

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

MATHEUS DE SOUSA RIBEIRO
RICARDO JUNIO BARBOSA ARANHA
SEBASTIAN SOUZA

ANÁLISE COMPARATIVA DOS SISTEMAS CONSTRUTIVOS:
alvenaria estrutural e Light Steel Frame

BELO HORIZONTE – MG
JUNHO/2021

MATHEUS DE SOUSA RIBEIRO
RICARDO JUNIO BARBOSA ARANHA
SEBASTIAN SOUZA

ANÁLISE COMPARATIVA DOS SISTEMAS CONSTRUTIVOS:

alvenaria estrutural e *Light Steel Frame*

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

Área de concentração: Construção civil

Orientadora de conteúdo: Prof.^a Ms. Tálita Rodrigues de Oliveira Martins.

Orientadora de metodologia: Prof.^a Ms. Raquel Ferreira de Souza.

BELO HORIZONTE – MG

JUNHO/2021



FACULDADE DE ENGENHARIA DE MINAS GERAIS
Instituto Educacional “Cândida de Souza”

Trabalho de Conclusão de Curso intitulado “**ANÁLISE COMPARATIVA DOS SISTEMAS CONSTRUTIVOS: alvenaria estrutural e Light Steel Frame**”, de autoria do(s) aluno(s) **Matheus de Sousa Ribeiro, Ricardo Junio Barbosa Aranha e Sebastian Souza**, aprovado pela banca examinadora constituída pelos seguintes professores:

Prof.^a Ms. Tálita Rodrigues de Oliveira Martins Orientadora
Orientadora

Prof. Dr. ou Ms. Nome Completo do Membro da Banca
Membro da Banca

Prof. Dr. ou Ms. Nome Completo do Membro da Banca
Membro da Banca

Belo Horizonte, 12 de junho de 2021.

Aos nossos familiares pela paciência, confiança, incentivo, apoio e estímulo para enfrentar as barreiras da vida. Por isso, concedemos a vocês o mérito maior desta vitória.

AGRADECIMENTOS

A Deus que permitiu que tudo isso fosse possível, por revigorar nossas forças ao longo desta jornada.

Às orientadoras professoras Talita Rodrigues e Sheila Leal, pela paciência, disponibilidade, pelas correções, incentivos e que, com seu jeito descontraído possibilitou tornar o nosso trabalho mais prazeroso e leve.

Ao orientador Joéffisson Saldanha, pela paciência e por contribuir com muitos ensinamentos.

Aos componentes do grupo, pela dedicação, apesar da correria de estudar e trabalhar.

A todos que diretamente ou indiretamente contribuíram para nossa formação.

“A menos que modifiquemos à nossa maneira de pensar, não seremos capazes de resolver os problemas causados pela forma como nos acostumamos a ver o mundo”.

Albert Einstein

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo fazer um estudo de caso comparativo entre os sistemas construtivos *Light Steel Frame* (LSF) e a alvenaria estrutural em duas Escolas Municipais de Educação Infantil (EMEI), administradas pela Prefeitura Municipal de Belo Horizonte, a EMEI Belmonte e a EMEI Castelo. Os autores desse trabalho mostraram, a partir de pesquisa exploratória e bibliográfica feitas com diversos autores renomados da área e constantes no referencial teórico, as diferenças entre cada sistema construtivo, suas vantagens e desvantagens. O LSF, permite que o custo seja reduzido com a otimização do tempo de fabricação e montagem da estrutura, executando diversas etapas ao mesmo tempo, pois, enquanto as fundações são executadas no canteiro de obra, os painéis das paredes são confeccionados em fábrica. A alvenaria estrutural por sua vez, permite que a estrutura e a vedação da edificação sejam executadas simultaneamente. Este sistema dispensa o uso de pilares e vigas, ficando a cargo dos blocos funcionarem como paredes, fazendo a função estrutural, para a sustentação do edifício, substituindo o método tradicional de concretagem. Com essa análise, com o desenvolvimento da metodologia e com a apresentação dos resultados, ficou clara a diferença entre eles, tanto de custos, quanto de menos agressões ao meio ambiente.

Palavras-chave: Processo executivo. Racionalização. Alvenaria estrutural. *Light Steel Frame*. Sustentabilidade.

ABSTRACT

The present work aims to make a comparative case study between the Light Steel Frame (LSF) construction systems and the structural masonry in two Municipal Schools of Early Childhood Education (EMEIs), administered by the Municipality of Belo Horizonte: Town Hall, the EMEI neighborhood Belmonte and the EMEI neighborhood Castelo. The authors of this work showed, based on exploratory and bibliographic research carried out with several renowned authors in the field and included in the theoretical framework, the differences between each construction system, its advantages and disadvantages. LSF allows the cost to be reduced by optimizing the fabrication and assembly time of the structure, performing several steps at the same time, because, while the foundations are executed at the construction site, the wall panels are made in the factory. Structural masonry, in turn, allows the structure and sealing of the building to be carried out simultaneously. This system eliminates the use of pillars and beams, leaving the blocks to act as walls, making the structural function for the support of the building, replacing the traditional method of concreting. With this analysis, with the development of the methodology and with the presentation of the results, the difference between them became clear, both in terms of costs and less aggression to the environment.

Keywords: Executive process. Rationalization. Structural masonry. *Light Steel Frame*. Sustainability.

LISTAS DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AE	Alvenaria Estrutural
CPVC	Policloreto De Vinila Clorado
EMEFS	Escola Municipal de Ensino Fundamental
EMEI	Escola Municipal de Educação Infantil
EN	Normas Europeias
FEAMIG	Faculdade de Engenharia de Minas Gerais
LSF	Light Steel Frame
NR	Normas Regulamentadoras
OSB	Oriented Strand Board
PBH	Prefeitura de Belo Horizonte
PEX	Polietileno Retificado
PPP	Parceria Pública Privada
PPR	Polipropileno Copolímetro Random
PVC	Policloreto De Vinila
SPDA	Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas
TCC	Trabalho de Conclusão de Curso

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Protótipo de residência em LFS na Exposição Mundial de Chicago	19
Figura 2 – Exemplo de construção utilizando o sistema LSF	21
Figura 3 – Perfis formados a frio utilizados na confecção dos painéis do LSF.....	21
Figura 4 – <i>Radier</i>	23
Figura 5 – Detalhe do <i>radier</i>	24
Figura 6 – Detalhe da ancoragem	25
Figura 7 – Montagem por painéis	27
Figura 8 – Construção modular	27
Figura 9 – Parafusos de fixação dos perfis	28
Figura 10 – Vergas utilizadas para redistribuição das solicitações	29
Figura 11 – Cantoneira.....	29
Figura 12 – Ombreiras utilizadas para delimitar o vão.....	29
Figura 13 – Vigas treliçadas.....	30
Figura 14 – Chapa de Gusset.....	30
Figura 15 – Placas de OSB.....	31
Figura 16 – Vigas de piso no sistema LSF.....	32
Figura 17 – Esquema de laje no sistema LSF	33
Figura 18 – Laje seca no sistema LSF	34
Figura 19 – Laje úmida no sistema LSF	35
Figura 20 – Instalações elétrica e hidráulica com tubulações de PVC.....	36
Figura 21 – Registros hidráulicos parafusados em peças auxiliares	36
Figura 22 – Fixação das tubulações em LSF	37
Figura 23 – Impermeabilização da placa de OSB com membrana de polietileno	39
Figura 24 – Revestimento das placas de OSB com argamassa aplicada sobre tela tipo <i>deployée</i>	39
Figura 25 – Fechamento em <i>drywall</i>	40
Figura 26 – Lã de PET, lã de rocha e lã de vidro.....	41
Figura 27 – EMEI sendo executada em alvenaria estrutural.....	45
Figura 28 – Componentes da alvenaria estrutural	46
Figura 29 – Bloco cerâmico estrutural	46
Figura 30 – Junta de argamassa na alvenaria	47

Figura 31 – Graute e armadura no bloco de alvenaria	47
Figura 32 – Fissuras devido a projetos mal concebidos	48
Figura 33 – Fundação em sapata corrida.....	49
Figura 34 – Primeiros passos na execução da alvenaria estrutural.....	50
Figura 35 – Exemplos de "castelos"	52
Figura 36 – Armadura dentro da canaleta, esperando o <i>graute</i>	52
Figura 37 – Detalhe das instalações em alvenaria estrutural.....	54
Figura 38 – Aplicação direta de gesso na parede estrutural	55
Figura 39 – Aplicação de revestimento cerâmico diretamente na parede estrutural .	55

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Comparação entre os sistemas construtivos – 1ª parte	65
Quadro 2 – Comparação entre os sistemas construtivos – 2ª parte	66
Quadro 3 – Comparação entre os sistemas construtivos – 3ª parte	67
Quadro 4 – Comparação geral entre os sistemas de lajes – 4ª parte	68
Quadro 5 – Vantagens e desvantagens do sistema LSF	71

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 Contexto de Pesquisa	15
1.2 Problema de Pesquisa	16
1.3 Objetivos	16
1.3.1 Objetivo geral	16
1.3.2 Objetivos específicos	16
1.4 Justificativa.....	17
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	18
2.1 Light Steel Frame	18
2.1.1 Histórico.....	18
2.1.2 Definição.....	20
2.1.3 Processo construtivo.....	22
2.1.4 Fundação	23
2.1.5 Estrutura	26
2.1.6 Lajes	31
2.1.7 Instalações	35
2.1.8 Acabamento	37
2.1.9 Sustentabilidade.....	41
2.2 Estruturas em Alvenaria Estrutural	42
2.2.1 Histórico.....	42
2.2.2 Definição.....	44
2.2.3 Processo construtivo.....	48
2.2.4 Fundação	49
2.2.5 Estrutura	50
2.2.6 Lajes	53
2.2.7 Instalações	54
2.2.8 Acabamento	54
2.2.9 Sustentabilidade.....	56
3 METODOLOGIA DA PESQUISA.....	57
3.1 Pesquisa Quanto aos Fins	57
3.2 Pesquisa Quanto aos Meios	58

3.3 Organização em Estudo	60
3.4 Universo e Amostra	61
3.5 Formas de Coleta e Análise dos Dados	62
3.6 Limitações da Pesquisa.....	64
4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	65
4.1 Comparativos entre as Metodologias <i>Light Steel Frame</i> e Alvenaria Estrutural.....	65
4.2 Sustentabilidade das Metodologias Construtivas.....	69
4.3 Benefícios e Malefícios dos Sistemas Construtivos.....	70
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	73
REFERÊNCIAS.....	74

1 INTRODUÇÃO

O sistema *Light Steel Frame* (LSF), estrutura leve de aço, que vem do inglês *Light* = Leve, *Steel* = aço e *Frame* = estrutura, esqueleto, disposição, construção, é um método construtivo muito utilizado em diversos países do mundo, em construções de edificações e vem apresentando considerável crescimento. O Brasil é um dos maiores produtores da principal matéria- prima empregada neste método construtivo, o aço. Baseado em avançadas tecnologias americanas, esse sistema tem sido bem aceito no mercado na construção civil, uma vez que, é capaz de atingir objetivos importantes neste setor, tais como: aumento da produtividade da obra, redução do prazo de construção e do desperdício de materiais, além de elevada precisão construtiva, pode-se definir o LSF como uma estrutura formada por perfis metálicos em aço galvanizado que são interligados através de parafusos, formando painéis estruturais que resistem aos esforços exigidos pela edificação.

O LSF possui como características positivas a redução do peso da estrutura, uma vez que os perfis são leves e possuem baixa espessura, refletindo diretamente no peso da estrutura. O retorno que se tem dessa vantagem é uma agilidade maior no processo de execução da estrutura, tornando o procedimento mais ágil, diminuindo o prazo de entrega da construção, tornando-a mais viável economicamente. Além de possuir menos impactos ambientais por ser uma construção que não gera entulho em excesso, conseguindo assim, diminuir o desperdício de material.

A alvenaria estrutural é um sistema construtivo racionalizado que está presente em nas diversas construções, nesse processo as paredes da edificação exercem a função estrutural de suportar o peso da estrutura. O método construtivo é um dos mais antigos utilizados, o uso desse método torna desnecessário o uso de pilares e vigas para a sustentação da estrutura, porém no Brasil não houve uma grande aceitação no início. Os primeiros edifícios em alvenaria autoportante foram construídos com espessuras excessivas nas paredes como, por exemplo, o edifício Monadnok em Chicago que se tornou um ícone da moderna alvenaria estrutural com paredes de 1,80m na sua base.

A partir da década de 1970, a alvenaria estrutural passou a ser tratada no Brasil como uma tecnologia da engenharia, através do projeto estrutural baseado em princípios validados cientificamente e da execução com critérios mais bem definidos. Hoje, o uso de alvenaria estrutural em edifícios é muito extenso, podendo-se afirmar que, esse é o principal sistema construtivo para edificações até 12 pavimentos. A principal vantagem do uso da alvenaria estrutural é a rapidez, a racionalização, a qualidade e o custo-benefício. O estudo de caso foi realizado em empreendimentos da prefeitura de Belo Horizonte do ano de 2013, no vetor noroeste no bairro Belmonte. Neste projeto, foi realizada a construção de várias Escolas Municipais de Educação Infantil (EMEI) e o processo executivo utilizado foi o LSF, com isso será realizada a comparação com o outro empreendimento que utilizou o método executivo em alvenaria estrutural.

1.1 Contexto de Pesquisa

Com o advento dos novos processos executivos destinados à construção civil e com foco na racionalização dos mesmos, este estudo de caso foi realizado em um empreendimento da prefeitura de Belo Horizonte. Neste projeto foram realizadas a construção de várias EMEIs, que são escolas voltadas para o público de 0 a 6 anos que residem na capital mineira, a construção dessas EMEIs se viabilizaram por meio de licitação pública realizada pela Prefeitura Municipal de Belo Horizonte (PBH), onde a empresa que venceu o processo licitatório deveria realizar as construções das escolas e realizar as manutenções e conservação predial do edifício durante 20 anos.

Visando agilidade na entrega do projeto e fácil manutenção durante o contrato, a empresa vencedora optou por utilizar o processo executivo em LSF, visto que, esse tipo de sistema oferece rapidez e baixa manutenção na construção das edificações e no caso das EMEIS é de grande importância, pois há uma extrema necessidade de ambientes bem estruturados para atender a demanda de crianças, principalmente nas classes mais pobres, onde as famílias não possuem condições adequadas de cuidar integralmente das mesmas. Nesse trabalho foi realizada uma análise dos

processos executivos entre o LSF e a Alvenaria Estrutural nas EMEIs localizadas nos bairros Belmonte e Castelo.

1.2 Problema de Pesquisa

Quais as diferenças existentes no processo construtivo realizado em *Light Steel Frame* (LSF) em comparação com o método em alvenaria estrutural nas Escolas Municipais de Educação Infantil (EMEIs) que foram construídas no município de Belo Horizonte?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo geral

Apresentar a metodologia construtiva de LSF nas construções de EMEIs e todos os parâmetros que influenciam no desempenho, avaliando a habitabilidade, sustentabilidade e todos os procedimentos no processo construtivo das EMEIs localizadas em Belo Horizonte, a fim de comparar com o método de alvenaria estrutural e avaliar as vantagens e desvantagens em cada fase da obra.

1.3.2 Objetivos específicos

- a) Descrever as principais atividades dentro do processo construtivo em LSF e alvenaria estrutural;
- b) Avaliar a sustentabilidade dos sistemas construtivos LSF e alvenaria estrutural;

- c) Comparar os sistemas construtivos de LSF e alvenaria estrutural na construção de EMEIs, apresentando as vantagens e desvantagens.

1.4 Justificativa

O Brasil é um dos principais países exportadores de aço, entretanto o LSF ainda é um método pouco utilizado, uma vez que a construção civil se apresenta predominantemente artesanal, caracterizada pela baixa produtividade e elevado desperdício. O presente trabalho tem como justificativa apresentar as metodologias de LSF e alvenaria estrutural aplicadas em obras públicas referentes à construção de EMEIs em Belo Horizonte, onde a empresa vencedora do processo licitatório optou em elaborar projetos utilizando os processos construtivos em LSF.

Neste trabalho busca-se o entendimento do comportamento destes processos construtivos nos quesitos focados em rapidez e sustentabilidade. Este método apresenta as características importantes que são levadas em consideração no mercado brasileiro, uma vez que apresenta características importantes em relação à alvenaria estrutural. Além da maior rapidez do processo, ainda pode-se citar os benefícios ambientais e a capacidade de mudar o cenário atual da construção civil. Diante das características, o sistema LSF é uma das alternativas promissoras para o futuro da construção civil brasileira. Assim sendo, este trabalho visa o estudo deste sistema em obras de EMEI's na cidade de Belo Horizonte, onde atualmente tal processo é utilizado.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo faz uma abordagem sobre os métodos construtivos *Light Steel Frame* (LSF) e alvenaria estrutural, sua história, suas características e definições, suas citações nas normas brasileiras, seus processos de fabricação e suas etapas de execução.

2.1 Light Steel Frame

2.1.1 Histórico

Segundo Rodrigues (2006), a história do LSF inicia-se entre 1810, quando nos Estados Unidos começou a conquista do território, e 1860, quando a migração chegou à costa do Oceano Pacífico. Naqueles anos, a população americana se multiplicou por dez e para solucionar a demanda por habitações, recorreu-se à utilização dos materiais disponíveis no local, ou seja, a madeira, utilizando os conceitos de praticidade, velocidade e produtividade originados na Revolução Industrial, surgindo assim, o chamado *Wood Framing*.

A madeira, que era já o material de eleição dos povos colonizadores, passou a ser utilizada no novo continente como principal elemento estrutural dos edifícios habitacionais, e assim permaneceu até hoje. Ao terminar a Segunda Guerra Mundial, o aço por sua vez, era um recurso abundante e as empresas metalúrgicas haviam obtido grande experiência na utilização do metal devido ao esforço da guerra (RODRIGUES, 2006).

O LSF, primeiramente foi usado nas divisórias dos grandes edifícios ou arranha-céus com estrutura em ferro, no caso, o aço leve moldado a frio. Logo após, este passou a ser usado em divisórias de edifícios de habitação e acreditava-se que poderia substituir a inteira estrutura de madeira nas moradias. Um grande impulso foi dado

quando as várias florestas, as mais antigas, foram vedadas à indústria madeireira. Isto levou ao declínio da qualidade da madeira empregada na construção e a grandes flutuações no preço desta matéria-prima, o que forçou/induziu muitos construtores a passar a usar o aço como alternativa construtiva (JARDIM e CAMPOS, 2005).

Anos depois, com o desenvolvimento acelerado da indústria do aço nos Estados Unidos, foi lançada na Feira Mundial de Chicago, a primeira residência em LSF que utilizava perfis de aço, trocando assim, a estrutura de madeira, conforme Figura 1.

Figura 1 – Protótipo de residência em LSF na Exposição Mundial de Chicago



Fonte: CRASTO e FREITAS (2006).

A Figura 1 representa o crescimento da economia americana e a abundância na produção do aço no período pós Segunda Guerra Mundial, o que possibilitou a evolução nos processos de fabricação de perfis formados a frio, e o uso dos perfis de aço substituindo os de madeira passaram a ser vantajosos devido a maior resistência e eficiência estrutural do aço e a capacidade da estrutura de resistir a catástrofes naturais como terremoto e furacões (FREITAS e CRASTO, 2006).

A utilização do sistema LSF no Brasil começou marcadamente na década de 1990, quando algumas construtoras começaram a importar *kits* pré-fabricados em LSF para montagem de casas. Apesar do uso de tais *kits* sem qualquer adaptação para a realidade brasileira, o processo construtivo industrializado se provou eficiente (CRASTO, 2005).

Toda tecnologia construtiva nova deve passar por processos de adequação e avaliação de sua pertinência, para a aceitação do usuário final das construções. O LSF no Brasil está atualmente passando por esse processo, já que se trata de um sistema construtivo desenvolvido em países com condições climáticas, econômicas e culturais bastante diversas das brasileiras. Desse processo de adaptação, também faz parte o ajuste à cultura construtiva brasileira, baseada em materiais maciços e com pouca exigência de atenção à manutenção.

O Brasil conta hoje com infraestrutura capaz de prover todos os insumos necessários para a construção com sistema LSF. Porém, da mesma maneira que acontece com as construções em aço de modo geral, há pouco conhecimento técnico por parte dos profissionais envolvidos na construção civil, onde, neste trabalho, serão vistas um pouco mais nas definições.

2.1.2 Definição

O LSF é um sistema construtivo apropriado a edificações leves, cujos elementos são painéis reticulados constituídos por perfis de aço, formados a frio com revestimento metálico. Estes painéis se constituem nas paredes da edificação e podem ser estruturais ou simplesmente de vedação. Os painéis estruturais fazem o papel dos pilares e das vigas, de forma similar ao sistema de alvenaria estrutural, enquanto que, os painéis não estruturais ou de vedação, apenas fazem o papel das paredes ou divisórias (BELLEI, 2004). A Figura 2 exemplifica o sistema.

Na Figura 2 observa-se a montagem dos perfis EU e perfis U já no ponto de laje e com a espera para os painéis.

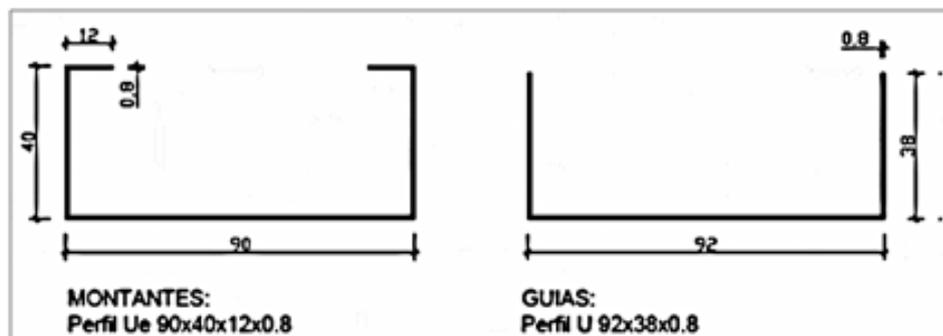
Figura 2 – Exemplo de construção utilizando o sistema LSF



Fonte: INOVA BH (2013).

Os perfis podem ser obtidos em perfiladeiras ou em dobradeiras. Os mais comuns são os perfis U simples e U enrijecido (Ue), mostrados na Figura 3. Os perfis simples são utilizados como guias, ou seja, elementos horizontais do painel, situados nos seus limites superior e inferior, enquanto os perfis enrijecidos são utilizados como montantes, ou seja, elementos verticais que recebem as cargas das lajes e da cobertura (LACERDA, 2006).

Figura 3 – Perfis formados a frio utilizados na confecção dos painéis do LSF



Fonte: LACERDA (2006).

Na Figura 3, é possível notar as dimensões dos perfis e a diferença do perfil EU e perfil U que são utilizados nas confecções no LSF.

A construção com o sistema LSF pode ser feita de três formas distintas: a partir dos perfis isolados, formando as paredes no canteiro de obras, a partir de painéis pré-fabricados ou a partir de módulos volumétricos, que são recintos pré-fabricados (CRASTO, 2005).

O processo construtivo é como o de um jogo de montar; as peças isoladas, os painéis ou os módulos chegam ao canteiro de obras e então são acoplados uns aos outros, definindo a edificação. Outros elementos tais como telhas, instalações e revestimentos em geral são utilizados, complementando a obra.

2.1.3 Processo construtivo

O sistema LSF tem como princípio a distribuição de cargas utilizando o emprego de elementos estruturais muito leves, garantindo sua estabilidade por meio de cálculos seguindo rigorosamente as prescrições das normas nacionais (FLASAN, 2005).

Na fase de detalhamento da estrutura são especificados e detalhados todos os componentes, para perfeita execução em canteiro, gerando assim, significativa redução do tempo de execução. Toda esta etapa é realizada utilizando tecnologia de ponta, de modo a impedir que possibilidades de falhas na estrutura comprometam a execução da edificação (FLASAN, 2009).

Os perfis por sua vez, são especificados milimetricamente, tendo assim, que haver uma perfeita compatibilização dos projetos hidráulicos e elétricos com o projeto arquitetônico, uma vez que, os perfis pré-fabricados já são produzidos com os furos específicos para a passagem das tubulações.

A alta confiabilidade dos projetos em LSF é atribuída à extrema resistência dos perfis em aço galvanizado e ao elevado detalhamento da estrutura. Além de aceitar a aplicação de grandes esforços, o aço galvanizado é reciclável e não polui o meio ambiente e não terá necessidade de colocar uma fundação profunda, já que a estrutura é leve, assim reduzindo o custo da obra (CONSTRUTORA SEQUÊNCIA, 2012).

2.1.4 Fundação

As fundações de um edifício construído em LSF são normalmente bem menos dispendiosas com relação às construções convencionais. Isto se deve ao fato de que, o peso próprio que a habitação assume é bastante inferior, somado ao fato de que não existe concentração de cargas (HOME, 2005). Isso reduz consideravelmente as cargas na fundação, gerando economia nessa etapa da obra, que pode chegar a 70% (FLASAN, 2009).

A fundação da edificação normalmente é constituída de uma laje de concreto armado tipo *radier*, apoiado sobre terreno nivelado, compactado e como qualquer fundação, requer uma boa impermeabilização, a fim de se evitarem infiltrações e umidade. Outros tipos de fundações podem ser utilizados, dependendo do tipo de solo e necessidades do projeto estrutural (HOME, 2005). A seguir é exemplificada a execução deste tipo de fundação.

O *radier*, como mostra a Figura 4, é um tipo de fundação rasa, constituída de uma laje em concreto armado com cota bem próxima da superfície do terreno, na qual toda estrutura se apoia. Geralmente, é dimensionado com base no modelo de placa sobre base elástica, seguindo a *Hipótese de Winckler*. Neste caso, o solo é visto como um meio elástico formando infinitas molas que agem sob a parte inferior da placa, gerando uma reação proporcional ao deslocamento (TÉCHNE, 2008a).

Figura 4 – *Radier*



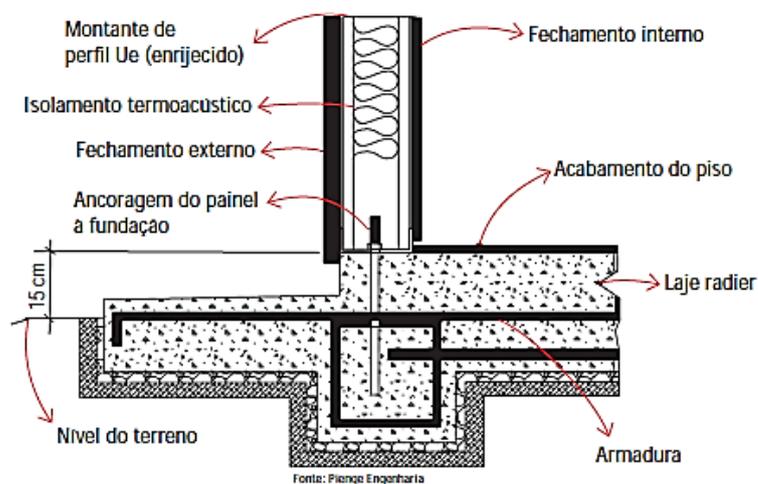
Fonte: INOVA BH (2013).

Estruturalmente, o *radier* pode ser liso (como uma laje com espessura constante e sem nenhuma viga enrijecedora) ou formado por lajes com vigas de bordas e internas, para aumentar sua rigidez. A escolha de um ou outro esquema depende da resistência do solo, das cargas atuantes sobre o *radier* e da intensidade e aplicação das ações da estrutura.

A experiência e a literatura recomendam *radier* apenas quando a soma das áreas das sapatas é grande em relação à projeção da edificação. Porém, no caso de edificações em LSF cujas cargas são relativamente baixas, a opção pelo *radier* para a fundação passa a ser interessante (TÉCHNE, 2008a).

Outra grande vantagem é que, quando bem executado e nivelado, elimina a necessidade de contrapiso, podendo receber diretamente o revestimento. O *radier* deve possuir certo desnível em seu contorno para que o painel fique protegido da umidade. Além disso, a calçada deve ser executada de forma que permita o escoamento das águas pluviais, recomendando-se uma inclinação em torno de 5%. A distância do contrapiso ao solo, conforme recomenda a norma, deve ser de pelo menos 15 cm, para evitar a penetração de umidade (TÉCHNE, 2008a), conforme mostra a Figura 5 a seguir.

Figura 5 – Detalhe do *radier*



Fonte: TÉCHNE (2008a).

A Figura 5 mostra que o perfil (UE) é ancorado na fundação com o isolamento termoacústico e colocado na laje do *radier* e finalizado com o acabamento (piso).

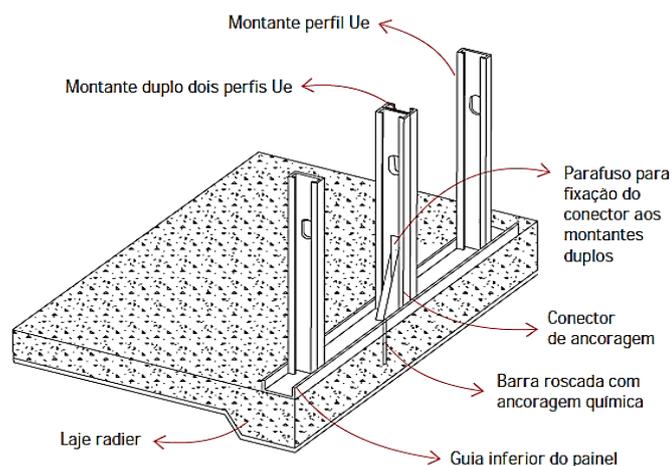
A execução do *radier* permite locar os furos para instalações hidráulicas, sanitárias, elétricas e de telefonia. Essas locações devem ser precisas em relação às posições e diâmetro dos furos, para que não ocorram transtornos na montagem dos painéis, nas colocações das tubulações e dos acessórios e nos serviços subsequentes.

Considerando-o como uma estrutura de concreto armado, o *radier* é interessante, pois demanda poucas formas, principalmente de madeira, cuja participação no custo da estrutura convencional pode chegar a 20%. Se a altura para dimensionamento do *radier* demandar que parte dele fique enterrada, pode-se utilizar o solo como forma em suas faces, desde que possua resistência necessária (TÉCHNE, 2008a).

Para a execução do *radier* é necessária a limpeza da superfície do terreno ou até mesmo a retirada de uma camada superficial que pode prejudicar a transmissão da carga para o terreno. Em seguida, deve-se proceder a correta compactação do solo, para se obter uma boa camada de suporte. Por fim, faz-se a colocação da armadura e prossegue-se com a concretagem (TÉCHNE, 2008a).

Vale ressaltar que, qualquer que seja a opção especificada para a fundação de construções em LSF, deve-se verificar o deslocamento de translação que seria provocado pela ação do vento. Para que esses efeitos sejam impedidos, a fixação da estrutura deve ser executada de maneira que fique coerentemente ancorada à fundação, como a Figura 6 a seguir exemplifica.

Figura 6 – Detalhe da ancoragem



Fonte: TÉCHNE (2008a).

A translação é uma ação decorrente de um deslocamento lateral da estrutura que, supostamente fixa à base, desloca sua parte superior de maneira excessiva, além dos limites exigidos técnica e construtivamente. O tombamento é um deslocamento semelhante a uma rotação da estrutura que, pela ancoragem imperfeita, sob a ação do vento, pode criar a tendência de rotacionar a estrutura e desprendê-la da base (TÉCHNE, 2008a).

Para que o conjunto estrutura–fundação interaja de maneira a não causar esses deslocamentos, a ancoragem da estrutura deve ser bem dimensionada e executada. A ancoragem é a maneira construtiva que a estrutura deve se prender à fundação e permitir que a transmissão dos esforços impeça qualquer deslocamento indesejável. Pode-se fazer a ancoragem química com uma barra roscada colada à fundação em orifício, executada após o concreto da fundação adquirir a resistência especificada (TÉCHNE, 2008a).

Algumas formas de fixar a estrutura é utilizar uma fita metálica chumbada à fundação, para desenvolver a ancoragem. Nesse caso, a fita metálica – que nada mais é que uma fita de aço galvanizada, com dobras para aumentar a capacidade aderente – é chumbada à fundação para a fixação da estrutura em conjunto com o montante.

2.1.5 Estrutura

Segundo Freitas e Crasto (2006), a estrutura do LSF é composta de painéis, e estes podem ter função estrutural ou não. Os painéis autoportantes (estruturais) são responsáveis por absorver as cargas horizontais como vento e abalos sísmicos e verticais as cargas de peso próprio e sobrecarga, conduzindo-as até a fundação. Já os painéis não estruturais funcionam apenas como fechamento externo ou uma divisória interna. As chapas têm entre 0,8 mm e 3,0 mm de espessura, sendo a mais utilizada a de espessura de 0,95 mm. Segundo os mesmos autores, é possível destacar três métodos de montagem dos painéis estruturais nas construções em LSF, os quais são expostos a seguir:

- a) *Método Por Painéis*: são painéis contraventados, onde as tesouras do telhado e as lajes são pré-fabricadas fora da obra e depois transportadas para o local onde está sendo feita a construção e montados conforme a Figura 7. Os painéis podem ser estruturais ou não.

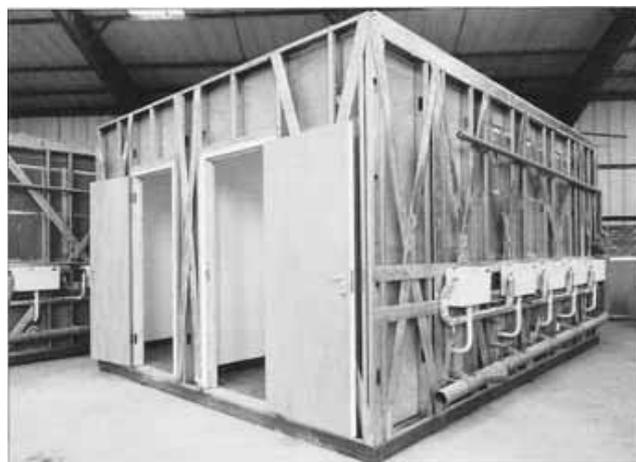
Figura 7 – Montagem por painéis



Fonte: INOVA (2013).

- b) *Método Construção Modular*: 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, etc. As unidades podem ser estocadas lado a lado, ou uma sobre as outras, já na forma da construção final. A Figura 8 ilustra este tipo de metodologia.

Figura 8 – Construção modular



Fonte: CBCA (2013).

A união dos perfis é executada com parafusos autoperfurantes e auto-atarraxantes com diversas formas de cabeça (lenticilha, sextavada e panela), empregadas de acordo com o local de uso e função estrutural do parafuso (TÉCHNE, 2008a).

O comprimento e o diâmetro, bem como a quantidade de parafusos, são estabelecidos pelo projetista de acordo com as considerações do dimensionamento da união, conforme mostra a Figura 9.

Figura 9 – Parafusos de fixação dos perfis



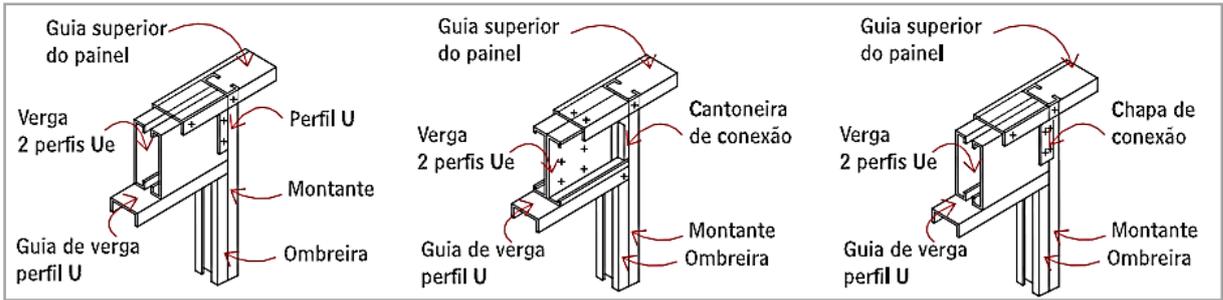
Fonte: INOVA BH (2013).

Com a fundação pronta, nivelada, limpa e em esquadro, deve-se aplicar uma fita isolante (pode ser de neoprene) na alma da guia inferior, a qual reduz possíveis ruídos.

A montagem se inicia com o painel exterior em um canto, assim que o posicionamento estiver correto e no local certo, deve se fazer um escoramento provisório com recortes dos perfis “U” para alinhar em esquadro e nível (FREITAS e CRASTO, 2006).

Onde estão localizadas as portas e janelas nos painéis portantes, se faz necessário utilizar elementos para a distribuição das solicitações nos montantes. Para essa finalidade, instalam-se vergas e ombreiras. A verga é obtida com a composição de dois ou mais perfis conectados ou, ainda, utilizando-se perfis cantoneiras, conforme Figuras 10 e 11.

Figura 10 – Vergas utilizadas para redistribuição das solicitações



Fonte: TÉCHNE (2008b).

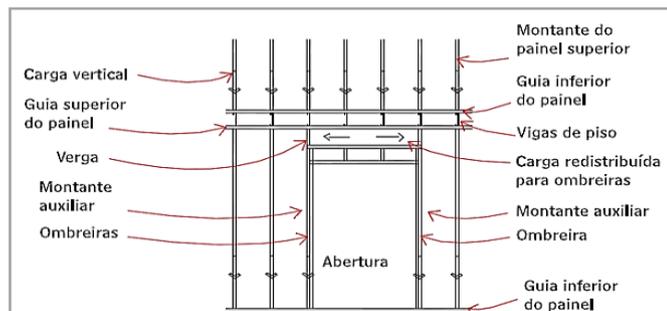
Figura 11 – Cantoneira



Fonte: INOVA BH (2013).

As ombreiras, que são os perfis que delimitam o vão, são montadas em mesmo número de cada lado da abertura, tomando-se, aproximadamente, o correspondente à quantidade de montantes interrompidos divididos por dois, conforme Figura 12 (TÉCHNE, 2008b).

Figura 12 – Ombreiras utilizadas para delimitar o vão



Fonte: TÉCHNE (2008b).

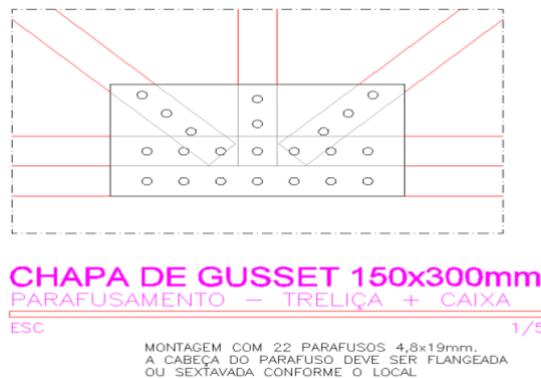
O sistema LSF permite aberturas de grandes vãos e, nesse caso, as vergas devem ser compostas por vigas treliçadas (FIGURA 13). Como uma estrutura metálica tradicional, há também a necessidade de contraventamentos, geralmente executados com fitas de aço galvanizado parafusadas em Placas de Gusset (FIGURA 14) que, por sua vez, encontram-se nas quinas do painel (TÉCHNE, 2008b).

Figura 13 – Vigas treliçadas



Fonte: INOVA BH (2013).

Figura 14 – Chapa de Gusset



Fonte: INOVA BH (2013).

Para compor o piso das lajes do sistema LSF, pode-se utilizar placas pré-fabricadas sobre as vigas de perfis U, constituindo a chamada laje seca. Tais placas podem ser compostas por fibras de madeira orientadas ou por madeira laminada ou sarrafeada, contraplacada por lâmina de madeira, recebendo ou não revestimento cimentício em suas faces. Há ainda a possibilidade do uso de laje úmida, normalmente executada com uma chapa de aço ondulada (*steel deck*) parafusada às vigas e preenchida com concreto e armadura contra fissuramentos (TÉCHNE, 2008b).

É possível também, o emprego de lajes convencionais em concreto (moldadas *in loco* ou pré-fabricadas), porém essas, assim como a laje úmida, desviam-se do conceito de construção a seco, que é premissa do sistema LSF. Estruturalmente, é interessante ressaltar que, como lajes funcionam como diafragma horizontal participando da rigidez global do conjunto da edificação, semelhante ao que se consideram as estruturas de alvenaria estrutural.

Da mesma maneira que ocorre em edificações de alvenaria estrutural, é fundamental que a estrutura seja projetada de forma que, as paredes deem certo em prumo e, particularmente no sistema LSF, os montantes devidos entre as paredes de todos os pavimentos, lajes e estrutura de telhado, para que se possa admitir a distribuição das ações de maneira mais uniforme e se conseguir obter a melhor capacidade de resistência dos elementos, funções que compõem os painéis e esperas das lajes.

2.1.6 Lajes

As lajes do 2º pavimento são compostas de vigas metálicas de perfil LSF galvanizado onde são fixadas placas de *Oriented Strand Board* (OSB) que compõem a laje seca.

O OSB, de acordo com a Figura 15, é um painel estrutural de tiras de madeira proveniente de reflorestamento, orientadas em três camadas perpendiculares, o que aumenta sua resistência mecânica. Essas tiras de madeira são unidas com resinas e prensadas sob alta temperatura.

Figura 15 – Placas de OSB



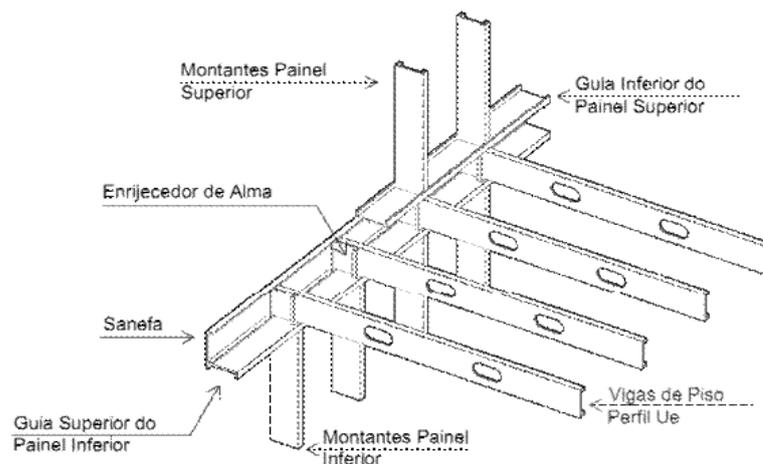
Fonte: INOVA BH (2013).

A cobertura possui suas treliças, ripas, terças e caibros estruturados em LSF onde são fixadas e apoiadas as placas de telhas de Policloreto de Vinila (PVC).

As estruturas horizontais utilizam o mesmo conceito da estrutura vertical, ou seja, separação equidistante dos elementos estruturais ou modulação determinada pela carga a que cada perfil está submetido (CRASTO, 2005).

Desta forma, as vigas da laje servem como apoio para o contrapiso e transmitem o carregamento que está submetida para os painéis estruturais. Além do mais, as vigas são perfis de seções “Ue” com seções semelhantes às dos montantes esquematizado na Figura 16.

Figura 16 – Vigas de piso no sistema LSF



Fonte: Adaptado de CONSULSTEEL (2011).

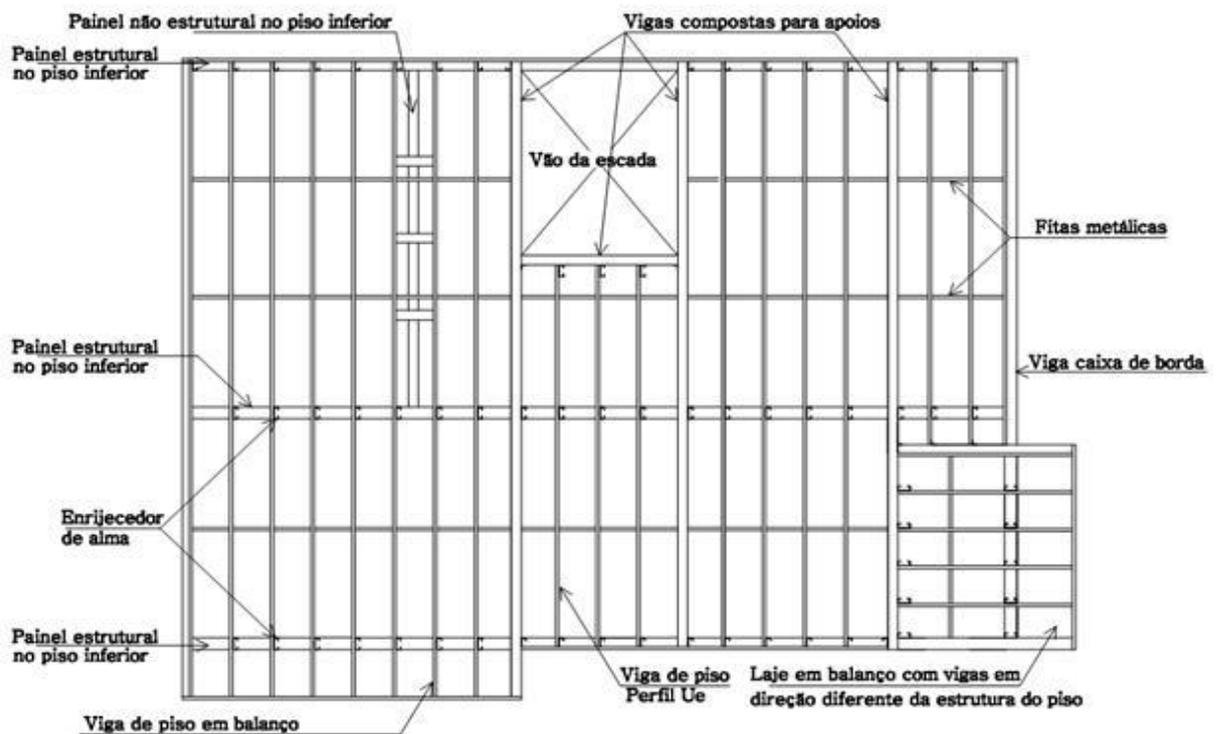
Percebe-se o alinhamento dos montantes do pavimento superior e inferior juntamente com o das vigas da laje, utilizando o mesmo conceito *in-line framing*. Quanto à importância das vigas de piso, conforme Lima (2006) “são os principais componentes (...) possuindo a função de suportar as cargas de piso e transmiti-las às paredes portantes”. Contudo, outros elementos são fundamentais para constituição de uma laje, conforme apresentado por Crasto (2005):

- a) *Sanefa ou Guia*: perfil “U” que fixa as extremidades das vigas dando forma à estrutura;

- b) *Enrijecedor de Alma*: recorte de perfil “Ue”, geralmente montante, que fixado através de sua alma à alma da viga no apoio da mesma, aumenta a resistência no local evitando o esmagamento da alma da viga;
- c) *Viga Caixa de Borda*: formada pela união de perfis “U” e “Ue” encaixados, possibilita a borda da laje paralela as vigas, principalmente quando ocorre de servir de apoio a um painel;
- d) *Viga Composta*: combinação de perfis “U” e Ue” a fim de aumentar a resistência da viga.

Esses elementos podem ser percebidos na Figura 17, com o desenho esquemático de uma laje com vista em planta.

Figura 17 – Esquema de laje no sistema LSF

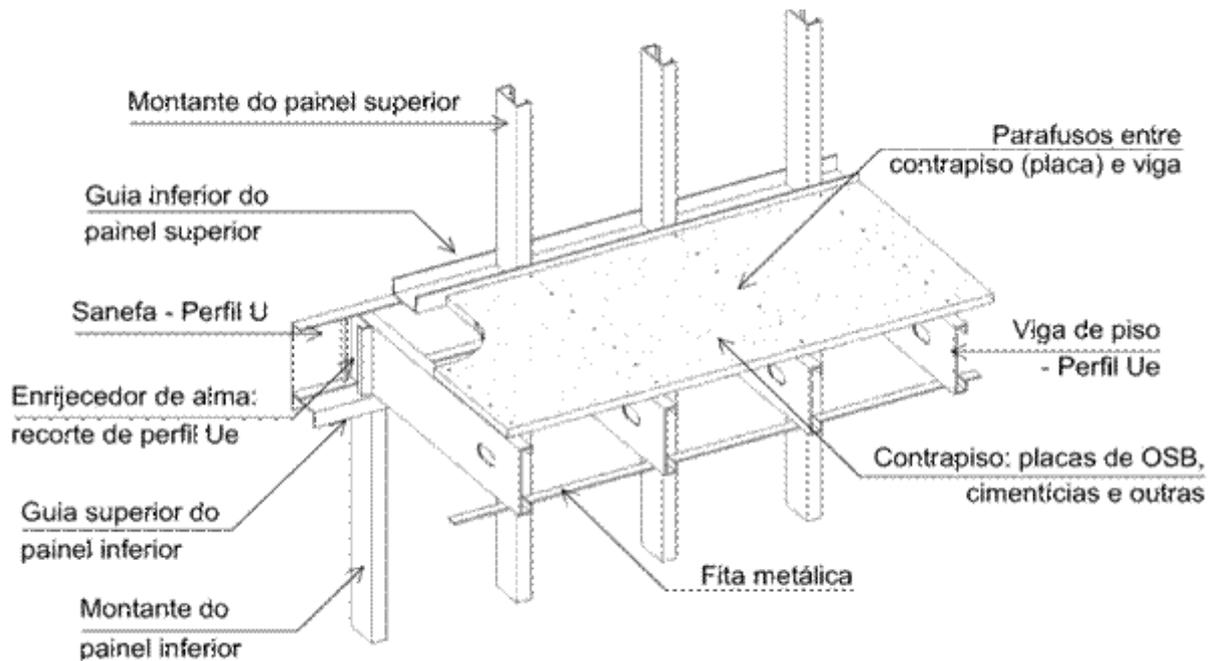


Fonte: Adaptado de CRASTO (2005, p.75).

Com intuito de evitar flambagem lateral com torção e deslocamentos e vibrações das vigas do piso, é realizado o travamento com um enrijecedor de alma executado através de bloqueadores em perfis “Ue” e fitas de aço galvanizado, apresentados na Figura 17 (SANTIAGO, 2012).

A laje pode ser concebida de duas formas diferentes, “úmida” ou “seca”. A laje tipo seca, conforme demonstrado esquematicamente na Figura 18, utiliza placas rígidas, geralmente OSB, cimentícias ou painéis compostos (Cimentícia e OSB ou Cimentícia e isopor) como contrapiso.

Figura 18 – Laje seca no sistema LSF



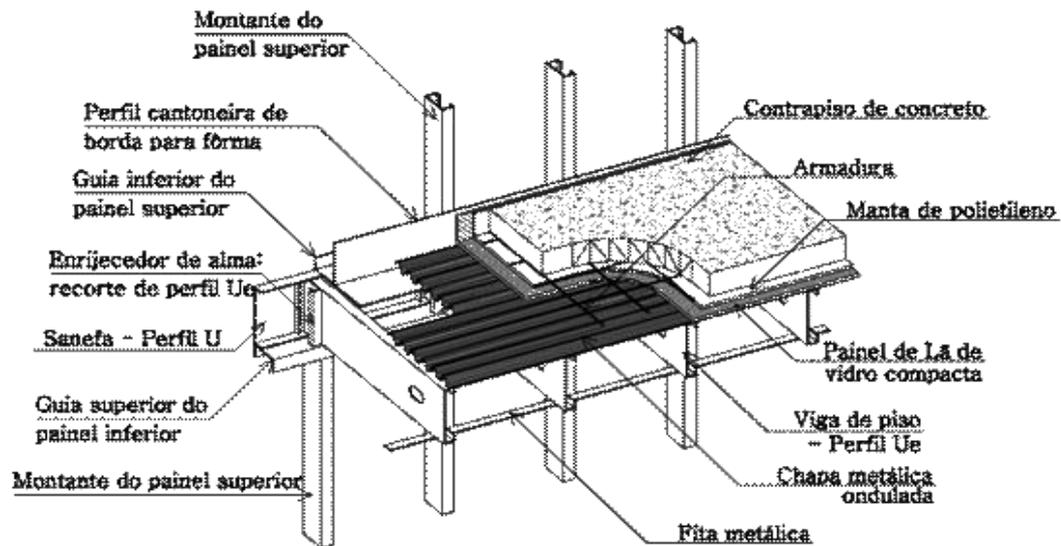
Fonte: Adaptado de CRASTO (2005, p.79).

Nas áreas molhadas (banheiros, áreas de serviço, cozinhas e outros) o uso da placa cimentícia é mais recomendado, pois tem maior resistência à umidade (CRASTO, 2005), porém, deve-se atentar quanto à resistência ao carregamento destas placas.

Quanto ao desempenho acústico entre um pavimento e outro, este é garantido com o uso de manta de polietileno expandido entre as vigas e o contrapiso e manta de lã de vidro para reduzir o nível de ruído.

A laje úmida é, normalmente, executada a partir de formas de chapa de aço ondulada ou trapezoidal que são parafusadas às vigas, aplica-se uma camada de painel de lã de vidro compactada e manta de polietileno, então se coloca uma armadura e preenche a laje com concreto, conforme desenho esquemático da Figura 19.

Figura 19 – Laje úmida no sistema LSF



Fonte: Adaptado de CRASTO (2005, p.77).

Na Figura 19, o contrapiso de concreto serve como base para a colocação do acabamento de piso que pode ser o mesmo utilizado na alvenaria convencional e a armadura é utilizada para evitar fissuras no concreto (CRASTO, 2005).

2.1.7 Instalações

As instalações elétricas e hidráulicas para edificações com sistema construtivo LSF são as mesmas utilizadas em edificações em alvenaria estrutural e apresentam o mesmo desempenho, não variando em razão do sistema construtivo. Assim, os materiais empregados e princípios de projeto também são os mesmos aplicados em edificações convencionais e, portanto, as considerações para projeto, dimensionamento e uso das propriedades dos materiais não divergem do tratamento tradicional nessas instalações (TÉCHNE, 2008c).

O mesmo acontece com as instalações para telefonia, internet, gás, cabos de TV e de aquecedor solar, que, de maneira geral, não demandam condições especiais além daquelas tradicionalmente utilizadas nas construções convencionais. Dessa maneira, nas tubulações de água fria ou quente nos sistemas, podem-se utilizar todos os materiais que são empregados nas construções comuns, tais como o PVC,

o Polietileno Reticulado (PEX), o Polipropileno Copolímetro Random (PPR), o Policloreto De Vinila Clorotado (CPVC), o cobre, entre outros, conforme Figura 20 (TÉCHNE, 2008c).

Figura 20 – Instalações elétrica e hidráulica com tubulações de PVC



Fonte: INOVA BH (2013).

Para garantir a firmeza necessária para sua operação, os registros hidráulicos devem ser parafusados a peças auxiliares instaladas na horizontal, conforme Figura 21.

Figura 21 – Registros hidráulicos parafusados em peças auxiliares



Fonte: INOVA BH (2013).

Para a passagem das instalações pelos montantes e vigas de piso, os perfis devem ser furados de acordo com normalização existente. A NBR 15253 (ABNT, 2005) normaliza os furos para passagem de instalações, prevendo que aberturas sem

reforços podem ser executadas nos perfis de *Light Steel Frame*, desde que devidamente consideradas no dimensionamento estrutural.

A distância entre eixos de furos sucessivos deve ser de, no mínimo, 600 mm e a distância entre a extremidade do perfil e o centro do primeiro furo deve ser no mínimo de 300 mm. Para aberturas com formas diferentes e dimensões superiores às especificadas na norma, devem ser executados reforços nessas aberturas, a serem projetadas conforme práticas aceitas na engenharia estrutural (TÉCHNE, 2008c).

Figura 22 – Fixação das tubulações em LSF



Fonte: INOVA BH (2013).

2.1.8 Acabamento

O fechamento vertical na estrutura é a próxima etapa após as instalações e deverá ser executado utilizando o componente mais leve possível para dar continuidade com o propósito da edificação.

Os componentes do fechamento são posicionados externamente à estrutura como uma *pele* e juntamente com os perfis galvanizados vão formar as vedações internas e externas da construção (FREITAS e CRASTO, 2006).

Segundo a norma vigente ISO 6241 (ISO, 1984) os principais requisitos que os componentes de vedação devem atender são: segurança estrutural, segurança ao

fogo, estanqueidade, conforto termoacústico, conforto visual, adaptabilidade ao uso, higiene, durabilidade e economia.

Nacionalmente os produtos mais usados para fechamento são as placas de OSB, as placas cimentícias, e o gesso acartonado, sendo este último, somente para ambientes internos. No entanto, o mercado está sempre aberto a novas tecnologias.

Os painéis OSB, são de madeira com uma liga de resina sintética, feita de três camadas prensadas com tiras de madeira alinhada em escamas, de acordo com a norma europeia EN 300 OSB (ES, 2006). Podem trabalhar como diafragmas rígidos quando aplicados a painéis estruturais e lajes de piso, e sem função estrutural podem ser em paredes externas ou internas, como forros, pisos e como substrato para a cobertura do telhado. No entanto deve-se atentar para o fato do painel de OSB não resistir a intempéries, sendo então necessário um acabamento impermeável nas partes externas (FREITAS e CRASTO, 2006).

A colocação desses painéis é prática, uma vez que as dimensões (1,22m x 2,44m – espessura 9, 12, 15 e 18 mm) e o peso baixo (aprox. 5,4kg/m², dependendo da espessura) possibilitam o transporte manual e a fácil fixação das placas através de parafusos auto-atarraxantes (FREITAS e CRASTO, 2006).

Na parte externa da edificação deve ser colocada uma manta ou membrana de polietileno de alta densidade com a finalidade de impedir a passagem de água para dentro do painel, sem prejudicar o fluxo de dentro pra fora, com isso vetando a condensação. Essa proteção garante a estanqueidade da parede, e pode ser vista na Figura 23.

Figura 23 – Impermeabilização da placa de OSB com membrana de polietileno

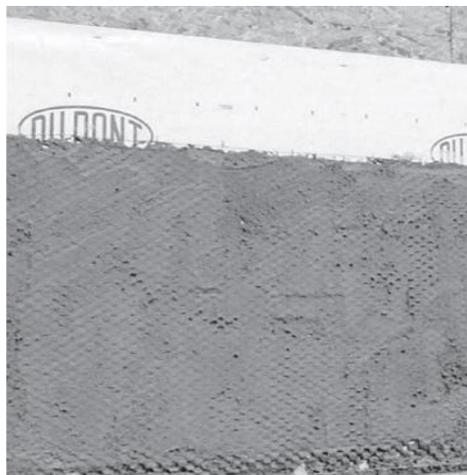


Fonte: INOVA BH (2013).

A barreira de vapor é uma membrana hidrofuga aplicada nas paredes externas, que atua como impermeabilização do prédio, barreira contra vento, poeira, vapor d'água e calor. Possui funcionamento inspirado na pele humana, ou seja, é impermeável de fora para dentro e permeável de dentro para fora, garantindo a estanqueidade da construção e permitindo a saída do vapor d'água do interior das paredes evitando condensação, o acúmulo de umidade e a proliferação de fungos.

Quanto ao uso da argamassa como revestimento, o método indicado é uma colocação de telas do tipo *implantado* ou tela plástica resistente à alcalinidade. As telas são colocadas em duas camadas e fixadas sobre as placas de OSB, já com a manta de polietileno, através de grampos, e em seguida cobertas com uma argamassa de traço forte, como se pode ver na Figura 24.

Figura 24 – Revestimento das placas de OSB com argamassa aplicada sobre tela tipo *deployée*



Fonte: CBCA (2013).

Não é preciso o tratamento das juntas das placas de OSB, pois a membrana de polietileno já garante a estanqueidade do painel. Porém, é necessário junto feito na argamassa para a orientação de trincas (FREITAS e CRASTO, 2006).

Outro tipo comum de fechamento são as placas de gesso acartonado, conforme Figura 25, as quais são compostas por uma mistura de gesso, água e aditivos, revestida em ambos os lados com lâminas de cartão, que conferem ao gesso resistência à tração e flexão, mas não possuem função estrutural.

Figura 25 – Fechamento em *drywall*



Fonte: CONSTRUPLAX (2012).

A vedação do gesso acartonado é um tipo de vedação vertical utilizada na compartimentação e separação dos espaços internos em edificações. Este tipo de vedação apresenta-se leve, estruturada, fixa, geralmente monolítica, de montagem por acoplamento mecânico e constituído usualmente por uma estrutura de perfis metálicos e fechamento de gesso acartonado (SABBATINI, 1998 apud HOLANDA, 2003). Esse sistema é também muito conhecido como *Drywall*.

O sistema *Drywall* utiliza os perfis que seguem a mesma distribuição dos painéis de LSF, porém, como esses perfis não tem função estrutural, eles possuem espessura menor.

Um importante fator, que deve ser levado em consideração, independentemente da escolha do tipo de fechamento, é o isolamento termoacústico. As vedações verticais

têm papel fundamental no isolamento termoacústico, pois constituem as barreiras físicas entre os ambientes e o exterior. Além disso, é usual o acréscimo de uma camada isolante entre os perfis de aço, a qual normalmente é constituída de lã de vidro, lã de rocha ou lã de PET (materiais capazes de atender à norma quanto aos requisitos).

O desempenho termoacústico de um edifício é dado pela capacidade de proporcionar condições de qualidade ambiental adequadas ao desenvolvimento das atividades para o qual ela foi projetada (CRASTO, 2005). Para o isolamento térmico, a solução mais adequada representa um equilíbrio entre perdas e ganhos de calor, que variam conforme o tipo de edificação, as condições de ocupação, as características do clima local e os materiais empregados na construção. A Figura 26 a seguir, ilustra os materiais anteriormente citados, usualmente empregados para executar este isolamento.

Figura 26 – Lã de PET, lã de rocha e lã de vidro



Fonte: PINI (2012).

A Figura 26 mostra a lã de *pet*, lã de rocha e a lã de vidro, respectivamente já aplicadas nos painéis, dando assim, um conforto termoacústico e também uma maior sustentabilidade na obra.

2.1.9 Sustentabilidade

O *Light Steel Frame* é constituído por perfis de aço galvanizado e placas estruturais. Estes materiais utilizados na construção são leves, reduzindo a quantidade de meios

de transportes necessários, e conseqüentemente, diminuindo a quantidade de consumo de combustível para levar o material para a obra.

A industrialização no processo construtivo possibilita a execução de um empreendimento seco, limpo e mais rápido. Com isso, a execução se torna mais ágil e exige menor emprego de mão de obra, reduzindo os impactos sobre a vizinhança, como a movimentação de veículos, ruídos e sujeira. A tecnologia do *Light Steel Frame* permite a não utilização de água em seus processos construtivos, se tornando um aspecto muito positivo para a sustentabilidade do método construtivo. Além disso, a tecnologia se caracteriza pelo planejamento prévio dos materiais e quantidades a serem utilizados, possibilitando a racionalização dos recursos e a diminuição do volume de resíduos gerados, um dos maiores impactos dos canteiros de obra convencionais (MALKUT, 2017). A alvenaria estrutural por sua vez, apresenta características parecidas com o LSF no quesito de racionalização dos recursos e a redução de volume de resíduos, visto que, sua estrutura não precisa de formas e possui pouco desperdício de material.

2.2 Estruturas em Alvenaria Estrutural

2.2.1 Histórico

A alvenaria é um material de construção tradicional que tem sido usado há milhares de anos (DUARTE, 1999). Segundo o mesmo autor, as edificações em alvenaria estão entre as construções que têm maior aceitação pelo homem, não somente hoje, como também nas civilizações antigas. Dentre as construções mais antigas, pode-se citar os templos romanos, as catedrais, o Coliseu e até mesmo da Muralha da China.

Segundo Hendry (2002), a alvenaria estrutural passou a ser tratada como uma tecnologia de construção civil por volta do século XVII, quando os princípios de estatística foram aplicados para a investigação da estabilidade de arcos e domos. Embora, no período entre os séculos XIX e XX, tivessem sido realizados testes de

resistência dos elementos da alvenaria estrutural em vários países, ainda se elaborava o projeto de alvenaria estrutural de acordo com métodos empíricos de cálculo, apresentando, assim, grandes limitações.

Nesta época, entre os séculos XIX e XX, edifícios em alvenaria estrutural foram construídos com espessuras excessivas de paredes como, por exemplo, o edifício Monadnock, em Chicago, que se tornou um símbolo da moderna alvenaria estrutural, mesmo com suas paredes da base de 1,80m. Este edifício foi considerado na época como limite dimensional máximo para estruturas de alvenaria calculadas pelos métodos empíricos. Acredita-se que, se este edifício fosse dimensionado pelos procedimentos utilizados atualmente, com os mesmos materiais, esta espessura seria inferior a 30 cm (RAMALHO e CORRÊA, 2003).

A perda de espaço e redução da velocidade de construção evidencia a baixa aceitação de edifícios altos em alvenaria estrutural na época frente à emergente alternativa de estruturas de concreto armado. Assim, os edifícios em alvenaria estrutural tiveram pouca aplicação durante um período de 50 anos (HENDRY, 2002).

Somente na década de 50 houve novamente um aumento no interesse pela construção de edifícios em alvenaria estrutural, pois a Segunda Guerra Mundial (1939 – 1945) causou uma escassez dos materiais de construção na Europa. Assim, nesta época foram construídos alguns edifícios em alvenarias estruturais (HENDRY, 2002).

Segundo Ramalho e Corrêa (2003), um edifício construído em 1950, na Basiléia, Suíça, com 13 pavimentos foi um marco importante na história da alvenaria estrutural, pois suas paredes internas foram reduzidas à espessura de 15 cm e as paredes externas a 37,5 cm de espessura.

Nas décadas seguintes (1960 e 1970), o interesse pela alvenaria estrutural avançou para outros países da Europa, como, por exemplo, a Inglaterra, onde foram construídos diversos edifícios em alvenaria estrutural, promovidos principalmente por programas públicos (HENDRY, 2002).

No Brasil, a alvenaria estrutural se iniciou no período colonial, com a utilização da pedra e tijolo de barro cru. No período imperial, seu início se deve pelo uso do tijolo de barro cozido, a partir de 1850, propiciando construções com maiores vãos e mais resistentes a intempéries. Ao final do século XIX, a precisão dimensional dos tijolos, possibilitou que tornasse notória a necessidade da racionalização e uma demanda para industrialização do produto. Entretanto, a alvenaria estrutural com blocos estruturais, encarada como um processo construtivo, voltado para a obtenção de edifícios mais econômicos e racionais, demorou muito a encontrar seu espaço (RAMALHO e CORRÊA, 2003).

A partir da década de 1970 no Brasil, a alvenaria estrutural passou a ser tratada como uma tecnologia de engenharia, através do projeto estrutural baseado em princípios validados cientificamente e da execução com critérios mais bem definidos (RAMALHO e CORRÊA, 2003). Segundo os mesmos autores, apesar de sua chegada tardia, o processo construtivo de alvenaria estrutural acabou se firmando como uma alternativa eficiente e econômica para a execução de edifícios residenciais e também industriais.

Após anos de adaptação e desenvolvimento no país, esta tecnologia construtiva foi consolidada na década de 1980, através da normalização oficial consistente e razoavelmente ampla. Um exemplo da aplicação intensa da alvenaria estrutural no Brasil são os empreendimentos habitacionais de baixa renda, que vem sendo desenvolvidos em grande escala (RICHTER, 2007).

2.2.2 Definição

A alvenaria estrutural é o processo de construção que se caracteriza pelo uso de paredes como a principal estrutura suporte de edificações simples ou dispositivos complementares, em substituição ao concreto (DER-SP, 2006).

A alvenaria estrutural pode se subdividida em duas classes estruturais: alvenaria não armada (ou simples) e a alvenaria armada. A alvenaria simples é composta apenas

de blocos de alvenaria e argamassa, enquanto que, a alvenaria armada é reforçada por armadura passiva de fios, barras ou tela de aço, dimensionadas racionalmente para suportar os esforços atuantes (CAMPOS, 2012).

A Figura 27 apresenta a construção de uma EMEI em alvenaria estrutural, onde as lajes de piso e de forro apoiam-se diretamente sobre a alvenaria ou sobre uma pequena cinta de concreto armado, enquanto que as paredes se encarregam de transportar as cargas para o solo, através dos baldrame apoiados em sapatas corridas ou pequenas estacas. Este tipo simples de construção evoluiu bastante, possibilitando construir edifícios de vários pavimentos com o mesmo princípio de funcionamento estrutural (CAMPOS, 2012).

Figura 27 – EMEI sendo executada em alvenaria estrutural

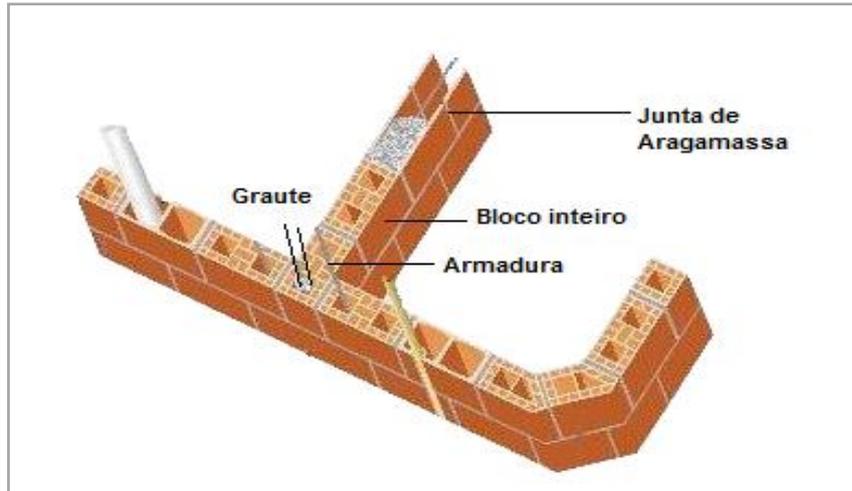


Fonte: INOVA BH (2013).

A fim de melhor compreender os termos utilizados que nomeiam cada constituinte da alvenaria estrutural, serão adotadas as seguintes definições, embasados nas normas NBR 15812 (ABNT, 2010) e NBR 15270-2 (ABNT, 2005):

- a) *Componente ou Unidade*: é o que compõe os elementos da estrutura separadamente. Cada um possui propriedades mecânicas distintas. Os principais são: o bloco, a junta de argamassa, o *graute* e a armadura (FIGURA 28);

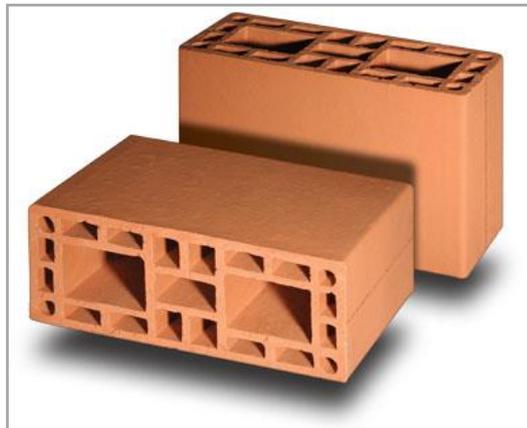
Figura 28 – Componentes da alvenaria estrutural



Fonte: JOÃO (2012).

- b) *Bloco Cerâmico Estrutural*: componente básico da alvenaria. Segundo RAMALHO e CORRÊA (2003, p.7), o bloco é o principal responsável pela determinação da característica resistente da estrutura. Possui furos prismáticos perpendiculares às faces que os contêm, com assentamento estritamente dos furos na vertical, como se pode ver na Figura 29;

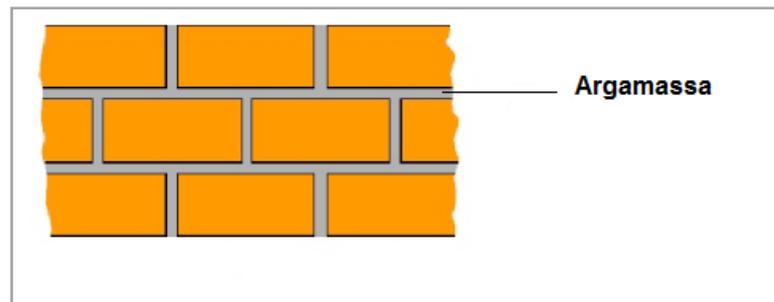
Figura 29 – Bloco cerâmico estrutural



Fonte: TADEU BLOCOS (2012).

- c) *Junta de Argamassa*: componente utilizado na ligação dos blocos. É o cordão ou lâmina de argamassa endurecida, que intercala e adere às unidades de alvenaria. Este constituinte é evidenciado na Figura 30;

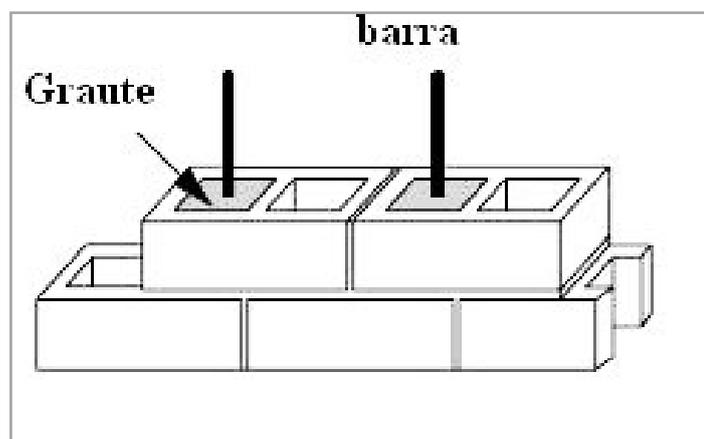
Figura 30 – Junta de argamassa na alvenaria



Fonte: SIMPLES CONSTRUÇÃO (2012).

- d) *Graute*: tem a função de preenchimento de espaços vazios dos blocos ou em trechos de canaletas. Conhecido também pelo termo inglês *grout*, pode ser definido também como um microconcreto líquido, constituído de cimento, agregado miúdo e/ou gráudo, cal e/ou aditivo, com a função de solidarização das armaduras ao bloco. Possui como finalidade principal o aumento de resistência da alvenaria (RAMALHO e CORRÊA, 2003);
- e) *Armaduras*: segundo Ramalho e Corrêa (2003), as barras de aço utilizadas nas construções em alvenaria são as mesmas utilizadas nas estruturas de concreto armado, mas, neste caso, serão sempre envolvidas por *graute*, para garantir o trabalho conjunto com o restante dos componentes da alvenaria. A seguir, a Figura 31 apresenta a ilustração contendo o *graute* e a armadura.

Figura 31 – Graute e armadura no bloco de alvenaria



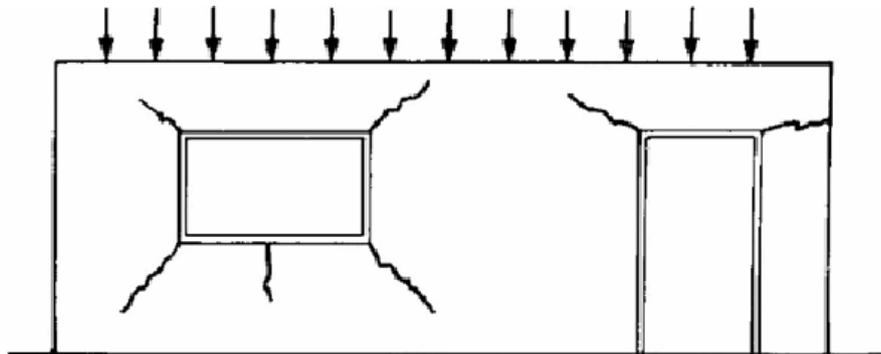
Fonte: THOR (2012).

2.2.3 Processo construtivo

De forma similar, nas construções em alvenaria estrutural, os projetos arquitetônico, estrutural, elétrico, hidrossanitário, de segurança e combate a incêndio dependem um do outro, ocorrendo uma compatibilização entre os mesmos e identificando as interferências entre eles. Nesse método, canos e fios passam por dentro dos blocos, ao mesmo tempo em que a parede sobe, reduzindo assim, o volume de formas de madeira e a quebras de blocos. No projeto, aplica-se a coordenação modular, onde se ajustam as dimensões, usando a dimensão básica de unidade, evitando cortes e desperdícios (BERENGUES e FORTES, 2009).

É importante ressaltar que, apesar de diversos *softwares* já existirem e serem utilizados, ainda é muito comum à ocorrência de projetos mal concebidos, resultando no aparecimento de rachaduras em alguns pontos da parede próximos às portas e janelas, como mostra a Figura 32.

Figura 32 – Fissuras devido a projetos mal concebidos



Fonte: ACDIMOVEIS (2012).

Para evitar tais rachaduras, o arquiteto deve entrar em acordo com o calculista e descobrir o melhor lugar para posicionar as aberturas, além de fazer as chamadas amarrações com vergas e contravergas, usando barras de aço e concreto nos devidos pontos (TAUIL e NESSE, 2010).

As patologias na alvenaria estrutural, na maioria das vezes são decorrentes de erros de projeto ou de erros na execução que podem acontecer também na fundação.

2.2.4 Fundação

Para o caso de construções em alvenaria estrutural, observa-se que, os tipos de fundações e profundidades são variados, em função das características de cada terreno, disponibilidade de equipamentos e recursos (SANTOS, 1998). As sapatas corridas são utilizadas sempre que os solos são bons (boa compactação) e as cargas são médias. Por outro lado, se o solo for ruim e as cargas pequenas, pode-se utilizar um *radier*, que tem boa capacidade de distribuir as cargas no subsolo. E por fim, sempre que o solo for ruim e as cargas grandes (geralmente acima de 4 pavimentos), utiliza-se estacas cravadas distribuídas ao longo das paredes (ARAÚJO, 2012).

A Figura 33 apresenta uma sapata corrida, a qual é a mais empregada como fundação em construções de alvenaria estrutural.

Figura 33 – Fundação em sapata corrida



Fonte: BARROS (2011).

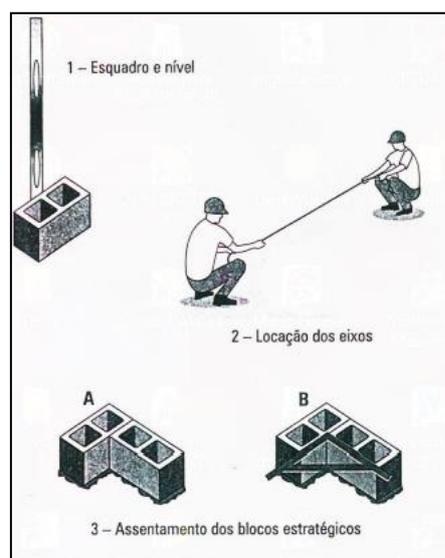
A sapata corrida é contínua, isto é, percorre todo o comprimento da parede. Na execução deste tipo de fundação, inicia-se a abertura das cavas, e em seguida coloca-se o lastro de concreto magro. Faz-se o assentamento dos blocos estruturais e, ao final, o coroamento da fundação com uma cinta de concreto. Nesta fase final há que se cuidar da passagem para o esgoto e da perfeita impermeabilização (SALGADO, 1999).

Dependendo das dimensões das bases, a sapata pode ser classificada como flexível ou rígida. O dimensionamento da armadura leva em consideração essa diferença, devido à variação distinta da tensão normal no solo. O fundo da vala deve ser apilado e antes de se colocar a estrutura de ferro, deve-se colocar uma camada de concreto magro para reforçar o solo. Em solos com boa resistência, a sapata corrida pode ser executada a 60 centímetros da superfície (DELTA, 2012).

2.2.5 Estrutura

No caso das construções em alvenaria estrutural, Manzione (2004) expõe que a obra inicia-se com a execução da marcação, identificando assim, o nível mais alto da laje e assentando em seguida o bloco de referência do nível. Deve-se lembrar de que, todo o assentamento da alvenaria estrutural contém um centímetro de junta, tanto horizontal quanto vertical. Posteriormente, marcam-se os eixos de locação com o fio traçante, tendo em mãos o projeto de primeira fiada. Com isso, assentam-se os blocos estratégicos, localizados nos cantos e encontros de paredes (FIGURA 34).

Figura 34 – Primeiros passos na execução da alvenaria estrutural



Fonte: MANZIONE (2004).

É importante que a marcação utilize as cotas acumuladas de projeto. Já se tem o nível e os eixos de locação marcados na laje, então, o responsável pela marcação deve verificar o esquadro a todo instante (MANZIONE, 2004).

Em seguida, esticando a linha na parte superior dos blocos de referência, permite-se o alinhamento e nivelamento dos blocos de primeira fiada, onde com o auxílio de uma broxa, molha-se a superfície que ficará em contato com a argamassa da primeira fiada, com o intuito também de limpar a mesma (BERENGUES e FORTES, 2009).

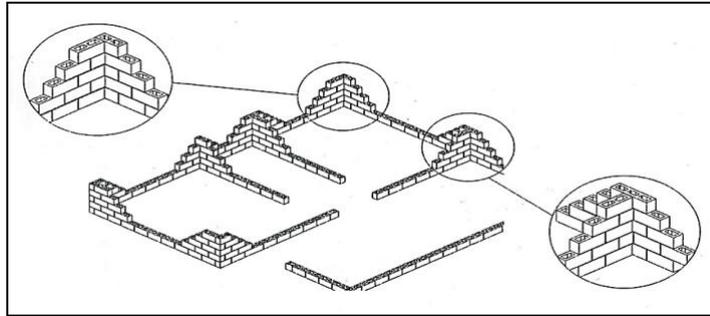
Após o molhamento da superfície, com o auxílio de uma colher de pedreiro, espalha-se a argamassa de assentamento, assenta e nivela os blocos da primeira fiada, esticando novamente a linha e utilizando a régua técnica. Após o assentamento de toda a primeira fiada da alvenaria estrutural, deve distribuir os escantilhões nos cantos da alvenaria, assentando e aprumando-os, para que estejam no mesmo nível da primeira fiada, assim, as demais fiadas estarão niveladas como a primeira (BERENGUES e FORTES, 2009).

Para garantir o prumo do edifício, deve-se fixar um sarrafo, geralmente de madeira, nos cantos do pavimento em execução, amarra-se o arame com um bloco de concreto, garantindo um fio de prumo bem esticado.

Na etapa de elevação da alvenaria estrutural é importante que sejam verificados constantemente o prumo, nível, alinhamento e planicidade da mesma. Além disso, é indispensável que os profissionais que estão executando o serviço, tenham em mãos os projetos de primeira e segunda fiada e das elevações. O assentamento não pode ser executado debaixo de chuva e tem que evitar que os blocos sejam molhados durante a elevação. Não se devem cortar blocos para ajustar medidas e deve-se verificar se as paredes estruturais não estão amarradas com o não estruturais, pois uma deve ser independente da outra, com uma amarração com grampos, por exemplo, (BERENGUES e FORTES, 2009).

Em seguida, inicia-se a elevação pelas paredes externas, executando os chamados castelos, de acordo com a Figura 35, que tem a função de servir como referência para o assentamento dos blocos intermediários.

Figura 35 – Exemplos de "castelos"



Fonte: MANZIONE, 2004

Nessa etapa também são colocados os gabaritos metálicos para os vãos de portas, janelas ou qualquer outro tipo de vão aberto, que garantem a perfeição das medidas dos vãos. A aplicação do *graute* na posição vertical deve ser feita em duas etapas, onde a primeira será realizada na sexta ou sétima fiada e a outra na última fiada da alvenaria. Antes da aplicação, devem-se limpar as canaletas e colocar a armadura, de modo que ela fique posicionada na vertical, obedecendo às prescrições de projeto (FIGURA 36), e durante a aplicação tem que observar se o graute está saindo nos furos abaixo da alvenaria, onde, se isso não acontecer, o que estiver impedindo a passagem do graute deve ser removido, desobstruindo a passagem (MANZIONE, 2004).

Figura 36 – Armadura dentro da canaleta, esperando o *graute*



Fonte: JEAN, DÉ SIR (2009)

2.2.6 Lajes

Lajes convencionais em CA (lajes maciças) são aquelas que se apoiam em vigas que, por sua vez, descarregam em pilares (ALBUQUERQUE e PINHEIRO, 2002, p.2). Para Carvalho e Figueiredo Filho (2012, p. 291), por transmitir as cargas diretamente às vigas de borda às quais se encontram apoiadas, há um melhor aproveitamento dessas, pois ficam sujeitas a cargas de mesma ordem de grandeza. Ainda, segundo os autores, no projeto em laje convencional, o custo inerente às formas corresponde em uma grande parcela do custo global da edificação, diminuindo consideravelmente com a repetição do pavimento, devido ao reaproveitamento das formas.

A esbeltez das lajes maciças costuma variar na ordem de 1/40 a 1/60 (relação entre a espessura e o menor vão da laje), não sendo adequada para vencer grandes vãos, e, portanto, de prática usual é adotado como vão médio econômico um valor entre 3,5 e 5 metros (ALBUQUERQUE e PINHEIRO, 2002; CARVALHO e FIGUEIREDO FILHO, 2012).

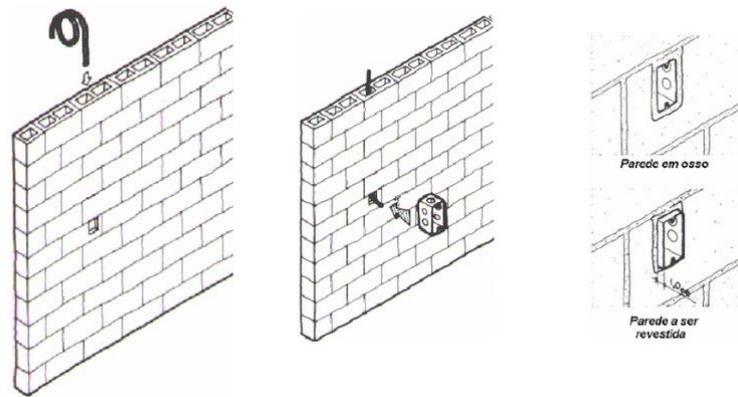
As principais características desse sistema, segundo Albuquerque e Pinheiro (2002) são:

- a) Devido aos limites impostos, apresenta uma grande quantidade de vigas, fato esse que deixa a forma do pavimento muito recortada, diminuindo a produtividade da construção e o reaproveitamento de formas;
- b) Grande consumo de formas;
- c) A existência de muitas vigas, por outro lado, forma muitos pórticos, que garantem uma boa rigidez à estrutura;
- d) Foi durante anos o sistema estrutural mais utilizado nas construções de concreto, por isso a mão de obra está adaptada ao processo e bem treinada;
- e) O volume de concreto é grande, devido principalmente ao consumo das lajes.

2.2.7 Instalações

No caso das construções em alvenaria estrutural, os rasgos horizontais ou inclinados nos blocos são totalmente indesejáveis e não fazem parte do arcabouço de boas técnicas executivas. Toda e qualquer instalação somente pode ser embutida na alvenaria verticalmente, nos furos dos blocos (RAUBER, 2005). Dessa maneira, a instalação elétrica deve ser distribuída através da laje, sendo os pontos de consumo alimentados sempre na vertical, conforme apresentado na Figura 37 a seguir.

Figura 37 – Detalhe das instalações em alvenaria estrutural



Fonte: UFSM (2001).

2.2.8 Acabamento

Para as construções em alvenaria estrutural, a fase de acabamento é constituída basicamente pela aplicação do gesso diretamente na laje e nas paredes estruturais, conforme a Figura 38. O mesmo acontece na fase de aplicação do revestimento cerâmico na cozinha e banheiros, conforme a Figura 39.

Figura 38 – Aplicação direta de gesso na parede estrutural



Fonte: JEAN; DÉSIR (2009).

Figura 39 – Aplicação de revestimento cerâmico diretamente na parede estrutural



Fonte: JEAN; DÉSIR (2009).

Na Figura 39, observa-se o assentamento do azulejo direto no bloco estrutural, assim, não precisando do emboço e reboco nas paredes.

2.2.9 Sustentabilidade

Entre os benefícios em se construir em alvenaria estrutural com blocos cerâmicos estão a racionalização com maior produtividade, qualidade e custo menor, bom desempenho e segurança estrutural, maior rapidez e facilidade de construção, projeto simplificação do detalhamento e materiais componentes, canteiro de obra mais limpo e ecológico, sem entulhos e restos de madeira, redução de cerca de 30% sem custo da construção, não uso de concreto, ferragem e mão de obra de carpintaria e ferreiro, além da economia no uso de madeira para formas e água para lavagem das amostras (SOUZA,2015).

3 METODOLOGIA DA PESQUISA

De acordo com Gil (2007) a ciência tem como objetivo principal chegar à veracidade dos fatos. Porém, o conhecimento científico, distinto dos demais, tem como característica fundamental a sua verificabilidade.

Para tal, é necessário ter operações técnicas e mentais, ou seja, a determinação de um caminho ou métodos intelectuais e técnicas para atingir o conhecimento de um determinado fim. Assim, a pesquisa pode ser definida como um procedimento racional e sistemático com objetivo de proporcionar respostas aos problemas levantados.

Não se pode esquecer de que a ciência é, sobretudo, uma construção social e, sendo assim, a produção do conhecimento científico se dá por meio de intensa colaboração entre os diversos pesquisadores de cada área específica (APPOLINÁRIO, 2006).

3.1 Pesquisa Quanto aos Fins

Gil (2007) afirma e detalha que pesquisa é o processo que utiliza a metodologia científica para a obtenção de novos conhecimentos, podendo ser classificado de diversas formas, dentre os fins se destacam três grupos principais:

- a) *Exploratória*: tem como principal finalidade desenvolver, esclarecer e modificar conceitos, é realizado quando o tema escolhido é pouco conhecido e tem como objetivo proporcionar maior familiaridade com o problema, visando torná-lo mais explícito ou construir hipóteses. Embora o planejamento da pesquisa exploratória seja bastante flexível, na maioria dos casos assume forma de pesquisa bibliográfica ou estudo de caso, o produto final deste processo passa a ser um problema mais esclarecido, passível de investigação

mediante procedimentos mais sistematizados, constituem a primeira etapa de uma investigação mais ampla (GIL, 2007);

- b) *Descritiva*: consiste na utilização de técnicas padronizadas para coleta de dados com o objetivo primordial da descrição do estudo das características de um determinado grupo populacional ou fenômeno ou mesmo o estabelecimento de relações entre variáveis, resultando no levantamento de opiniões, atitudes e rendimentos, em outros casos mesmo definidas como descritivas através de seus objetivos servem para proporcionar uma nova visão do problema aproximando-as das pesquisas exploratórias (GIL, 2007);
- c) *Explicativa*: caracterizadas pela preocupação de identificar fatores que determinam ou contribuem para a ocorrência de fenômenos. É o tipo mais complexo e delicado de um estudo, pois o risco de cometer erros aumenta consideravelmente, esta pesquisa aprofunda o conhecimento da realidade, devido a explicar a razão e o porquê das coisas. O conhecimento científico está assentado nos resultados oferecidos pelos estudos explicativos por poder ser a continuação de outra descritiva posto que a identificação dos fatores que determinam um fenômeno exige que este esteja suficientemente descrito e detalhado (GIL, 2007).

Após analisar todos os tipos, foi observado que essa pesquisa se classifica como exploratória por possuir características de desenvolver, esclarecer e modificar conceitos. Ela procura entender e observar todos os aspectos relativos aos métodos construtivos em LSF e a alvenaria estrutural que estão sendo estudados e apresentados na pesquisa.

3.2 Pesquisa Quanto aos Meios

A formulação do problema, a construção de hipóteses e a identificação das relações entre variáveis constituem passos do estabelecimento do marco teórico ou sistema conceitual da pesquisa (GIL, 2007).

Segundo Appolinário (2006), uma pesquisa pode ser classificada de acordo com suas dimensões, de tal forma que se teria diversas combinações destas, resultando em vastos estudos e denominações e em técnicas utilizadas.

- a) *Pesquisa Bibliográfica*: é desenvolvida a partir de material existente constituído principalmente de livros e artigos científicos, embora em quase todos seja exigido à fundamentação através desta natureza podem ser desenvolvidas exclusivamente a partir de fontes bibliográficas, servem como base para outros estudos (GIL, 2007);
- b) *Pesquisa Descritiva*: para Appolinário (2006) é a mais importante de todas as dimensões classificatórias referindo-se a estrutura básica da investigação, descrevendo a realidade, sem nela interferir, o pesquisador descreve, narra algo que acontece;
- c) *Pesquisa Experimental*: busca explicar as causas de determinado evento, manipulando deliberadamente algum aspecto dessa realidade enquanto observamos os resultados para saber o que acontece com as outras, tendo a finalidade de aumentar nosso conhecimento sobre o assunto (APPOLINÁRIO, 2006);
- d) *Pesquisa Simulação*: para Miguel (2010) este método tem como pilar a utilização de técnicas computacionais para realizar testes de verificação do funcionamento dos sistemas produtivos a partir de modelos matemáticos;
- e) *Estudo de Campo*: Miguel (2010) afirma que existem outros métodos de pesquisa, principalmente de abordagem qualitativa ou presença de campo, sem estruturação formal do método de pesquisa. Este é um método que tem grande utilidade ao trabalho realizado diretamente com o objetivo de estudo, tem a determinação das variáveis de modo a garantir e reproduzir as experiências com fidelidade;
- f) *Estudo de Caso*: caracterizado pelo estudo profundo e exaustivo de um ou de poucos objetos, de maneira a permitir o seu conhecimento amplo, profundo e detalhado, investiga o fenômeno atual dentro do seu contexto de realidade, o qual são utilizadas várias fontes de evidência. Pode ser utilizado tanto em pesquisas exploratórias quanto descritivas e explicativas. Permite a interação entre o pesquisador e o objetivo da pesquisa (GIL, 2007). O estudo de caso consiste em coletar e analisar informações sobre determinado indivíduo,

família, grupo ou uma comunidade, a fim de estudar aspectos variados de sua vida, de acordo com o assunto da pesquisa. É um tipo de pesquisa qualitativa e/ou quantitativa, entendido como uma categoria de investigação que tem como objeto o estudo de uma unidade de forma aprofundada, podendo se tratar de um sujeito, de um grupo de pessoas, de uma comunidade etc. (PRODANOV; FREITAS, 2013).

Após a descrição de determinadas pesquisas, observa-se que, a presente pesquisa se enquadra como bibliográfica e estudo de caso, baseado em conhecimentos profundos dos processos construtivos utilizados em projetos de EMEIs construídas em LSF e alvenaria estrutural.

Para tanto, foram elencadas as diferenças existentes entre estes dois processos construtivos, onde foi possível identificar ao final da pesquisa qual o modelo de construção mais adequado para as obras de EMEIs realizadas através de análises de projetos executivos, localizadas em Belo Horizonte - Minas Gerais.

3.3 Organização em Estudo

A *Empresa A*, pseudônimo utilizado para identificar a empresa estudada, pois a mesma não autorizou sua divulgação do seu nome, atua há mais de 8 anos no mercado da construção civil e conservação no estado de Minas Gerais. O presente empreendimento tem como natureza jurídica, pequeno porte com aproximadamente 430 funcionários, está localizada no município de Belo Horizonte, atua na realização de obras de EMEIs e Escolas Municipais de Ensino Fundamental (EMEFs), com fins lucrativos, com mais de 51 unidades, e a conservação das mesmas para a Prefeitura de Belo Horizonte. A empresa tem como trunfo o contrato de Parceria Público-Privada (PPP) na administração da prefeitura e está levando infraestrutura de qualidade para as EMEIs e EMEFs de Belo Horizonte.

O contrato de PPP foi conquistado em 2012, mas assinado em 2013. A primeira escola inaugurada foi a EMEI Belmonte, em setembro de 2013. A PPP é o resultado

de uma iniciativa da Prefeitura de Belo Horizonte (PBH) juntamente com a detentora do contrato. A parceria foi desenvolvida e colocada em prática pela Secretaria Municipal de Educação sob a forma de licitação pública, ficando então a cargo da concessionária vencedora pelo menor preço, a construção e a administração de 51 Escolas.

A concessionária tem um contrato de concessão administrativa, na modalidade de PPP, para a construção e a prestação de serviços não assistenciais em 51 escolas da rede pública de Belo Horizonte, sendo 46 EMEIs e 5 EMEFs.

Para a realização do estudo de caso foram utilizadas duas obras já construídas, uma pelo sistema construtivo em LSF que está localizada no município de Belo Horizonte/MG no bairro Belmonte, a obra teve seu início em janeiro de 2013 e a sua conclusão em setembro de 2013 quando foi inaugurada a primeira EMEI da PBH com a parceria pública e privada. Já a outra obra teve seu sistema construtivo adotado em alvenaria estrutural, localizada também no município de Belo Horizonte no bairro Castelo e teve o início das obras em fevereiro de 2014 e sua conclusão em janeiro de 2015. Nessas duas obras foram realizados levantamentos de dados, arquivos, plantas arquitetônicas e registros fotográficos das obras, bem como o estudo do *layout* e metodologia de construção.

3.4 Universo e Amostra

Para Gil (2007), de modo geral, as pesquisas abrangem um universo de elementos tão grande que se torna impossível considerá-los em sua totalidade. Por essa razão, é frequente trabalhar com uma amostra, uma pequena parte dos elementos que compõem o universo, para entendê-los, de acordo com as seguintes descrições:

- a) *Universo*: em termos estatísticos, define-se população ou universo de dados, como sendo o conjunto dos elementos que tem alguma característica em comum e que possa ser contada, medida, pesada ou ordenada de algum modo e que sirva de base para as propriedades a serem investigadas;

- b) *Amostra*: é um subconjunto representativo ou não da população em estudo. Essa representatividade da amostra, que é uma propriedade altamente desejada em estatística, ocorre quando ela apresenta as mesmas características gerais da população da qual foi extraída.

O universo da pesquisa é composto pelas EMEIs da cidade de Belo Horizonte que são administradas pela *Empresa A*, ao todo são 46 EMEIs sendo que, a primeira inaugurada em setembro de 2013.

A amostra é composta por duas EMEIs em estudo, que são a EMEI Belmonte que possui cerca de 1.100 metros quadrados, com dois pavimentos e 20 salas de aula. A outra em estudo é a EMEI Castelo, a escola possui amplo espaço contendo o mesmo *layout* da outra unidade citada anteriormente, possuindo banheiro adequado a alunos com deficiência ou mobilidade reduzida, pátio coberto, banheiro adequado para educação infantil, entre outros.

3.5 Formas de Coleta e Análise dos Dados

A coleta e análise de dados são de suma importância para a metodologia científica. Para elaborar um instrumento de pesquisa, é essencial que o pesquisador preveja como os dados coletados serão analisados. Existem infinitas formas de coletar dados de pesquisa, e isso ocorre porque existem inúmeras possibilidades quanto aos próprios instrumentos de pesquisa (APPOLINÁRIO, 2006).

- a) *Observação Simples*: para Gil (2007) é aquela em que o pesquisador, observa de forma espontânea os fatos que aí ocorrem, o pesquisador é considerado um espectador, pode ser caracterizado por ser informal, não planejada, a coleta de dados por observação é seguida de um processo de análise e interpretação, conferindo-lhe a sistematização e o controle requeridos dos procedimentos científicos, o registro da observação simples se faz geralmente mediante diários ou cadernos de notas;

- b) *Observação Participante*: também conhecida por observação ativa, consiste na participação real do conhecimento na vida da comunidade, do grupo ou de uma situação determinada, o observador assume por certo tempo o papel de membro do grupo (GIL, 2007);
- c) *Observação Sistemática*: Gil (2007) informa que este método é frequentemente utilizado em pesquisas que tem como objetivo a descrição precisa dos fenômenos ou o teste de hipóteses, o pesquisador deve saber quais os aspectos significativos para alcançar os objetivos pretendidos, elaborando previamente um plano de observação para organização e o registro das informações que podem ser laudos, formulários, gravações de som e imagens, deve se estabelecer critérios para registro das ações;
- d) *Entrevista*: é um procedimento de coleta de dados que envolvem o encontro de duas pessoas – entrevistador e entrevistado, deve ressaltar a grande dependência das habilidades relacionais e de comunicação do entrevistador, demandam de competência técnica, possui baixo grau de precisão e fidedignidade principalmente no caráter quantitativo (APPOLINÁRIO, 2006);
- e) *Análise Documental*: toda pesquisa fundamentada demanda da análise de dados como artigos, arquivos históricos, registros estatísticos, diários, biografias, jornais, revistas, laudos técnicos, etc., são capazes de proporcionar ao pesquisador dados suficientemente ricos para dar embasamento à pesquisa, deve possuir um plano de pesquisas bem elaborados indicando com clareza a natureza dos dados a serem obtidos (GIL, 2007).

Com base nessas informações, fica definido que a pesquisa contém observações sistemáticas por meio de análise documental (Projetos executivos, planilhas, cronogramas), sendo este um dos principais instrumentos de fundamentação utilizados. Além de utilizar a análise documental com o intuito de buscar subsídios teóricos para análise e estudo do sistema LSF e do sistema de alvenaria estrutural. Este estudo de caso apresenta informações que possibilitem demonstrar um comparativo entre os sistemas, focando em especial na viabilidade, vantagens e

desvantagens do *Light Steel Frame* e da alvenaria estrutural, partindo de alguns pontos importantes, sendo eles: tecnologia, canteiro de obra, fundação, construção, fatores ambientais, manutenção, prazos e garantia, entre outros. A presente pesquisa também possui a observação participante, também conhecida por observação ativa, onde serão realizadas 3 visitas ao empreendimento com o intuito de obter mais conhecimentos referentes aos métodos construtivos. A análise dos projetos foi realizada com o programa *Autocad* da *Autodesk*, que permite observar medidas, detalhes, cortes, planta do edifício e ambientes das obras. As planilhas e cronogramas foram analisados, utilizando o *Microsoft Excel* e o *Microsoft Word*, *softwares* muito utilizados na construção civil para elaboração de planilhas, cronogramas e documentos.

3.6 Limitações da Pesquisa

Segundo Vergara (1998), toda metodologia apresenta possibilidades e limitações, contudo, é sadio adiantar-se às críticas que o leitor poderá cometer ao trabalho, apontando quais as limitações que o método escolhido oferece. Porém, ainda assim, justificando-o como o mais adequado aos desígnios da pesquisa.

O método selecionado para a pesquisa apresenta algumas dificuldades referentes à coleta de dados, que, por se tratar de obra pública, a empresa não liberou totalmente o acesso as informações das obras, porém foi liberado acessos pontuais a arquivos e documentos que possibilitassem a execução da pesquisa.

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

4.1 Comparativos entre as Metodologias *Light Steel Frame* e Alvenaria Estrutural

Após ampla pesquisa sobre as metodologias construtivas do *Light Steel Frame* e da alvenaria estrutural, os Quadros de 1 a 3 apresentam de forma objetiva de uma análise comparativa entre os sistemas. Os dados abaixo são frutos de pesquisas realizadas em campo e de materiais fornecidos pela “Empresa A”.

Quadro 1 – Comparação entre os sistemas construtivos – 1ª parte

	ALVENARIA ESTRUTURAL	LIGHT STEEL FRAME
TECNOLOGIA	Utilizado em poucos países por ser um sistema pouco resistente às forças da natureza (terremotos, furacões, etc.), demorado e artesanal em sua execução.	Uma das tecnologias mais empregadas no mundo em construções residenciais e comerciais.
	Produto final artesanal.	Produto final tecnicamente superior à alvenaria tradicional.
	Tendência mundial a desaparecer como sistema construtivo.	Tendência mundial a se transformar no sistema construtivo mais utilizado.
CANTEIRO	Pouco sujeito a modernidades e evoluções.	Facilmente adaptável a novas e modernas tecnologias.
	Canteiro de obra sujo ou com grande dificuldade para manutenção de limpeza.	Canteiro de obra limpo e organizado.
	O jardim é a última etapa da obra.	O jardim pode ser a primeira etapa da obra.
FUNDAÇÃO	Fundação: representa entre 10% e 15% do custo total da obra. Para terrenos acidentados, pode atingir valores maiores.	Fundação: representa entre 5% e 7% do custo total da obra. Para terrenos acidentados, tem custo muito inferior ao sistema convencional.
	Fundação: distribuição com cargas pontuais.	Fundação: distribuição de cargas lineares.
	Fundação: impermeabilização feita com materiais do tipo fita alcatroada ou similar.	Fundação: impermeabilização feita com isolamento em polietileno e neoprene.

Fonte: OS AUTORES (2021).

Quadro 2 – Comparação entre os sistemas construtivos – 2ª parte

	ALVENARIA ESTRUTURAL	LIGHT STEEL FRAME
CONSTRUÇÃO	Facilidade de aparecimento de fissuras.	Muito difícil o aparecimento de fissuras.
	Pintura feita em superfície ondulada e imperfeita.	Pintura feita em superfície plana e lisa.
	Revestimentos e estruturas feitos em sua grande maioria com matérias-primas ou manufaturados elementares (areia, brita, tijolo, cal, etc.), produzidos no próprio local da obra.	Revestimentos e estruturas feitos em quase sua totalidade por produtos industrializado com qualidade padrão internacional.
	Obra em sua maior parte artesanal com mão de obra pouco qualificada	Obra em sua maior parte com processo industrial com mão de obra bem qualificada
	Paredes, portas e janelas com precisão em centímetros.	Paredes, portas e janelas com precisão em milímetros.
	Estrutura em concreto armado. Sua qualidade é determinada por fatores inconstantes como mão de obra, temperatura, umidade do ar, matéria-prima, etc.	Estrutura em aço galvanizado. Produto com certificação internacional. Obedece aos mais rigorosos conceitos de qualidade.
	Estrutura de telhados feita em madeiras menos nobres, como pinho imunizado. Sua resistência dá vida útil média de 20 anos.	Estrutura de telhados em aço galvanizado. Tem a mesma durabilidade do próprio imóvel, ou seja, acima de 300 anos.
FATORES AMBIENTAIS	Utiliza produtos que degradam o meio ambiente: areia, tijolo, brita, etc.	É um sistema ecologicamente correto. O aço, por exemplo, parte integrante do sistema em <i>steel frame</i> , é um dos produtos mais reciclados em todo o mundo.
	O isolamento acústico é menor que o sistema LSF.	O isolamento acústico é maior que o convencional.
	O isolamento térmico é mínimo. Permite facilmente a passagem de calor pelas paredes. Custo de manutenção de temperatura alto.	O isolamento térmico é máximo. Em função da lã de vidro colocada em todas as paredes e forros, além de outras camadas, a casa se comporta com uma “garrafa térmica”, dificultando a passagem de calor pelas paredes. Custo mínimo ou inexistente para manutenção de temperaturas.
	Grande utilização de água no processo construtivo.	Mínima utilização de água no processo construtivo (somente utilizada nas fundações). O processo é conhecido no Brasil, também, por sistema construtivo “a seco”.
	Sujeito a destelhamento para ventos fortes.	Resistência para ventos de até 200 km/h. A norma brasileira pede resistência de até 144km/h. O telhado em Single é resistente a vendavais.

Fonte: OS AUTORES (2021).

Quadro 3 – Comparação entre os sistemas construtivos – 3ª parte

	ALVENARIA ESTRUTURAL	LIGTH STEEL FRAME
FATORES AMBIENTAIS	Nenhuma resistência à queda de raios. Deve ser feito aterramento com a colocação de para-raios.	Resistente a raios. O aço que compõe a estrutura da casa é excelente condutor para descarga elétrica.
	Resistência ao Fogo - Tão resistente quanto o sistema LSF.	Segurança ao fogo - não queima ou adiciona combustível para o alastramento do fogo em uma casa. Segue as normas da ABNT e do Corpo de Bombeiros.
	Pode ser utilizado somente em países com climas amenos e sem abalos sísmicos.	Resistente a terremotos, fortes ventos ou furacões.
	As paredes deixam entrar umidade.	Formação rara e incomum de infiltrações em função de capilaridades e do feitiço porque é um processo com quase nenhuma utilização de água no processo construtivo. A utilização de papéis de parede é livre, inclusive nas paredes dos banheiros que não tenham contato com água corrente (Box, pias, etc)
MANUTENÇÃO	Manutenção para reparos de defeitos ocultos (vazamentos, infiltrações, problemas elétricos, entupimentos, etc) difícil, exigindo quebra de paredes, sendo um trabalho demorado (quebrar, consertar, preencher espaço aberto, esperar secar a massa, retocar com massa corrida, lixar, pintar ou rejuntar) e que não garante o resultado final de acabamento perfeito. Prazo de conserto médio 05 dias.	Manutenção simples de defeitos ocultos, com a retirada do revestimento interno, localização imediata do problema, conserto, e recolocação do revestimento, retoque e pintura simples. Prazo de conserto médio 01 dia.
	Ampliações ou reformas demoradas, gerando na maioria dos casos transtornos e inconvenientes, com desperdício de materiais e sujeira.	Ampliações e reformas rápidas e limpas, inclusive com o reaproveitamento da maioria dos materiais da construção envolvidos.
PRAZOS E GARANTIA	Prazo de execução de obra muito acima de 90 dias.	Prazo de execução de 90 dias a partir da mobilização do canteiro de obras.
	Durabilidade acima de 300 anos.	Durabilidade acima de 300 anos. Existem construções nos EUA com mais de 250 anos ainda em funcionamento.
	Mesma garantia do sistema LSF.	Mesma garantia do sistema convencional em alvenaria. Segue os padrões do Código de Defesa do Consumidor e ao código de lei civil brasileira.

Fonte: OS AUTORES (2021).

Quadro 4 – Comparação geral entre os sistemas de lajes – 4ª parte

	CONCRETO ARMADO	MISTA STEEL DECK
EXECUÇÃO / QUALIDADE / GARANTIA	Execução em obra.	Parte executada em fábrica, parte executada em obra.
	Dificuldade de garantia e qualidade.	Maior garantia da qualidade.
	Média precisão dimensional.	Grande precisão dimensional.
	Maior qualidade de mão de obra, mas com pouca qualificação.	Pouca quantidade de mão de obra, mas com maior qualificação.
	Obra com maior uso de água.	Obra mais seca.
	Utiliza escoramento.	Não utiliza escoramento.
	Maior geração de resíduos.	Menos desperdício de material.
FUNDAÇÕES	Estrutura mais robusta e menos precisa.	Estrutura mais esbelta e mais precisa.
	Peso estrutural maior.	Leveza estrutural.
	Maiores cargas no solo.	Menores cargas no solo.
	Volumes maiores nos blocos.	Volumes menores nos blocos.
	Fundações mais onerosas.	Fundações mais econômicas.
PRAZOS	Dependência de terminar as fundações para iniciar a execução da estrutura.	Simultaneidade de execução da estrutura e das fundações.
	Avanços de um em um pavimento.	Avanços simultâneos em mais de um pavimento
	Dificuldade de execução da fachada enquanto a estrutura ainda estiver escorada.	Possibilidade de execução da fachada mesmo a estrutura não estando totalmente pronta.
	Prazos mais extensos para a utilização.	Prazos finais reduzidos e antecipação da utilização.
	Maiores prazos podem aumentar os custos.	Retorno financeiro pode ser mais rápido.

Fonte: OS AUTORES (2021).

Os dois métodos citados se diferenciam na metodologia de execução, nas etapas da obra. O método construtivo em alvenaria estrutural é feito na obra, gerando com isso um desperdício grande e obra mais suja. Enquanto que o LSF é uma construção industrializada e com isso gera menos desperdício e sujeira na obra, além de proporcionar uma construção mais rápida. Em seguida, são apresentados alguns benefícios e malefícios do LSF.

4.2 Sustentabilidade das Metodologias Construtivas

A sustentabilidade do sistema *Light Steel Frame* (LSF) é comprovada em suas construções civis. Ao contrário da alvenaria estrutural, o LSF consiste na modernização da forma de construir.

A estrutura do sistema *Light Steel Frame* se caracteriza por ser constituída por perfis de aço esbeltos galvanizados. Formando painéis que tem comportamento estrutural idêntico ao de paredes portantes. Determinando a sustentabilidade para construção, seja em paredes, ou telhados. Solução barata, rápida e confiável.

Os cálculos dos tamanhos dos materiais tem que ser bem precisos, pois os painéis são fabricados industrialmente. Por isso, a maior característica desse sistema é a agilidade. O sistema *Light Steel Frame* é utilizado em todos os tipos de terrenos, até mesmo aqueles que são úmidos. Os materiais de construção são de alta qualidade, com ótimos projetos inteligentes.

Acima de tudo, está comprovado a sua eficiência e a sua segurança para que todos possam confiar neste sistema. O desenvolvimento do sistema construtivo *Light Steel Frame* no Brasil é grande, no entanto, ainda está em processo de aceitação no mercado (TECNO, 2009).

Alguns fatores que provam a sustentabilidade do LSF são: a matéria-prima é feita por aço, é 100% reciclável, promove a diminuição do consumo de energia, como é construção à seca, não é utilizado água e nem qualquer outro material, sem desperdício de materiais, canteiro de obra limpo, sem nenhum tipo de resíduos de entulhos de lixo e materiais ecológicos (TECNO, 2009).

Analisando os parâmetros de sustentabilidade da alvenaria estrutural nas perspectivas econômica, construtiva e ambiental, percebe-se que, ela é um método mais sustentável que a alvenaria convencional onde no próprio processo de fabricação é observada uma diminuição da emissão de CO₂ na atmosfera, na construção reduz a quantificação de resíduos e contaminantes no processo

construtivo, redução de custos e prazo de execução menor, assim entregando as obras com qualidade, segurança e agilidade.

Analisando a sustentabilidade da alvenaria estrutural observamos que, no parâmetro ambiental podemos perceber que o consumo de energia no processo de fabricação dos materiais em geral, vem ganhando destaque com relação a consumo menor tanto de insumos tanto de energia.

No processo construtivo temos uma melhora na quantificação dos custos da construção, pois não teremos pilares em concreto armado, custos de manutenção irão ser menores e teremos uma obra limpa e organizada, gerando menos resíduos, com isso, teremos um prazo de execução menor que a alvenaria convencional e um prazo maior comparando com o LSF.

4.3 Benefícios e Malefícios dos Sistemas Construtivos

A utilização do sistema LSF no Brasil começou marcadamente na década de 90, quando algumas construtoras começaram a importar *kits* pré-fabricados em LSF para montagem de casas. Apesar do uso de tais *kits* sem qualquer adaptação para a realidade brasileira, o processo construtivo industrializado se provou eficiente (CRASTO, 2005, p. 26).

As principais vantagens e desvantagens do LSF são apresentadas no Quadro 5.

Quadro 5 – Vantagens e desvantagens do sistema LSF

	VANTAGENS	DESVANTAGENS
LIGHT STEEL FRAME	Obra rápida é executada em 1/3 do tempo gasto se comparando a uma obra convencional.	Dificuldade de encontrar mão de obra especializada: para que o sistema seja mais barato e rápido, mão de obra deve ser bem qualificada.
	Facilidade no transporte, manuseio e montagem.	Os perfis de aço galvanizado utilizados no Steel Frame são muito resistentes, porém o aço é um material leve. Por isso, o Steel Frame só pode ser utilizado em obras com até 4 pavimentos.
	Construção a seco e sustentável, baixa utilização de água, economia de energia, matéria reciclável.	População brasileira muito conservadora: Motivo pelo qual, novas tecnologias demoram para serem totalmente aceitas e difundidas.
	Facilidade nas passagens das instalações elétricas, hidrossanitárias e demais.	
	Redução no custo da fundação, visto que é uma estrutura leve.	
	Redução de resíduos e desperdícios, por ser tratar de “peças industrializadas” e prontas, as etapas de obras são de montagens.	
	Previsibilidade dos custos.	

Fonte: OS AUTORES (2021).

Para se compreender esses questionamentos, é de extrema importância analisar os seguintes aspectos: a cultura da construção civil brasileira, a mão de obra necessária para a execução da obra e o custo da execução do sistema. Com estes três pontos fundamentais, pode-se traçar a viabilidade do emprego deste método construtivo, avaliando por fim, o que pode ser benéfico para o consumidor final e o empreiteiro/engenheiro responsável por sua execução (FARIAS, 2013).

Portanto, é preciso ressaltar que, para a obtenção das vantagens descritas para a utilização do sistema LSF, os profissionais devem ser preparados, especializados e experientes, os projetos detalhados e integrados, minimizando as perdas e prazos na construção.

No Brasil, menos de 3% das edificações são construídas pelo LSF, uma pequena demanda se for analisadas todas as vantagens que esse sistema apresenta. Isto se dá pelo fato de o Brasil ainda ser um país muito conservador, por esse motivo, novas

tecnologias demoram a serem totalmente aceitas, mesmo apresentando muitos benefícios.

Pode-se concluir que, o LSF está entrando no mercado. Com a procura pelo alto desempenho e a sustentabilidade na construção civil, este sistema se mostra muito eficiente e apropriado. É um grande nicho de mercado a ser explorado, tanto por empresas comerciantes, quanto por profissionais da área da construção civil.

Com relação aos maléficos da alvenaria estrutural podemos apontar o limite de altura da edificação que impedem a construção de grandes edifícios. No quesito benefício, podemos apontar a fabricação dos blocos que vem ganhando destaque quanto a tecnologia de produção e com isso gera um impacto menor no meio ambiente, como a diminuição da poluição do ar, sonora e visual.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo de caso apresentado neste trabalho é uma análise sobre um importante assunto relacionado à atividade da construção civil, ou seja, a comparação entre os sistemas construtivos alvenaria estrutural e *Light Steel Frame* (LSF).

A partir da pesquisa bibliográfica, verificaram-se os principais aspectos relacionados ao LSF e a rápida evolução da obra, agilidade nos processos construtivos, como a fabricação das placas na fábrica, fácil instalação dos perfis metálicos e obra limpa. A alvenaria estrutural por sua vez, tem os seus principais aspectos a redução do consumo de formas de madeira, aço e concreto, custo reduzido, facilidade no treinamento da mão de obra, entre outros.

Visando um menor impacto ambiental no desenvolvimento das atividades da construção civil, o sistema *Light Steel Frame* (LSF) é a melhor alternativa para o meio ambiente, pois o uso consciente evita o desperdício dos materiais e, conseqüentemente, os restos no canteiro de obras.

Conforme o estudo comparativo entre os sistemas construtivos analisados, eles apresentam características diferentes, como foi mostrado no referencial teórico. Com essa análise, com o desenvolvimento da metodologia e com a apresentação dos resultados, ficou clara a diferença de custo entre eles.

O LSF é melhor em relação à alvenaria estrutural, por ser mais rápido e ter um sistema construtivo com alto nível de industrialização, hoje em dia bastante importante na construção civil, um conforto melhor e com um destaque nos benefícios em relação ao meio ambiente, com um índice muito baixo de geração de resíduos e também a não utilização de água na construção, exceto na sua fundação, que é de concreto armado.

REFERÊNCIAS

ABNT. 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.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15270-2**: Componentes cerâmicos - Parte 2: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural – Terminologia e requisitos. Rio de Janeiro, 2005.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15498**: Placa plana cimentícia sem amianto - Requisitos e métodos de ensaio Rio de Janeiro, 2007.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15812**: Alvenaria estrutural: blocos cerâmicos. Rio de Janeiro, 2010.

ALBUQUERQUE, A. T.; PINHEIRO, Libânio Miranda. Viabilidade econômica de alternativas estruturais de concreto armado para edifícios. **Cadernos de Engenharia de Estruturas**, São Carlos, n. 19, p. 1-19, 2002.

APPOLINÁRIO, Fabio. **Metodologia da ciência**: filosofia e prática da pesquisa. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2006.

ARAÚJO, M. A. **A moderna construção sustentável**. São Paulo: Abril, 2012.

BARROS, Carolina. 2011. **Apostila de Fundações**. Disponível em: <http://edificacoes.files.wordpress.com/2011/04/apo-fundac3a7c3b5es-completa.pdf>. Acesso em: 01 out. 2020.

BELLEI, I. H; PINHO, F. O; PINHO, M.O. **Edifícios de múltiplos andares em aço**. São Paulo: PINI, 2004.

BERENGUES, Danilo de Sales; FORTES, Adriano Silva. **Técnica de execução de alvenaria estrutural**. 2009.

CAMPOS, S. A. **O que é alvenaria estrutural?** 2012. Disponível em: <http://www.wetterlt.com.br/index.php/10-noticias-e-informacoes/40>. Acesso em: 20 set. 2020.

CARVALHO, F. C. Sistema financeiro, crescimento e inclusão. *In*: **Brasil em desenvolvimento**: economia, tecnologia e competitividade. Rio de Janeiro. Editora Civilização Brasileira, 2005.

CARVALHO, Roberto Chust; FIGUEIREDO FILHO, Jasson Rodrigues de. **Cálculo e detalhamento de estruturas usuais de concreto armado**. 3. ed. São Carlos: UFSCAR, 2012.

CONSTRUPLAX. 2012. Disponível em: <http://www.construflux.com.br/>. Acesso em: 20 set. 2020.

CONSTRUTORA SEQUÊNCIA. **Steel Frame**. Disponível em: <http://www.construtorasequencia.com.br/stell.asp>. Acesso em: 06 out. 2020.

CRASTO, Renata Cristina Moraes de. **Arquitetura e tecnologia em sistemas construtivos industrializados: Light Steel Framing**. 2005. 231 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP), Ouro Preto, 2005.

DER-SP. DEPARTAMENTO DE ESTRADAS E RODAGENS DO ESTADO DE SÃO PAULO. Disponível em: <http://www.der.sp.gov.br/WebSite/Index.aspx> Acesso em: 06 out. 2020.

DUARTE, R. B. **Recomendações para projeto e execução de edifício de alvenaria estrutural**. Porto Alegre: Associação Nacional da Indústria Cerâmica, 1999.

DUARTE, T. M. P., SALGADO, M. S. O projeto executivo de arquitetura como ferramenta para o controle da qualidade da obra. *In: IX ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO*, 2002, Foz do Iguaçu - Paraná. **Anais do IX Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído**, 2002.

EUROPEAN STANDARD. **EN 300:2006** – Oriented strand boards (OSB). Definitions, classification and specifications. Disponível em: https://www.en-standard.eu/bs-en-300-2006-oriented-strand-boards-osb-definitions-classification-and-specifications/?gclid=Cj0KCQjwp86EBhD7ARIsAFkgakgccENEL3iLL8cgFB5_FgbW6FyVnZuJpTTg0v27ehV7bqLSKQIIXd0aAvIxEALw_wcB. Acesso em: 15 out. 2020.

FARIAS, João Lopes. **Estudo de viabilidade técnica e econômica do uso do método construtivo Light Steel Framing numa residência unifamiliar de baixa renda**. 2013. 124 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Rio de Janeiro. 2013. Disponível em: <http://www.monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10008166.pdf>. Acesso em: 05 out. 2020.

FLASAN. **Sistema Light Steel Framing**. 2005. Disponível em: <http://www.flasan.com.br/steel-framing.html>. Acesso em 05 Out. 2020.

FLASAN. **Sistema Light Steel Framing**. 2009. Disponível em: <http://www.flasan.com.br/steel-framing.html>. Acesso em 05 Out. 2020.

FLASAN. Soluções para construção seco. Comparativo Alvenaria x Steel Framing. **Revista digital de Construção Civil**. Disponível em: <http://www.flasan.com.br/comparativo-alvenaria-x-steel-framing.html>. Acesso em: 15 set. 2020.

FNDES. FUNDO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL. 2012. Disponível em: www.fnnds.gov.br. Acesso em: 05 Out. 2020.

FREITAS, Arlene M; CRASTO, Renata C. Moraes. **Steel Framing**: arquitetura. Rio de Janeiro: IBS/CBCA, 2006. Série Manuais da Construção em Aço.

GIL, Antônio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

HENDRY, A. W. **Engineered design of masonry buildings**. London: MacMillan, 2002.

HOLANDA, E. P. T. **Novas tecnologias construtivas para produção de vedações verticais**: diretrizes para o treinamento da mão-de-obra. 2003. 174 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, 2003.

INOVA BH. ODEBRECHT PROPERTIES. **Informação e documentação**: Unidade Municipal de Educação Infantil Belmonte. 2014. Disponível em: <http://inovabh.com.br>. Acesso em: 02 set. 2020.

ISO. INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 6241: 1984** – Padrões de desempenho na construção – Princípios para sua preparação e fatores a serem considerados. Disponível em: <https://www.iso.org/standard/12517.html>. Acesso em: 15 out. 2020.

JARDIM, Guilherme. Torres da Cunha; CAMPOS, Alessandro de Souza. **Light Steel Framing**: uma aposta do setor siderúrgico no desenvolvimento tecnológico da Construção Civil. 2005. Disponível em: https://www.academia.edu/6931565/_LIGHT_STEEL_FRAMING_UMA_APOSTA_DO_SETOR_SIDER%C3%9ARGICO_NO_DESENVOLVIMENTO_TECNOL%C3%93GICO_DA_CONSTRU%C3%87%C3%83O_CIVIL. Acesso em: 15 out. 2020.

LIMA, Thiago Vicente. **Estudo da produção de blocos de solo-cimento com matérias-primas do núcleo urbano da cidade de Campo dos Goytacazes**. 2006. 125 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF), Campo dos Goytacazes, 2006.

MALKUT, Andre M. **Porque o LSF é um sistema construtivo sustentável?** 2017. Disponível em: www.dryframe.com.br. Acesso em: 15 out. 2020.

MANZIONE, Leonardo. **Projeto e execução de alvenaria estrutural**. São Paulo: O Nome da Rosa, CTE - Produtos e difusão, 2004.

MIGUEL, P. A. C. (org.). **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.

PRODANOV, Cristiano; Freitas, Ernani Cesar de Freitas. **Metodologia do trabalho científico**: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico. 2. ed. Novo Hamburgo: FEEVALE, 2013.

RAMALHO, M. A.; CORRÊA, M. R. S. **Projetos de edifícios de alvenaria estrutural**. São Paulo, PINI. 2003.

RAUBER, Felipe Claus. **Contribuições ao projeto arquitetônico de edifícios em alvenaria estrutural**. 2005. 11f f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, 2005.

RICHTER, C. **Qualidade da alvenaria estrutural em habitações de baixa renda: uma análise da confiabilidade e da conformidade**. 2007. 180 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, 2007.

RODRIGUES, F. C. **Steel Framing: engenharia: manual de construção em aço**. Rio de Janeiro: Aço Brasil /CBCA, 2006.

SABBATINI, F. H. **O Processo de produção das vedações leves de gesso acartonado**. São Paulo: PCC/TGP, 1998.

SALGADO, R. B. **Recomendações para projeto e execução de edifício de alvenaria estrutural**. Porto Alegre: Associação Nacional da Indústria Cerâmica, 1999.

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

SANTOS, Marcus Daniel Friederich. **Técnicas construtivas em alvenaria estrutural: contribuição ao uso**. 1998. 157 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, 1998.

SIMPLES CONSTRUÇÃO, 2012. Disponível em: www.simplesconstrucao.blogspot.com. Acesso em: 06 out. 2020.

SOUZA, Manuela. Construção sustentável. **Revista Anicer**, Rio de Janeiro, ed. 96, out. 2015.

TAUIL, Carlos Alberto; NESSE, Flávio José Martins. **Alvenaria estrutural**. São Paulo: Pini, 2010.

TÉCHNE. Como construir. Casa de Steel frame: instalações. Parte 4. **Téchne**, v. 16, n. 141, p. 77-80, dez. 2008c.

TÉCHNE. Como construir. Steel frame: estrutura. Parte 2. **Téchne**, v. 16, n. 137, p. 84-88, ago. 2008b.

TÉCHNE. Como construir. Steel frame: fundações. Parte 1. **Téchne**, v. 16, n. 135, p. 77- 80, jun. 2008a.

TECNO. Sustentabilidade. Steel frame. **Técno**, maio 2009. Disponível em: http://www.tecnoframe.com.br/sustentabilidade_. Acesso em: 02 maio 2021.

VERGARA, Sylvia Constant. **Projetos e relatórios de pesquisa em administração**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 1998.