



**CENTRO UNIVERSITÁRIO FAMETRO
ARQUITETURA E URBANISMO**

BIANCA PEREIRA DA SILVA

**A APLICAÇÃO DO LIGHT STEEL FRAMING EM HABITAÇÕES DE
INTERESSE SOCIAL EM CLIMA QUENTE E ÚMIDO**

FORTALEZA

2023

BIANCA PEREIRA DA SILVA

A APLICAÇÃO DO LIGHT STEEL FRAMING EM HABITAÇÕES DE
INTERESSE SOCIAL EM CLIMA QUENTE E ÚMIDO

Monografia apresentada no dia 15 de junho de 2023 como requisito para a obtenção do grau de bacharel em Arquitetura e Urbanismo do Centro Universitário Fametro – UNIFAMETRO – tendo sido aprovado pela banca examinadora composta pelos professores abaixo:

BANCA EXAMINADORA

Profa. Ma. Raquel Magalhães Leite
Orientadora – Centro Universitário Fametro

Prof. Me. Luiz Mattoso Cattony
Membro interno – Centro Universitário Fametro

Arq. Esp. Ana Carolina da Rocha Ferreira Leite
Membro externo

FORTALEZA

2023

S586a Silva, Bianca Pereira da.
A aplicação do light steel framing em habitações de interesse social em clima quente e úmido. / Bianca Pereira da Silva. – Fortaleza, 2023.
70 f. ; il. ; color. ; 30 cm.

Monografia - Curso de Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Centro Universitário Fametro - Unifametro, Fortaleza, 2023.
Orientadora: Prof.^a Ma. Raquel Magalhães Leite.

1. Light Steel Framing – Arquitetura e urbanismo. 2. Habitação social – Arquitetura e urbanismo. 3. Conforto térmico. I. Título.

CDD 721.046

AGRADECIMENTOS

Sobretudo a Deus, por ser meu apoio e direcionamento, onde deposito minha Fé.

A minha família, que são a minha base. Meus maiores incentivadores, nunca me deixaram desistir de ir em busca dos meus sonhos, vocês são essências pra mim.

Ao meu namorado, por ter trilhado esse caminho ao meu lado, me mostrando que conseguiríamos, incentivado e me acompanhando em todos os momentos.

Aos meus amigos, que mesmo indiretamente sempre acreditaram no meu potencial.

A arquiteta e amiga, Cléo Paiva, por ter confiado no meu trabalho, me incentivado, foi base para me tornar uma profissional mais completa.

A minha orientadora, Profa. Ma. Raquel Magalhães Leite, por ter me acolhido com muito carinho e gentileza, pela disponibilidade e o interesse genuíno nesse trabalho.

Obrigada!

"arquitetura é a arte científica de fazer as estruturas expressarem ideias"

Frank Lloyd Wright

RESUMO

O sistema construtivo Light Steel Framing (LSF) ainda é considerado uma tecnologia nova para a construção civil no contexto brasileiro, pelo fato de ainda se utilizar com predominância o método de alvenaria convencional. Esse estudo tem como objetivo geral apresentar a aplicação desse método nos projetos arquitetônicos de interesse social em locais de clima quente e úmido, trabalhando a sustentabilidade de forma a trazer melhorias a longo prazo para o ecossistema e proporcionar o conforto térmico dos ocupantes. Ao analisar o desempenho térmico de uma edificação, mesmo com o uso dos novos métodos construtivos, não podemos deixar de priorizar ao iniciar um projeto o estudo do terreno e do seu local de inserção, a fim de entender as necessidades do clima daquela região. Durante esse trabalho, foi utilizada a pesquisa bibliográfica para um embasamento teórico, seguida de uma proposta projetual aplicando o LSF em um conjunto residencial. Ao realizar a proposta de projeto, foram utilizadas a ABNT NBR 15.220 (2005) e ABNT NBR 15.575 (2021) para aplicar as diretrizes indicadas pelas normas para locais de clima quente e úmido. Além disso, pode-se notar que a ampliação do LSF traria um novo ramo de mercado ainda pouco explorado em Fortaleza, que pode proporcionar uma maior otimização do processo construtivo de habitações de interesse social por meio da industrialização, aliando o conhecimento da tecnologia construtiva à execução de projetos arquitetônicos sensíveis ao contexto climático.

Palavras-chave: Light Steel Framing; sustentabilidade; conforto térmico; Habitação de Interesse Social.

ABSTRACT

The Light Steel Framing (LSF) constructive system is still considered a new technology for civil construction in the Brazilian context, due the fact that the conventional masonry method is still predominantly used. This study has the general objective of presenting the application of this method in social housing in places with a hot and humid climate, focusing on sustainability in order to bring long-term improvements to the ecosystem and provide thermal comfort for the occupants. When analyzing the thermal performance of a building, even using new construction methods, we cannot fail to prioritize the study of the land and its insertion site when starting a project, in order to understand the climate needs of that region. During this work, bibliographical research was used for a theoretical basis, followed by a design proposal applying the LSF in a residential complex. When carrying out the project proposal, ABNT NBR 15,220 (2005) and ABNT NBR 15,575 (2021) were used to apply the guidelines indicated for places with hot and humid climates. In addition, it can be noted that the expansion of the LSF method would bring a new opportunity for real estate market still little explored in Fortaleza, which can provide a greater optimization of the construction process of social housing through industrialization, combining constructive technology to the design of buildings that are responsive to the climatic context.

Keywords: Light Steel Framing; sustainability; thermal comfort; social housing.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – As três dimensões da sustentabilidade.....	11
Figura 2 – Modelo do diagrama bioclimático de Olgyay.....	14
Figura 3 – Construção Wood Frame.....	16
Figura 4 – Casa em steel frame construída em 1933.....	17
Figura 5 – Pesquisa de empresas especializadas em fabricação de perfis galvanizados para Drywall e LSF no Brasil.....	19
Figura 6 – Steel Frame: Parede interna e externa.....	21
Figura 7 – Steel Frame: laje seca.....	21
Figura 8 – Telhado Steel Frame.....	22
Figura 9 – Tipos de blocos cerâmicos.....	24
Figura 10 – Construção de alvenaria convencional com estrutura em concreto armado.....	24
Figura 11 – Quadro comparativo entre os sistemas Light Steel Framing e alvenaria convencional com estrutura em concreto armado.....	27
Figura 12 – Zoneamento bioclimático brasileiro.....	28
Figura 13 – Mapa da Zona 8 e Carta bioclimática.....	29
Figura 14 – Tabela de Transmitância térmica de referência para paredes externas.....	31
Figura 15 – Parede de Alvenaria de bloco cerâmico.....	31
Figura 16 – Parede em Light Steel Frame.....	32
Figura 17 – Lã de pet.....	34
Figura 18 – Lã de vidro.....	35
Figura 19 – Lã de rocha.....	36
Figura 20 – Fachada Casas e Edifício misto.....	37

Figura 21 – Planta baixa unidades com 2 e 3 quartos.....	38
Figura 22 – Casas MVB2.....	38
Figura 23 – Fachada Edifício misto.....	39
Figura 24 – Planta baixa Edifício misto.....	40
Figura 25 – Vista do Conjunto Habitacional Villa Verde.....	40
Figura 26 – Conjunto Habitacional Villa Verde.....	41
Figura 27 – Estrutura das residências em Wood Frame.....	41
Figura 28 – Planta Baixa residência com opção de expansão.....	42
Figura 29 – Unidade na entrega, com a possibilidade de ampliação.....	43
Figura 30 – Unidades residenciais após intervenção particular de moradores.....	43
Figura 31 – Estrutura da residência em LSF.....	44
Figura 32– Acabamento externo com placas cimentícias.....	45
Figura 33 – Instalações elétrica e placas de gesso acartonado.....	46
Figura 34 – Acabamento e pintura.....	46
Figura 35 – Edificação em LSF finalizada.....	47
Figura 36 – Mapa de localização do terreno.....	48
Figura 37 – Parâmetros urbanos de ocupação ZOM 2.....	49
Figura 38 – Mapa de Sistema Viário.....	50
Figura 39 – Mapa Equipamentos Urbanos.....	51
Figura 40 – Planta de Implantação no terreno.....	53
Figura 41 – Quadro de tipologia das edificações.....	54
Figura 42 – Planta baixa das unidades.....	55
Figura 43 – Fachada Quadra A.....	56
Figura 44 – Vista dos Pátios – Quadra C.....	56

Figura 45 – Vista das edificações Quadra B.....	57
Figura 46 – Conexão das edificações com a praça.....	57
Figura 47 – Planta Light Steel Frame.....	58
Figura 48 – Detalhamento Light Steel Frame.....	58
Figura 49 – Planta de cobertura.....	59
Figura 50 – Características Termotelha.....	59
Figura 51 – Planta de corte coberta.....	60
Figura 52 – Acessórios das Termotelha Isoplast.....	60

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Estratégias de condicionamento térmico.....29

Tabela 2 – Programa de necessidades.....52

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABCEM – Associação Brasileira de Construção Metálica

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ACM – Material de Alumínio Composto

CBCS – Conselho Brasileiro de Construção Sustentável

LSF – Light Steel Framing

NBR – Norma Brasileira

OSB – Oriented Strand Board

HIS – Habitação de Interesse Social

ZEIS – Zonas Especiais de Interesse Social

LUOS – Lei complementar Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	07
1.1 Justificativa.....	07
1.2 Objetivos.....	09
1.3 Metodologia.....	09
1.4 Estrutura	10
2. ARQUITETURA BIOCLIMÁTICA E SUSTENTÁVEL.....	11
3. LIGHT STEEL FRAMING – LSF.....	16
(Método de Construção a Seco)	
3.1 Histórico – Surgimento do método.....	16
3.2 Modo de Construção.....	20
3.3 Comparação com os métodos construtivos em Alvenaria.....	23
3.4 Aplicação do sistema LSF em relação ao Conforto térmico.....	28
4. REFERÊNCIAS PROJETUAIS	37
4.1 Casas e Edifício misto-MVB2.....	37
4.2 Habitação Villa Verde.....	40
4.3 Residência Unifamiliar em Light Steel Frame.....	44
5. DIAGNÓSTICO.....	48
6. PROPOSTA DE PROJETO.....	52
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	61
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	62

1. INTRODUÇÃO

1.1 Justificativa

A arquitetura está em constante desenvolvimento, não só no aspecto estético, como popularmente é pensado, como também nos métodos construtivos que podem ser utilizados para a construção de edificações. Com isso, estão sempre surgindo novos materiais ou modos de aplicação destes que possam trazer melhorias para os projetos.

Aliado a isso temos a sustentabilidade, que tem como base três pilares: ambiental, econômico e social. Onde para termos um equilíbrio ecológico precisamos ter como foco além do cuidado com a preservação do meio ambiente, observar o impacto social, onde sejam pensadas soluções justas e economicamente viáveis de forma igualitária.

No decorrer desse trabalho, será apresentada a utilização do método construtivo Light Steel Framing em residências de interesse social, no que concerne ao conforto térmico em climas quente e úmido. Este sistema construtivo é considerado sustentável devido aos benefícios durante a construção e no decorrer do seu uso, bem como os materiais utilizados.

Este é um sistema considerado sustentável por utilizar matéria prima reciclável (o aço utilizado para produção dos perfis, e coletado por empresas responsáveis pela reutilização do mesmo), não sendo necessário o uso de água durante a obra, eliminando o desperdício de energia e materiais (SMART, 2013 *apud* CHEMIN *et al*, 2013 p.7).

Porém não podemos deixar de ressaltar que, por mais que o aço seja um material reciclável, para o seu modo de fabricação é necessário um grande gasto de energia para atingir as altas temperaturas exigidas nesse processo.

Em uma entrevista realizada pela CNN Brasil, o entrevistado Tadeu Carneiro, CEO da Boston Metal (startup dedicada a promover a fabricação do “aço verde”) cita que, “De acordo com Carneiro, para uma produção energeticamente eficiente, são necessários hoje 5.500 quilowatts/hora para a fabricação de uma tonelada de aço [...]”. (LAMEIRINHAS, 2021)

A temática de métodos construtivos sustentáveis desperta o interesse devido a necessidade de diminuir os impactos ambientais durante a construção,

utilizando de uma forma mais apropriada os recursos naturais e buscando maior conforto para os seres humanos.

Trazendo para o contexto do clima tropical quente e úmido, no qual se observa um grande desconforto térmico por calor no uso das edificações ao longo do ano, muitas vezes torna-se necessário o uso de recursos artificiais para amenizar a temperatura do local. Isso gera um gasto elevado de energia elétrica, fazendo necessário um maior uso dos recursos naturais para a produção da mesma.

A relevância do estudo se justifica pelo fato de o sistema Light Steel Framing trazer vantagens no aspecto de conforto térmico, a partir da composição do material, a forma construtiva empregada e a possibilidade de adicionar isolantes térmicos em sua estrutura. Por conta disso, será explorada sua adequabilidade às habitações de interesse social, cujos projetos padronizados, muitas vezes, não contemplam os requisitos necessários de desempenho térmico, apesar da regulamentação normativa nesse sentido.

Assim, busca-se somar essas características do LSF com as premissas de projeto, como uso da ventilação natural e a posição dos ambientes de acordo com a posição do sol, fazendo o sombreamento adequado das aberturas quando necessário. São partes essenciais em um projeto, agregar os benefícios dos materiais da estrutura servindo de recurso para melhoria da climatização do ambiente.

Como esse método ainda é pouco utilizado no Brasil, esta pesquisa busca explorar as possibilidades de utilização do sistema Light Steel Framing de forma a popularizar mais o sistema.

1.2 Objetivos

- **Objetivo Geral:**

- Desenvolver um projeto arquitetônico de aplicação do método Light Steel Framing em Habitações de Interesse Social em Fortaleza - CE.

- **Objetivos Específicos:**

- Comparar os métodos construtivos no processo de projeto arquitetônico: alvenaria tradicional e Light Steel Framing.

- Sistematizar as vantagens e os desafios do método Light Steel Framing em relação ao conforto térmico de residências localizadas em clima quente e úmido.

1.3 Metodologia

O presente trabalho visa compreender as vantagens do método construtivo Light Steel Framing em relação ao método de alvenaria convencional, no que se refere ao conforto térmico. Para responder aos objetivos propostos, a pesquisa se divide em duas partes: A) pesquisa bibliográfica e B) pesquisa aplicada por meio de uma proposta projetual.

A pesquisa bibliográfica trata de investigar as características do método Light Steel Framing, sua evolução histórica e estratégias para obtenção de conforto térmico em residências. Além disso, busca explorar os conceitos de arquitetura sustentável relacionados à forma de construção a seco e aos benefícios a longo prazo ao meio ambiente. Para o embasamento teórico sobre arquitetura sustentável, os pesquisadores citados foram o Conselho Brasileiro de Construção Sustentável – CBCS e Gourgel (2012). Em relação ao método de construção a seco – LSF temos Penna (2009), Santiago (2012), Souza (2011).

A pesquisa aplicada tem como recorte o clima tropical quente e úmido, trazendo uma proposta de projeto arquitetônico de um condomínio de habitações de interesse social, buscando implementar o método Light Steel Framing. As normas técnicas que tratam da temática do desempenho térmico foram importantes fontes de informação para este trabalho: ABNT NBR 15.220 (2005) e ABNT NBR 15.575 (2021).

1.4 Estrutura do trabalho

Para apresentar o método Light Steel Framing e as particularidades de aliar esse sistema ao projeto de arquitetura, o trabalho foi dividido em quatro tópicos.

De início, serão apresentados os conceitos de arquitetura sustentável, no qual demonstra as formas de utilização dos recursos naturais e aplicação da sustentabilidade nas edificações.

A sessão seguinte expõe o modo de construção Light Steel Framing (LSF) e o seu surgimento, também apresentando os seus materiais e como seu método construtivo traz vantagens em relação ao conforto para regiões de clima quente e úmido.

Para concluir a pesquisa bibliográfica, serão apresentadas as qualidades e dificuldades que esses métodos apresentam, para que seja feito um comparativo entre os sistemas construtivos de alvenaria e LSF, assim justificando a escolha desse trabalho.

A segunda parte do trabalho vem apresentar uma proposta projetual de um condomínio de habitações de interesse social, tendo seu principal método construtivo o LSF, evidenciando as vantagens da técnica para atingir um maior grau de conforto térmico.

Para a realização dessa etapa foi feito um estudo das Zonas Especiais de Interesse Social (ZEIS) em Fortaleza-CE para a escolha do terreno, em seguida o diagnóstico do entorno afim de entender as necessidades e limitações do espaço. Com os dados levantados foi elaborado um projeto da unidade habitacional em LSF e do conjunto edificado.

A partir destas etapas de pesquisa aqui relatadas, busca-se trazer contribuições para a comunidade acadêmica com evidências acerca do tema.

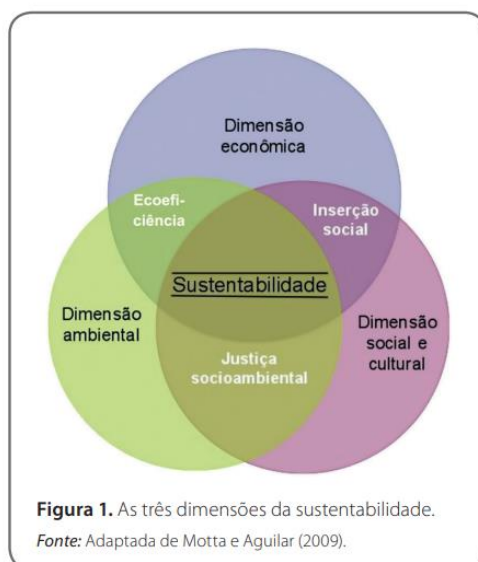
2. ARQUITETURA BIOCLIMÁTICA E SUSTENTÁVEL

Podemos observar que os termos sustentabilidade e arquitetura bioclimática vem sendo debatidos frequentemente em diversas áreas, uma delas é campo da construção civil. Procurando formas de melhorias rápidas, de fácil aplicação, com o intuito de preservação do nosso ecossistema.

O termo sustentabilidade tem como essência três dimensões: ambiental, econômica e sociocultural, isso porque ao buscarmos meios mais sustentáveis precisamos entender seu uso em sociedade a fim de pensar no futuro que essas modificações podem causar.

Como apresentado acima, esses pilares buscam o envolvimento sociocultural de modo a entender sua aplicação e forma de inserção na comunidade, acompanhado do estudo de viabilidade econômica, seus custos, matéria prima, para que se torne viável a produção. E sempre tendo como base o cuidado com os recursos naturais, proteção das áreas degradadas com a finalidade de melhorar para as gerações futuras.

Figura 1 – As três dimensões da sustentabilidade



Fonte: Livro Arquitetura Sustentável¹

¹ Disponível em: < <https://unifametro.grupoa.education/sagah/object/default/50634412>> Acesso em: 01 maio 2023.

Dessa forma, trazendo para área da arquitetura podemos dizer que,

A Arquitetura Sustentável é um termo geral que descreve a consciência ambiental sobre as técnicas de design no campo da arquitetura. É enquadrada pela larga discussão da sustentabilidade e a pressão das questões econômica e política do nosso mundo. Num contexto abrangente, a arquitetura sustentável procura minimizar o impacto ambiental negativo dos edifícios melhorando a eficiência e o uso moderado de materiais, energia e o desenvolvimento de espaços (SAKER, *et al.*, 2010 *apud* GOURGEL, 2012. p.26).

Com base nessas definições, conseguimos entender a necessidade de aplicar esses cuidados com o meio ambiente nos projetos arquitetônicos de forma a trazer melhorias ao usuário durante o uso da edificação em relação a qualidade de vida, economia e ao ecossistema a longo prazo, de modo a garantir a manutenção dos recursos naturais.

Durante as construções convencionais, é gerada uma grande quantidade de resíduos sólidos e consumo de materiais, que são feitos de recursos naturais, onde depois são descartados e muitas vezes não são reaproveitados. Com isso, há um desperdício dessas riquezas.

Alguns dos impactos ambientais causados pela construção civil, de acordo com o Conselho Brasileiro de Construção Sustentável – CBCS (BRASIL, 2007) são:

<ul style="list-style-type: none"> • A construção e a manutenção da infra-estrutura do país consomem até 75% dos recursos naturais extraídos, sendo a cadeia produtiva do setor a maior consumidora destes recursos da economia.
<ul style="list-style-type: none"> • A quantidade de resíduos de construção e demolição é estimada em torno de 450 kg/hab.ano ou cerca de 80 milhões de toneladas por ano, impactando o ambiente urbano e as finanças municipais. A este total devem ser somados os outros resíduos industriais formados pela da cadeia. [...]
<ul style="list-style-type: none"> • A utilização de madeira extraída ilegalmente, além de comprometer a sustentabilidade das florestas representa séria ameaça ao equilíbrio ecossistêmico [...]
<ul style="list-style-type: none"> • A operação de edifícios no Brasil é responsável por cerca de 18% do consumo total de energia do país e por cerca de 50% do consumo de energia elétrica;
<ul style="list-style-type: none"> • Os edifícios brasileiros gastam 21% da água consumida no país, sendo boa parte desperdiçada.

A partir disso é possível compreender a importância de conhecer os materiais construtivos e seus pontos positivos e negativos, pois desse modo durante a concepção do processo arquitetônico, é possível criar os ambientes indicando materiais adequados, podendo ser sistemas construtivos sustentáveis que possam ser reaproveitados. Esses métodos devem ser acompanhados pelo entendimento do clima do local de aplicação para trazer as soluções necessárias de sombreamento e ventilação natural para a melhoria do desempenho térmico da edificação.

Em síntese, as recomendações para subsidiar a tomada de decisão no processo de especificação incluem:

- 1] analisar e especificar sistema construtivos em vez de materiais;
- 2] especificar para uso mínimo de materiais (desmaterialização);
- 3] não selecionar produtos, mas projetar padrões cíclicos de uso;
- 4] especificar desempenho e ciclos de vida em vez de enfatizar conteúdo e origem;
- 5] na medida do possível, avaliar a toxicidade potencial e selecionar alternativas a materiais tóxicos ou perigosos; e principalmente,
- 6] sistematizar essas informações e seu processo de decisão, para que possa revisá-los sempre que o status da informação se modificar. Uma Matriz MATec (materiais, água, toxicidade, energia e CO₂eq) para os sistemas principais (Quadro 5.3), filtrados com base em sua participação no volume/massa e nos coeficientes de impacto específicos (Tab 5.1), ajudar a documentar as informações. Essa planilha inicial pode evoluir e acrescentar outros indicadores para ampliar o escopo de análise ambiental e, finalmente, migrar para avaliação integrada de sustentabilidade. (SILVA; SILVA, 2019)

No Brasil, há algumas regiões com predominância de altas temperaturas ao longo de todo o ano, onde edificações construídas podem requerer um consumo maior de energia para resfriamento por conta dos materiais utilizados na construção ou também pela falta de um projeto adequado para o local da implantação. “[...] O aumento da temperatura média afetará o dimensionamento de sistemas de refrigeração e a eficiência energética, além de influir na durabilidade da própria construção. ” (BRASIL, 2007). Assim, é necessário buscar meios de utilizar materiais adequados para a região, que auxiliem no controle de temperaturas e na diminuição de gases poluentes na atmosfera.

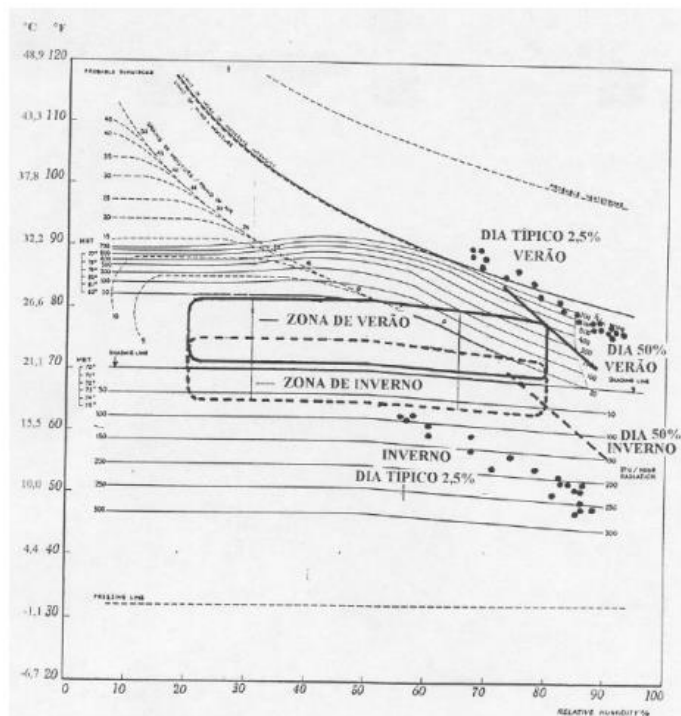
Aliado a esses fatores, podemos implementar outras premissas de projeto tão importantes quanto as citadas anteriormente, aspectos como localização, forma e orientação, sombreamento, ventilação, iluminação natural, vegetação,

que trazem qualidade e conforto aos usuários. Temos essas características relacionadas ao conceito de arquitetura bioclimática:

Os irmãos *Victor e Aladar Olgay* foram os primeiros a trazer a discussão para a mesa, o livro de Olgay, *Design with Climate*, é o primeiro a mostrar de forma **simples** a importância de se levar em consideração, no projeto, **o clima de um determinado lugar**. No processo de projeto da arquitetura bioclimática de Olgay, parte-se da **Climatologia**, estudando o clima do lugar, passando para a **Biologia**, com a avaliação das sensações humanas, com vistas ao conforto, em seguida vem a fase da **Tecnologia**, que envolve as soluções empregadas após os estudos anteriores e, por fim, a fase de **Arquitetura**, que é o produto da importância dos elementos envolvidos, ou a forma como os itens anteriores se **expressam**. (PLANEJ, 2019)

A partir desse estudo Victor e Aladar Olgay criaram um diagrama bioclimático onde seria possível propor estratégias arquitetônicas de acordo com o clima da região. Esse diagrama se aplica a ambientes externos, mas é uma importante referência para a identificação de estratégias bioclimáticas relacionando temperatura do ar e umidade relativa.

Figura 2 – Modelo do diagrama bioclimático de Olgay



Fonte: Bogo, et al (1994) ²

² Disponível em:

<https://labeee.ufsc.br/sites/default/files/publicacoes/relatorios_pesquisa/RP_Bioclimatologia.pdf> Acesso em: 05 jun. 2023.

No Brasil temos a norma ABNT NBR 15.220-3:2005 - Desempenho térmico de edificações Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social e ABNT NBR 15.575:2021 - Edificações habitacionais — Desempenho Parte 1: Requisitos gerais. Essas normas classificam o zoneamento bioclimático brasileiro disponibilizando recomendações e estratégias construtivas destinadas às habitações.

Dito isso, neste trabalho, será implementado o método Light Steel Framing, que consiste na utilização de um processo industrializado de construção a seco, trazendo também a possibilidade de aproveitamento de uma boa quantidade de peças em caso tenha necessidade de mudança de função.

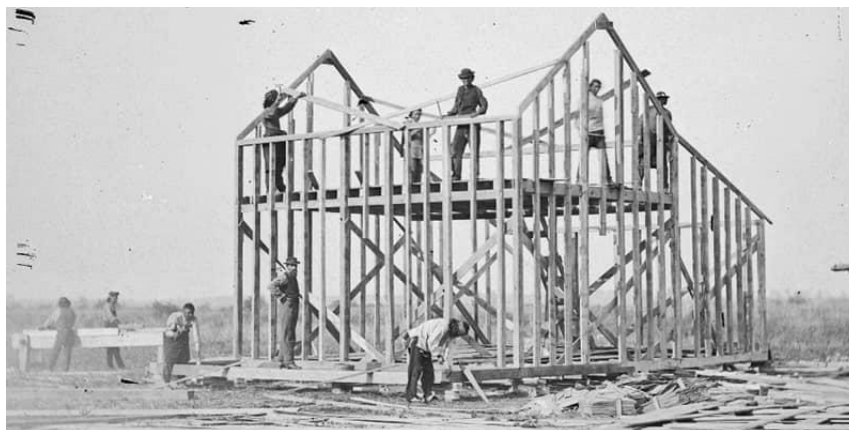
3. LIGHT STEEL FRAMING – LSF

3.1 Histórico – Surgimento do método

O método Light Steel Framing, ou construção de aço leve, teve seu surgimento diretamente ligado ao desenvolvimento da industrialização na construção civil:

A origem do sistema Light Steel Framing (LSF) remonta ao início do século XIX, com as habitações em madeira construídas pelos colonizadores em território norte-americano. Para atender ao crescimento da população foi necessário empregar métodos mais rápidos e produtivos na construção de habitações, utilizando os materiais disponíveis na região, no caso a madeira. Esse método consistia em uma estrutura composta de peças em madeira serrada de pequena seção transversal conhecida por balloon framing. A partir daí, as construções em madeira conhecidas por woodframe tornaram-se a tipologia residencial mais comum nos Estados Unidos. Aproximadamente cem anos depois, em 1933, com o grande desenvolvimento da indústria do aço, foi lançado na Feira Mundial de Chicago o protótipo de uma residência em steel framing, que utilizava perfis de aço em substituição à estrutura de madeira (FRECHETTE, 1999 *apud* SOUZA *et al*, 2011 p.116).

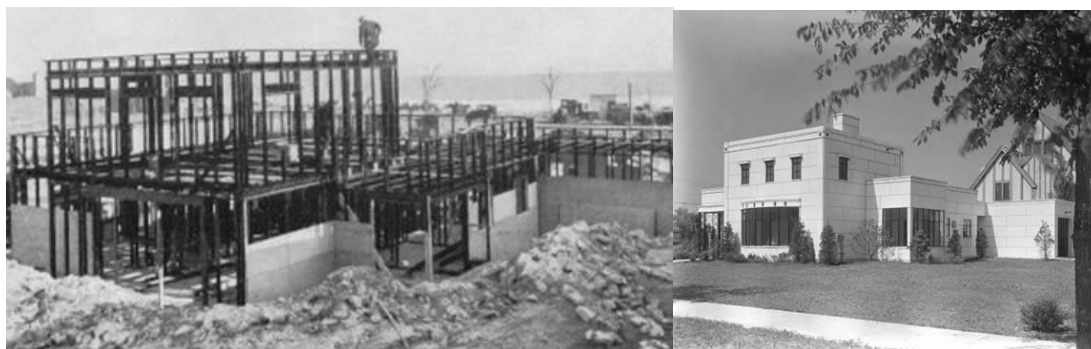
Figura 3 – Construção Wood Frame



Fonte: O Blog do Sistema Light Steel Frame³

³ Disponível em: < <http://lightsteelframe.eng.br/quando-o-steel-frame-chegou-no-brasil-historia-e-futuro-do-sistema/>> Acesso em: 14 nov. 2021.

Figura 4 – Casa em Steel Frame construída em 1933



Fonte: Compilação da autora⁴

Como inicialmente a maior parte das edificações era construída em madeira, durante as guerras esse material contribuiu para o aumento de danos materiais e ambientais, relacionados à queima do material e à exploração indiscriminada dos recursos florestais. Desta forma,

[...] A madeira, material usado na estrutura das casas, havia sido um fator agravante nos incêndios que se alastravam durante os ataques. Assim, o governo japonês restringiu o uso da madeira em construções auto-portantes a fim de proteger os recursos florestais que poderiam ser exauridos e também para promover construções não-inflamáveis. A indústria do aço japonesa, vendo nessas restrições um nicho de mercado, começou a produzir perfis leves de aço para a construção como um substituto para os produtos estruturais de madeira. [...] (SANTIAGO *et al*, 2006. p.13)

Após a Segunda Guerra Mundial, a indústria do aço tomou novos rumos em relação à evolução do seu uso, partindo da utilização de confecção de armamento para destinar com mais força a produção de peças voltadas aos métodos construtivos. Como afirma Bateman,

[...] Com o crescimento da economia após a Segunda Guerra Mundial e a grande produção de aço nos EUA, houve uma significativa evolução nos processos de fabricação dos perfis formados a frio, que gradualmente foram substituindo os de madeira nas construções, até que, no final da década de 90, o percentual estimado de construções em LSF estava na casa de 25% (1998 *apud* PENNA, 2009 p.27).

⁴ Montagem a partir de imagens coletadas no site O Blog do Sistema Light Steel Frame. Disponível em: < <http://lightsteelframe.eng.br/quando-o-steel-frame-chegou-no-brasil-historia-e-futuro-do-sistema/>> Acesso em: 14 nov. 2021.

Ao passar dos anos, o método de construção de perfis de aço leve ganhou o mercado nos países mais desenvolvidos, porém no Brasil a predominância seguiu no modo de construção convencional (alvenaria de blocos cerâmicos e concreto).

De acordo com Penna (2009, p.28) “[...] Este sistema é largamente utilizado há mais de 30 anos nos países onde a construção civil é predominantemente industrializada, notadamente os Estados Unidos, Inglaterra, Austrália, Japão e Canadá. ”

No contexto nacional,

[...] Só em 1998 surgiram no Brasil, as primeiras construções em LSF, um produto tecnológico razoavelmente novo no país o qual, estrategicamente, teve seus primeiros grandes projetos focados na construção residencial de médio e alto padrão, para romper conceitos culturais, formar opinião e adequar as possibilidades de financiamento existentes. (HERNANDES, 2004 *apud* PENNA, 2009, p. 28).

Ao observar esse método no contexto brasileiro, notamos a dificuldade de aceitar e implantar novas tecnologias quando seu modo construtivo diverge dos modos padrões de construção. Com isso, levamos mais tempo para consolidar novas técnicas no mercado, mas atualmente o LSF é um método regulamentado em norma, deste modo podemos confiar na sua aplicação.

Algumas construtoras brasileiras começaram a importar kits pré-fabricados em LSF dos Estados Unidos, sem que antes fosse feita alguma adaptação para a realidade brasileira. Apesar disso, o processo construtivo industrializado se mostrou eficiente e desde então vem sofrendo transformações e adaptações em relação ao clima e economia, além de ajustes à cultura construtiva do país, que é baseada em materiais maciços e com pouca exigência de atenção à manutenção (SANTIAGO, 2008).

Além disso,

Cerca de dez anos depois, com a tecnologia já estabelecida, foram publicadas as normas NBR 14762 (ABNT, 2010), que trata do dimensionamento de estruturas de aço constituídas por perfis formados a frio; e NBR 6355 (ABNT, 2012), que trata dos perfis estruturais de aço formados a frio.[...] (OLIVEIRA, 2013)

Outro dado encontrado em relação ao método no Brasil foi uma pesquisa realizada pela Associação Brasileira de Construção Metálica (ABCCEM) sobre o “Cenário dos fabricantes de perfis galvanizados para Drywall e Light Steel Frame”. Essa pesquisa apresenta a quantidade de empresas especializadas na

fabricação desses perfis pelo Brasil e a sua função, podendo ser fabricação e montagem.

CENÁRIO DOS FABRICANTES DE PERFIS GALVANIZADOS PARA DRYWALL E LIGHT STEEL FRAME (LSF)

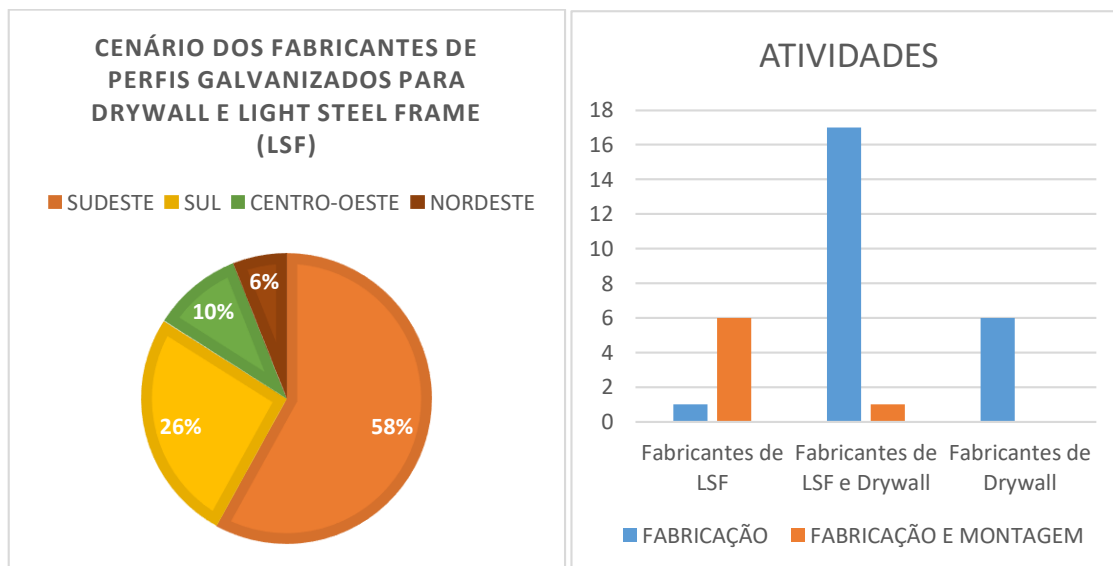
Participantes: a amostra foi constituída por 31 empresas.

Localização: segundo a localização das matrizes das empresas, 58% estão na região sudeste, 26% na região sul, 10% na região centro-oeste e 6% na região nordeste. Vale lembrar que os perfis produzidos podem ser entregues e consumidos em outra região.

Atividades: fabricantes de LSF => 1 somente fabrica; 6 fabricam e montam; Fabricantes de LSF e Drywall => 17 somente fabricam; 01 fabrica e monta; Fabricantes Drywall => 6 somente fabricam.

Destinação: 43% da produção de LSF foram destinados a uso residencial, onde tem tido melhor aceitação, e 34% ao comercial. Há empreendimentos em que este sistema construtivo é empregado somente nas fachadas. Para esta aplicação, observa-se uma tendência de crescimento. Em 2018 o sistema de fachadas em LSF correspondiam a 1% da produção e em 2019 passou a representar quase 6,5%. (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA CONSTRUÇÃO METÁLICA, 2020)

Figura 5 – Pesquisa de empresas especializadas em fabricação de perfis galvanizados para Drywall e LSF no Brasil.



Fonte: Elaborado pela autora com base nos dados da Associação Brasileira de Construção Metálica (ABCCEM).⁵

⁵ Disponível em: <<https://www.abcem.org.br/site/estatisticas-cenarios-dos-fabricantes.php?&et=0&emsg=E0641&ecmp=&bsc=&frm=1&new=1&ope=ver&open=y&cod=48422>>. Acesso em: 13 nov. 2021.

Com base nisso, entendemos sobre o processo histórico do Light Steel Framing, a evolução de um método construtivo utilizado por muitos anos nos países com maior desenvolvimento visto a realidade vivida na época e a necessidade de criar novas tecnologias de forma a solucionar problemas que foram evidenciados acima, com um paralelo de trazer também melhorias econômicas.

Na seção seguinte, será exposto o modo de construção do sistema Light Steel Framing, os materiais utilizados e sua estrutura.

3.2 Modo de Construção

Light Steel Framing (LSF) é uma construção de aço leve, por esse motivo diminui consideravelmente o peso total da edificação, dessa forma, não é necessária uma fundação profunda. Geralmente em construções residenciais que utilizam esse método, a fundação é feita em *radier* simples, porém para chegar a essa definição deve ser realizado um estudo do solo e o cálculo estrutural da edificação.

A utilização desse tipo de fundação tem como objetivo diminuir o impacto no solo, utilizando uma menor quantidade de concreto e recursos naturais.

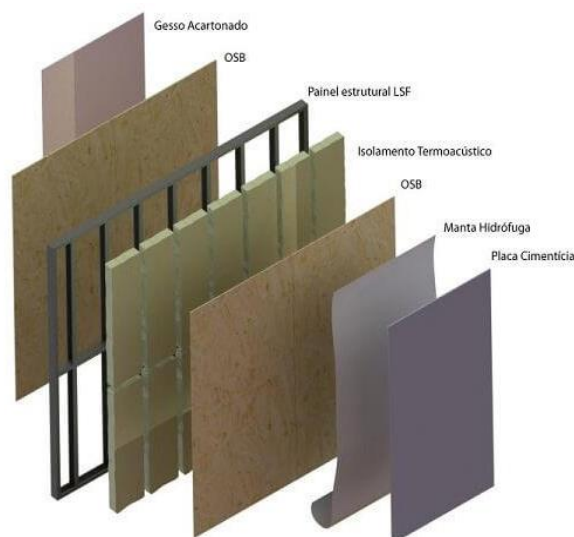
Esse sistema de construção a seco é composto por perfis leves de aço galvanizado moldados a frio, que unidos aos outros elementos (fundação e cobertura) formam o esqueleto da edificação. São peças industrializadas e pré-fabricadas, dessa forma, temos uma fabricação mais precisa das peças, evitando o desperdício de material.

No método LSF, as paredes além da sua função de vedação são componentes estruturais compostos por perfis galvanizados, podendo estar distantes 400mm ou 600mm entre si, em alguns projetos pode ocorrer um misto dessas dimensões. Entretanto, essas especificações serão definidas no projeto estrutural, após a elaboração do projeto arquitetônico.

Para a vedação das paredes de LSF é mais comum utilizar: placas de OSB (Oriented Strand Board), placas cimentícias e placas de gesso acartonado. Porém isso não impede a aplicação de outros materiais, como placas de ACM (Material de Alumínio Composto), revestimentos cerâmicos, ripas de madeira, painéis de vidro, entre outros:

[...] Os painéis têm a função de distribuir uniformemente as cargas e encaminhá-las até o solo. O fechamento desses painéis pode ser feito por vários materiais, mas, normalmente, utilizam-se placas cimentícias ou placas de OSB (oriented strand board) externamente, e chapas de gesso acartonado internamente. (SANTIAGO *et al*, 2006. p.15)

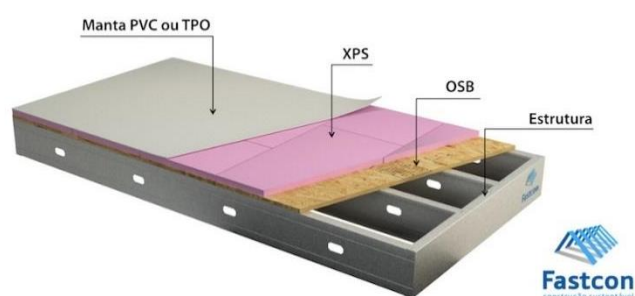
Figura 6 – Steel Frame: Parede interna e externa



Fonte: Viva Decora PRO⁶

Nas construções em LSF, são usadas lajes secas, estruturadas assim como as paredes por perfis de aço galvanizado, mas na horizontal formando uma série de vigas para sustentação da estrutura.

Figura 7 – Steel Frame: laje seca



Fonte: Fastcon Construção Sustentável⁷

⁶ Disponível em: <https://www.vivadecora.com.br/pro/arquitetura/steel-frame/>. Acesso em: 14 nov. 2021.

⁷ Disponível em: <http://fastcon.com.br/blog/steel-frame/steel-frame-laje-seca-cobertura/>. Acesso em: 14 nov. 2021.

Para completar a estruturação do sistema, existe a cobertura. Assim como na construção convencional, é possível definir a sua forma de acordo com o conceito aplicado no projeto arquitetônico, pois esse sistema tende a se adaptar às necessidades de cada proposta independente de ser um modelo plano, inclinado ou de forma mais orgânica, desde que seja elaborado de maneira integrada durante o projeto. O conjunto formado pelas estruturas verticais (vedações externas, internas e reforços) e horizontais (lajes e coberturas) resulta em um sistema estrutural leve e estabilizado.

De acordo com Santiago *et al*, (2006. p.15) “[...] as telhas utilizadas para a cobertura podem ser cerâmicas, de aço, de cimento reforçado por fios sintéticos ou de concreto. Também são usadas as telhas “shingles”, que são compostas de material asfáltico.”

FIGURA 8 – Telhado Steel Frame



Fonte : Construmax Alfa⁸

Esse modelo de construção pode utilizar materiais de isolamento térmico e acústico nas paredes internas e externas, que contribuem para conforto da residência, diminuindo o consumo de energia e proporcionando maior bem-estar nos ambientes internos.

Na próxima seção, trataremos sobre a viabilidade do método Light Steel Framing comparando com a construção convencional de alvenaria. Além disso, apresentaremos as vantagens que podemos encontrar em relação ao conforto térmico no próprio método construtivo, aliado às técnicas de distribuição da ventilação na edificação, considerando que o planejamento durante a concepção

⁸ Disponível em: <https://www.construmaxalfa.com.br/telhado-steel.html>. Acesso em: 14 nov. 2021.

do projeto arquitetônico é essencial para a melhoria da arquitetura como um todo.

3.3 Comparação com os métodos construtivos em Alvenaria

No Brasil, temos como principal método construtivo a alvenaria de blocos cerâmicos. É um sistema que vem sendo utilizado há muitos anos, pois tem a matéria prima necessária para construção em abundância e com fácil acesso, também a sua mão de obra tem um menor custo por conta da quantidade de profissionais que dominam esse processo:

No sistema construtivo de alvenaria convencional, tem-se uma enorme demanda em nosso país, pois ele se encontra como sendo o “carro chefe” dos métodos construtivos no Brasil, isso ocorre por diversos motivos, sendo o principal deles o fator do tradicionalismo cultural brasileiro, pois devido a existência e aplicação deste método construtivo há décadas, se fortaleceu na cultura brasileira, gerando assim especializações, padronizações e o desenvolvimento de técnicas além do apoio da maioria do âmbito comercial voltado para construção no país que trabalha em torno deste sistema construtivo, dificultando o ingresso de novos padrões (JUNIOR; BRITO, 2018 *apud* TELLES, 1994 p.33).

Também ressaltam Oliveira e Lopes (2014 p. 16-17) que:

Mesmo sendo o método mais utilizado na construção de residências no Brasil até hoje, o sistema convencional apresenta deficiências. Por se tratar de um método artesanal, sua estrutura é totalmente moldada in loco e às vezes por não contar com mão de obra especializada, esse sistema acaba gerando uma perda de material, eficiência e tempo significativas em relação aos novos métodos de construção existentes no mercado.

Quando falamos de alvenaria de bloco cerâmico, temos dois tipos de tijolos: sólido e vazado, que pode ter seu uso para vedação externa e divisões internas. Porém também contamos com o modelo de bloco com função estrutural, esse tipo específico dispensa o uso de viga e pilares, pois seu sistema é realizado através da sua amarração nos tijolos, tornando uma edificação autoportante. Vale lembrar que esse tipo de estrutura necessita de um engenheiro estrutural para realizar modificações.

Figura 9 – Tipos de blocos cerâmicos



Fonte: Compilação da autora⁹

Na alvenaria de blocos cerâmicos não estruturais, utiliza-se uma estrutura independente para fazer as amarrações e receber as cargas da edificação, como concreto armado, aço ou madeira. Desse modo, temos a fundação, os pilares e vigas que interligados fazem o transporte das cargas ao solo.

Figura 10 – Construção de alvenaria convencional com estrutura em concreto armado



Fonte: Instituto Brasileiro de Desenvolvimento da Arquitetura: Fórum da Construção.¹⁰

⁹ Montagem a partir de imagens coletadas nos sites: Leroy Merlin. Disponível em: https://www.leroymerlin.com.br/bloco-ceramico-vedacao-6-furos-9x19x19cm-ceramica-italia_87953915. Construindo Casas. Disponível em: <https://construindocasas.com.br/blog/materiais/tijolo-ceramico/>. M²OBRAS. Disponível em: <https://www.custodaconstrucao.com/app/produtos/bloco-ceramico-estrutural>. Acesso em: 21 nov. 2021

¹⁰ Disponível em: <http://www.forumdaconstrucao.com.br/conteudo.php?a=7&Cod=1642> Acesso em: 21 nov. 2021.

Em relação ao projeto arquitetônico, na utilização do método construtivo tradicional, não temos muitas limitações, podem-se propor formas diferenciadas, com curvas ou elementos orgânicos que conseguimos alcançar com a utilização de formas e concreto ou mesmo com os blocos cerâmicos. Algumas vezes, torna-se necessária uma quantidade maior de material e conseqüentemente elevando o peso da edificação.

Para conseguirmos fazer essas inovações é ideal que sejam pensadas e planejadas durante as fases de projeto (estudo preliminar, anteprojeto e projeto executivo), para que assim possamos analisar o melhor do modo de execução, evitando desperdício de material e retrabalho. Pois depois da edificação finalizada, algumas modificações podem necessitar de reforço na estrutura, o que pode dificultar a realização da forma desejada.

Após apresentar um pouco da forma de construção da alvenaria convencional e como também foi apresentado anteriormente o modo de construção do Light Steel Framing, é possível fazer um comparativo entre a aplicação desses dois sistemas construtivos através das suas vantagens e desvantagens.

Uma das principais vantagens do método LSF comparado à alvenaria com estrutura de concreto armado é que, durante o processo de montagem da edificação, já são feitas todas instalações de elétrica, hidráulica, proteção térmica e acústica, enquanto no sistema convencional são construídas as paredes para em seguida serem feitos os recortes para passar essas instalações. Com isso, na utilização do Light Steel Framing, evita-se uma grande geração de resíduos e entulhos para obra, tornando o processo de construção mais rápido, limpo, organizado e seguro.

Em relação à utilização de água, que é recurso natural e precisamos ficar alerta em relação ao seu desperdício, a sua utilização na construção de uma residência em alvenaria é necessária em quase todos os processos da obra e, como já citamos anteriormente, no sistema LSF a etapa que necessita desse recurso é a de fundação e, além disso, é utilizada em quantidade menor devido ao tipo de fundação utilizada.

Outro ponto que chama atenção entre esses dois sistemas construtivos é o prazo para realização de uma obra. No LSF, a obra reduz muito seu tempo

pelo fato de ser um sistema de montagem a seco com painéis pré-fabricados. Por esse motivo, pode ser uma boa solução para utilizar em residências populares, com o déficit habitacional alto é possível entregar uma quantidade maior de edificações em um tempo reduzido.

O sistema ainda permite a redução do custo em função da otimização do tempo de fabricação e montagem da estrutura, pois algumas etapas da obra podem ser executadas concomitantemente, por exemplo, as fundações são executadas no canteiro de obra enquanto os painéis das paredes são confeccionados em fábrica. (JARDIM e CAMPOS, 2005 *apud* OLIVEIRA, 2013 p.38).

No método LSF, aproveitamos o conceito de coordenação modular, onde na concepção do projeto nos baseamos em uma malha com medidas padrões de modo a ter um melhor aproveitamento dos materiais, menos desperdício e facilitar intervenções futuras. Isso não é uma obrigatoriedade, pois o sistema permite a flexibilidade na formação dos espaços, mas a premissa da modularidade gera maior otimização.

Apesar dos pontos apresentados acima, o sistema construtivo de alvenaria também tem suas qualidades, a principal delas é ser um sistema de fácil acesso, que utiliza materiais em abundância na região sem precisar ter uma logística maior para transporte, tornando-se mais acessível à população no geral. Além disso, o LSF apresenta um maior custo inicial, que pode ser compensado pela redução no tempo de obra.

Por conta do sistema construtivo tradicional de alvenaria (parte estrutural mais bloco de vedação) é possível realizar algumas modificações ao longo do tempo sem interferir na estrutura. No LSF essa flexibilidade não é tão facilitada, pois toda a edificação é estrutural, sendo assim preciso conhecer a estrutura para indicar se haverá a possibilidade de alteração.

O quadro a seguir apresenta um resumo dos pontos apresentados, a fim de auxiliar no momento de desenvolvemos uma proposta projetual:

Figura 11 – Quadro comparativo entre os sistemas Light Steel Framing e alvenaria convencional com estrutura em concreto armado.

QUADRO COMPARATIVO		
	LIGHT STEEL FRAMING	ALVENARIA CONVENCIONAL
MÃO DE OBRA MAIS BARATA, FÁCIL ACESSO		X
MÃO DE OBRA ESPECIALIZADA	X	
EVITA GERAÇÃO DE RESÍDUOS NA OBRA, TENDO UM MELHOR APROVEITAMENTO DO MATERIAIS	X	
MENOR TEMPO DE EXECUÇÃO	X	
MATERIA PRIMA EM ABUNDÂNCIA, MENOR LOGÍSTICA DE TRANSPORTE		X
MENOR CUSTO FINANCEIRO		X

Fonte: Elaborado pela autora.

3.4 Aplicação do sistema LSF em relação ao Conforto térmico

Antes de falarmos sobre a utilização do sistema LSF em projetos residências, iremos compreender as necessidades climáticas do local de atuação, Fortaleza/CE.

Quando pensamos em conforto térmico em uma edificação, um dos itens mais importantes é o seu fechamento, que recebe em sua superfície externa a incidência dos raios solares absorvendo o calor e transmite para o interior do ambiente. (PEREIRA; COELHO, 2018 p.28).

De acordo com a ABNT NBR 15220 (2005) - Desempenho térmico de edificações Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse, o Brasil tem suas zonas bioclimáticas divididas em oito seções, como podemos observar no mapa a seguir:

Figura 12 – Zoneamento bioclimático brasileiro.

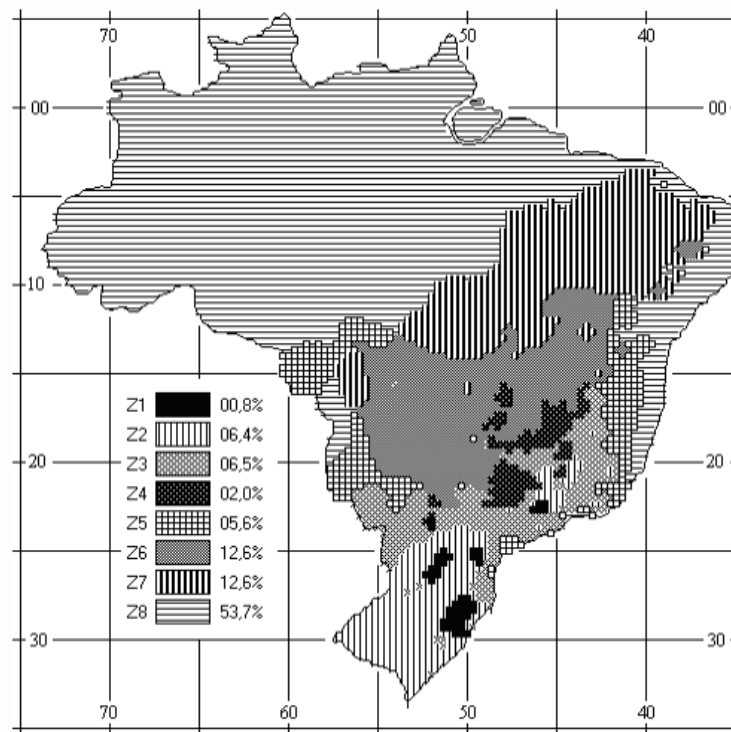


Figura 1 — Zoneamento bioclimático brasileiro

Fonte: ABNT NBR 15220-3:2021 p.02

Fortaleza se enquadra na Zona 8, ainda segundo a norma da ABNT (2005), identificam-se as diretrizes necessárias para o alcance do desempenho térmico das edificações, como grandes aberturas, sempre sombreadas, utilizar

vedações externas leves e refletoras e ventilação cruzada permanente, ressaltando que “[...] o condicionamento passivo será insuficiente durante as horas mais quentes.” (ABNT, 2005, p.11)

Figura 13 – Mapa da Zona 8 e Carta bioclimática



Figura 16 — Zona bioclimática 8

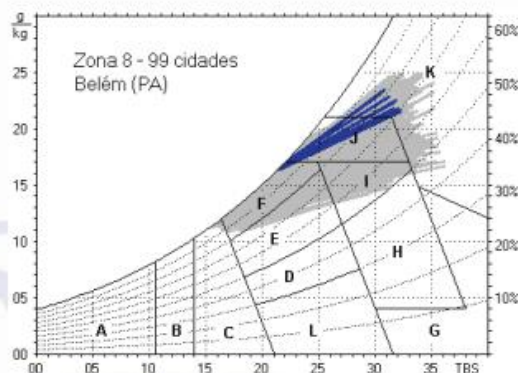


Figura 17 — Carta bioclimática apresentando as normas climatológicas de cidades desta zona, destacando a cidade de Belém, PA

Fonte: ABNT NBR 15220-3:2005 p.10.

Nessa imagem acima retirada da ABNT (2005), vemos o mapa da Zona bioclimática 8 e ao lado a identificação das estratégias de condicionamento térmico na carta bioclimática. Em seguida, serão apresentadas com mais detalhes essas estratégias de condicionamento térmico:

Tabela 1 - Estratégias de condicionamento térmico.

TABELA 25 – ABNT 15220-3 2005	
Estratégia	Detalhamento
F	As sensações térmicas são melhoradas através da desumidificação dos ambientes. Esta estratégia pode ser obtida através da renovação do ar interno por ar externo através da ventilação dos ambientes
I e J	A ventilação cruzada é obtida através da circulação de ar pelos ambientes da edificação. Isto significa que se o ambiente tem janelas em apenas uma fachada, a porta deve ser mantida aberta para permitir a ventilação cruzada. Também deve-se atentar para os ventos predominantes da região e para o entorno, pois o entorno pode alterar significativamente a direção dos ventos

Fonte: ABNT NBR 15220-3:2005 p.10 e 11.

Como podemos observar, as estratégias indicadas para Fortaleza-CE, que é uma cidade de clima quente e úmido, envolvem priorizar a entrada de ventilação natural. Para isso indicamos as aberturas das janelas de modo a permitir a ventilação cruzada no ambiente, para que a dissipação de calor seja realizada de forma eficiente. Ao posicionarmos as aberturas é importante entender a direção dos ventos e a carta solar da região, para quando necessário adicionar algum elemento de sombreamento.

[...] a ventilação cruzada é uma alternativa eficiente, pois é proporcionada por aberturas em paredes opostas (ou diferentes) sob a ação do vento. A ventilação cruzada pode proporcionar uma taxa de renovação de ar mais elevada do que na ventilação unilateral, que é caracterizada por aberturas numa mesma fachada (EMMERICH; DOLS; AXLEX, 2001 *apud* SOUZA *et al*, 2011 p.116)

Através da análise da norma de desempenho térmico NBR 15575 (2021), conseguimos estudar melhor as medidas que se adequam a cada região e aplicar nos projetos de modo a trazer conforto para as edificações. Porém sempre que temos a possibilidade de ampliar essas estratégias, é válido buscar conhecer como poderíamos aproveitar as tecnologias existentes para somar às soluções que já são utilizadas.

Na parte 4 da NBR 15575 (2021) podemos conhecer os requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas — SVVIE, onde é apresentado o desempenho térmico mínimo necessário para as edificações, através do estudo dos materiais, analisando a transmitância e capacidade térmica, percentual de abertura para ventilação e dos elementos transparentes.

A tabela abaixo identifica os critérios de transmitância térmica de paredes externas de acordo com a Zona bioclimática 8.

Figura 14 – Tabela de Transmitância térmica de referência para paredes externas

Tabela 13 – Transmitância térmica de referência para paredes externas

Transmitância térmica de paredes (U_{par}) W/(m ² .K)		
Zonas bioclimáticas 1 e 2	Zonas bioclimáticas 3 a 8	
$U_{par} \leq 2,7$	$\alpha_{par}^a \leq 0,6$	$\alpha_{par} > 0,6$
	$U_{par} \leq 3,7$	$U_{par} \leq 2,5$

^a α_{par} é a absorvância à radiação solar da superfície externa da parede. Recomenda-se a consideração da degradação do desempenho desta superfície, conforme ABNT NBR 15575-1:2021, 11.2

Os limites de α_{par} estabelecem a transmitância térmica de referência que deve ser considerada nas paredes externas.

No caso de paredes com superfície externa em chapas metálicas de qualquer natureza, com ou sem aplicação de pintura ou outro acabamento, a superfície externa deve apresentar valor de emitância térmica superior a 0,7, para as zonas bioclimáticas 3 a 8. O valor da emitância térmica deve ser comprovado por meio de laudo técnico conforme a ABNT NBR 15575-1:2021, Tabela 1.

Unidades habitacionais com APP que adotarem valores de transmitância térmica de paredes externas que ultrapassem os limites desta Tabela devem ser avaliadas por meio do procedimento de simulação computacional, estabelecido na ABNT NBR 15575-1:2021, 11.4.

Fonte: ABNT NBR 15575-4:2021 p.04.

Para comparar os métodos construtivos LSF e alvenaria convencional de blocos cerâmicos em relação ao desempenho térmico de suas paredes, foi realizada, na plataforma online *Projeteee* – Projetando Edificações Energeticamente Eficientes, uma projeção dos componentes construtivos desses dois métodos em estudo para verificar seu desempenho térmico.

Figura 15 – Parede de Alvenaria de bloco cerâmico



Fonte: Projeteee¹¹

¹¹ Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/projeteee/componente/gesso-interno-fino-0-2-cm-bloco-ceramico-9x14x24-cm-argamassa-externa-2-5-cm/>>. Acesso em: 05 jun. 2023.

Como mostra a figura 15, nesse exemplo de composição da parede de alvenaria, temos uma transmitância térmica de $2.55\text{W/m}^2\cdot\text{K}$, assim em comparação com a tabela de transmitância da norma NBR 15575(2021) tem seu valor próximo ao máximo indicado para a Zona Bioclimática 8. Outro ponto interessante de se observar é seu atraso térmico, em média de 2.2h, que auxilia na demora da transferência de calor para dentro da edificação durante o dia.

Na imagem a seguir, com os componentes disponíveis na plataforma *Projeteee*, foi criado com o auxílio da calculadora de propriedades uma parede com os materiais próximos ao do sistema LSF. Como não havia a placa de OSB entre os materiais disponíveis, foi adicionado o material “forro de madeira de 1cm de espessura” como comparativo.

Figura 16 - Parede em Light Steel Frame

EXTERIOR		
CAMADA	MATERIAL	RESISTÊNCIA TÉRMICA
1	Placa cimentícia 1	0.011
2	Forro madeira 1	0.067
3	Placa de Alumínio 0.05	0
4	Lã de rocha 7.5	1.667
5	Placa de Alumínio 0.05	0
6	Forro madeira 1	0.067
7	Placa de gesso 1.25	0.036

SEU MATERIAL	
Resistência Térmica Total:	2,02
Atraso Térmico ϕ (horas):	5,1
Capacidade Térmica (kJ/m ² K):	48,7
Transmitância Térmica (W/m ² K):	0,5

ADICIONAR CAMADA NA BASE

INTERIOR

Fonte: Projeteee¹²

Observando novamente as propriedades de transmitância e atraso térmico temos respectivamente os valores de $0,5\text{W/m}^2\cdot\text{k}$ e 5,1h. A inserção do material isolante traz mais resistência térmica para a vedação do LSF, que apresenta adequação à Zona Bioclimática 8 e seu bom desempenho térmico.

A partir desses estudos, conseguimos analisar as características do sistema Light Steel Framing que apresentam um potencial positivo para o clima estudado. Ao iniciarmos um estudo preliminar, independentemente do método

¹² Disponível em: < <http://www.mme.gov.br/projeteee/componentes-construtivos/>>. Acesso em: 05 jun. 2023

construtivo escolhido, temos que criar estratégias que potencializem o conforto da edificação.

O desempenho térmico de habitações depende de seus componentes (paredes e coberturas), das áreas envidraçadas e de ventilação, das cargas térmicas internas (pessoas, iluminação e equipamentos), da maneira como se operam as aberturas e do clima da cidade. O Brasil possui climas variados, em que estratégias bioclimáticas podem permitir que as habitações não dependam de equipamentos de condicionamento artificial. (ABNT, 2021)

No método LSF, temos a estrutura da parede formada pelos perfis metálicos e seus fechamentos internos e externos, que além da vedação tem propriedades isolantes de temperatura. Porém diferentemente do método tradicional de construção, conseguimos elevar essa proteção adicionando um isolamento leve entre as placas de vedação.

No Brasil, o mais comum é encontrar no mercado o isolamento feito com mantas e feltros. Não é usual a utilização de isolamentos soltos em forma de flocos, já a utilização das placas rígidas como EPS (poliestireno expandido), XPS (poliestireno extrudido), PUR (espumas rígidas de poliuretano) e PIR (espumas rígidas de polisocianurato) é modesta, pois possuem alto custo e pouca mão de obra especializada para execução. Os isolantes mais comumente usados são a lã de rocha e a lã de vidro. [...] (PEREIRA; COELHO, 2018 p.33).

Entretanto ao adicionar um material isolante é necessário compreender suas propriedades e função dentro da edificação de acordo com o clima da região. Em locais com clima quente e úmido, precisamos ter a ventilação natural aliada ao isolamento térmico para que o calor não fique retido no interior da edificação.

A seguir serão apresentados os isolantes térmicos mais utilizados nas edificações em Light Steel Framing e algumas de suas definições.

- **LÃ DE PET**

A Lã de Pet é um isolante térmico e acústico com grande apelo ecológico e voltado para a sustentabilidade, uma vez que é proveniente de matéria-prima reciclada e 100% reciclável.

A comercialização da Lã de Pet é feita em forma de mantas ou painéis, e sua grande aplicação está na isolação acústica, mas possui também vasta aplicação para a isolação térmica.

A Sustentabilidade é seu maior diferencial, uma vez que ela é produzida a partir da fibra de Poliéster (garrafas PET) recicladas, sem adição de resinas, sem utilização de água durante o processo e sem emissão de carbono na atmosfera. (NEOTÉRMICA, 2021).

Tem seu uso para isolamento acústico, reduzindo os ruídos externos e internos, se aplicada da forma correta, podendo variar de acordo com as espessuras do material. Referente ao conforto térmico, cria uma barreira de calor, reduzindo o consumo de energia. Pode ser usada em telhados, paredes, fachadas etc.

Figura 17 – Lã de pet



Fonte: NEOTÉRMICA, 2021¹³

- **LÃ DE VIDRO**

É o tipo de isolante mais utilizado por ter uma grande capacidade de isolamento térmico, é bastante conhecido no mercado por suas qualidades e um bom custo benefício. A lã de vidro, como o próprio nome já diz, contém em sua composição vidro e também areia. Outra vantagem é ter uma grande resistência ao fogo. Porém por ser um material composto por micro partículas de vidro, torna sua instalação mais nociva para o trabalhador, que necessitará de maior proteção para manuseio.

¹³ Disponível em: <https://neotermica.com.br/produto/la-de-pet/>. Acesso em 07 dez. 2021

A lã de vidro pode ser usado em diferentes tipos de projetos, tanto comercial, residencial, galpões industriais, revestimentos de forros, telhados e paredes.

A lã de vidro é mundialmente reconhecida como um dos melhores isolantes térmicos. Este desempenho se deve ao ar imobilizado entre suas inúmeras tramas, o que dificulta o processo de troca térmica entre a superfície isolada e o ambiente fonte de calor.

O resultado destas características proporciona à lã de vidro coeficientes de condutividade térmica extremamente baixos, que combinados com espessuras adequadas propiciam o estabelecimento de ótimas resistências térmicas. (NEOTÉRMICA, 2021).

Figura 18 – Lã de vidro



Fonte: DoceObra¹⁴

● LÃ DE ROCHA

Como cita o site Casaconstrução.Org (2021),

A lã de rocha é fabricada a partir de rochas basálticas especiais e outros minerais que, após serem aquecidos a cerca de 1500°C, transformam-se em filamentos. Estes, por sua vez, quando misturados a soluções de resina orgânicas, permitem a criação de produtos leves, sendo flexíveis ou rígidos, dependendo do nível de compactação.

A lã de rocha é considerada incombustível, por ter uma maior resistência ao fogo. Tem suas características parecidas com as anteriores, por ter função de isolante termo acústico. É um material um pouco mais pesado quando

¹⁴ Disponível em: <https://casaconstrucao.org/materiais/la-de-vidro/>. Acesso em 07 nov. 2021

comparado com a lã de vidro, com isso mais utilizado em paredes. Porém sem deixar de ser um material flexível.

Figura 19 – Lã de rocha



Fonte: DoceObra¹⁵

A partir da compreensão da possibilidade de acrescentar diferentes tipos de isolamentos térmicos no sistema construtivo de uma edificação de LSF, podemos agregar as necessidades de cada espaço de modo que venha somar as estratégias propostas para cada zona em função do conforto dos usuários.

No próximo capítulo, serão apresentadas três referências de projeto: Casas e edifício misto-MVB2 – Sobral/CE, Habitação Villa Verde – Constitución/Chile e Residencial Unifamiliar – Fortaleza/CE. De modo a demonstrar propostas de projetos mistos (residencial e comercial) e variedade dos modos construtivos, que servirão de referência para a proposta do projeto do conjunto habitacional de interesse social em LSF.

¹⁵ Disponível em: <https://casaconstrucao.org/materiais/la-de-vidro/>. Acesso em 07 nov. 2021

4. REFERÊNCIAS PROJETOAIS

4.1 Casas e Edifício misto – MVB2

O primeiro projeto de referência foi realizado pelo escritório Rede Arquitetos e nomeado como Casas e Edifício misto – MVB2. Esse projeto está localizado na área de expansão urbana da cidade de Sobral, no Ceará, que apresenta clima semiárido.

O escritório Rede Arquitetos tem como conceitos em seus projetos o coletivo, a integração entre o meio urbano e ambiental, criando edificações com possibilidade de mudanças ao longo do seu uso, de modo a se adaptar às necessidades dos usuários.

O projeto era composto por 25 loteamentos de tamanhos diferentes (11 lotes de 175,00m², 13 lotes de 210m² e 01 lote de 275,00m²), essa diversidade nas medidas dos lotes possibilitou a variação nas soluções, assim como a criação de um conjunto misto com duas tipologias de edificações, um conjunto de casas e um edifício de uso residencial e comercial.

Figura 20 – Fachada Casas e Edifício misto



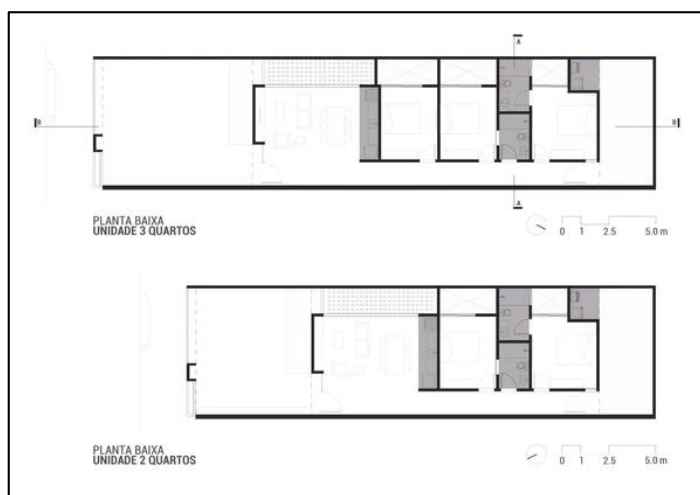
Fonte: Site Rede Arquitetos/ Fotografia: Igor Ribeiro¹⁶

Nas casas, foram adotadas duas tipologias baseadas nos tamanhos dos lotes, variando entre dois e três quartos. O layout das residências segue um plano linear

¹⁶ Disponível em: <<https://www.redearquitetos.com/casas-ed-misto-mbv2>>. Acesso em 05 jun. 2023

com recuos nas esquadrias e criação de pátio interno para cada ambiente, pois como são casas geminadas essa foi uma solução adotada para ter uma ventilação cruzada natural nos ambientes e possibilidade de iluminação indireta. Com a criação desses pátios, também é possível pensar em situações a longo prazo onde há a flexibilidade de expansão ou mudança de uso.

Figura 21 – Planta baixa unidades com 2 e 3 quartos



Fonte: Site Rede Arquitetos¹⁷

Em seguida, nas imagens da parte interna da residência, é possível notar a leveza e integração dos espaços, e a relação do ambiente interno com o urbano de forma sutil.

Figura 22 – Casas MVB2



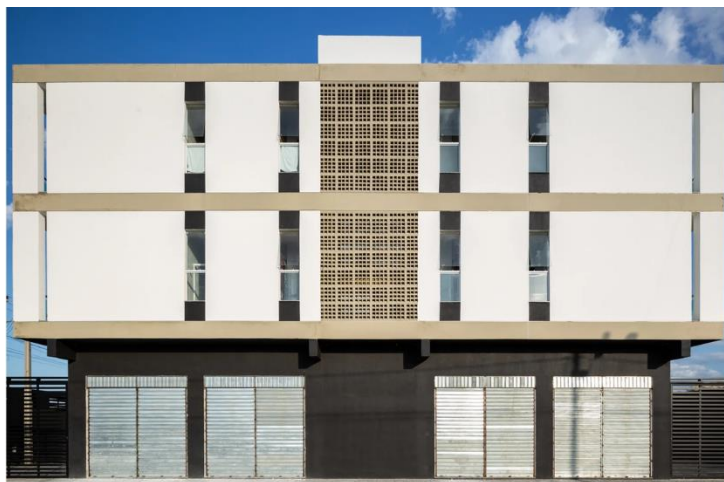
Fonte: Compilação da autora.¹⁸

¹⁷Disponível em: <<https://www.redearquitetos.com/casas-ed-misto-mbv2>>. Acesso em 05 jun. 2023

¹⁸ Montagem a partir de imagens coletadas no site: Rede Arquitetos. Disponível em: <<https://www.redearquitetos.com/casas-ed-misto-mbv2>>. Acesso em: 05 jun. 2023

O edifício misto surgiu ao identificar que com o tamanho do lote seria viável criar mais de uma residência. Por ser um terreno de esquina, uniu-se a possibilidade de unidades comerciais, trazendo o uso misto para aquele local, criando fachadas ativas. Assim, torna um espaço em movimento, seguro e também com maior retorno financeiro.

Figura 23 – Fachada Edifício misto

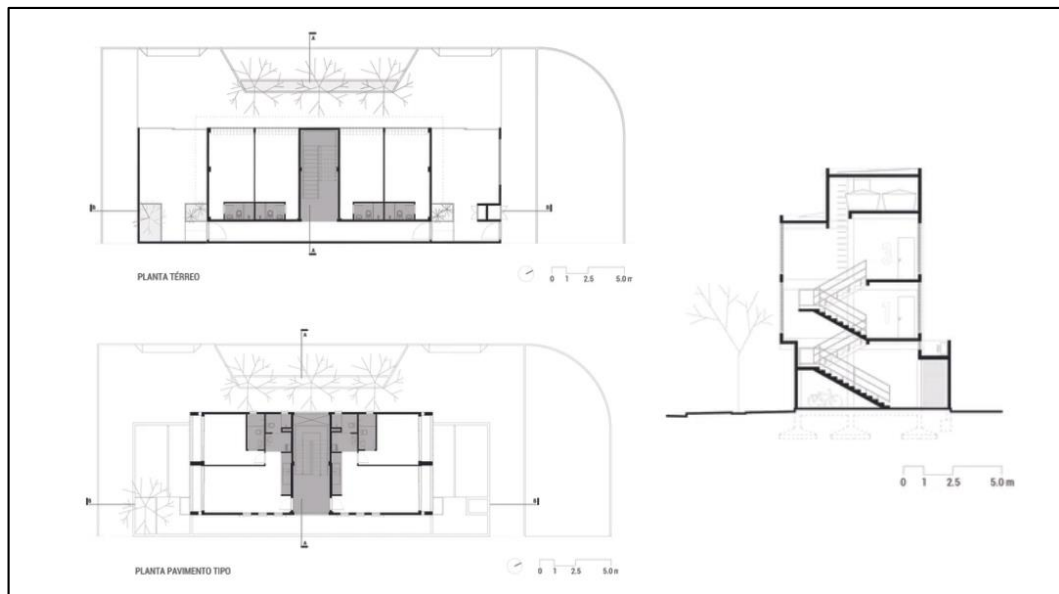


Fonte: Site Rede Arquitetos¹⁹

O prédio é composto por 4 unidades comerciais no térreo e 4 unidades residenciais, sendo 2 unidades em cada pavimento acima. As unidades comerciais têm sua entrada para a maior frente do lote e as residências no lado oposto, desse modo trazendo mais privacidade para as residências. As aberturas das edificações nas maiores fachadas são menores com intuito de permitir a ventilação cruzada, também protegendo da insolação.

¹⁹ Disponível em: <<https://www.redearquitetos.com/casas-ed-misto-mbv2>>. Acesso em 05 jun. 2023

Figura 24 - Planta baixa Edifício misto



Fonte: Rede Arquitetos²⁰

4.2 Habitação Villa Verde

Outro projeto que serviu de referência foi a Habitação Villa Verde, realizada pelo escritório Elemental, localizado em Constitución, Chile. Trata-se de um conjunto habitacional destinado aos colaboradores da empresa florestal Arauco.

Figura 25 – Vista do Conjunto Habitacional Villa Verde



Fonte: ArchDaily Brasil²¹

²⁰ Disponível em: <<https://www.redearquitetos.com/casas-ed-misto-mbv2>>. Acesso em 05 jun. 2023

²¹ Disponível em: <<https://www.archdaily.com.br/br/01-156685/habitacao-villa-verde-slash-elemental>>. Acesso em 05 jun. 2023

Para a realização desse projeto, era necessário que as tipologias residenciais estivessem dentro da política habitacional atual para o Fundo Solidário de Vivenda, onde é pré-estabelecido um custo máximo para a edificação. Mas essa condição não foi uma barreira para a criação desses modelos habitacionais, os arquitetos realizaram uma proposta com construção incremental, pensando no uso ao longo do tempo e aproveitando o formato natural do terreno.

Figura 26 –Conjunto Habitacional Villa Verde



Fonte: ArchDaily Brasil²²

O método construtivo utilizado foi o Wood Frame, que é uma construção onde toda sua estrutura é feita madeira, sistema bastante semelhante ao Light Steel Frame e de rápida montagem.

Figura 27 – Estrutura das residências em Wood Frame



Fonte: ArchDaily Brasil²³

²² Disponível em:<<https://www.archdaily.com.br/br/01-156685/habitacao-villa-verde-slash-elemental>>. Acesso em 05 jun. 2023

²³ Disponível em:<<https://www.archdaily.com.br/br/01-156685/habitacao-villa-verde-slash-elemental>>. Acesso em 05 jun. 2023

A sua modulação tem como base a construção em desenvolvimento, onde ao finalizada tem o aspecto de “metade” construída, porém desse modo a família tem a liberdade de ocupar do modo que acharem conveniente. Para que isso ocorra, é planejado em fase de projeto já deixar a estrutura disponível para a ampliação da moradia.

Figura 28 – Planta Baixa residência com opção de expansão



Fonte: Compilação da autora²⁴

²⁴ Montagem a partir de imagens coletadas no site: Archdaily. Disponível em: <<https://www.archdaily.com.br/br/01-156685/habitacao-villa-verde-slash-elemental>>. Acesso em: 08 jun. 2023

Figura 29 – Unidade na entrega, com a possibilidade de ampliação



Fonte: ArchDaily Brasil²⁵

Figura 30 – Unidades residenciais após intervenção particular de moradores



Fonte: ArchDaily Brasil²⁶

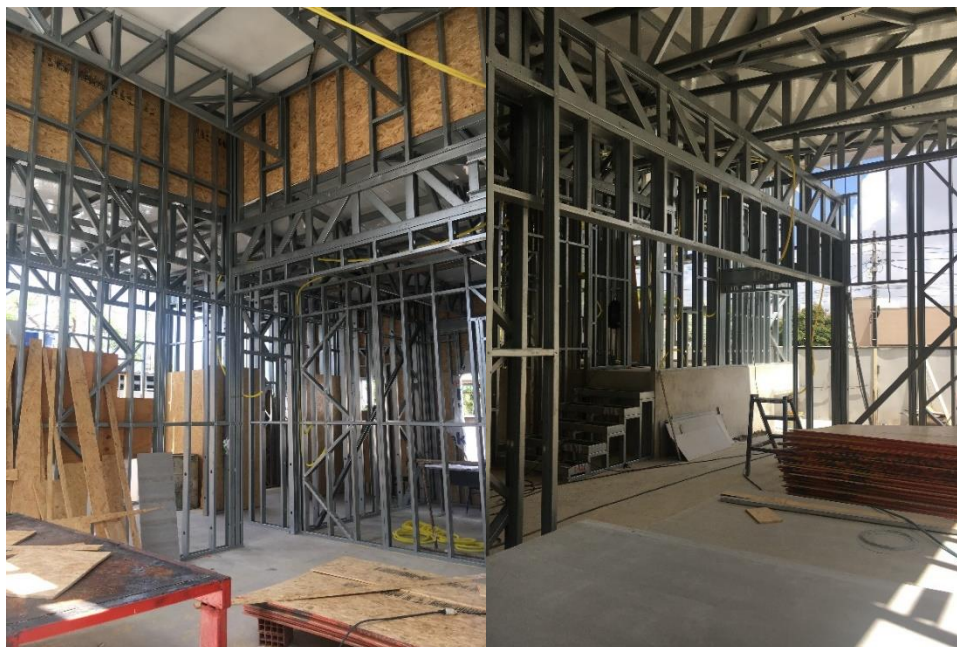
²⁵ Disponível em: <<https://www.archdaily.com.br/br/01-156685/habitacao-villa-verde-slash-elemental>>. Acesso em 05 jun. 2023

²⁶ Disponível em: <<https://www.archdaily.com.br/br/01-156685/habitacao-villa-verde-slash-elemental>>. Acesso em 05 jun. 2023

4.3 Residência Unifamiliar em Light Steel Frame

Esse projeto foi realizado e disponibilizado pelo escritório Trium Arquitetura, é uma residência em Fortaleza/CE construída com o método Light Steel Frame. Consiste em uma habitação térrea com elevação de uma lateral do terreno para acomodação da garagem. Tem distribuição ampla, com ambientes integrados.

Figura 31– Estrutura da residência em LSF



Fonte: Trium Arquitetura

O seguimento de um projeto em LSF acompanha as mesmas fases de um projeto de construção no modo de alvenaria tradicional. O escritório realizou o levantamento dos dados, estudo do terreno, entendeu às necessidades do cliente, para que fosse possível criar o projeto arquitetônico.

Ao criarmos um projeto para o sistema pré-fabricado temos em mente a rigidez e a limitação de criação, porém a realidade é que o método LSF tem uma flexibilidade plástica onde permite variação na forma, possibilidade de grandes vãos sem a interferência de pilares (analisar cálculo da estrutura), desmontagem e reaproveitamento das peças. Desse modo, o processo criativo não precisa sofrer interferência.

Após o projeto aprovado, é dado seguimento na parte estrutural, assim a empresa responsável pela produção dos perfis de aço desenvolve o projeto e retorna ao arquiteto para que seja analisada a necessidade de compatibilização do projeto.

Por ser um método de construção a seco, não tem a geração de grandes quantidades de resíduos, tornando a obra mais limpa e organizada.

Figura 32 – Acabamento externo com placas cimentícias



Fonte: Trium Arquitetura

Um ponto de grande destaque pelo escritório foi a velocidade do desenvolvimento da obra, levou em média 11 meses para chegar próximo a fase de finalização, já com instalações elétricas, hidráulicas e instalação dos móveis.

Figura 33 – Instalações elétrica e placas de gesso acartonado.



Fonte: Trium Arquitetura

Figura 34 – Acabamento e pintura



Fonte: Trium Arquitetura

Figura 35 – Edificação em LSF finalizada



Fonte: Trium Arquitetura

A importância de conhecer projetos executados em Light Steel Frame demonstra a viabilidade da implantação desse sistema na cidade de Fortaleza-CE. Onde há possibilidade de fornecedores locais, com mão de obra especializada, de modo a diminuir economicamente os custos de transporte. E pensando no lado sustentável, com acessibilidade ao material diminuí o tempo de transporte assim reduzindo a queima de combustíveis fósseis gerando menor poluição atmosférica.

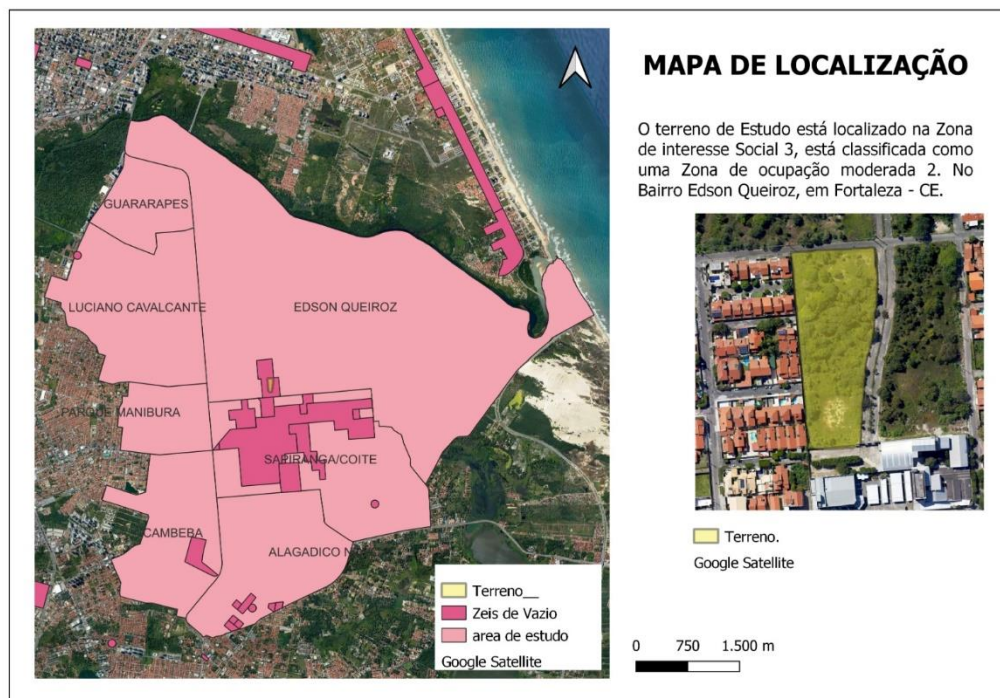
5. DIAGNÓSTICO

O local escolhido para a realização desse projeto foi um terreno no bairro Edson Queiroz, em Fortaleza - CE. O local está classificado como Zona Especial de Interesse Social (ZEIS) de vazio, o que justifica a escolha por ser uma área já destinada na lei para uso de Habitações de Interesse Social.

É um terreno com área total de 13.830,00m², localizado entre a rua Desembargador Feliciano de Ataíde e Av. Presidente Arthur Bernardes.

No mapa abaixo está indicado alguns terrenos em Fortaleza-CE que estão dentro da Zona Especial de Interesse Social (ZEIS) de vazio e o terreno escolhido para o desenvolvimento do projeto.

Figura 36 – Mapa de localização do terreno



Fonte: Elaborado pela autora

A Lei Complementar de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo (LUOS) divide a cidade em macrozonas de ocupação urbana, e esse terreno está classificado na Zona de Ocupação Moderada 2:

VII - Zona de Ocupação Moderada 2 (ZOM 2) - caracteriza-se pela insuficiência ou ausência de infraestrutura, carência de equipamentos públicos, tendência de intensificação da

implantação de equipamentos privados comerciais e de serviços de grande porte e áreas com fragilidade ambiental, destinando-se ao ordenamento e controle do uso e ocupação do solo condicionados à ampliação dos sistemas de mobilidade e de implantação do sistema de coleta e tratamento de esgotamento sanitário; (MUNICÍPIO DE FORTALEZA, 2017 p.05 e 06)

A partir dessa classificação, a LUOS em seu anexo 4 define os parâmetros urbanísticos permitidos por cada zona. A imagem a seguir apresenta os parâmetros utilizados para a realização da proposta projetual.

Figura 37– Parâmetros urbanos de ocupação ZOM 2

ZONAS DE OCUPAÇÃO		ZOM 2		
		Zona de Ocupação Moderada 2	Subzona 1	
TAXA DE PERMEABILIDADE (%)		40	40	
TAXA DE OCUPAÇÃO TO (%)	SOLO	50	50	
	SUBSOLO	50	50	
ÍNDICE DE APROVEITAMENTO (IA)	BÁSICO	1,00	2,00	
	MÍNIMO	0,10	0,10	
	MÁXIMO	1,50	2,00	
FATOR DE PLANEJAMENTO (Fp)		0,75	-	
ALTURA MÁXIMA DA EDIFICAÇÃO (m)		48,00	72,00	
DIMENSÕES MÍNIMAS DO LOTE	TESTADA (m)	6,00	6,00	
	PROFUNDIDADE (m)	25,00	25,00	
	ÁREA (m ²)	150,00	150,00	
(1) FRAÇÃO DO LOTE	ÁREAS DE APLICAÇÃO	1	-	-
		2	45	45
		3	-	-
		4	75	-
		5	100	-

Fonte: Compilação da autora²⁷

Ao analisar o entorno do terreno, observamos ser uma área ainda em desenvolvimento e com poucos equipamentos urbanos disponíveis para os usuários. Nos mapas a seguir, foram coletados dados do sistema viário, pontos de ônibus, escolas e praças verdes.

O primeiro mapa mostra o sistema viário, no entorno do terreno temos uma via coletora (Rua Desembargador Feliciano de Ataíde) e vias locais em crescimento.

²⁷ Montagem a partir de imagens coletadas na Lei Complementar de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo (LUOS). Disponível em: <
https://portal.seuma.fortaleza.ce.gov.br/fortalezaonline/portal/legislacao/Consulta_Adequabilidade/1-
 Lei_Complementar_N236%20de_11_de%20agosto_de_2017_Lei_de_Parcelamento_Uso_Ocupacao_do_Solo-LUOS.pdf> Acesso em: 05 jun. 2023.

Figura 38 – Mapa de Sistema Viário

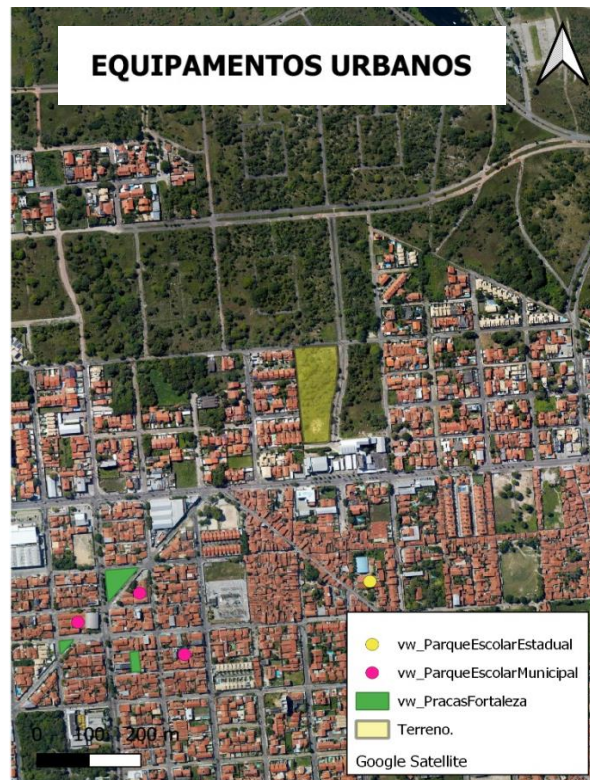


Fonte: Elaborado pela autora

Uma proposta para a realização do conjunto habitacional será a ampliação das vias locais (Rua Gotardo Gomes Gurgel e Rua Clarindo Pereira), com isso dividindo o terreno em três quadras a fim de trazer a conexão do edificado com o novo, facilitando o acesso ao transporte público e privado, incentivando a criação de novo pontos de ônibus.

Outro ponto levantado foi a presença de equipamentos urbanos na região, de acordo com os dados encontrados a área tem esse déficit a ser melhorado. As escolas públicas e praça disponíveis estão bem distantes do raio de caminhabilidade, o que torna necessário o uso do transporte público ou privado.

Figura 39 – Mapa Equipamentos Urbanos



Fonte: Elaborado pela autora

Com isso, no próximo capítulo, será apresentada uma proposta de projeto utilizando o método Light Steel Framing em um conjunto habitacional de interesse social na cidade de Fortaleza – CE. As edificações foram planejadas buscando um melhor desempenho térmico, de forma a diminuir o uso de elementos de resfriamento artificial, assim diminuindo os impactos causados na natureza, aproximando de edificações sustentáveis. Conectado ao conjunto habitacional, teremos uma praça aberta para os usuários do bairro, onde haverá equipamentos de lazer infantil, esportivo e áreas verdes.

6. PROPOSTA DE PROJETO

Para iniciar esse projeto, o terreno foi dividido em três quadras (A, B, C), onde foi feito o prolongamento das ruas existentes (Rua Gotardo Gomes Gurgel e Rua Clarindo Pereira). O objetivo foi fazer com que essas novas residências sejam integradas ao espaço, de forma a conviver mais próximo das edificações existentes.

Foi criado um programa de necessidades a partir da análise dos mapas apresentados no capítulo anterior, onde se nota a falta de espaço públicos e lazer para a comunidade. Então, na divisão das quadras, temos: A. condomínio de casas com 1 pavimento geminadas e estacionamento, com espaços amplos para convívio e áreas verdes. B. Por ser uma área central, foi adicionada uma área de lazer com quadra esportiva, espaço infantil, equipamento para exercício ao ar livre, bicicletário e também edificações. C. assim como a quadra A é destinado às edificações residenciais, com uma ampla área verde.

Tabela 2 – Programa de necessidades

PROGRAMA DE NECESSIDADES		
Área total do terreno: 13.830,00m²		
	Ambientes	Quadro de Áreas
Quadra A	Residências	1.825,31m ²
	Estacionamento	819,18m ²
	Área permeável	1.986,50m ²
		Área total Quadra A: 4.631,00m²
Quadra B	Residências	754,91m ²
	Estacionamento	476,85m ²
	Praça (área de lazer com quadra esportiva, espaço infantil, equipamento para exercício ao ar livre, bicicletário)	1.055,00m ²
	Área permeável	1.439,24m ²
		Área total Quadra B: 3.726,00m²
Quadra C	Residências	1.136,80m ²
	Estacionamento	566,15m ²

	Área permeável	1.244,05m ²
		Área total Quadra C: 2.947,00m²

Fonte: Elaborado pela autora

O objetivo é que esse espaço público seja utilizado por todo o entorno e não apenas pelos moradores do conjunto, por esse motivo não haverá muros no entorno das residências, de forma a aproximar as pessoas das ruas, tornando um local mais seguro e de bom convívio.

Figura 40 – Planta de Implantação no terreno



Fonte: Elaborado pela autora

Ao pensar na edificação como unidade, foram criadas quatro tipologias com o intuito de atender as necessidades da variação familiar. São edificações geminadas térreas e em pavimento superior, com dois quartos, um banheiro, sala de estar e jantar, cozinha e área de serviço e um pátio que conecta as residências.

Figura 41 – Quadro de tipologia das edificações

QUADRO DE ÁREAS			
SALA DE ESTAR			
TIPO 1	TIPO 2	TIPO 3	TIPO 4
11,05 m ²	8,56 m ²	10,63 m ²	8,56 m ²
COZINHA E SALA DE JANTAR			
6,67 m ²	10,46 m ²	7,14 m ²	10,46 m ²
ÁREA DE SERVIÇO			
3,15 m ²	1,85 m ²	3,80 m ²	1,85 m ²
BANHEIRO			
2,70 m ²	2,70 m ²	4,02 m ²	2,70 m ²
QUARTO 1			
8,91 m ²	8,91 m ²	8,91 m ²	8,91 m ²
QUARTO 2			
7,92 m ²	7,92 m ²	6,31 m ²	7,92 m ²
PÁTIO			
5,49 m ²	5,49 m ²	5,49 m ²	–
VARANDA 1			
–	–	–	3,78 m ²
–	–	–	3,69 m ²
VARANDA 2			
–	–	–	2,61 m ²
–	–	–	2,54 m ²

QUADRO DE RESIDÊNCIAS	
TIPO	QUANTIDADE
TIPO 1 (TÉRREO)	18
TIPO 2 (TÉRREO)	25
TIPO 3 (TÉRREO PCD)	16
TIPO 4 (1 PAVIMENTO)	59
TOTAL:	118

Fonte: Elaborado pela autora

A variação nas tipologias das edificações são: Tipo 1 e 2 são edificações com suas configurações espelhadas, conectadas pelo pátio central que permite o uso da ventilação cruzada e a passagem de iluminação natural. Na tipologia 2, existe a possibilidade de variação de uso, ao se utilizar um dos quartos como ambiente comercial.

As residências tipo 3 são adaptadas a pessoas com deficiência (PcD), projetadas de acordo com as especificações indicadas pela NBR 9050:2020. Já as residências tipo 4 são compostas pela unidade do primeiro pavimento e acrescentam varandas em suas fachadas.

Figura 42 – Planta baixa das unidades



LEGENDA

- RESIDÊNCIA TIPO 1
- RESIDÊNCIA TIPO 2
- RESIDÊNCIA TIPO 3
- RESIDÊNCIA TIPO 4

Fonte: Elaborado pela autora

Para o posicionamento dos ambientes, foi feita uma análise da incidência solar e do sentido dos ventos. Como a edificação está sendo projetada para um local de clima quente e úmido, as aberturas foram posicionadas de modo a permitir a entrada e saída da ventilação circulando o ambiente, assim trazendo o conceito de ventilação cruzada. A ventilação predominante em Fortaleza-CE vem das direções leste e sudeste.

A forma da edificação tem um recuo que gera um sombreamento para as residências térreas, e na parte superior, possibilita a criação de varandas, também trazendo proteção para as entradas.

Figura 43 – Fachada Quadra A



Fonte: Elaborado pela autora

Entre as edificações, temos o acesso ao pavimento superior, que possibilita uma transição entre cada edificação e permite a ventilação cruzada, com o posicionamento das esquadrias para esse pátio interno. A divisão desses pátios acontece por um gradil metálico que possibilita a conexão das pessoas em sua vivência.

Figura 44 – Vista dos Pátios – Quadra C



Fonte: Elaborado pela autora

Ao criar elementos de proteção para as esquadrias, também torna-se possível no térreo propor a conexão das pessoas com a rua, criando locais para sentar e interagir com os vizinhos, e no pavimento superior jardineiras, que adicionam o uso da vegetação.

Figura 45 – Vista das edificações Quadra A



Fonte: Elaborado pela autora

Figura 46 – Conexão das edificações com a praça - Quadra B



Fonte: Elaborado pela autora

Com relação ao sistema construtivo, as edificações têm sua estrutura em Light Steel Frame, onde para as paredes ficou padronizado o núcleo de estrutura de aço leve, na parte externa temos a placa de OSB e por cima placa cimentícia. Na parte interna, há a placa de OSB, a placa de acartonado Standard (nas áreas secas) e a placa de acartonado RU (resistente a umidade, nas áreas molhadas).

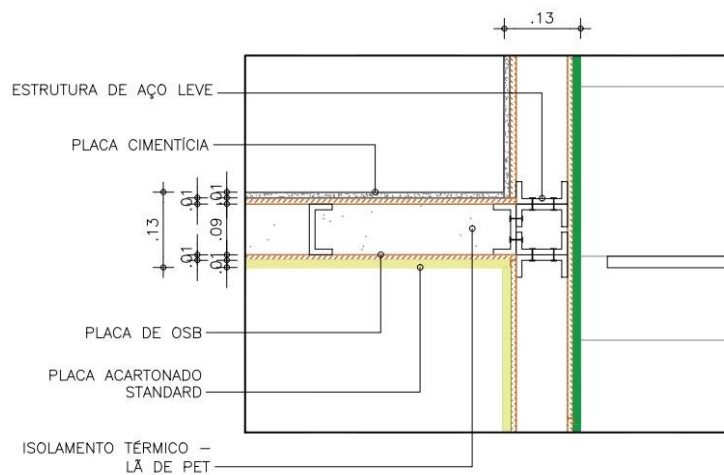
Figura 47 – Planta Light Steel Frame



Fonte: Elaborado pela autora

Nas paredes externas, para conferir maior o desempenho térmico, haverá no centro a manta de lã de PET.

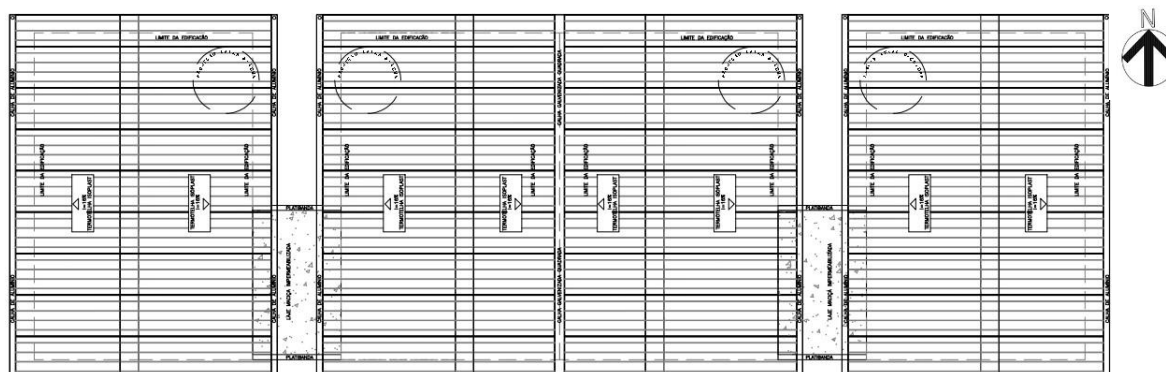
Figura 48 – Detalhamento Light Steel Frame



Fonte: Elaborado pela autora

Para a cobertura, foram buscadas no mercado opções leves, de fácil aplicação e manutenção, alta durabilidade, mas que além disto também fosse um material que agregasse ao desempenho térmico da edificação, pois a cobertura recebe constante incidência solar durante o dia.

Figura 49 –Planta de cobertura



Fonte: Elaborado pela autora

A telha escolhida para esse projeto é a termotelha da Isoplast, além de ser um material com bom desempenho térmico, também é um produto produzido em Fortaleza – CE, o que diminui o custo do produto.

A TERMOTELHA ISOPLAST é fabricada através de um processo de laminação contínua sob alta pressão, onde o núcleo de EPS (isopor) é laminado junto as chapas de aço (pré-pintado ou galvalume) através da injeção de um composto especial bi-componente de poliuretano. Tal processo de laminação garante a perfeita aderência do EPS ao metal, evitando totalmente a possibilidade de futuros descolamentos ou a formação de bolsões de ar. (ISOPLAST, 2023)

De acordo com as características disponíveis pelo fabricante, sua condutibilidade térmica é baixa ($0,027 \text{Kcal/m.h}^\circ\text{C}$), característica de material isolante.

Figura 50 – Características Termotelha

<ul style="list-style-type: none"> ● Características: - Núcleo: EPS (Poliestireno Expandido) - Classe: F-1(Tipo auto-extinguível) tolerância conforme norma ABNT-NBR 11949-9. - Condutibilidade Térmica: $0,027 \text{Kcal/m.h}^\circ\text{C}$
--

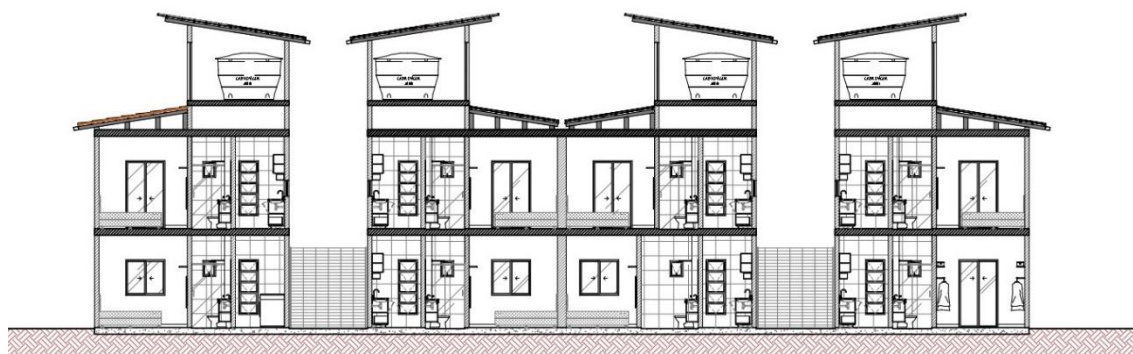
Fonte: Catalogo Termotelha Isoplast²⁸

Esse modelo de telha possibilita inclinações mínimas de 5%. Para esse projeto de conjunto habitacional, foi proposta uma inclinação de 16%, com as

²⁸ Disponível em: < http://www.isoplast.ind.br/16/download/catalogo_termotelha_isoplast.pdf>. Acesso em 05 jun. 2023

águas em alturas diferentes tornando a fachada mais dinâmica e criando um espaço confortável para a instalação da caixa d'agua.

Figura 51– Planta de corte coberta



Fonte: Elaborado pela autora

Para as calhas e acabamentos, foram utilizadas as especificações para esse modelo de telha disponíveis pelo fabricante, como na figura abaixo:

Figura 52– Acessórios das Termotelha Isoplast

Rufo Dentado p/ alvenaria

TIPO DE PERFIL	DIMENSÃO (mm)			
	A	B	C	Larg. Útil
Termotelha EPS	15	245	40	1.140

Acabamento Frontal

Usado na extremidade da telha para acabamento frontal aparente (sem calha). Fixado com rebite 1/8 x 1/2".

TIPO DE PERFIL	DIMENSÃO (mm)			
	A	B	C	Larg. Útil
Termotelha EPS	29	Var.	17	1.140

Pingador

Usado na extremidade da telha para acabamento frontal quando existe queda d'água em calha.

TIPO DE PERFIL	DIMENSÃO (mm)				
	A	B	C	Comp. Total	Comp. Útil
Termotelha EPS	15	var.	50	2.000	1.900

Fonte: Catálogo Termotelha Isoplast²⁹

²⁹ Disponível em: < http://www.isoplast.ind.br/16/download/catalogo_termotelha_isoplast.pdf >. Acesso em 05 jun. 2023

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo geral desse trabalho foi explorar uma aplicação em projeto do método construtivo Light Steel Frame, de modo a apresentar suas vantagens, desafios e meios de viabilidade de aplicação em edificações de pequeno e grande porte, em unidade ou em escala.

Para que isso fosse possível, foi realizado um breve estudo do sistema construtivo, do seu histórico, inserção no mercado e modo de construir. De forma a compreender suas limitações e desvantagens para especificar o material de forma consciente e responsável.

Com o estudo do método LSF, confirma-se a importância de realizar um diagnóstico da região para conhecer o clima, direção dos ventos, topografia, estudo do entorno, para criar um projeto personalizado e só assim agregar as vantagens do sistema construtivo para se tornar uma edificação eficiente e sustentável.

Na criação da proposta projetual do conjunto habitacional de interesse social em Light Steel Frame, foi premissa de projeto criar edificações com um alto desempenho térmico, de modo a trazer conforto para os usuários de regiões de clima quente e úmido.

A partir da sua modulação e disposição do espaço, buscou-se possibilitar o aproveitamento da ventilação e iluminação natural, conexão com o meio ambiente, criando uma ligação das pessoas com a rua, tornando assim um local seguro.

Com esse trabalho foi possível vivenciar e aprender mais sobre os desafios de tornar nossas edificações mais sustentáveis de modo a pensar nas consequências e benefícios dos materiais especificados a longo prazo, concluindo a importância de projetar pensando em sociedade, assim estaremos criando ambientes responsáveis ecologicamente e com qualidade para os usuários.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARQUITETOS, Rede (org.). **Casas e edifício misto - MBV2**. 2023. Disponível em: <https://www.redearquitetos.com/casas-ed-misto-mbv2>. Acesso em: 05 jun. 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9050**: Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos. 4 ed. Rio de Janeiro: Norma Brasileira, 2020. 161 p. Disponível em: https://www.caurn.gov.br/wp-content/uploads/2020/08/ABNT-NBR-9050-15-Acessibilidade-emenda-1_-03-08-2020.pdf. Acesso em: 05 jun. 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **15220-3**: Desempenho térmico de edificações Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro: Norma Brasileira, 2005. 30 p. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5660736/mod_folder/content/0/NBR%2015220/NBR15220-3.pdf. Acesso em: 26 maio 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-1**: Edificações habitacionais - Desempenho. Rio de Janeiro: Norma Brasileira, 2021. Disponível em: https://labeee.ufsc.br/sites/default/files/documents/P_ABNTNBR15575_1_2020_CNGPR_PosCN_SiteLabEEE.pdf. Acesso em: 26 maio 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA CONSTRUÇÃO METÁLICA (Brasil). **CENÁRIOS DOS FABRICANTES: relevância e precauções. RELEVÂNCIA E PRECAUÇÕES**. 2020. Disponível em: <https://www.abcem.org.br/site/estatisticas-cenarios-dos-fabricantes.php?&et=0&emsg=E0641&ecmp=&bsc=&frm=1&new=1&ope=ver&open=y&cod=48422>. Acesso em: 13 nov. 2021.

BRASIL. CONSELHO BRASILEIRO DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL. **Notícias do Setor de Construção**: sustentabilidade na construção. Sustentabilidade na Construção. 2007. Disponível em: <http://www.cbcs.org.br/website/noticia/show.asp?npgCode=DBC0153A-072A-4A43-BB0C-2BA2E88BEBAE>. Acesso em: 13 nov. 2021.

BOGO, Amilcar; PIETROBON, Claudio E.; BARBOSA, Miriam Jeronimo; GOULART, Solange; PITTA, Telma; LAMBERTS, Roberto. **Bioclimatologia aplicada ao projeto de edificações visando o conforto térmico**. Santa Catarina: Núcleo de Pesquisa em Construção, 1994. 80 p. Disponível em: https://labeee.ufsc.br/sites/default/files/publicacoes/relatorios_pesquisa/RP_Bioclimatologia.pdf. Acesso em: 05 jun. 2023.

CASAECONSTRUÇÃO.ORG. **Lã de Rocha: O que é? Conheça suas vantagens, tipos e preços**. 2021. Disponível em: <https://casaconstrucao.org/materiais/la-de-rocha/>. Acesso em: 07 nov. 2021.

CHEMIN, Acylyno Luiz; FELIPE, Wellington Ricardo; GOULART, Joselia Chemin. **APLICAÇÃO DO SISTEMA CONSTRUTIVO STEEL FRAME**. 2013.

GRABASCK, Jaqueline Ramos. **Arquitetura Sustentável: projetos sustentáveis**. Rio de Janeiro: Grupo A, 2019. 21 p. Disponível em: <https://unifametro.grupoa.education/sagah/object/default/50634412>. Acesso em: 01 jun. 2023.

GOURGEL, Mário Alcino Pio. **A importância da arquitetura sustentável nos países de clima tropical: Análise de casos na cidade de Luanda**. 2012.

Habitação Villa Verde / ELEMENTAL" [Villa Verde Housing / ELEMENTAL] 28 Nov 2013. ArchDaily Brasil. Acessado em: 5 Jun 2023. <<https://www.archdaily.com.br/br/01-156685/habitacao-villa-verde-slash-elemental>> ISSN 0719-8906

ISOPLAST. **Catálogo Termotelhas**. Disponível em: http://isoplast.ind.br/16/download/catalogo_termotelha_isoplast.pdf. Acesso em: 26 maio 2023.

JUNIOR, Domingos Bertoldo Dos Santos; BRITO, Paulo Trauten. **Estudo Comparativo dos Métodos Construtivos de Light Steel Framing e Alvenaria Convencional**. 2018.

MUNICÍPIO DE FORTALEZA (Município). Lei Complementar nº 236, de 11 de agosto de 2017. **Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo**. Fortaleza, CE, 11 ago. 2017. p. 01-350. Disponível em: https://portal.seuma.fortaleza.ce.gov.br/fortalezaonline/portal/legislacao/Consulta_Adequabilidade/1-Lei_Complementar_N236%20de_11_de%20agosto_de_2017_Lei_de_Parcelamento_Uso_Ocupacao_do_Solo-LUOS.pdf. Acesso em: 05 jun. 2023.

NEOTÉRMICA (São Paulo). **LÃ DE PET**. 2021. Disponível em: <https://neotermica.com.br/produto/la-de-pet/>. Acesso em: 06 dez. 2021.
OLIVEIRA, Danielle Maciel de; LOPES, Diego Ferreira. **Alvenaria Convencional X Light Steel Framing**. 2014.

OLIVEIRA, João Paulo Beatro de. **Otimização de processos construtivos através da inserção de novas tecnologias na indústria da construção civil: Vantagens da aplicação do sistema Light Steel Framing em Residências**. 2013.

OLIVEIRA, Ana Beatriz de Figueiredo. **INSERÇÃO DE SISTEMAS CONSTRUTIVOS INDUSTRIALIZADOS DE CICLO ABERTO ESTRUTURADOS EM AÇO NO MERCADO DA CONSTRUÇÃO CIVIL RESIDENCIAL BRASILEIRA**. 2013. 157 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2013. Disponível em: https://www.propec.ufop.br/uploads/propec_2022/teses/arquivos/tese200.pdf. Acesso em: 26 maio 2023.

PENNA, Fernando Cesar Firpe. **Análise da viabilidade econômica do sistema light steel framing na execução de habitações de interesse social: uma abordagem pragmática.** 2009.

PEREIRA, Alex da Costa; COELHO, Diego Sousa. **LIGHT STEEL FRAMING: DESEMPENHO TÉRMICO.** 2018.

PROJETEEE – PROJETANDO EDIFICAÇÕES ENERGETICAMENTE EFICIENTES (Santa Catarina). **Estratégias bioclimáticas:** condições de conforto. CONDIÇÕES DE CONFORTO. 2021. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/projeteee/estrategias-bioclimaticas/>. Acesso em: 06 dez. 2021.

LAMEIRINHAS, Roberto. **Brasileiro lidera projeto de produção de aço com ‘emissão zero’ de CO2.** Cnn Brasil. 2021. Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/business/brasileiro-lidera-projeto-de-producao-de-aco-com-emissao-zero-de-co2/#:~:text=De%20acordo%20com%20Carneiro%2C%20para,de%20uma%20tonelada%20de%20a%C3%A7o>. Acesso em: 06 mar. 2023.

RODRIGUES, Delton Lúcio Sena. **DESEMPENHO TERMO-ACÚSTICO DE UMA UNIDADE BÁSICA DE SAÚDE CONSTRUÍDA EM LIGHT STEEL FRAMING.** 2015.

SANTIAGO, Alexandre Kokke; FREITAS, Arlene Maria Sarmanho; CRASTO, Renata Cristina Moraes de. **Steel framing:** arquitetura. Rio de Janeiro: Instituto Aço Brasil/ CBCA, 2012.

SILVA, Vanessa Gomes; SILVA, Maristela Gomes. Seleção de materiais e edifícios de alto desempenho ambiental. In: GONÇALVES, Joana Carla Soares; BODE, Klaus (org). Edifício ambiental. São Paulo: Oficina de Textos, 2019. p 129-151

SOUZA, Henor Artur de; AMPARO, Lucas Roquete; GOMES, Adriano Pinto. **Influência da inércia térmica do solo e da ventilação natural no desempenho térmico:** um estudo de caso de um projeto residencial em light steel framing. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 11, n. 4, p. 113-128, out./dez. 2011.