito altos.

Fonte: Gatti (2016)

Na Tabela 2 tem-se o índice de Redução Acústica (RW) da lâ de vidro, variando a espessura da parede.

Tabela 3 - Índice de Redução Acústica

	Parede Simples	Parede Dupla	Parede Simples	Parede Dupla	Parede Simples	Parede Dupla
Espessura da lâ de vidro (mm)	50	50	75	75	100	100
Rw (dB)	43	50	47	55	52	58

Fonte: Gatti (2016)

Sobre o desempenho do isolamento térmico, que é ter o controle das perdas e ganhos de calor, nas estações de maior variação (verão e inverno), dentro do sistema construtivo LSF é importante observar as propriedades dos materiais, tais como dimensões e orientações, capacidade e condutividade térmica, absorvância, refletância e emissividade. Apesar de se garantir este benefício de conforto, ainda não existe no Brasil um estudo mais aprofundado que avalie as melhores condições e materiais que poderiam ser empregados e comparados uns aos outros neste quesito (FREITAS; CASTRO, 2006, apud GATTI, 2016).

5.2.6 Vedação

O sistema de fechamento vertical é composto pelas paredes externas, pelos isolantes térmicos e acústicos e pelas paredes internas de uma edificação. A primeira corresponde aos fechamentos externos que delimitam as áreas molháveis, a segunda refere-se aos isolantes térmicos e acústicos, que são colocados entre as placas e entre os montantes e, por último, os fechamentos internos, instalados nas áreas secas ou úmidas, mas não molháveis (BORTOLOTTI, 2015).

Segundo Crasto (2005), nesse sistema os componentes devem ser compatíveis com o conceito da estrutura dimensionada para suportar vedações de baixo peso próprio, ou seja, por elementos leves. Outro conceito primordial é o emprego de sistemas racionalizados para o fechamento para que um maior grau de industrialização seja promovido na construção. Além do mais, os materiais de fechamento e acabamento mais apropriados são aqueles que garantem uma obra “seca”, com redução ou eliminação das etapas que utilizam argamassa e similares.

Os painéis de fechamento podem ser compostos por diferentes materiais, viabilizando melhor adequação as necessidades impostas pela edificação e a flexibilidade de recursos financeiros. Entre as opções de vedação encontram-se as placas de OSB e cimentícias. Em áreas internas, não molháveis, pode ser usado gesso acartonado.

5.2.6.1 Placa OSB (Oriented Strand Board)

O Oriented Strand Board, ou apenas OSB, bastante aplicado nas vedações em LSF, trata-se de chapas de madeira, formadas por diversas camadas com partículas prensadas. Tem grande resistência estrutural, porém não pode ficar exposto a umidade, precisando de revestimentos impermeáveis quando utilizados em áreas externas.

Apesar disso, é o fechamento mais utilizado nas áreas externas, pelo fato de apresentarem bom desempenho estético e funcional, além de serem materiais leves, de fácil instalação, transporte e armazenamento. O OSB recebe em sua produção tratamento contra a ação de insetos para o prolongamento de sua vida útil (CRASTO, 2005).

O procedimento de fabricação de prensa em altas temperaturas e com diferentes camadas de partículas, garantem ao material alta resistência, fazendo com que as placas de OSB auxiliem também na rigidez da estrutura. Resistente, leve, econômico e

reutilizável, o OSB é amplamente utilizado nas construções em LSF interna e externamente.

Figura 14 – Placas OSB



Fonte: disponível em <https://tecnoframe.com.br/painel-osb-componentes-do-light-steel-frame/>

5.2.6.2 Placas cimentícias

As placas cimentícias são compostas por cimento, fibras de celulose ou sintéticas e agregados. Podendo ser utilizado em áreas internas ou externas da edificação, tanto nas estruturas verticais como horizontais e por isso são muito versáteis. Apresentam boas características, como elevada resistência a umidade e ao fogo, resistência mecânica elevada, além de serem compatíveis com a maioria dos revestimentos. São facilmente manuseadas e cortadas por equipamentos. Dentre as características da placa também constam um bom desempenho termo acústico, impermeabilidade e flexibilidade, permitindo o uso em arquiteturas curvilíneas.

Sua espessura é variável, tendo medidas comerciais de 6, 8 e 10mm, escolhidas de acordo com a função que a placa vai desempenhar. As placas de 6mm são mais utilizadas em paredes internas, sem função estrutural, enquanto as de 8mm podem ser utilizadas tanto em paredes internas como externas e as de 10mm são ideais para painéis estruturais. As dimensões comerciais são de 1,2m de largura por 2,00 m, 2,40 m, até 3,00 m de comprimento (CRASTO, 2005).

Figura 15 – instalação de placas cimentícias



Fonte: disponível em <https://www.vivadecora.com.br/pro/curiosidades/placas-cimenticias/>

5.2.6.3 Gesso Acartonado

O gesso acartonado ou drywall, como também é conhecido, é um tipo de fechamento vertical utilizado para separação de espaços internos em edificações. Trata-se de uma placa formada por gesso e papel cartão, dentre suas principais vantagens de utilização estão, a leveza e a agilidade de execução. O gesso acartonado também possui uma boa capacidade de isolamento que pode ser ampliada com a utilização de materiais de isolamento, além de fácil aplicação do acabamento.

Há diferentes tipos de placas de gesso acartonado e que se aplicam a diferentes situações. Algumas placas são específicas para resistência à umidade e podem ser utilizadas em banheiros, cozinhas, áreas molhadas em geral, enquanto outras possuem grande resistência ao fogo. No Brasil são três os tipos de placas comercializadas.

Chapas resistentes ao fogo (RF): Tem em sua composição fibra de vidro, material que confere um aumento na resistência ao fogo. Ainda, de acordo com Labuto (2014) com duas chapas RF (12,5mm cada), uma em cada lado do perfil de aço galvanizado (espessura mínima de 70mm), consegue-se atingir 90 minutos de resistência ao fogo. Essa chapa é comercializada na cor rosa.

Chapas resistentes à umidade (RU): Tem em sua composição silicone, capaz de reduzir significativamente a absorção de água. Segundo Labuto (2014), em um período de duas horas a chapa standard absorve de 30 a 40% do seu peso em água, enquanto no mesmo período por norma a RU deve absorver a baixo de 5% do seu peso em água.

Logo, a placa supera os valores estabelecidos pela norma. Essa chapa é comercializada na cor verde.

Chapas Standard (ST): Chapa tradicional, composta apenas por Gipsita. Essa placa deve ter seu uso destinado a áreas secas. Comercializada na cor branca.

Figura 16 – A diferenciação visual do tipo de cores das placas



Fonte: Labuto (2014)

Figura 17 – Aplicação das placas de gesso acartonado



Fonte: Disponível em <https://www.sulmodulos.com.br/gesso-acartonado-onde-pode-ser-aplicado/>

5.3 Canteiro de Obras

O canteiro de obras é de fácil organização e limpeza, tendo uso de água, cimento, areia e brita, somente na fundação. Pois todos seus perfis são pré-fabricados e chegam a obra prontos para montagem. Sua montagem é simples e rápida, com o número de atividades no canteiro de obra menor, a finalização da obra pode ser de até 3 vezes mais rápida que na alvenaria convencional por exemplo.

Os perfis metálicos podem ser levados para o canteiro de obras por etapas, de acordo com o andamento da obra, não necessitando de maiores espaços para armazenamento.

Figura 18 – Canteiro de obras em LSF



Fonte: Disponível em <https://smartsistemasconstrutivos.com.br/duvidas-sobre-o-sistema-lsf/>

5.4 Vantagens e Desvantagens do Sistema LSF

O sistema construtivo LSF, assim como outros sistemas construtivos possuem vantagens e desvantagens, mostradas na tabela a seguir.

Tabela 4 – Vantagens e Desvantagens do Sistema Light Steel Frame

Vantagens	Desvantagens
Rapidez de execução.	Limitação de andares.
Sistema construtivo industrializado, com rigoroso controle de qualidade.	Falta de fornecimento dos materiais.
Ótima resistência térmica e acústica.	Pouca mão de obra especializada.
Canteiro de Obras limpo e organizado.	Valores acima da Alvenaria Convencional.
Mínima geração de resíduos e desperdícios de matérias.	Com a obra iniciada, não é possível realizar alterações no projeto.
Fácil Montagem.	Falta de conhecimento no mercado.
Alta durabilidade e resistência.	
Precisão no orçamento da obra.	
Manutenções e instalações elétricas e hidrossanitárias fáceis e sem perda de material.	
Sustentabilidade.	

Fonte: Do Autor

5.5 Sustentabilidade

O LSF, como já descrito, é um método construtivo a seco, pois não utiliza água em sua montagem. O uso da água fica restrito a fundação e, se executado, na concretagem das lajes steel deck. Os perfis de aço que compõem a estrutura, por passarem por processo de industrialização, a quantidade de sobras e entulho gerados é significativamente reduzida, além da possibilidade de reciclagem (Campos, 2014).

De acordo com Alves (2015), os projetos que adotam o LSF apresentam redução no desperdício de matéria prima, já que utiliza materiais industrializados, que passam por um rígido controle de qualidade na sua fabricação. Por ser um material leve e por não utilizar paredes maciças, há redução de consumo de material desde a fundação, por não necessitar de construções de altas resistência. A execução do LSF, se adequadamente planejada e projetada, reduz consideravelmente a geração de resíduos.

Os princípios que regem essa construção não apenas abrangem a gestão de tempo e economia, como também compartilham da ideia de sustentabilidade, com a preocupação de não produzir resíduos de construção e nem tão pouco utilizar de recursos naturais que não serão repostos ao meio ambiente.

6. ALVENARIA CONVENCIONAL

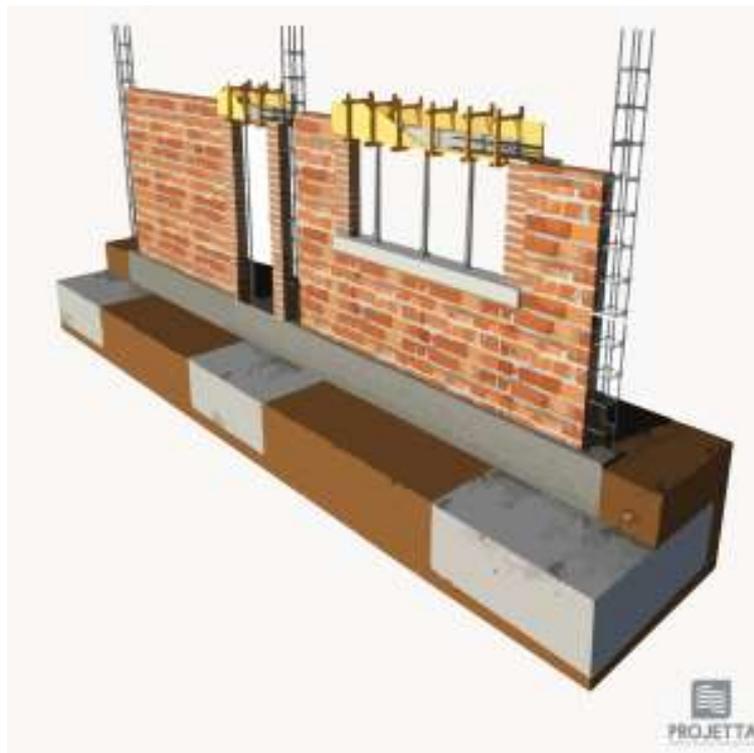
A alvenaria é um sistema construtivo de origens milenares, que começou com o simples empilhamento de materiais, com o intuito de se chegar a um desejado. Apesar de não se saber ao certo quando iniciou sua utilização. Estudos apontam que tudo começou no Oriente Médio, na Mesopotâmia, entre 8.000 a 4.000 a.C. Os primeiros materiais usados para a execução de alvenaria foram o adobe, o barro queimado, a argila seca ao sol e os blocos de arenito.

As pirâmides de Queóps, Quéfren e Miquerinos, no Egito, foi aonde pela primeira vez na história utilizaram uma espécie de concreto entre blocos, logo depois surgindo outras estruturas como a Muralha da China, o Coliseu de Roma entre outras grandes obras do passado, que marcaram a construção civil.

Com o passar do tempo, a alvenaria teve um desenvolvimento muito grande, durante o século XX, diversas pesquisas apresentaram um enorme avanço para a construção civil, modelos matemáticos de cálculos e programas de arquitetura e engenharia permitiram a criação de novos materiais, tornando a alvenaria cada vez mais precisa e eficiente.

O sistema convencional é formado por pilares, vigas e lajes de concreto armado, sendo que os vãos são preenchidos com tijolos cerâmicos para vedação. O peso da construção, neste caso, é distribuído nos pilares, vigas, lajes e fundações e, por isso, as paredes são conhecidas como não portantes. Na construção de elementos como pilares e vigas são usados aço estrutural e formas de madeira. Após a construção das paredes, é preciso rasgá-las para embutir as instalações hidráulicas e elétricas (VASQUES, 2014).

Figura 19: Alvenaria Convencional

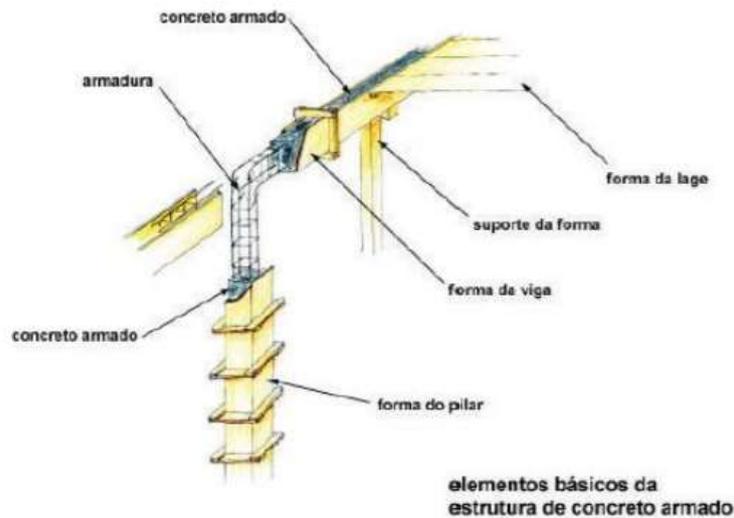


Fonte: disponível em <http://projettajr.com.br/uncategorized/alvenaria-de-vedacao-x-alvenaria-estrutural/>

Segundo Prudêncio (2013), este é um sistema construtivo completamente artesanal caracterizado pela baixa produtividade e grande desperdício de material, isso porque, todas as etapas construtivas são executadas in loco tornando a execução do projeto bastante demorada. Além disso, grande parte da mão de obra é despreparada, ocasionando desperdício excessivo e o retrabalho.

Os elementos básicos de uma estrutura de concreto armado são mostrados na Figura 20.

Figura 20 – Modelo da estrutura de concreto armado



Fonte: Vasques (2014)

Segundo Alves (2015), este sistema possui velocidade comprometida devido ao baixo nível de industrialização e pela utilização de ferramentas de baixa tecnologia como as colheres de pedreiro para projeção de argamassa, níveis de bolha, prumos de face, entre outros, que influenciam na rapidez e qualidade. Além disso, a execução deste sistema demanda tempo de espera elevado devido a características dos próprios materiais empregados, que precisam de tempo para secagem e cura, como os concretos e argamassas, e a co-dependência entre a finalização de uma etapa para se iniciar outra, além dos retrabalhos que também fazem parte do sistema.

6.1 Aspectos do processo construtivo

6.1.1 Fundação

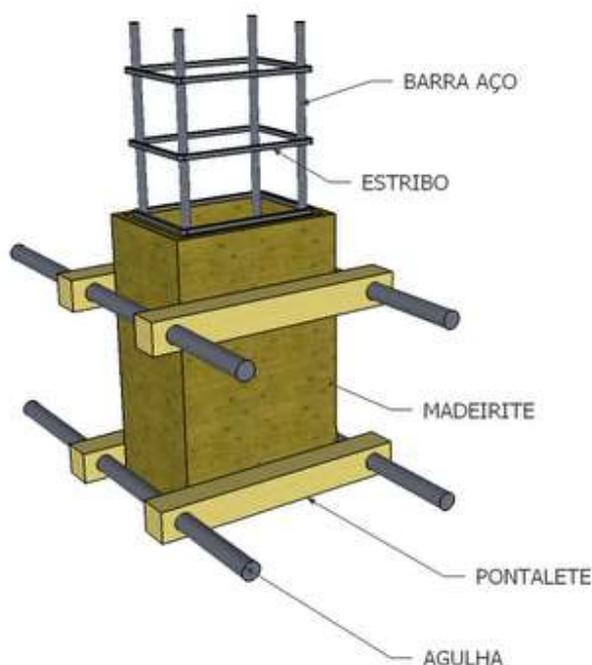
Assim como no sistema construtivo em LSF, a Alvenaria Convencional pode utilizar fundações de vários tipos.

De acordo com Yazigi (2002), a base de uma construção possui a função de conduzir à superfície do chão todo o peso e pressão que a estrutura fará sobre ela. Mesmo assim, a base pode ser feita de modo a ser profunda ou plana. Quando se tem uma base de superfície, é preciso se conduzir o peso da estrutura para o chão por meio de um arranjo de pressão em cima da fundação. Em meio a esse tipo de função se encaixam as sapatas, blocos, sapatas associadas, radiers e vigas de fundação.

6.1.2 Pilares

Os pilares são elementos da estrutura que estão alocados em eixo vertical reto, a compressão se destaca como força mais ponderante, neste método construtivo são executados em concreto armado e participam de todo o sistema de contraventamento garantindo estabilidade da estrutura, estaram fazendo a condução dos esforços atuantes até nossa laje de fundação NBR 6118 (ABNT, 2014).

Figura 21 – Esquema de pilar em concreto armado na forma



Fonte: disponível em <http://pedreirao.blogspot.com/2012/02/conceitos-de-estruturas-passo-passo.html>

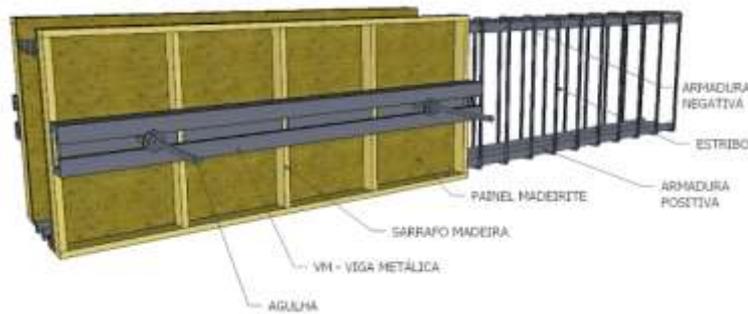
A figura 19 mostra o esquema de montagem de um pilar, com sua forma pronta para ser preenchida em concreto armado, com suas ferragens e estribo para união das mesmas, e todos os elementos para garantir uma boa execução e funcionalidade.

6.1.3 Vigas

As vigas neste sistema são elementos dispostos na horizontal, lineares, seu comprimento longitudinal deve ser no mínimo três vezes a maior dimensão da seção transversal NBR 6118 (ABNT, 2014).

O elemento responsável por receber as cargas resultantes das lajes como também de outras vigas, fazendo transferência destes esforços, cargas para os pilares, funcionam também garantindo o travamento e estabilidade da edificação.

Figura 22 – Esquema de viga para concretar na forma



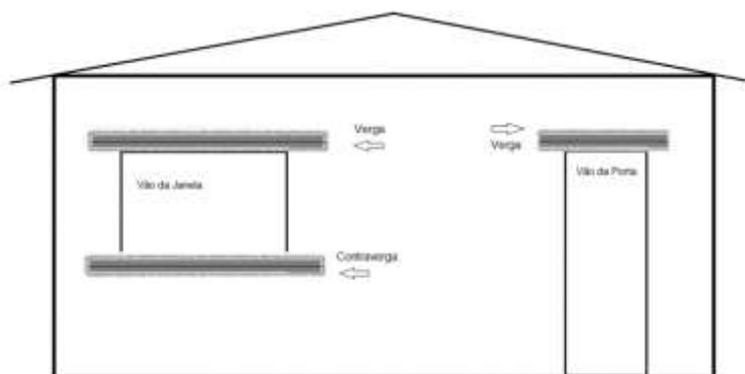
Fonte: disponível em <http://pedreiro.blogspot.com/2012/02/conceitos-de-estruturas-passo-passo.html>

6.1.4 Vedação e fechamento

Neste sistema é utilizado um conjunto de paredes que são feitas de blocos cerâmicos, sendo interligados por argamassa, garantindo a separação dos ambientes internos, isolamento interno da edificação do externo, também garantindo proteção térmica, acústica. Obtendo resistência mecânica, resistência contra a água e o fogo NBR 15270-1 (ABNT, 2005).

Na montagem destas paredes é preciso deixar as aberturas e os espaços para esquadrias, todas respeitando a linha do projeto arquitetônico, nas aberturas de portas é necessário a colocação de vergas, uma espécie de barra superior a esquadria que irá distribuir as cargas para os blocos laterais adjacentes, evitando assim que recaia sobre a esquadria, já nas esquadrias de janela são postas as vergas e também as contra-vergas uma espécie de barra inferior para distribuir o peso da esquadria sob os blocos remanescentes como na figura 21, evitando trincas e defeitos (BORGES, 1996).

Figura 23 – Indicação de verga e contra-verga



Fonte: disponível em <http://blog.doutorresolve.com.br/2017/10/vergas-e-contra-vergas/>

De acordo com Yazigi (2002), as paredes de blocos cerâmicos necessitam de um acabamento para proporcionar melhor estética e vedação, em locais onde não há incidência de umidade direta sobre os blocos pode ser feito as seguintes etapas, chapisco de argamassa para criar aderência para receber o emboço de argamassa, posteriormente desta regularização é realizado o reboco com uma argamassa mais fina, que tem por finalidade deixar a parede para receber a pintura.

6.1.5 Revestimentos

Existem vários tipos de revestimentos que podem ser aplicados, variando desde pintura, gesso, papel de parede, pedras e até cerâmicas, além de muitos outros. O importante, ao se executar o revestimento de uma obra, é observar se esse revestimento será feito em áreas molhadas, áreas expostas a intempéries ou simplesmente áreas secas, que não entraram em contato com a água (OLIVEIRA, 2012).

Em revestimentos de áreas úmidas ou em contato diretamente com a água, é necessário que se faça uma boa impermeabilização das paredes. Existem várias maneiras para se fazer isso, como a impermeabilização com aditivos plastificantes, o revestimento com cerâmicas, e até mesmo pinturas especiais.

6.1.6 Instalações hidráulicas e elétricas

As instalações hidráulicas e elétricas no sistema convencional, basicamente, é a mesma que no sistema LSF, com os mesmos princípios e materiais. No entanto, um pouco mais trabalhoso, implicando diretamente na velocidade construtiva e custo da obra.

Segundo Oliveira (2012), para se executar as instalações elétricas de uma construção convencional são realizados cortes e rasgos nas paredes de alvenaria, gerando resíduos e desperdícios de materiais. Após a abertura de rasgos, segue-se com a colocação da instalação dos eletrodutos, caixas e quadros, conforme indicado em projeto. Em seguida, é realizado o fechamento dos rasgos, que mais uma vez, requer tempo e mão de obra. Se for necessário fazer manutenção na instalação, deve-se abrir mais uma vez os rasgos e fecha-los novamente.

Figura 24 – Instalações hidráulicas e elétricas na Alvenaria convencional



Fonte: disponível em <http://steelframebrasil.com.br/como-fazer-manutencoes-numa-parede-de-steel-frame/>

6.2 Canteiro de obras

De acordo com Santos (1995) o sistema de movimentação e armazenamento de material é de grande importância para melhoria dos níveis de produtividade na indústria da construção civil, onde a produtividade global da obra depende da sua eficiência e planejamento. O armazenamento de materiais de acordo com a NR 18 (2015) deve ocorrer de modo a não prejudicar o trânsito de pessoas e trabalhadores, liberar a circulação de materiais e equipamentos, manter acesso aos equipamentos de combate a incêndio, não obstruir portas ou saídas de emergências e não provocar empuxos ou sobrecargas nas paredes, lajes ou estruturas de sustentação.

Na indústria da construção civil um dos aspectos mais negligenciados é o planejamento do canteiro de obra, muitos dos engenheiros acreditam que este será feito com o progresso da obra. Os efeitos desta situação são visíveis no canteiro de obra, os quais geralmente carecem da aplicação de princípios básicos de organização e segurança (SAURIN, 1997).

Figura 25 – Canteiro de obras na alvenaria convencional



Fonte: <http://www.portaldaarquitetura.com.br/beneficios-da-manutencao-do-canteiro-de-obras/>

6.3 Vantagens e desvantagens da Alvenaria Convencional

Este método é um dos mais aceitos pela sociedade brasileira e dos mais utilizados pelas construtoras. Na tabela a seguir, mostra-se as vantagens e desvantagens desse sistema.

Tabela 5 – Vantagens e Desvantagens Alvenaria Convencional

Vantagens	Desvantagens
Possibilita a construção de grandes projetos.	Tempo de execução da obra é longo.
Materiais para sua construção de fácil acesso.	Execução das instalações elétricas e hidráulicas com quebra de paredes.
Durabilidade superior a cem anos, sem proteção e sem manutenção.	Canteiro de obras sujo, ou com grande dificuldade para a manutenção da limpeza.
Menores limitações de projeto arquitetônico.	Desperdício de 15 a 30% de materiais durante a obra.
As portas e janelas podem ser utilizadas fora de medidas padronizadas.	Possibilidade de surgir trincas, fissuras e outros problemas no futuro.
Bom isolamento térmico e acústico.	Necessidade de maior quantidade de mão de obra para sua execução, muitas vezes é informal ou de baixa qualidade.

Boa resistência ao fogo.	Matéria prima de alguns elementos provém de fontes não renováveis.
Disponibilidade de mão de obra.	Alta geração de resíduos.
Possíveis alterações no projeto.	

Fonte: Do Autor

6.4 Sustentabilidade

O sistema construtivo em alvenaria convencional pode ser considerado um processo artesanal. Essa característica pode dar origem a erros, que tornam a estrutura mais suscetível a ocorrência de patologias, podendo acarretar em desperdícios. Assim como há desperdício nos rasgos nos tijolos feitos para alocar as instalações (CONDEIXA, 2013).

Além disso, segundo Condeixa (2013), o sistema vedação em alvenaria tem produção semi artesanal e pouco padronizada na fase pré construção, que inclui a fase de extração, beneficiamento e produção dos produtos primários que compõem a estrutura final, com grande perda durante produção e no transporte dos mesmos.

Na fase de manutenção, principalmente na demolição de estruturas, há geração de grande quantidade de resíduos, de materiais particulados e de ruídos. No entanto, Condeixa (2013) enfatiza que os resíduos gerados pela demolição ou entulho das obras podem ser reciclados, diminuindo seu impacto ambiental.

Figura 26 – Resíduos gerados da Alvenaria Convencional



Fonte: Disponível em <https://www.masterambiental.com.br/noticias/residuos-da-construcao-civil/quem-sao-os-culpados-pela-geracao-de-entulhos-em-obras/>

É importante destacar que o sistema construtivo em alvenaria convencional possui um ciclo de vida muito extenso. Uma vez construída, como já mencionado nesse capítulo, uma edificação executada por esse método pode durar por muitos anos. Além disso, as características de sua vedação permitem a modificação das habitações, aumentando ainda mais sua vida útil.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através das informações levantadas no trabalho a respeito do sistema construtivo Light Steel Frame, procurou-se obter informações a respeito de suas particularidades, demonstrando suas principais características e etapas construtivas, junto com suas vantagens e desvantagens quando comparado ao sistema construtivo de alvenaria convencional.

Conclui-se então que o método construtivo em LSF, de modo geral, é mais vantajoso nos aspectos de desempenho, qualidade, impacto ambiental na construção, produtividade e prazo. No entanto, em termos de disponibilidade de material, mão de obra, custo, versatilidade arquitetônica, a alvenaria convencional está a frente.

Atualmente a alvenaria convencional tem superioridade na questão de custo final para o consumidor, por ser um método aceito amplamente pela cultura do mercado, suas desvantagens são o grande desperdício de material junto com o prazo de execução um

pouco elevado, ocasionando uma produtividade abaixo quando comparado ao sistema de aço galvanizado.

Diante ao light steel frame, tem-se um sistema rápido e que fornece bom isolamento acústico, térmico e de alta produtividade, mas ainda se encontra inúmeras dificuldades de execução em obras, devido ao fato da sua não aceitação pelos consumidores e produtores, tendo pouca mão de obra especializada e materiais com difícil acesso, sua implantação se torna viável apenas para grandes centros.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, Leticia Pereira. **Comparativo do custo benefício entre o sistema construtivo em alvenaria e os sistemas Steel Frame e Wood Frame.** Revista Especialize On-line IPOG - Goiânia - Edição nº 10 Vol. 01/ 2015 dezembro/2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15253: Perfis de aço formados a frio, com revestimento metálico, para painéis estruturais reticulados em edificações - Requisitos gerais.** Rio de Janeiro: ABNT, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15253: Perfis de aço formados a frio, com revestimento metálico, para painéis reticulados em edificações: Requisitos Gerais.** Rio de Janeiro, 2005.

AZEREDO, Hélio Alves. **O edifício até sua cobertura.** 2. Ed. São Paulo: Editora Edgard Blücher, 2012. 178 f.

BARRETO, R. A. D.; BARROSO, F. K.; GRAMACHO, B. B.; MACHADO, M. F.; ARAÚJO, P. J. P. **Construção Sustentável: soluções para construir agredindo menos o ambiente.** Caderno de Graduação - Ciências Exatas e Tecnológicas - UNIT - SERGIPE, [S. l.], v. 1, n. 2, p. 97–110, 2013. Disponível em: <https://periodicos.set.edu.br/cadernoexatas/article/view/539>. Acesso em: 1 jun. 2021.

BORGES, A. C. **Prática das Pequenas Construções**, 8a edição, volume I. Editora Edgard Blucher. São Paulo, 1996.

BORTOLOTTI, A. L. K. **Análise de viabilidade econômica do método Light Steel Framing para construção de habitações no município de Santa Maria - RS.** Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Civil). Universidade Federal de Santa Maria – UFSM. Santa Maria – RS. 2015

BRITO, J. L. W. **Fundações do edifício.** São Paulo, EPUSP, 1987. ESTACAS FRANKI LTDA., Catálogo. Rio de Janeiro, Estacas Franki Ltda., s.d.. FABIANI, B. Fundações. s.d.. 1987.

CAMPOS, P. F. **Light Steel Framing: Uso em construções habitacionais empregando a modelagem virtual como processo de projeto e planejamento.** 2014. 196 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

CASTRO, 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.

CENTRO BRASILEIRO DA CONSTRUÇÃO EM AÇO; INSTITUTO DE METAIS NÃO FERROSOS, 2016.

CONDEIXA, K. de M. S. P. **Comparação entre materiais da construção civil através da avaliação do ciclo de vida: sistema drywall e alvenaria de vedação.**

Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal Fluminense. Niterói. 2013

CONSUL STEEL. **Construcción con acero liviano – Manual de Procedimiento**. Buenos Aires: Consul Steel, 2002. 1 CD-ROM. 258p.

ELHAJJ N.; BIELAT, K. **Prescriptive method for residential cold-formed steel framing**. USA: North American Steel Framing Alliance (NASFA), 2000. 199p.

FARIAS, J. L. **Estudo de viabilidade técnica e econômica do uso do método construtivo Light Steel Framing numa residência unifamiliar de baixa renda**. 2013. Projeto de Graduação (Bacharel em Engenharia Civil). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

FREITAS, A. M. S.; CRASTO, R. C. M. **Steel framing: arquitetura**. Rio de Janeiro: IBS/CBCA, 2006.

GATTI, W. **Método Construtivo Steel Frame, Sustentabilidade e Economia na Construção Civil**. Engenharia Civil. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Civil). Universidade Alto Vale do Rio do Peixe – UNIARP. Caçador. 2016.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. **Critérios mínimos de desempenho para habitações térreas de interesse social**. São Paulo: Divisão de Engenharia Civil, 1998. 84p.

KLEIN, B. G.; MARONEZI, V. **Comparativo Orçamentário dos Sistemas Construtivos em Alvenaria Convencional, Alvenaria Estrutural e Light Steel Frame para a Construção de Conjuntos Habitacionais**. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Civil). Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco.

LABUTO, L. V. **Parede seca – sistema construtivo de fechamento em estrutura de drywall**. Monografia – Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais. Curso de Especialização em Construção Civil. Minas Gerais. 2014.

MASO, J. B. **Análise comparativa entre o sistema construtivo Light Steel Framing e alvenaria estrutural**. Universidade do Sul de Santa Catarina, 2017. Disponível em: Acesso em: 27 maio. 2021

OLIVEIRA, G. V. **Análise Comparativa Entre O Sistema Construtivo Em Light Steel Framing E O Sistema Construtivo Tradicionalmente Empregado No Nordeste Do Brasil Aplicados Na Construção De Casas Populares**. 2012. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal da Paraíba. 2012

PRUDÊNCIO, M. V. M. V. **Projeto e Análise comparativa de custo de uma residência unifamiliar utilizando os sistemas construtivos convencional e light steel framing**. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso, Bacharel em Engenharia Civil). Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR. Campo Mourão. 2013.

SACCO, M. F.; STAMATO, G. C. **Light wood frame - construções com estrutura leve de madeira.** Revista TÉCHNE: Como construir, 2010.

SANTIAGO, A. K.; FREITAS, A. M. S.; CRASTO, R. C. M. **Steel Framing: arquitetura.** Rio de Janeiro: IBS/CBCA, 2012. 152p. (Série Manual da Construção Civil).

SANTOS, L.C. GOHR, C.F., LAITANO, J.C.A. - **Planejamento sistemático de layout: adaptação e aplicação em operações de serviços.** - Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR. Campus Ponta Grossa – Paraná. 1995

SAURIN, T.R. **Método de diagnóstico e diretrizes para planejamento de canteiros de obra e edificações.** Tese de mestrado. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 1997.

SCHARFF, R. **Residential steel framing handbook.** New York: McGraw Hill, 1996. 429p.

TERNI, A. W.; SANTIAGO, A. K.; PIANHERI, J. **Como construir, Steel frame: fundações - parte 1.** Revista Téchne, São Paulo, v.3, n.135, p.54–58, jun. 2008.

VASQUES, C. C. P. C. F. **Comparativo de sistemas construtivos, convencional e Wood Frame em residências unifamiliares.** Curso Engenharia de Estruturas. Centro Universitário de Lins – Unilins. Lins-SP. 2014

YAZIGI, W. **A técnica de Edificar,** 4a edição Editora Pini. São Paulo. 2002