



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

CIBELE DANTAS PEIXOTO

**SISTEMAS CONSTRUTIVOS ALTERNATIVOS A SEREM
EMPREGADOS EM HABITAÇÕES POPULARES PARA
REDUÇÃO DO DÉFICIT HABITACIONAL**

NATAL - RN

2023

Cibele Dantas Peixoto

Sistemas construtivos alternativos a serem empregados em habitações populares para redução do déficit habitacional

Trabalho de Conclusão de Curso na modalidade Monografia, submetido ao Departamento de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal do Rio Grande do Norte como parte dos requisitos necessários para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Fred Guedes Cunha.

Natal - RN

2023

Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN
Sistema de Bibliotecas - SISBI
Catalogação de Publicação na Fonte. UFRN - Biblioteca Central Zila Mamede

Peixoto, Cibele Dantas.

Sistemas construtivos alternativos a serem empregados em habitações populares para redução do déficit habitacional / Cibele Dantas Peixoto. - 2023.

64f.: il.

Monografia (Graduação) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Tecnologia, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Natal, 2023.

Orientador: Dr. Fred Guedes Cunha.

1. Déficit habitacional - Monografia. 2. Sistemas construtivos - Monografia. 3. Métodos alternativos - Monografia. 4. Habitações populares - Monografia. I. Cunha, Fred Guedes. II. Título.

RN/UF/BCZM

CDU 624

Cibele Dantas Peixoto

Sistemas construtivos alternativos a serem empregados em habitações populares para redução do déficit habitacional

Trabalho de conclusão de curso na modalidade Monografia, submetido ao Departamento de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal do Rio Grande do Norte como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Aprovado em 06 de julho de 2023.

Prof. Dr. Fred Guedes Cunha – Orientador

Prof. Dr. Marcos Lacerda Almeida - Examinador interno

Eng. Me. Ricardo Luz Xavier da Costa - Examinador externo

NATAL/RN

2023

DEDICATÓRIA

A Deus, minha maior inspiração e fonte de energia. Ao meu esposo, Klécio. Aos meus pais, Cátia e Abel. Aos meus irmãos, Davi e Anniely. Dedico este trabalho, com todo amor e carinho, a esses que foram essenciais para a realização deste sonho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, que sempre cuida de mim e dos meus sonhos com muito zelo e que me dá forças diariamente para realizar cada um deles, assim como foi durante o processo de elaboração desse TCC.

Aos meus pais, Cátia e Abel, por sempre se doarem ao máximo para garantir que eu tivesse acesso à educação, apesar de todas as dificuldades. Gratidão imensa por cada vez que abdicaram do descanso, que renunciaram algo em prol de mim e que lutaram com tanta garra para viabilizarem os meus estudos. Agradeço também aos meus irmãos, Davi e Anniely, que sempre apoiaram as minhas escolhas e me estimularam a crescer academicamente.

Gratidão ao meu esposo, Klécio, que me apoiou em cada batalha que precisei enfrentar para chegar até esse momento. Gratidão por ter sempre esse companheiro me incentivando e me motivando a seguir em frente com perseverança, sem deixar as dificuldades me paralisarem.

A todos que algum dia incentivaram a minha educação, especialmente ao professor Ricardo Faustino. À minha tia Francinete, que me apoiou em momentos tão difíceis. Ao pastor Gilson e sua esposa Rejane, por acreditarem em mim. À Fátima Araújo, que me auxiliou nas situações mais adversas. Aos amigos Lara, Eduardo, Josiel, Vanessa e Pedro.

À minha grande amiga e dupla de faculdade, Letícia, que foi imprescindível para me ajudar a chegar até aqui. Gratidão por cada momento de descontração, por cada conversa que me deu ânimo para prosseguir durante o curso, por cada explicação dada sobre os conteúdos das disciplinas, por tornar mais leve esse processo tão árduo. Paraphraseando Isaac Newton, se pude ver mais longe, foi por estar apoiada em ombros de gigantes.

Ao professor Fred Cunha, meu orientador, pela paciência, disposição, orientação e pelos direcionamentos concedidos, tanto na produção desse trabalho, como nos estágios que realizei durante o curso.

À banca desta monografia. Agradeço pelas considerações e sugestões de melhoria para o trabalho.

À professora Karla Susanna pela oportunidade de participar de uma pesquisa de iniciação científica, que agregou muito à minha trajetória acadêmica.

À Fundação Norte-Rio-Grandense de Pesquisa e Ciência (FUNPEC) pelo apoio financeiro durante toda a minha participação na pesquisa PMSB. Bem como a toda a equipe de apoio técnico da pesquisa, representada pelo coordenador professor Paulo Eduardo Vieira Cunha.

“O próprio Senhor irá à sua frente e estará com
você; ele nunca o deixará, nunca o abandonará.
Não tenha medo! Não se desanime!”

Deuteronômio 31:8

RESUMO

Sistemas construtivos alternativos a serem empregados em habitações populares para redução do déficit habitacional

A moradia é um direito fundamental garantido pela Constituição Federal do Brasil, porém, mesmo com esse direito estabelecido por lei, ainda existe um expressivo déficit habitacional no país. Nesse contexto, os programas e as políticas de habitação são indispensáveis para democratizar o acesso à moradia digna. Todavia, para que haja viabilidade técnica e econômica desses programas, é fundamental que sejam repensados os sistemas construtivos empregados, buscando-se técnicas que promovam a produtividade, a qualidade das edificações, a sustentabilidade e a redução dos custos globais com a residência. Assim, neste trabalho foi feita uma pesquisa exploratória sobre cinco métodos alternativos – *Light Wood Frame*, *Light Steel Frame*, Contêiner, Parede de concreto moldada *in loco* e Painéis monolíticos em EPS – a serem empregados em habitações populares. A partir da identificação das características de cada sistema, foi possível apontar suas vantagens e desvantagens e fazer uma ponderação sobre o emprego deles em habitações populares, possibilitando o conhecimento de como tais processos podem contribuir com a redução do déficit habitacional no país.

Palavras-chave: Déficit habitacional. Sistemas construtivos. Métodos alternativos. Habitações populares.

ABSTRACT

Alternative construction systems to be used in popular housing to reduce the housing deficit

Housing is a fundamental right guaranteed by Brazil's Federal Constitution. However, even with this right established by law, there is an expressive housing deficit in the country. In this context, housing programs and policies are indispensable to democratize access to dignified housing. For these programs to be technically and economically viable, though, it's fundamental to rethink the constructive systems applied, seeking techniques that promote productivity, edification quality, sustainability and global cost reduction with residence. Therefore, in this work it was performed an exploratory research regarding five alternative methods - Light Wood Frame, Light Steel Frame, Containers, Cast-in-place Concrete Wall and EPS Monolithic Panels - to be employed in popular housing. After identifying each system's characteristics, it was possible to point out their advantages and disadvantages, also reflecting on its use in popular housing, enabling us the knowledge on how these processes can contribute to reducing the housing deficit in the country.

Keywords: Housing deficit. Construction systems. Alternative methods. Popular housing.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Alvenaria com blocos cerâmicos.	20
Figura 2 - Partes constituintes do telhado.....	22
Figura 3 - Construção com <i>Wood Frame</i>	23
Figura 4 - Vantagens de utilização da madeira na construção civil.	24
Figura 5 - Madeira pinus a ser utilizada para montagem de painel LWF.	25
Figura 6 - Isolamento termoacústico com lã de vidro.	25
Figura 7 - Isolamento termoacústico com lã de PET.	26
Figura 8 - Painel de OSB.....	26
Figura 9 - Esquema da composição da parede em <i>Light Wood Frame</i>	27
Figura 10 - Construção com <i>Light Steel Frame</i>	28
Figura 11 - Componentes do <i>Light Steel Frame</i>	31
Figura 12 - Uso do Método Stick.	32
Figura 13 - Uso do método por painéis.	32
Figura 14 - Casa modular em <i>Steel Frame</i> finalizada.	33
Figura 15 - Transporte de edificação em <i>Steel Frame</i>	33
Figura 16 - Contêineres empilhados para otimização de espaço.....	34
Figura 17 - Uso de contêineres em obra destinados a dormitórios.....	35
Figura 18 - Primeira casa do Brasil em contêineres.	35
Figura 19 - Isolamento em contêineres.	37
Figura 20 - Construção com parede de concreto moldada in loco.	38
Figura 21 - Montagem das formas metálicas.	39
Figura 22 - Forma metálica com chapas de compensado.....	40
Figura 23 - Formas para paredes de concreto do tipo plástica.	40
Figura 24 - Utilização das paredes de concreto moldadas in loco em construções em larga escala.	40
Figura 25 - Montagem da armadura e posicionamento das instalações sobre o radier.	41
Figura 26 - Concretagem das paredes.	41
Figura 27 - Desforma e execução da cobertura.	42
Figura 28 - Edificações após finalização dos acabamentos.....	42
Figura 29 - Pérolas de Poliestireno Expandido.	42
Figura 30 - Montagem dos painéis monolíticos em EPS.	43

Figura 31 – Composição do painel monolítico em EPS.....	44
Figura 32 - Fundação do tipo radier para construção de paredes em painéis de EPS.	46
Figura 33 - Instalação dos painéis junto às ancoragens de aço.	47
Figura 34 - Escoras para regularização dos painéis.....	47
Figura 35 - Reforço em telas.	47
Figura 36 - Instalação de componentes hidrossanitários.....	48
Figura 37 - Instalação de componentes elétricos.....	48
Figura 38 – Execução da etapa de revestimento.	49
Figura 39 - Vantagens do <i>Light Wood Frame</i>	51
Figura 40 - Desvantagens do <i>Light Wood Frame</i>	51
Figura 41 - Vantagens do <i>Light Steel Frame</i>	52
Figura 42 - Desvantagens do <i>Light Steel Frame</i>	53
Figura 43 - Vantagem da utilização dos contêineres.....	54
Figura 44 - Desvantagens do uso de contêineres.	54
Figura 45 - Vantagens da utilização da parede de concreto moldada in loco.	55
Figura 46 - Desvantagens da utilização da parede de concreto moldada in loco.....	56
Figura 47 - Vantagens da utilização dos painéis monolíticos em EPS.....	56
Figura 48 – Desvantagens da utilização dos painéis monolíticos em EPS.....	57

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABCEM	Associação Brasileira de Construção Metálica
ABCP	Associação Brasileira de Cimento Portland
ABRAINCC	Associação Brasileira de Incorporadoras Imobiliárias
EPS	Poliestireno Expandido
LSF	Light Steel Frame
LWF	Light Wood Frame
MCMV	Minha Casa, Minha Vida
OSB	Oriented Strand Board

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	14
1.1. Déficit habitacional.....	14
1.2. Justificativa.....	15
1.3. Objetivos.....	17
1.3.1. Objetivo geral.....	17
1.3.2. Objetivos específicos.....	17
2. METODOLOGIA.....	18
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	19
3.1. Alvenaria convencional.....	19
3.1.1. Contextualização.....	19
3.1.2. Processo construtivo utilizando a alvenaria convencional.....	20
3.2. <i>Light Wood Frame</i>.....	23
3.2.1. Atribuições do <i>Light Wood Frame</i>	24
3.2.2. Componentes do <i>Light Wood Frame</i>	25
3.2.3. Normatização do <i>Light Wood Frame</i>	27
3.3. <i>Light Steel Frame</i>.....	28
3.3.1. Origem do <i>Light Steel Frame</i>	28
3.3.2. Atribuições do <i>Light Steel Frame</i>	29
3.3.3. Normatização do <i>Light Steel Frame</i>	29
3.3.4. Métodos de execução do <i>Light Steel Frame</i>	31
3.4. Contêiner.....	33
3.4.1. Origem do contêiner.....	33
3.4.2. Uso do contêiner na construção civil.....	35
3.4.3. Processo construtivo utilizando os contêineres.....	36
3.5. Parede de concreto moldada in loco.....	38

3.5.1.	Definição	38
3.5.2.	Contextualização	39
3.5.3.	Processo construtivo das paredes de concreto moldadas in loco	41
3.6.	Painéis monolíticos em EPS	42
3.6.1.	Poliestireno Expandido (EPS)	42
3.6.2.	Contextualização	43
3.6.3.	Normatização dos painéis monolíticos em EPS	44
3.6.4.	Processo construtivo utilizando os painéis monolíticos em EPS	45
4.	VANTAGENS E DESVANTAGENS.....	50
4.1.	Vantagens e desvantagens do <i>Light Wood Frame</i>	50
4.1.1.	Vantagens do <i>Light Wood Frame</i>	50
4.1.2.	Desvantagens do <i>Light Wood Frame</i>	51
4.2.	Vantagens e desvantagens do <i>Light Steel Frame</i>	52
4.2.1.	Vantagens do <i>Light Steel Frame</i>	52
4.2.2.	Desvantagens do <i>Light Steel Frame</i>	52
4.3.	Vantagens e desvantagens do uso de contêineres.....	53
4.3.1.	Vantagens da utilização dos contêineres	53
4.3.2.	Desvantagens da utilização dos contêineres.....	54
4.4.	Vantagens e desvantagens da parede de concreto moldada <i>in loco</i>	55
4.4.1.	Vantagens das paredes de concreto moldadas in loco.....	55
4.4.2.	Desvantagens das paredes de concreto moldadas <i>in loco</i>	55
4.5.	Vantagens e desvantagens dos painéis monolíticos em EPS	56
4.5.1.	Vantagens da utilização dos painéis monolíticos em EPS	56
4.5.2.	Desvantagens da utilização dos painéis monolíticos em EPS	57
5.	DISCUSSÕES.....	58
6.	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	60
	REFERÊNCIAS	61

1. INTRODUÇÃO

1.1. Déficit habitacional

Com o processo do êxodo rural no Brasil, motivado pela industrialização, a população passou a estar mais concentrada nas zonas urbanas. Todavia, a cidade não foi preparada previamente em sua estrutura para receber esse crescimento populacional acelerado, o que desencadeou uma expansão desordenada dela. Nessa configuração, os empreendimentos considerados mais nobres e as pessoas de maior poder aquisitivo foram se alocando no centro, em áreas mais desenvolvidas estruturalmente e as de menor condição foram cada vez ficando mais marginalizadas, em condições, muitas vezes, precárias de habitação, pela ausência de infraestrutura básica para todos (MONTEIRO; VERAS, 2017).

De acordo com Buonfiglio (2018), a casa é uma necessidade natural, material e social, determinada cultural e historicamente. Além disso, na Declaração Universal dos Direitos Humanos de 1948, dentre os direitos básicos elencados, está o de habitação. Consoante a isso, a Constituição Federal também destaca a moradia como um dos direitos fundamentais do cidadão. Dentro desse viés, os programas de habitação popular e as políticas públicas voltadas à habitação são imprescindíveis para proporcionar moradias e uma qualidade de vida digna aos mais necessitados e, dessa forma, reduzir o déficit populacional.

Assim, é necessário que esse direito ultrapasse as linhas do papel e seja de fato garantido a todos, promovendo uma habitação de qualidade e que confira segurança aos seus moradores. Dessa maneira, deve-se pensar na expansão dos programas de moradias e na viabilidade técnica e econômica das habitações populares, de modo a alcançar o maior número possível de pessoas, levando a elas condições dignas e saudáveis de habitação. As políticas de habitação de interesse social permitem que as pessoas que não teriam acesso ao mercado imobiliário ou mesmo ao financiamento de residência com taxas padrão tenham a possibilidade de adquirir a casa própria com mais facilidade.

É fundamental que sejam reavaliadas as técnicas construtivas empregadas nas construções populares, para que dessa forma haja uma harmonia entre a redução de custos e a qualidade dos produtos ofertados nessa modalidade de construção. Com a avaliação das melhores técnicas a serem utilizadas em cada situação, é possível construir um maior número de residências com uma quantidade menor de recursos, democratizando o acesso à casa própria, garantindo um direito básico.

1.2. Justificativa

No Brasil, apesar de o direito à moradia ser um dos direitos sociais garantidos pela Constituição Federal, devendo essa moradia levar segurança e dignidade aos seus moradores, diversas famílias possuem moradias em condições precárias de habitação e em muitos casos sequer têm uma residência, o que caracteriza o déficit habitacional. O déficit habitacional é utilizado como parâmetro nacional de referência para controle da política habitacional (CARDOSO, 2015).

De acordo com a Associação Brasileira de Incorporadoras Imobiliárias (ABRAINC), no Brasil, em 2019, o déficit habitacional era de 7,8 milhões de unidades, sendo 57% desse número, ou seja, 4,5 milhões, referente ao déficit restrito, que representa o total de famílias em condições precárias. Dentro desse panorama do país, a região Nordeste é a que possui uma maior parcela de participação no déficit, com um total de 2,4 milhões de famílias.

Nesse viés, programas de habitações populares são fundamentais na redução desse déficit e na promoção de melhores condições de vida para a parcela da população mais necessitada, que normalmente apresenta um menor poder aquisitivo e em outros aspectos da vida já é marginalizada. Todavia, para que um número maior de pessoas seja beneficiado por tais programas, é salutar que haja uma viabilidade econômica.

Em contrapartida, é fundamental que sejam utilizadas boas técnicas construtivas, estudando quais delas podem ser mais viáveis economicamente, mas que se adequem à região de construção e às características daquele empreendimento. Na prática, observa-se que, em prol do barateamento dessas obras, muitas vezes as boas práticas de construção são negligenciadas, o que resulta em diversas patologias posteriormente.

Por se tratar de edificações populares, a determinação dos materiais e métodos construtivos normalmente está pautada no menor custo deles, de forma a minimizar os custos totais com a obra, em atendimento à proposta dos programas de financiamento associados. Porém, em detrimento dessa visão, outros critérios como a qualidade são desprezados ou sacrificados nas concepções projetuais. Assim, normalmente, são adotados os métodos mais tradicionais. Embora se trate de métodos consagrados, é importante vislumbrar outros métodos, observando aspectos que eles podem contribuir na otimização e viabilidade das novas construções.

Considerando esses aspectos, a realização desse trabalho se justifica pela importância da função e da contribuição social do Engenheiro Civil, promovendo condições de vida mais justas aos mais necessitados. Assim, o trabalho visa apresentar as vantagens e desvantagens de técnicas construtivas alternativas, com o intuito de contribuir com uma discussão e compilar informações importantes sobre tais métodos para o auxílio à redução do déficit habitacional.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo geral

O objetivo geral deste trabalho de conclusão de curso é analisar a viabilidade da utilização de métodos construtivos alternativos – *Light Steel Frame*, *Light Wood Frame*, Contêiner, parede de concreto moldada in loco e painéis monolíticos em EPS – em habitações populares no auxílio à redução do déficit habitacional.

1.3.2. Objetivos específicos

Como objetivos específicos, para permitir alcançar o objetivo geral, tem-se:

- Identificar e descrever as características principais de cada método alternativo analisado;
- Identificar as vantagens e desvantagens de cada método no emprego em habitações populares;
- Verificar a viabilidade dos métodos no auxílio à redução do déficit habitacional.

2. METODOLOGIA

Para alcançar os objetivos apresentados neste trabalho e poder realizar a análise sobre as técnicas construtivas em questão, foi realizada uma pesquisa exploratória, com base no levantamento bibliográfico sobre a temática, de modo a desenvolver uma maior familiaridade com os métodos e, a partir disso, poder construir hipóteses sobre a contribuição deles na redução do déficit habitacional, por meio do emprego dessas técnicas em moradias de cunho social.

A primeira etapa do trabalho consistiu na pesquisa e leitura de produções acadêmicas correlatas ao tema, referentes ao déficit habitacional, às técnicas construtivas em estudo e habitações populares. Posteriormente, com base no levantamento de informações realizado, foi feito um levantamento de suas vantagens e desvantagens, e verificado como eles poderiam contribuir com a problemática.

Esta monografia se encontra segmentada em 6 capítulos, conforme descrito a seguir:

- a. Capítulo 1 → Introdução: neste capítulo, é apresentado o contexto geral do tema trabalhado, a justificativa para escolha do tema, o objetivo geral e os objetivos específicos.
- b. Capítulo 2 → Metodologia: nesta seção, é descrita a metodologia que foi adotada para a elaboração do trabalho, bem como é apresentada a estrutura dele.
- c. Capítulo 3 → Revisão bibliográfica: neste capítulo, é realizada a revisão bibliográfica sobre o sistema construtivo de alvenaria convencional e sobre cada um dos métodos construtivos alternativos analisados, sendo eles: *Light Wood Frame*, *Light Steel Frame*, Contêiner, Parede de concreto moldada in loco e painéis monolíticos em EPS.
- d. Capítulo 4 → Vantagens e desvantagens: neste capítulo, são abordadas as vantagens e desvantagens sobre os métodos construtivos.
- e. Capítulo 5 → Discussões: neste capítulo é realizada uma discussão sobre o emprego dos sistemas em estudo em habitações populares.
- f. Capítulo 6 → Considerações finais: por último, neste capítulo é realizada uma análise geral de tudo o que foi exposto.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Inicialmente, será abordado sobre a alvenaria convencional, em busca de conhecer as características desse sistema e possibilitar na sequência identificar o diferencial dos outros métodos em estudo. Visando compreender melhor como o emprego dos métodos alternativos *Light Wood Frame*, *Light Steel Frame*, Contêiner, Parede de concreto moldada in loco e painéis monolíticos em EPS pode contribuir com a redução do déficit habitacional, foi realizada uma pesquisa exploratória sobre cada um desses métodos alternativos. Assim, apresenta-se a seguir as características e detalhes sobre cada uma das técnicas construtivas, de modo a permitir um aprofundamento sobre o tema e, a partir disso, levantar discussões que contribuam com a redução do déficit de habitação.

3.1. Alvenaria convencional

3.1.1. Contextualização

O sistema de alvenaria convencional, conforme Vasques e Pizzo (2014, p.3), “é formado por pilares, vigas e lajes de concreto armado, sendo que os vãos são preenchidos com tijolos cerâmicos para vedação. O peso da construção, neste caso, é distribuído nos pilares, vigas, lajes e fundações e, por isso, as paredes são conhecidas como não-portantes”. Além disso, nesse sistema, para a construção desses elementos estruturais, como vigas e pilares, são utilizadas formas de madeira, bem como aço para a composição deles. Outro fator é que se faz necessários cortes na alvenaria após sua execução para que as instalações hidráulicas e elétricas sejam embutidas (VASQUES; PIZZO, 2014).

Para a construção da alvenaria, normalmente são utilizados como insumos o tijolo cerâmico, a areia, o cimento e a cal. Com esse sistema, são possíveis modificações com facilidades, como a abertura de vãos e a fixação de armários e prateleiras. Ademais, trata-se de um sistema que pode ser considerado artesanal, visto que é construído no canteiro, tendo uma produção mais demorada, e muitas vezes o controle de qualidade não é muito rigoroso, tendo uma mão-de-obra que muitas vezes não é qualificada, o que dá margem a muitos erros, que podem gerar diversas patologias, além de gerar desperdícios e retrabalho (CONDEIXA, 2013).

Nos casos nos quais a alvenaria não é dimensionada para resistir cargas verticais além de seu peso próprio, ela é denominada alvenaria de vedação, ou seja, aquela alvenaria não

possui função estrutural. Todavia, mesmo nas situações que a alvenaria é apenas de vedação, ela precisa atender alguns requisitos técnicos, sendo eles: resistência mecânica, isolamento termoacústico, resistência ao fogo, estanqueidade e durabilidade (MILITO, 2009).

De acordo com Cardoso (2009), o sistema tradicional de alvenaria (Figura 1) é enraizado na cultura nacional, sendo priorizado em detrimento dos demais, o que gera uma barreira no uso de outros métodos em construções de habitações populares, principalmente as vinculadas a programas de habitação, como o Minha Casa, Minha Vida (MCMV).

Figura 1 - Alvenaria com blocos cerâmicos.



Fonte: Pedreira¹.

Nesse cenário, observa-se que o setor da construção é bastante conservador e resistente à incorporação de mudanças de métodos, materiais e concepções, ficando restrito a atividades expressamente manuais, com produtividade limitada, com custos elevados e tempo de execução expressivo. Assim, os métodos mais convencionais, por sua comodidade, acabam sendo mais escolhidos.

3.1.2. Processo construtivo utilizando a alvenaria convencional

Para a execução da alvenaria convencional, alguns elementos que fazem parte da sua composição podem ser elencados, sendo eles: fundação, superestrutura, revestimentos, cobertura, instalações elétricas e hidráulicas, assim como os acabamentos (NOLLA, 2022).

¹ Disponível em: <<https://pedreira.com.br/alvenaria-como-construir-as-paredes-de-tijolos-ou-blocos/>>. Acesso em: 25 mai. 2023.

Quando se fala sobre a fundação, refere-se aos elementos construídos na base das construções que tem por finalidade receber, normalmente através dos pilares, e transmitir as cargas da edificação para o solo (BASTOS, 2019). Para a determinação do tipo de fundação a ser empregado, é fundamental que seja realizado um estudo geotécnico, através de sondagens, para conhecer as condições do terreno, como as propriedades físicas, a resistência e a presença de água nele (REBELLO, 2008). Quanto à classificação, as fundações podem ser divididas em dois grupos, as fundações superficiais e as fundações profundas e apresentam as seguintes características:

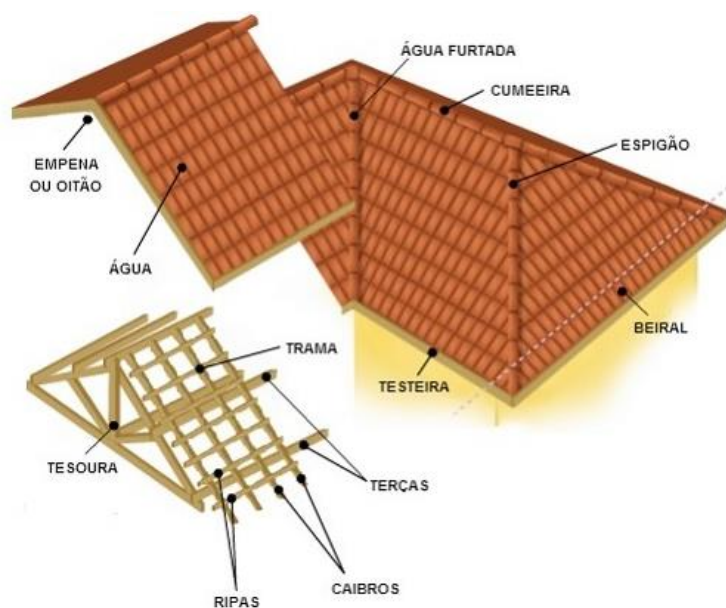
- Fundações superficiais: podem ser chamadas também de rasas ou mesmo de fundações diretas. De acordo com a NBR 6122 (1996, p.2), são elementos “em que a carga é transmitida ao terreno, predominantemente pelas pressões distribuídas sob a base da fundação, e em que a profundidade de assentamento em relação ao terreno adjacente é inferior a duas vezes a menor dimensão da fundação”. Enquadram-se nesse tipo de classificação as sapatas, os blocos, os radier, as sapatas associadas, as vigas de fundação e as sapatas corridas.
- Fundações profundas: segundo a NBR 6122/1996, esse tipo de elemento faz a transmissão da carga ao terreno pela sua base, através resistência de ponta, ou pela sua superfície lateral, por meio da resistência de fuste, podendo haver uma combinação dos dois tipos. As fundações profundas são empregadas nos casos nos quais o solo só alcança resistência suficiente em profundidades superiores a 3 metros, devendo essa profundidade ser superior ao dobro de sua menor dimensão em planta.

No que se refere à superestrutura, ela é composta pelos elementos estruturais que ficam acima do nível do solo, sendo eles: lajes, vigas e pilares. As lajes “são placas que, além das cargas permanentes, recebem as ações de uso e as transmitem para os apoios; travam os pilares e distribuem as ações horizontais entre os elementos de contraventamento” (PINHEIRO, MUZARDO; SANTOS, 2007, p. 7). Já nas vigas, que são elementos dispostos usualmente na horizontal que delimitam as lajes, suportam as paredes e que recebem ações das lajes ou de outras vigas, a flexão é que predomina (PINHEIRO; MUZARDO; SANTOS, 2007). Quanto aos pilares, eles são descritos pela NBR 6118 (2014, p. 84) como elementos “usualmente dispostos na vertical, em que as forças normais de compressão são preponderantes”.

No tocante à cobertura, segundo Crasto (2005, p. 94), ela se trata da “parte da construção destinada a proteger o edifício da ação das intempéries, podendo também desempenhar uma

função estética. Telhados podem variar desde simples cobertas planas até projetos mais complexos com grande intersecção de águas ou planos inclinados”. Conforme Cardoso (2000, p.2), entre as partes constituintes do telhado, pode-se destacar o telhamento, a trama, a estrutura de apoio e os sistemas de captação de águas pluviais (Figura 2).

Figura 2 - Partes constituintes do telhado.



Fonte: Engenharia é ².

Quanto ao telhamento, ele tem a função de vedação e pode ser constituído por telhas de diversos tamanhos e materiais, como cerâmica, fibrocimento, metálicas e concreto. Já a trama, tem a função de sustentar as telhas e é composta por ripas, caibros e terças. No caso da estrutura de apoio, ela serve para receber e transmitir as cargas verticais ao restante do edifício. Por fim, o sistema de captação de águas pluviais tem a função de fazer a drenagem das águas da chuva, através de elementos como rufos, calhas, condutores verticais e acessórios.

No tangente aos revestimentos, eles podem ser divididos em revestimentos argamassados e não argamassados e têm a função de regularização, impermeabilização, proteção contra intempéries e melhoria das condições termoacústicas do ambiente. Os revestimentos argamassados são aqueles tradicionais, que utilizam a argamassa sobre a alvenaria, objetivando proteger, regularizar e uniformizar as superfícies, sendo normalmente composto por pelo menos três camadas superpostas: o chapisco, o emboço e o reboco.

² Disponível em: <<https://engenhariae.com.br/editorial/colunas/conheca-as-partes-que-formam-um-telhado>>. Acesso em: 18 jun. 2023.

Já os revestimentos não argamassados são aqueles compostos por outros elementos, tanto naturais como artificiais, os quais são assentados sobre o emboço de regularização, utilizando argamassas colantes ou estruturas especiais de fixação, sendo o assentamento realizado conforme as características do elemento em questão. Dentre os revestimentos não argamassados mais utilizados, pode-se destacar: o revestimento cerâmico, o revestimento de pastilhas de porcelana, o revestimento de pedras naturais, o revestimento de mármore e granitos polidos, o revestimento de madeira, o revestimento de plástico e o revestimento de alumínio (ZULIAN; DONÁ; VARGAS, 2002).

Quanto ao acabamento, uma das ações importantes é a pintura. De acordo com Uemoto (2005), as pinturas “representam a parcela mais visível de uma obra, têm uma grande influência no desempenho e durabilidade das edificações e dão o toque final que valoriza o empreendimento”. O sistema de pintura não se restringe à camada aplicada de tinta, como normalmente se acredita, ela é composta por fundos e líquidos preparadores de paredes, massas, e, na última etapa, a tinta de acabamento (UEMOTO, 2005).

3.2. *Light Wood Frame*

Apenas os processos que confirmam uma velocidade de produção, como os pré-fabricados e os sistemas com paredes de concreto feitos com fôrmas, podem ser tão competitivos a ponto de serem empregados (CARDOSO, 2009). Dentro desse contexto, a utilização do *Light Wood Frame* (LWF), técnica exemplificada na Figura 3 e definida na sequência, pode ser muito plausível como um método alternativo a ser utilizado.

Figura 3 - Construção com *Wood Frame*.



Fonte: CASEMA³

³ Disponível em: < <https://www.casema.pt/blog/wood-frame>>. Acesso em: 26 mai. 2023.

De acordo com a diretriz nº 005 do Sistema Nacional de Avaliações Técnicas (2011, p. 3), sistemas leves como o *Light Wood Frame* são “sistemas construtivos cuja principal característica é ser estruturado por peças de madeira serrada com fechamentos e chapas delgadas.”

Segundo Calil Junior e Molina (2010),

O Wood Frame para casas consiste num sistema construtivo industrializado, durável, estruturado em perfis de madeira reflorestada tratada, formando painéis de pisos, paredes e telhado que são combinados e/ou revestidos com outros materiais, com a finalidade de aumentar os confortos térmico e acústico, além de proteger a edificação das intempéries e também contra o fogo.

3.2.1. Atribuições do *Light Wood Frame*

Esse método utiliza a madeira como matéria-prima principal, sendo esse um material sustentável, com menor consumo de energia em sua transformação e menor poluição em sua produção, permite fácil manuseio e reaproveitamento, bom material isolante termoacústico, além de apresentar elevada resistência mecânica e uma pequena massa específica, conforme ilustrado na Figura 4 (FRANÇA, 2011).

Figura 4 - Vantagens de utilização da madeira na construção civil.



Fonte: Autora (2023).

O *Wood Frame* é uma expressiva inovação para a construção civil no Brasil, isso por causa de seus atributos de racionalização de material, flexibilidade na operação, agilidade na

produção, custos competitivos no mercado, além da limpeza do canteiro e do tempo reduzido de montagem. Todavia, alguns fatores são vistos como empecilhos na implantação e difusão do LWF no Brasil. Dentre eles, podemos destacar o preconceito com a madeira, que é visto como um material limitado e de baixa qualidade (SOTSEK; SANTOS, 2018).

3.2.2. Componentes do *Light Wood Frame*

Conforme Santos (2012), dentre os principais componentes do *Light Wood Frame* no Brasil, tomando por referência o sistema utilizado pela empresa Tecverde – empresa pioneira em trazer o sistema construtivo *Wood Frame* para o país – está a madeira pinus (Figura 5), a qual possui lenho totalmente permeável ao tratamento por autoclave, o que permite uma maior eficácia no combate a ações de cupins. Além do pinus, também há o isolante térmico e acústico, o qual é inserido na estrutura de pinus na forma de manta, podendo ser empregadas como isolante a lã de vidro (Figura 6) e a lã de PET (Figura 7), sendo esta passível de reciclagem, o que coopera com a sustentabilidade. Outro componente são os painéis de tiras orientadas, o *Oriented Strand Board (OSB)*, ilustrado na Figura 8, que são painéis compostos normalmente por três a cinco camadas, coladas com resina por meio de prensagem a quente. Quanto à configuração das partículas, na camada interna elas podem estar dispostas aleatoriamente ou de a 90° da direção das camadas mais externas (MENDES, 2001).

Figura 5 - Madeira pinus a ser utilizada para montagem de painel LWF.



Fonte: Viva Decora⁴.

Figura 6 - Isolamento termoacústico com lã de vidro.



Fonte: Santos (2012).

⁴ Disponível em: <https://www.vivadecora.com.br/pro/wood-frame/>. Acesso em: 27 mai. 2023.

Figura 7 - Isolamento termoacústico com lã de PET.

Fonte: Santos (2012).

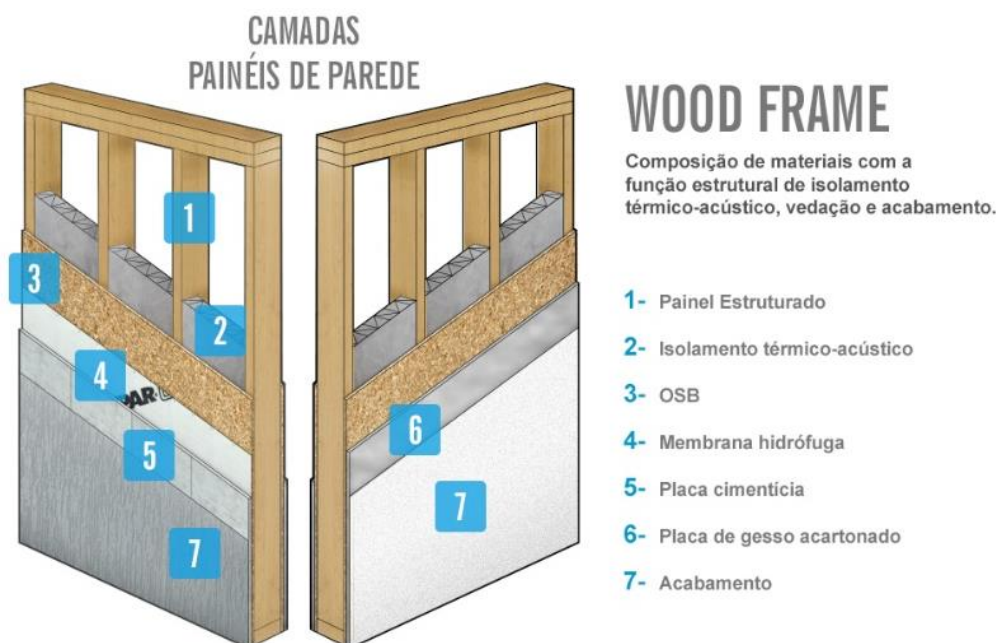
Figura 8 - Painel de OSB.

Fonte: Sander (2007).

Além dos itens mencionados, tem-se ainda a membrana hidrófuga, a qual permite o controle de umidade, reduzindo a quantidade que entra, mas, ainda assim, possibilitando a saída dela, o que confere maior durabilidade à estrutura. Outro componente é a placa cimentícia, que, além de atuar no contraventamento da estrutura, serve de base para o acabamento. Outro importante integrante é o gesso acartonado, o qual contribui com as propriedades de isolamento termoacústico e com o bloqueio da passagem das chamas em um possível incêndio; ademais, ele possibilita a inserção dos pontos de instalação ainda durante a construção, sem demandar quebras posteriores, como no caso da alvenaria convencional (SANTOS, 2012). Por fim, sobre o gesso acartonado, pode-se realizar o acabamento da parede de modo análogo ao de alvenarias tradicionais.

Na figura a seguir (Figura 9), ilustra-se o esquema de como é feita a integração dos elementos mencionados para a composição da parede do LFW, em uma das suas possíveis configurações.

Figura 9 - Esquema da composição da parede em *Light Wood Frame*.



Fonte: Atos Arquitetura⁵.

De acordo com Espíndola e Ino (2014), quando se refere ao *Wood Frame*, as etapas de montagem podem ocorrer no canteiro de obras, nas fábricas ou mesmo em uma combinação de ambos, com parte no canteiro e parte nas unidades industriais.

Em detrimento de a concepção do sistema *Wood Frame* estar ligada diretamente ao ambiente industrial, os desperdícios são reduzidos significativamente, o que vai na contramão dos sistemas convencionais. Além disso, em virtude da dinâmica da obra limpa e seca, bem como da facilidade de manuseio dos elementos estruturais e de fechamento, há um ganho considerável na produtividade, demandando menos mão-de-obra (MOLINA; JÚNIOR, 2010).

3.2.3. Normatização do *Light Wood Frame*

A norma da ABNT que irá reger o emprego do *Light Wood Frame* no Brasil é a ABNT NBR 16936, todavia ela ainda não foi aprovada. Porém em 2021 ela foi posta para consulta pública nacional, para ser analisada e realizadas as devidas recomendações para possíveis ajustes. Em fevereiro do corrente ano, 2023, houve uma nova consulta nacional do terceiro

⁵ Disponível em: < <https://atosarquitetura.com.br/noticias/dicas-para-quem-vai-construir-sua-casa-construcao-em-wood-frame/>>. Acesso em: 26 mai. 2023.

projeto dessa norma. Por se tratar de um projeto, ainda em apreciação, não tem valor normativo até a sua aprovação.

Ter a normatização é importante para conferir mais segurança aos construtores para utilizarem o *Wood Frame*, uma vez que estarão respaldados pela norma. Além disso, com as normas, é possível estabelecer um padrão de qualidade, reduzindo prejuízos e falhas.

3.3. *Light Steel Frame*

O *Light Steel Frame* (LSF), também chamado de *Light Steel Framing*, ilustrado na Figura 10, trata-se de um sistema construtivo industrializado e altamente racionalizado, o qual é composto por estruturas de perfis de aço galvanizado, conformados a frio. No fechamento, são utilizadas placas, as quais podem ser cimentícias, de madeira, *drywall*, entre outras. Sendo, dessa forma, a estrutura composta por fechamento externo, fechamento interno e isolantes termoacústicos (PEREIRA, 2018).

Figura 10 - Construção com *Light Steel Frame*.



Fonte: Brasil Engenharia⁶.

3.3.1. Origem do *Light Steel Frame*

A origem desse sistema está pautada na evolução do sistema construtivo Wood Framing, técnica construtiva anteriormente apresentada, que surgiu nos Estados Unidos, em virtude de um grande crescimento populacional e do déficit habitacional, também ocasionado em decorrência de catástrofes naturais, o que demandou um método construtivo de execução mais

⁶ Disponível em: <<http://www.brasilengenharia.com/portal/noticias/destaque/12449-light-steel-frame-uma-revolucao-silenciosa-no-setor-da-construcao-civil>>. Acesso em: 27 mai. 2023.

rápida e mais barata para ajudar a solucionar a situação enfrentada. No caso, como a madeira era uma matéria prima em abundância, o *Wood Frame* foi aderido como solução. Todavia, devido à alta inflação da madeira em 1990, foi necessário utilizar um material mais acessível para o momento, sendo empregado o aço galvanizado, em virtude da expressiva produção pós Segunda Guerra Mundial (PEDROSO *et al*, 2014).

3.3.2. Atribuições do *Light Steel Frame*

O *Steel Frame* se destaca por promover canteiros mais limpos, visto que dispensa o uso de água, sendo, por isso, conhecido como um sistema de construção a seco. Além disso, esse método confere uma maior precisão no levantamento dos quantitativos e na execução da obra. Ademais, os resíduos gerados são mínimos, visto que, para se fabricar a estrutura, usa-se como base as medidas postas no projeto dela, o que dispensa cortes posteriores nas peças, resultando em uma obra mais rápida, mais barata e mais limpa (PEREIRA, 2018).

Segundo Hass e Martins (2011), outras características que devem ser consideradas do *Light Steel Frame* são a maior área útil disponível quando ele é utilizado, visto que as seções das vigas e pilares de aço são mais esbeltas que as de concreto; a flexibilidade fornecida para casos de reformas e alterações; outro ponto é o de que as chuvas não impactam na montagem da estrutura, como ocorre comumente no caso de utilização de alvenarias convencionais; além disso, por se tratar de uma estrutura de menor peso, impacta diretamente nas fundações, consequentemente, há um menor custo com elas; outro fator é a padronização e qualidade conferida, visto que para a fabricação é empregada mão-de-obra qualificada, com rigoroso controle de qualidade e a maior organização do canteiro de obras.

3.3.3. Normatização do *Light Steel Frame*

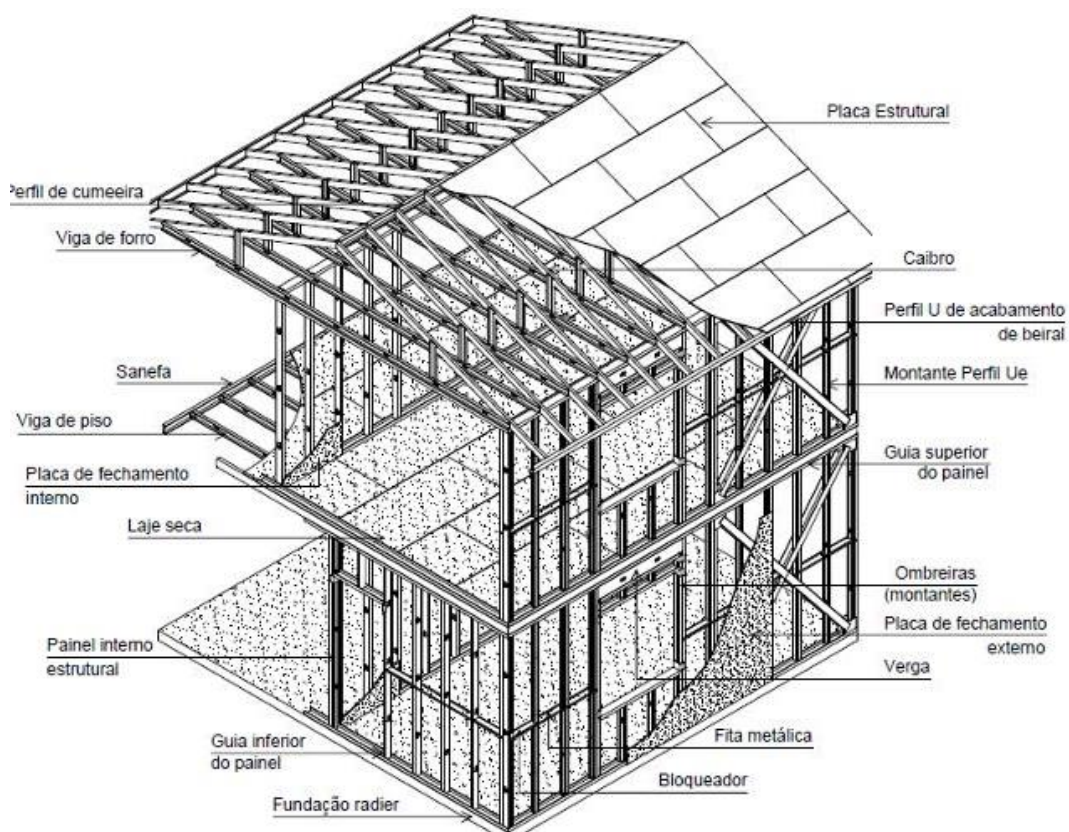
No Brasil, a regulamentação do *Steel Frame* começou pela “NBR 15253/2005: Perfis de aço formados a frio, com revestimento metálico, para painéis estruturais reticulados em edificações”, a qual foi atualizada em 2014, que fala sobre os requisitos gerais e métodos de ensaios para os perfis de aço formados a frio, com revestimento metálico, para painéis reticulados utilizados em edificações e destinados à execução de paredes com função estrutural, estruturas de entrelaços, estruturas de telhados e de fachadas das edificações.

Todavia, em 25 de março de 2022 houve a aprovação da Norma brasileira de *Light Steel Frame*, a “ABNT NBR 16970/2022 – Light Steel Framing: Sistemas construtivos estruturados em perfis leves de aço conformados a frio, com fechamento em chapas delgadas”, a qual foi subdividida em 3 partes: a parte 1, que fala de desempenho; a parte 2, que trata sobre o projeto estrutural e a parte 3, que aborda a interface entre sistemas

Na parte 1, são definidos os requisitos para os componentes e desempenho do sistema LSF, determina-se também os usos para edificações residenciais e não residenciais até dois pavimentos. Os principais requisitos elencados são: elementos de fundação, componentes e elementos estruturais, componentes de fechamento e revestimento da vedação vertical, componentes de fechamento da vedação horizontal, desempenho e barreiras de vapor e umidade, conforme mostrado na Figura 11 (ESPAÇO SMART, 2022).

Já a parte 2 da norma, estabelece requisitos gerais tanto de dimensionamento como de projeto das estruturas de aço do sistema, discorrendo sobre os princípios gerais de projeto, os materiais, as ancoragens da estrutura nas fundações, a resistência e rigidez das contenções, os deslocamentos máximos e as vibrações em pisos. Na parte 3, são apresentados os detalhes construtivos e os requisitos para interfaces entre os sistemas (ESPAÇO SMART, 2022).

Figura 11 - Componentes do *Light Steel Frame*.



Fonte: Crasto (2005).

3.3.4. Métodos de execução do *Light Steel Frame*

Conforme Crasto (2005), para a execução do *Steel Frame*, podem ser utilizados três métodos de forma isolada, ou combinando eles, conforme descrito a seguir:

a) Método Stick

No método Stick (Figura 12), os perfis são cortados *in loco*, bem como a montagem de todo o sistema é realizada no canteiro de obras. Com esse método, dispensa-se um local para pré-fabricação, bem como facilita o transporte das peças dentro do canteiro. Todavia, é um método um pouco mais lento durante a sua montagem e requer uma mão-de-obra no canteiro mais especializada.

Figura 12 - Uso do Método Stick.



Fonte: Santiago (2008).

b) Método por painéis

No método por painéis (Figura 13), os elementos são fabricados fora do canteiro e sua montagem é realizada no local. Para a conexão dos painéis e dos subsistemas no local, utiliza-se parafusos auto-brocantes e auto-atarrachantes. Com esse método, ganha-se velocidade na montagem, bem como é possível garantir uma maior qualidade e precisão dos sistemas, em decorrência do padrão de qualidade das fábricas e do maquinário que elas possuem para a produção das peças.

Figura 13 - Uso do método por painéis.



Fonte: MITek⁷.

⁷ Disponível em: <<https://aegismetallframing.com/wall/>>. Acesso em: 06 jun. 2023.

c) Construção modular

Na construção modular (Figura 14 e Figura 15), utiliza-se unidades completamente pré-fabricadas na indústria, que podem, inclusive, já serem adquiridas com o acabamento que elas terão, além de ter a opção de já virem equipadas com instalações e mobiliários. As unidades podem ser posicionadas tanto lado a lado, como uma sobre a outra, de modo a compor a construção final almejada. Uma grande vantagem do método é a facilidade de ampliações, visto que podem ser agregados novos módulos.

Figura 14 - Casa modular em *Steel Frame* finalizada.



Figura 15 - Transporte de edificação em *Steel Frame*.



Fonte: San Lucas Construções em Steel Frame⁸.

3.4. Contêiner

3.4.1. Origem do contêiner

O contêiner, também nomeado no inglês de *container*, é definido pelo artigo 4º do decreto nº 80.145 de 15 de agosto de 1977 como:

Um recipiente construído de material resistente, destinado a propiciar o transporte de mercadorias com segurança, inviolabilidade e rapidez, dotado de dispositivos de segurança aduaneira e devendo atender às condições técnicas e de segurança previstas pela legislação nacional e pelas convenções internacionais ratificadas pelo Brasil.

Ele surgiu em 1937, nos Estados Unidos, proposto por Malcom McLean como alternativa para resolução da problemática das exportações e importações, visto que era muito demorado fazer o carregamento e o descarregamento das mercadorias, uma vez que era feito

⁸ Disponível em: <<https://aegismetallframing.com/wall/>>. Acesso em: 06 jun. 2023.

com poucas unidades por vez, através de tonéis. Além disso, pela armazenagem inadequada, diversos produtos eram comprometidos. Com o uso dos contêineres, passou a ser possível organizar os produtos de forma mais rápida e segura, tendo ainda a opção de empilhamento (Figura 16) deles para otimização de espaço (MALAQUIAS, 2018).

Figura 16 - Contêineres empilhados para otimização de espaço.



Fonte: Lotus Logística⁹.

De acordo com MUSSNICH (2015), no uso comum do contêiner, ou seja, armazenamento e transporte, ele tem uma vida útil que gira em torno de oito a dez anos, visto que ele demanda manutenções que passam a não ser viáveis depois desse período. Após esse tempo, os contêineres costumam ser abandonados no porto, ficando sem destinação. Além disso, em algumas situações é mais barato enviar um contêiner novo que trazer de volta um já enviado para um novo envio de mercadorias, o que acaba também resultando na ociosidade deles.

Nesse contexto, soluções que tragam a possibilidade de reutilização deles são muito válidas, como é o caso do uso na construção civil, que é um setor que afeta de forma intensa o meio ambiente. A utilização do contêiner nesse ramo, assim como de outros métodos industrializados, tem uma grande contribuição na sustentabilidade visto que reduz os desperdícios com a água utilizada, com a energia e com os demais insumos na produção e construção (GHOUBAR, 2012).

⁹ Disponível em: < <https://lotuslogistica.com/distribuicao/amarracao-de-conteiner-tudo-o-que-voce-precisa-saber/>>. Acesso em: 13 jun. 2023.

3.4.2. Uso do contêiner na construção civil

Conforme Malaquias (2018), no âmbito das construções brasileiras, o contêiner tem sido incorporado para alguns usos no canteiro, tais como almoxarifados, depósitos, refeitórios, banheiros e escritórios. A Figura 17 retrata o uso deles na obra destinado a dormitórios.

Figura 17 - Uso de contêineres em obra destinados a dormitórios.



Fonte: Brás Módulos¹⁰.

Porém, assim como em outros países, o uso do contêiner no Brasil não tem se restringido às instalações de apoio, mas tem sido utilizado para construções de residências e empreendimentos comerciais. No ano de 2010, foi finalizada em Cotia/SP a primeira casa em contêiner do país (Figura 18), a casa pertence ao arquiteto Danilo Corbas. A casa, que tem 196 m², conta com três quartos, sala de estar, sala de jantar com cozinha integrada, escritório, três banheiros, área de serviço, garagem coberta e varandas.

Figura 18 - Primeira casa do Brasil em contêineres.



Fonte: Arch Daily¹¹.

¹⁰ Disponível em: < <https://www.brasmodulos.com.br/container-obra>>. Acesso em: 16 jun. 2023.

¹¹ Disponível em: < <https://www.archdaily.com.br/br/800283/casa-container-granja-viana-container-box>>. Acesso em: 16 jun. 2023.

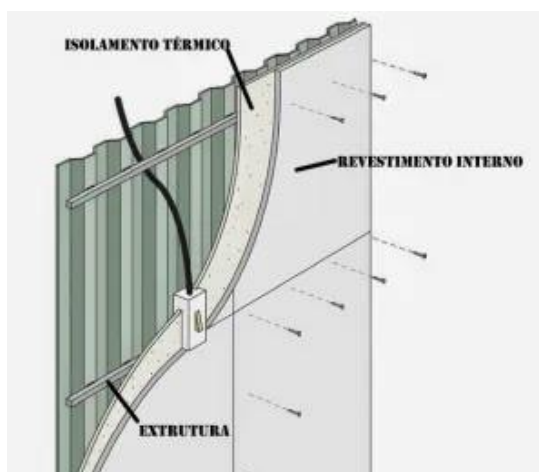
3.4.3. Processo construtivo utilizando os contêineres

O processo construtivo das construções em contêineres é subdividido em algumas etapas. A primeira que se pode destacar é a fundação, que, assim como no método convencional de construção, ela vai depender das características do terreno e do solo onde será implantada edificação, além das características da própria estrutura e se a construção será provisória ou permanente. Logo, os serviços topográficos e a análise do solo são de extrema importância para a determinação do tipo de fundação (ABAD, 2018).

Outra importante etapa é a de adaptações do contêiner. Nessa etapa, são removidos o piso do contêiner e as portas originais dele, para que possam ser feitas as aberturas de portas e janelas do empreendimento, além dos reforços necessários na estrutura para que se adeque às necessidades do projeto e aberturas dos locais de instalações, como as elétricas e hidráulicas (PAIVA, 2022).

Além disso, uma questão que deve ser considerada é o conforto térmico. Quando se fala sobre a condutividade de materiais, a condutividade térmica do aço é de aproximadamente 52 W/mK, enquanto a do bloco cerâmico é de 0,6 W/mK e a da madeira é de 0,1 W/mK. Dessa forma, o aço é o melhor condutor dentre os três materiais, o que ocasiona um maior desconforto térmico quando utilizado nas edificações. Para mitigar esse desconforto, é fundamental que sejam adotadas medidas de isolamento térmico (Figura 19). Dentre os diversos materiais que podem ser empregados para o isolamento, pode-se destacar: a lã de vidro, a lã de pet, a lã de rocha e o isopor (PIRES, 2021). Todavia, no caso do contêiner do tipo “reefer”, ele dispensa esse tipo de isolamento, visto que já conta em sua estrutura com uma camada de isolamento, porém apresenta um custo mais elevado que os demais.

Figura 19 - Isolamento em contêineres.



Fonte: R.A.V. Projects ¹².

Quanto às instalações elétricas e hidrossanitárias, elas são realizadas de forma muito semelhante às instalações do método convencional, embutidas nos revestimentos de parede ou de piso (CALORY, 2015). Mas, nos casos em que a instalação é realizada de forma externa, não ficando embutida, pode-se também utilizar eletrocalhas para fazer a cobertura delas, preservando a estética e a segurança. Com esse método, é possível reduzir os resíduos que seriam gerados no corte da alvenaria tradicional para realização dessas instalações, uma vez que dispensaria o corte dos blocos (PAIVA, 2022).

Uma outra etapa que é fundamental é o fechamento interno, que pode ser feito com *drywall*, MDP, MDF ou os painéis de tira orientada, OSB, visto que permitem que seja realizado esse fechamento, mas sem subtrair muito da área útil, por resultarem em paredes de menor espessura. Dentre esses materiais, o *drywall* costuma ser o mais empregado para a construção das divisórias de acabamento interno. Utilizando o *drywall*, é importante que seja ampliada a atenção para as áreas molhadas que terão tais divisórias de gesso, utilizando placas especiais que apresentam maior resistência à umidade para essas condições, (PIRES, 2021).

De acordo com Corrêa (apud PIRES, 2021), no caso dos pisos, há a possibilidade de usar o próprio piso naval ou empregar microcimento, pisos emborrachados, cimento queimado, vinílicos, madeira rústica, cerâmicas e porcelanatos, utilizando argamassas especiais conforme a escolha.

¹² Disponível em: <<https://ravprojects.com.br/revestimentos-isolantes-e-aberturas-conferem-conforto-termico-containers/>>. Acesso em: 16 jun. 2023.

Já no que se refere à cobertura, conforme Malaquias (2018), apesar de os contêineres já apresentarem uma certa resistência à água, é importante considerar o índice pluviométrico da localidade, visto que apresentam pouca inclinação se comparados às coberturas tradicionais, para, de acordo com as características, ser implantado um sistema de calhas.

Além das etapas mencionadas, pode-se destacar também a pintura, que é um item essencial para durabilidade do sistema. A pintura pode ser subdividida em pintura aplicada nas placas de revestimento interno e de divisão de ambientes, que são utilizadas tintas para ambientes internos já utilizadas na pintura de alvenarias convencionais, e em pintura aplicada diretamente no contêiner. No caso da pintura aplicada diretamente no contêiner, é importante que seja utilizada tinta não-tóxica, com proteção à corrosão, podendo ser utilizados, dentre outros produtos, esmalte sintético, tinta automotiva, tinta epóxi e tinta com base de silicato. Para que essa pintura seja realizada, é fundamental que antes ocorra um jateamento e tratamento antiferrugem (MALAQUIAS, 2018).

3.5. Parede de concreto moldada in loco

3.5.1. Definição

Conforme a NBR 16055 (2012, p. 3), norma que fala sobre paredes moldadas no local para a construção de edificações, a parede de concreto (Figura 20) se trata de um “elemento estrutural autoportante, moldado no local, com comprimento maior que dez vezes a sua espessura e capaz de suportar carga no mesmo plano da parede”.

Figura 20 - Construção com parede de concreto moldada in loco.



Fonte: Tecnosil¹³

¹³ Disponível em: < <https://www.tecnosilbr.com.br/paredes/>>. Acesso em: 20 jun. 2023.

3.5.2. Contextualização

Nesse sistema, a alvenaria tem função tanto de vedação como estrutural, sendo as instalações elétricas e hidráulicas instaladas com antecedência, não requerendo, assim, cortes na alvenaria, como na alvenaria convencional. Trata-se de um sistema construtivo que proporciona economia, qualidade e produtividade (SANTOS, 2013).

Além disso, nesse método são empregadas formas metálicas de alumínio (Figura 21) que são reutilizáveis, o que gera menos resíduos que a utilização de formas de madeira, por exemplo. As peças são concretadas praticamente em uma única etapa, o que resulta em peças de concreto armado monolíticas, distribuindo os esforços em toda a área, quando solicitada, além de não apresentarem juntas aparentes (GÓES, 2013).

Figura 21 - Montagem das formas metálicas.



Fonte: Portal Virtuhab¹⁴.

Quando se utiliza esse sistema de paredes de concreto moldadas *in loco*, as paredes de vedação e estruturais utilizadas no sistema convencional são substituídas por essa estrutura de concreto armado monolítica. Assim, as paredes são dimensionadas para resistirem tanto aos esforços horizontais como os verticais, o que dispensa o uso de pilares e vigas. Para as formas, além da possibilidade da forma exclusivamente metálica já mencionada, é possível utilizar também formas metálicas com madeira (Figura 22), ou seja, formas mistas, ou plásticas (Figura 23), sendo as paredes armadas com telas soldadas (AMOEDO, 2013).

¹⁴ Disponível em: < <https://portalvirtuhab.paginas.ufsc.br/paredes-de-concreto/>>. Acesso em: 20 jun. 2023.

Figura 22 - Forma metálica com chapas de compensado.



Fonte: SH formas¹⁵.

Figura 23 - Formas para paredes de concreto do tipo plástica.



Fonte: Portal Itambé¹⁶.

O sistema é indicado para os casos que se tem uma grande repetitividade (Figura 24), como em condomínios e conjuntos habitacionais, nos casos em que se demanda muita produtividade e economia de escala, o que pode contribuir muito com a redução do déficit habitacional (AMOEDO, 2013).

Figura 24 - Utilização das paredes de concreto moldadas in loco em construções em larga escala.



Fonte: Portal Itambé¹⁷.

¹⁵ Disponível: < <https://sh.com.br/pt/categoria-de-obra/obras-residenciais/>>. Acesso em: 20 jun. 2023.

¹⁶ Disponível: < <https://www.cimentoitambe.com.br/massa-cinzenta/formas-para-parede-de-concreto-bauma/>>. Acesso em: 20 jun. 2023.

¹⁷ Disponível: < <https://www.cimentoitambe.com.br/massa-cinzenta/industrializacao-concreto-normas/>>. Acesso em: 20 jun. 2023.

De acordo Altair Santos (2017), as paredes de concreto moldadas in loco já predominam no programa “Minha Casa, Minha Vida”. No ano de 2015, cerca de 52% das edificações do programa estavam utilizando essa técnica construtiva, em virtude da agilidade concedida à obra, principalmente nos contratos que envolvem mais de 1000 unidades; em decorrência da credibilidade do método reforçada após a normatização dele, em 2012 pela “NBR 16055: Parede de concreto moldada no local para a construção de edificações” e pela difusão da técnica pela Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP).

3.5.3. Processo construtivo das paredes de concreto moldadas in loco

Para a execução desse método, as etapas são simplificadas se comparadas ao método convencional, uma vez que se reduz expressivamente as etapas de construção. Dentre as etapas que compõem o processo, pode-se destacar: execução da fundação, montagem da armadura, passagem das instalações elétricas e hidráulicas (Figura 25); montagem das formas, concretagem (Figura 26), desforma (Figura 27) e execução da cobertura e acabamentos (Figura 28).

Figura 25 - Montagem da armadura e posicionamento das instalações sobre o radier.



Fonte: Lorenceto (2020).

Figura 26 - Concretagem das paredes.



Fonte: Lorenceto (2020).

Figura 27 - Desforma e execução da cobertura.



Fonte: Lorenceto (2020).

Figura 28 - Edificações após finalização dos acabamentos.



Fonte: Lorenceto (2020).

3.6. Painéis monolíticos em EPS

3.6.1. Poliestireno Expandido (EPS)

O Poliestireno Expandido (EPS) é um produto oriundo da família dos plásticos, composto por 98% de ar e 2% de base no petróleo quando finalizado o produto, sendo EPS a sigla internacional dele. O EPS foi descoberto em 1949, na Alemanha, pelos químicos Stasny e Karl Buchholz. Trata-se de um plástico celular rígido, que resulta da polimerização do estireno em água, o produto são pérolas (Figura 29) de até 3 milímetros de diâmetro destinadas à expansão. Quando em transformação, elas aumentam em até 50 vezes o seu tamanho original, por meio de vapor, fundindo-se e sendo moldadas em diversas formas.

Figura 29 - Pérolas de Poliestireno Expandido.



Fonte: EPS Brasil¹⁸.

¹⁸ Disponível em: < <https://www.epsbrasil.eco.br/eps/index.html>>. Acesso em: 22 jun. 2023.

O EPS é um material que apresenta uma boa relação entre o custo e o volume útil e entre a resistência e a massa, além disso, apresenta boas características de deformabilidade, é um material sustentável e tem ampla compatibilidade físico-química com os demais materiais empregados na construção civil.

3.6.2. Contextualização

O sistema construtivo de painéis monolíticos em EPS é um sistema no qual as paredes, que possuem função estrutural, são formadas por painéis de EPS reforçados com telas eletrosoldadas e grampos de aço galvanizados envoltos por argamassa estrutural projetada (Figura 30). Por se tratar de paredes autoportantes, elas dispensam a utilização de pilares e vigas de concreto armado, elementos empregados na alvenaria convencional. Esse método é aplicável em edificações dos mais variados tipos, como residenciais, comerciais ou industriais (BERNARDES, 2018).

Figura 30 - Montagem dos painéis monolíticos em EPS.



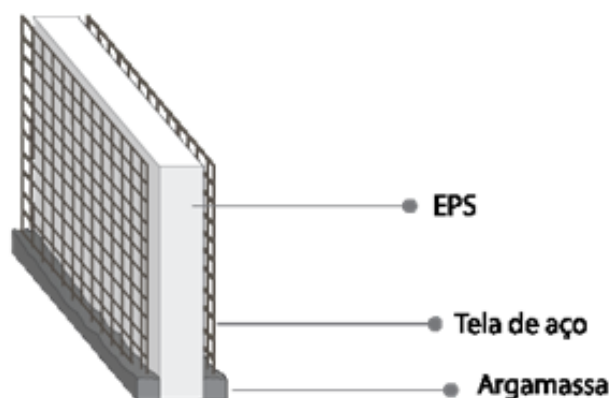
Fonte: Grupo Isocort¹⁹.

De acordo com Garcia (2019), esse método foi desenvolvido na Itália, em busca de atender as exigências técnicas, construtivas, climáticas da região e ambientais da região, como os abalos sísmicos e temperaturas extremas. Nesse método, busca-se desenvolver peças leves, esbeltas e de alta resistência. Além do citado, buscava-se criar uma estrutura monolítica que agregasse elementos de isolamento térmico e acústico estanque às intempéries (ALVES, 2015).

¹⁹ Disponível: <https://www.isocort.com.br/segmentos-de-atuacao/construcao-civil/monopainel/>. Acesso em: 22 jun. 2023.

Trata-se de um método com o processo produtivo altamente industrializado, visto que os painéis de EPS e as malhas de aço são produzidos em fábricas. Quando finalizadas, conforme detalhado na Figura 31, as paredes formam uma espécie de sanduíche, contendo no meio o EPS – que tanto preenche o vazio como atua como isolante termoacústico – e em ambos os lados uma camada de argamassa que contém a malha de aço na sua parte interna, cumprindo com a função estrutural (SILVEIRA, 2018).

Figura 31 – Composição do painel monolítico em EPS.



Fonte: Atos Arquitetura²⁰.

Nessa técnica, que tem como característica principal a sua leveza, as paredes ficam com um peso entre 2,5 kg e 4 kg por metro quadrado antes da aplicação da argamassa, sendo significativamente leve, visto que as mesmas dimensões de alvenaria convencional podem pesar até 120 kg por metro quadrado (ALVES, 2015). Além disso, em decorrência de os painéis serem apenas montados, ao invés do assentamento dos blocos como no sistema convencional, ganha-se um tempo considerável na execução da parede (BERNARDES, 2018).

3.6.3. Normatização dos painéis monolíticos em EPS

O poliestireno é um material utilizado em obras desde os anos 60, como residências, prédios, pontes e ferrovias. No caso das construções utilizando painéis monolíticos em EPS, ainda não há uma norma que traga orientações direcionadas a elas. Porém algumas normas já existentes trazem alguns direcionamentos e recomendações para o uso do EPS como isolante térmico (BALBINO, 2020). Dentre essas normas, pode-se destacar:

²⁰ Disponível em: < <https://atosarquitetura.com.br/noticias/dicas-para-quem-vai-construir-sua-casa-construcao-em-eps/>>. Acesso em: 22 jun. 2023.

- NBR 7973/2007 – Poliestireno expandido para isolamento térmico – Determinação de absorção de água;
- NBR 8081/2015 – Espuma rígida de poliuretano para fins de isolamento térmico – Permeabilidade ao vapor de água;
- NBR 8082/1983 – Espuma rígida de poliuretano para fins de isolamento térmico – Resistência à compressão – Método de ensaio;
- NBR 11752/2007 – Materiais celulares de poliestireno para isolamento térmico na construção civil e refrigeração industrial;
- NBR 11948/2007 – Poliestireno expandido para isolamento térmico – Determinação da inflamabilidade;
- NBR 11949/2007 – Poliestireno expandido para isolamento térmico – Determinação da massa específica aparente;
- NBR 12094/1991 – Espuma rígida de poliuretano para fins de isolamento térmico – Determinação da condutividade térmica – Método de ensaio.

3.6.4. Processo construtivo utilizando os painéis monolíticos em EPS

Os painéis podem ser construídos no canteiro de maneira manual, fazendo o corte do EPS, a montagem da tela e a aplicação do revestimento estrutural. Outra opção é comprar painéis industriais que já venham como a tela fixada nas placas de EPS, sendo necessário apenas aplicar o revestimento, o que acelera a produção se comparado à primeira alternativa. Uma terceira opção é a de comprar o painel totalmente pronto, ficando para a obra apenas a etapa de combinação e montagem deles, o que facilita a produção em larga escala, como nos casos de conjuntos habitacionais, o que pode ser um grande propulsor na redução do déficit habitacional (BALBINO, 2020).

O processo construtivo apresenta etapas muito semelhantes às do método convencional, sendo suprimidas algumas etapas ou realizadas outras de forma distinta para adaptação ao método. Dentre essas etapas, pode-se destacar a fundação, de acordo com Balbino (2020), o levantamento das paredes, o reforço em telas, as instalações hidrossanitárias e elétricas, a colocação das esquadrias, os revestimentos e a cobertura.

Quanto às fundações, a sua determinação é semelhante à de outros métodos, considerando as características geométricas do terreno e de solo, podendo ser empregados diferentes tipos de fundações, como o radier e a sapata corrida, sendo mais recomendado o radier (Figura 32), que promove benefícios como “rapidez na execução, redução da mão de obra, redução na quantidade de formas de concretagem e redução máxima dos recalques diferenciais” (BALBINO, 2020, p.51).

Figura 32 - Fundação do tipo radier para construção de paredes em painéis de EPS.



Fonte: Grupo Isorecort²¹.

Em seguida, após a finalização da etapa de fundação, os painéis são fixados através da sua base com vergalhões de aço (Figura 33), os quais podem ser instalados durante a execução da fundação ou posteriormente, através de furos com martetele e fazendo a fixação com adesivo epóxi ou selante PU para ancoragem estrutural. Para fazer a fixação dos painéis à ancoragem, utiliza-se uma pistola grampeadora – que também é utilizada para prender as telas de aço aos blocos de EPS – ou torquês e arame recozido. Para garantir o prumo correto e o devido alinhamento, são utilizadas escoras de madeira ou de metal colocadas na diagonal (Figura 34).

²¹ Disponível: <<https://www.isorecort.com.br/segmentos-de-atuacao/construcao-civil/monopainel/>>. Acesso em: 22 jun. 2023.

Figura 33 - Instalação dos painéis junto às ancoragens de aço.



Fonte: Balbino, 2017.

Figura 34 - Escoras para regularização dos painéis.



Fonte: Js Monolítico²².

Já o reforço em telas é decorrente das aberturas de vãos para portas e janelas e encontros de painéis, para isso, são utilizadas telas de aço galvanizado (Figura 35). De acordo com Alves (2015), o reforço em L, utilizado nos encontros de paredes perpendiculares; o reforço liso, usado para reforçar as aberturas de portas e janelas e em cantos onde estão presentes os acúmulos de esforços; e o reforço em U, utilizado na parte interna das aberturas, evitando que o revestimento seja aplicado diretamente no EPS, além de funcionar de modo análogo a vergas e contravergas, dissipando os esforços de corte e esmagamento localizados.

Figura 35 - Reforço em telas.



Fonte: Balbino, 2017.

As instalações hidrossanitárias (Figura 36) e elétricas (Figura 37) são iniciadas após a fixação de todos os painéis, com isso, não há geração de resíduos como na alvenaria

²² Disponível em: <<https://jsmonolitico.blogspot.com/2011/05/montagem-dos-paineis-de-eps-da-casa-de.html>>. Acesso em: 22 jun. 2023.

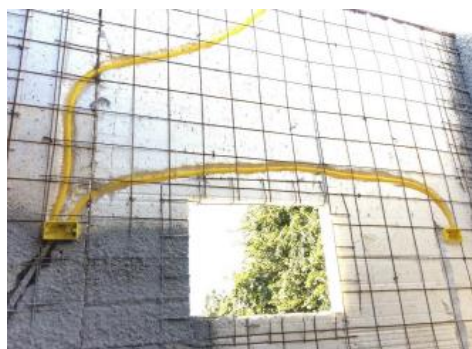
convencional, visto que essa etapa é realizada antes da aplicação do revestimento estrutural. Uma opção para a execução é marcar o caminho das tubulações com spray e na sequência abrir os sulcos por onde a tubulação vai passar utilizando uma pistola de ar quente, o soprador térmico, e depois são coladas as tubulações por baixo da tela metálica para em seguida receber o revestimento (ALVES, 2015).

Figura 36 - Instalação de componentes hidrossanitários.



Fonte: Balbino, 2017.

Figura 37 - Instalação de componentes elétricos.



Fonte: Balbino, 2017.

No que se refere às esquadrias, as aberturas dos vãos nos painéis podem ser realizadas no próprio canteiro de obra, utilizando serra circular nos locais previamente determinados. Nos cantos das aberturas são colocadas as malhas de aço de forma oblíqua, a 45°, além de serem aplicados os reforços do tipo U, já mencionados, nos capiaços de cada abertura. Os batentes e caixilhos das esquadrias são colocados após a conclusão da primeira camada de revestimento (ALVES, 2015; BALBINO, 2020).

Sobre o revestimento, segundo Alves (2015), ele é realizado em duas camadas (Figura 38). A primeira, preenche a superfície com a argamassa estrutural até cobrir a malha de aço nas duas faces do painel. Após isso, depois do processo de cura, são colocados os caixilhos e batentes, que devem ser protegidos para não serem afetados na aplicação da segunda camada. A segunda camada serve para regularização, podendo ser aplicada de forma manual ou projetada por meio de rebocadoras pneumáticas, devendo ser desempenadas, até atingir a regularização necessária. Quanto ao revestimento de piso, ele é realizado de forma análoga ao de construções de alvenaria convencional. Quanto à cobertura, ela também segue os mesmos procedimentos da cobertura utilizada na alvenaria tradicional.

Figura 38 – Execução da etapa de revestimento.



Fonte: Grupo Isorecort²³.

²³ Disponível: < <https://www.isorecort.com.br/obras/monopainel-construcao-de-escritorio-comercial/>>. Acesso em: 22 jun. 2023.

4. VANTAGENS E DESVANTAGENS

Diante do abordado na revisão bibliográfica e das características levantadas, podemos elencar as principais vantagens e desvantagens de cada método que devem ser consideradas na hora da determinação de qual sistema será empregado em cada obra em particular ou em um conjunto de obras com características semelhantes, de modo a identificar qual deles melhor se adequa à situação.

Segundo Ghoubar (2012), sistemas construtivos industrializados destinados à habitação popular devem buscar a redução dos custos de construção, utilizando uma escala de produção economicamente adequada a ela, o que demanda sustentabilidade no fluxo de obras para permitir a diluição dos investimentos, bem como formar mão-de-obra suficiente e adequada para reprodução daquele sistema.

Assim, todas as características dos sistemas que propiciem a redução dos custos de maneira direta ou indireta agregam expressivamente na possibilidade de democratizar o acesso à moradia. Além disso, deve-se ter essa preocupação com a qualificação dos profissionais para executarem o método em questão da forma mais precisa e adequada possível para se extrair o máximo das vantagens de cada sistema.

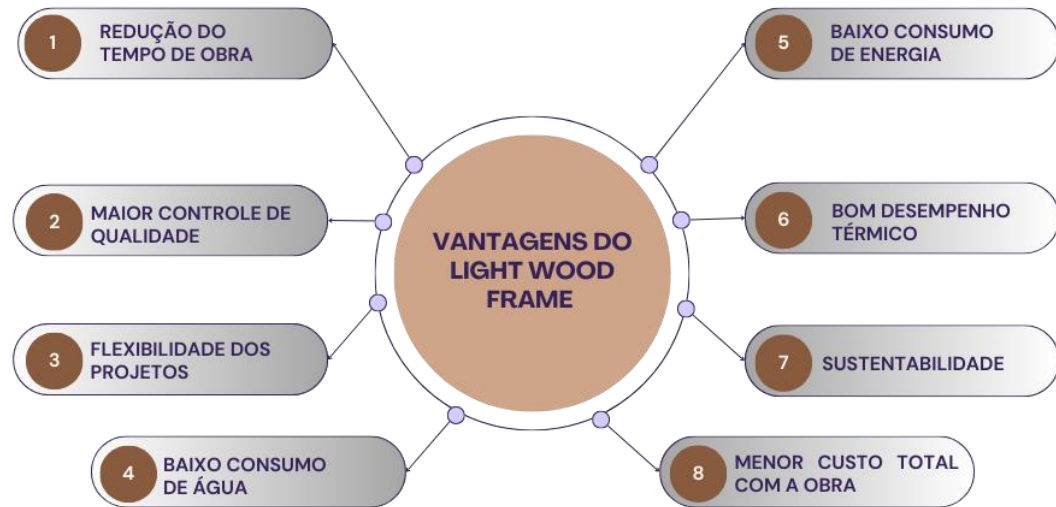
Dessa forma, apresenta-se a seguir os principais benefícios e limitações dos sistemas construtivos em estudo.

4.1. Vantagens e desvantagens do *Light Wood Frame*

4.1.1. Vantagens do *Light Wood Frame*

Dentre as vantagens do *Light Wood Frame* (Figura 39), pode-se mencionar a pré-construção em ambiente industrializado, o que reduz o tempo de obra e aumenta o controle de qualidade; a flexibilidade dos projetos; o fato de ser um sistema construtivo seco, o que garante um baixo consumo de água; baixo consumo de energia no processo produtivo; bom desempenho térmico; colaboração com o meio ambiente, visto que usa madeira reflorestada, e o menor custo total com a obra (RESENDE et al., 2021).

Figura 39 - Vantagens do *Light Wood Frame*.

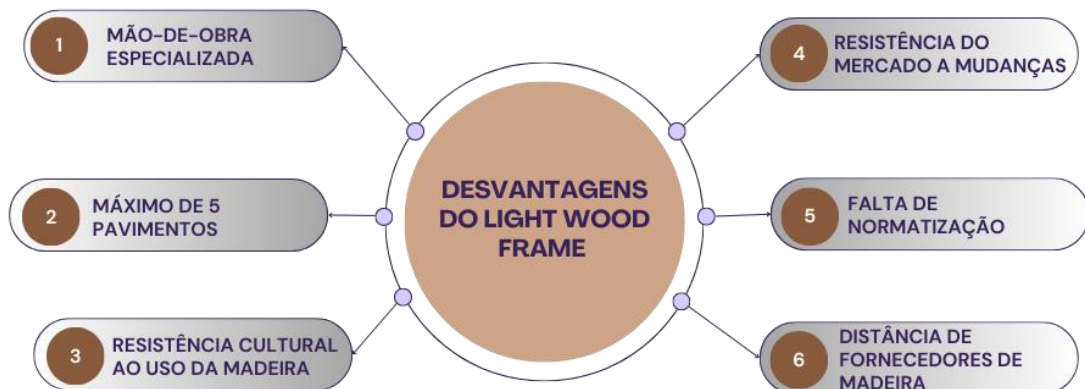


Fonte: Autora (2023).

4.1.2. Desvantagens do *Light Wood Frame*

Já no que se refere às desvantagens (Figura 40) da utilização do *Light Wood Frame*, tem-se a necessidade de mão-de-obra especializada, a restrição da altura das edificações a no máximo cinco pavimentos, a resistência cultural em relação ao uso da madeira, resistência do mercado a métodos diferentes, a falta de normatização visto a norma ainda não ter sido aprovada e a distância de fornecedores de madeira em algumas regiões como a nordeste (VASQUES; PIZZO, 2014).

Figura 40 - Desvantagens do *Light Wood Frame*.



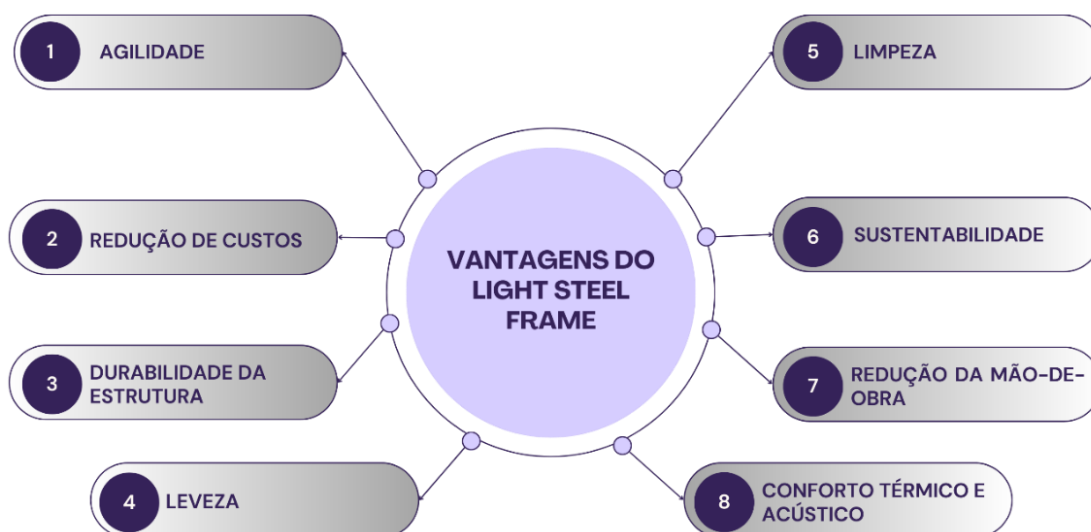
Fonte: Autora (2023).

4.2. Vantagens e desvantagens do *Light Steel Frame*

4.2.1. Vantagens do *Light Steel Frame*

De acordo com a Associação Brasileira de Construção Metálica (ABCCEM, 2021), entre as principais vantagens de utilizar o LSF em uma obra, destaca-se: a agilidade, a redução de custos, a durabilidade da estrutura, a leveza, a limpeza, a sustentabilidade, a mão-de-obra, o conforto térmico e acústico (Figura 41).

Figura 41 - Vantagens do *Light Steel Frame*.



Fonte: Autora (2023).

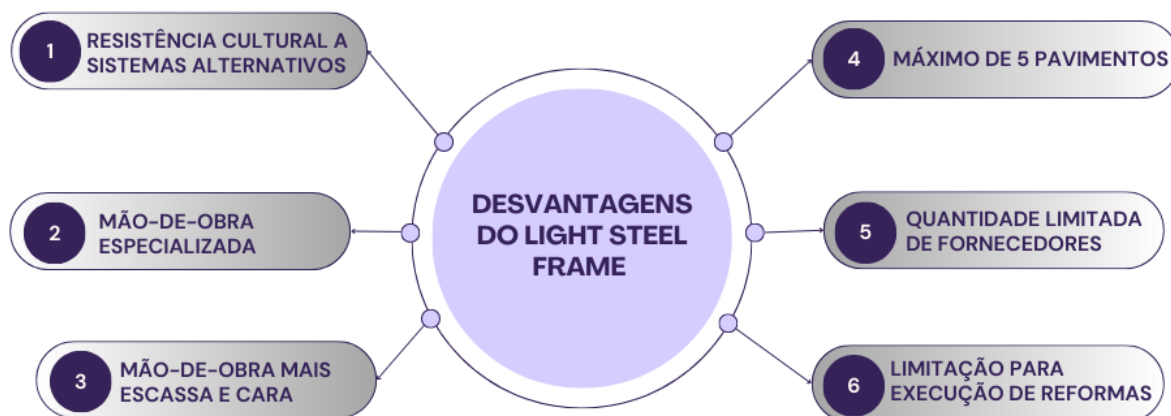
Além dos fatores mencionados, destaca-se a facilidade de obter os perfis, visto que já são utilizados pelo setor industrial; a boa resistência do aço; o alto padrão de qualidade na produção do aço e dos seus derivados; leveza dos elementos, o que facilita o transporte e montagem da estrutura e a construção a seco, o que reduz o uso dos recursos naturais não renováveis (CRASTO, 2005).

4.2.2. Desvantagens do *Light Steel Frame*

Quanto às desvantagens (Figura 42) do *Light Steel Frame*, tem-se a resistência cultural a métodos não usuais, a necessidade de mão-obra-especializada, a mão-de-obra mais escassa e cara, a restrição da altura das edificações a no máximo cinco pavimentos, quantidade limitada

de fornecedores e a dificuldade para execução de reformas – visto que se trata de perfis autoportantes (NOLLA, 2022).

Figura 42 - Desvantagens do *Light Steel Frame*.

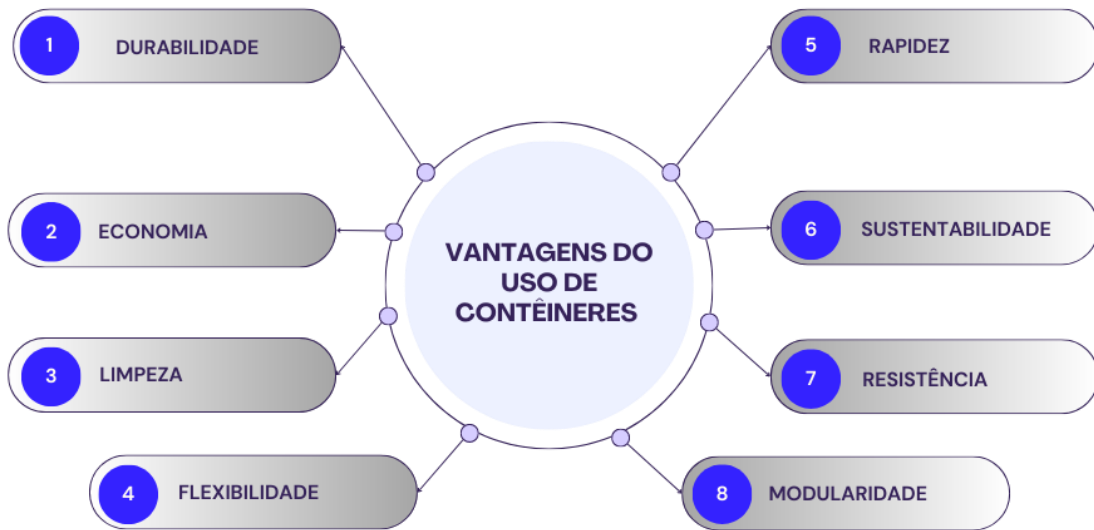


Fonte: Autora (2023).

4.3. Vantagens e desvantagens do uso de contêineres

4.3.1. Vantagens da utilização dos contêineres

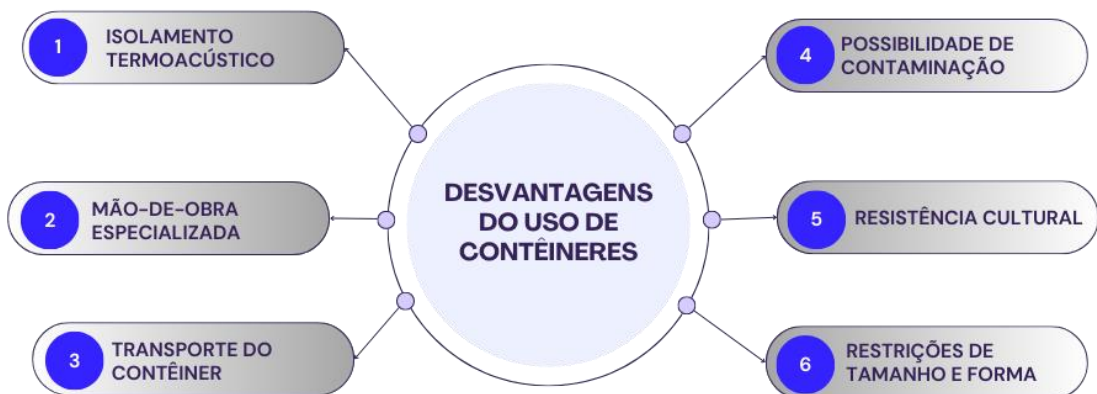
Dentre as vantagens da utilização dos contêineres como método construtivo (Figura 43), tem-se: a durabilidade, visto que apresentam boa resistência a diversas intempéries e a grandes cargas; a economia, podendo gerar até 30% de economia no custo total se comparada a processos convencionais; a limpeza, em virtude do uso racionalizado dos recursos, o que gera menos entulhos; a modularidade, pois possibilita diferentes composições, bem como futuros acoplamentos; a flexibilidade, uma vez que podem ser realizadas futuras reformas ou mesmo mudanças de local; a sustentabilidade, visto que confere um novo uso aos contêineres que ficariam ociosos, e rapidez, visto que o contêiner já possui boa parte dos elementos estruturais em sua composição (MALAQUIAS, 2018).

Figura 43 - Vantagem da utilização dos contêineres.

Fonte: Autora (2023).

4.3.2. Desvantagens da utilização dos contêineres

No tocante às desvantagens (Figura 44) da utilização dos contêineres, tem-se o isolamento térmico e acústico, a necessidade de mão-de-obra especializada, a contaminação – visto que os contêineres carregam diferentes tipos de mercadorias, transporte dos contêineres até o local da obra, resistência cultural a métodos não usuais e as restrições de tamanho e forma.

Figura 44 - Desvantagens do uso de contêineres.

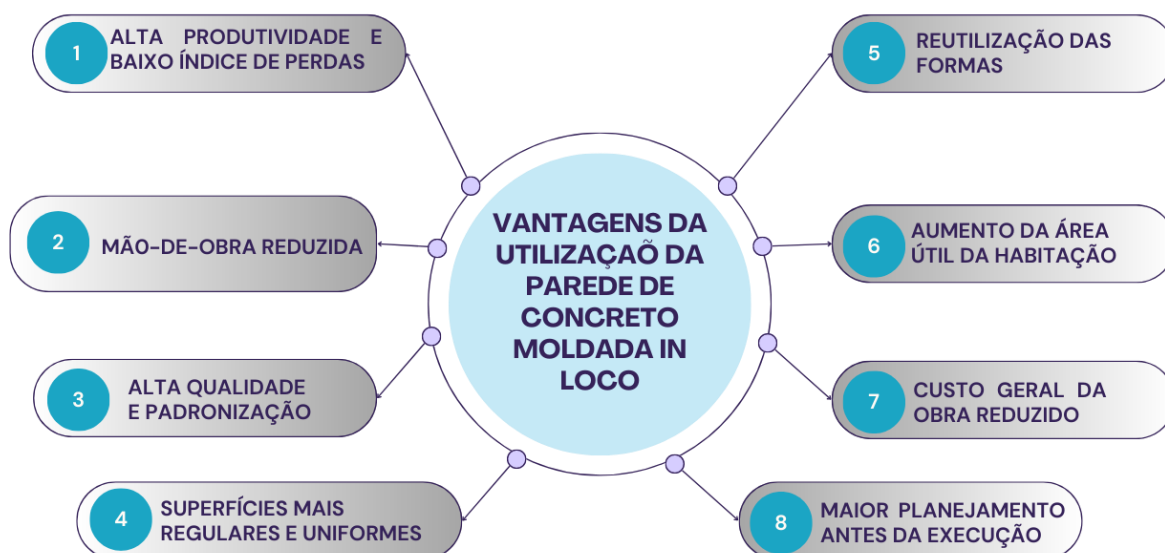
Fonte: Autora (2023).

4.4. Vantagens e desvantagens da parede de concreto moldada *in loco*

4.4.1. Vantagens das paredes de concreto moldadas *in loco*

Dentre as vantagens de utilizar as paredes de concreto moldadas *in loco*, tem-se: alta produtividade em decorrência da sequência bem definida de atividades, baixo índice de perdas, mão-de-obra reduzida, maior qualidade e padronização dos serviços, reutilização das formas, superfícies regulares e uniformes que dispensam o revestimento de regularização antes da pintura, aumento da área útil da habitação em virtude das paredes de menor espessura (entre 8 e 12 cm), custo com mão-de-obra reduzido, custo geral da obra reduzido e maior planejamento antes da execução (SACHT, 2008).

Figura 45 - Vantagens da utilização da parede de concreto moldada *in loco*.



Fonte: Autora (2023).

4.4.2. Desvantagens das paredes de concreto moldadas *in loco*

No que se refere às desvantagens (Figura 46) da utilização das paredes de concreto moldadas *in loco*, pode-se mencionar o elevado custo com as formas; restrições para reformas (paredes autoportantes); viabilidade financeira restrita à larga escala, para compensar os custos com forma, reutilizando elas; necessidade, na maioria dos casos, de equipamentos de grande porte para transporte das fôrmas ou do volume de concreto requerido; manifestações patológicas do concreto, principalmente apresentando fissuras e baixa flexibilidade (SACHT, 2008).

Figura 46 - Desvantagens da utilização da parede de concreto moldada in loco.



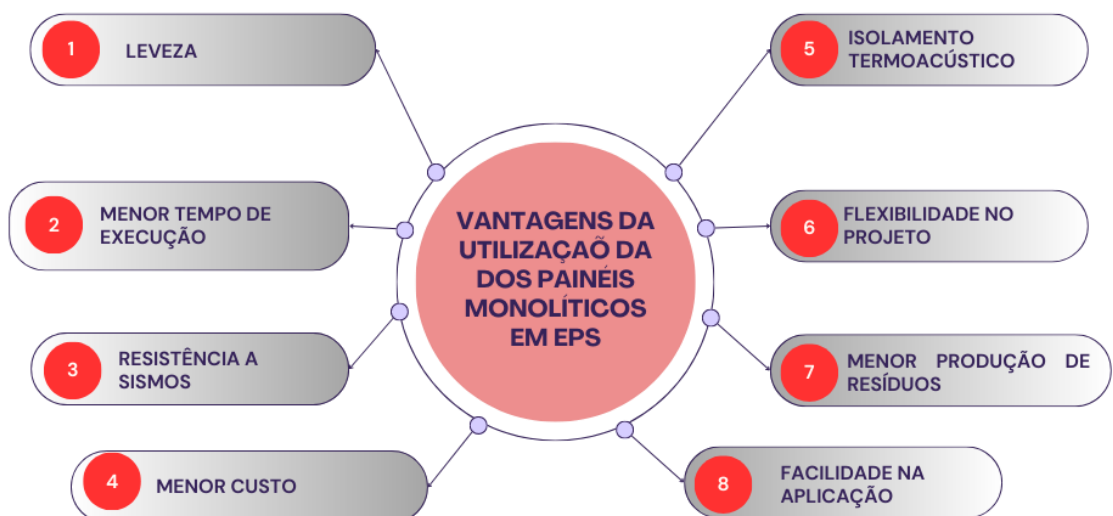
Fonte: Autora (2023).

4.5. Vantagens e desvantagens dos painéis monolíticos em EPS

4.5.1. Vantagens da utilização dos painéis monolíticos em EPS

Dentre as vantagens (Figura 47) da utilização dos painéis monolíticos em EPS, é possível destacar a redução do tempo de execução, a leveza, o menor custo com fundações, resistência a sismos, menor custo, economia de material, isolamento termoacústico, facilidade na aplicação, flexibilidade no projeto e limpeza no canteiro, em decorrência da menor produção de resíduos.

Figura 47 - Vantagens da utilização dos painéis monolíticos em EPS.



Fonte: Autora (2023).

4.5.2. Desvantagens da utilização dos painéis monolíticos em EPS

Dentre as desvantagens (Figura 48) da utilização dos painéis monolíticos em EPS, pode-se destacar a resistência cultural a métodos alternativos, restrições para reformas, mão-de-obra especializada, falta de normatização específica, restrição a quatro pavimentos com painéis simples e custo elevado dos painéis de EPS, que é compensado no valor total da obra.

Figura 48 – Desvantagens da utilização dos painéis monolíticos em EPS.



Fonte: Autora (2023).

5. DISCUSSÕES

Como visto nas vantagens explanadas sobre os métodos, eles apresentam um forte potencial de aplicação em habitações de interesse social, visto que agregam benefícios fundamentais para a produção de moradias em larga escala, como a redução do tempo de obra, um menor custo global da obra, uma redução na mão-de-obra requerida, a geração de menos resíduos, um maior padrão de qualidade, além de contribuírem com a sustentabilidade, fator cada vez mais requerido, principalmente em um setor que afeta tão fortemente o meio ambiente, como é o caso da construção civil.

Apesar de cada método construtivo apresentar suas desvantagens, observa-se que as limitações elencadas no geral não são impeditivas no uso deles em habitações populares, mas devem ser consideradas as peculiaridades de cada obra para definição de qual método se adequa melhor às condições. Grande parte desses sistemas demandam capacitação de profissionais, visto que ainda não há um número de trabalhadores muito expressivo que detenha o conhecimento sobre tais processos, todavia, esse treinamento é indispensável para que se conquiste as vantagens atreladas a eles e se trata de um investimento que é diluído ao decorrer das obras.

Quanto às limitações de pavimentos de alguns deles, considerando o padrão que já se tem em habitações populares, esse fator não seria tão relevante, visto que nesse viés de habitações as edificações costumam ter poucos pavimentos ou mesmo serem de casas térreas. Porém, considerando a necessidade de trazer as pessoas de menor poder aquisitivo também para as áreas de maior infraestrutura, integrando-as aos grandes centros urbanos, ao invés de as direcionar para regiões periféricas, em determinadas regiões é necessário que haja uma maior verticalização. Então, para esses casos, é importante que sejam usados sistemas que não apresentem essa restrição de pavimentos, como as paredes de concreto moldadas *in loco* e o uso de contêineres.

No que se refere a outras limitações, como as barreiras sociais, elas são quebradas com a disseminação de informações sobre os benefícios que cada método pode propiciar, sendo fundamental que esse conhecimento chegue aos construtores, aos profissionais da construção civil e à população como um todo. Além disso, no que diz respeito às normas e à disponibilidade de fornecedores, também são questões que vão sendo moldadas à realidade e à demanda, que são ampliadas conforme a quebra de paradigmas. No caso das restrições a reformas, outros

métodos que já são mais utilizados, como a alvenaria estrutural com blocos de concreto ou cerâmicos, também limita algumas modificações e, nesses casos, a conscientização dos usuários antes da entrega dos imóveis é fundamental para manutenção da segurança, devendo haver a consulta a profissionais capacitados para qualquer possível alteração.

Quanto à possibilidade de contaminação, como é o caso de uso de contêineres, para mitigar esse tipo de problema, é fundamental que os processos preparatórios prévios à utilização do contêiner não sejam negligenciados, realizando os devidos procedimentos de desinfecção deles. Já na questão da viabilidade financeira restrita à larga escala, em função da necessidade de reutilização das formas para diluir os custos, como para a redução do déficit habitacional é necessário construir em grande quantidade, essa não seria uma questão que impactaria na construção de habitações populares, desde que se tenha essa logística para as formas serem utilizadas na construção de muitas habitações.

Outro ponto é relacionado às patologias, para reduzir a possibilidade de manifestações patológicas, é fundamental que haja um rigoroso controle de qualidade, o que muitas vezes é negligenciado em habitações de interesse social, em busca de uma produtividade sem a devida responsabilidade. Ademais, quanto ao elevado custo com os painéis de EPS, mencionado nas desvantagens de utilização do método, ele é diluído no custo total, sendo um método rentável economicamente falando.

Assim posto, é essencial que se tenha um olhar especial voltado a esses sistemas construtivos quando se fala de habitações populares, extraindo os benefícios que eles podem promover e produzindo mais residências em menos tempo, com custo global mais acessível e sem desprezar o controle de qualidade, para mitigar as possíveis manifestações patológicas. Dessa forma, viabiliza-se a redução do déficit habitacional no país, levando condições de moradias dignas ao mais necessitados.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como visto no decorrer do trabalho, é fundamental que se tenha uma preocupação e um olhar atento ao déficit habitacional no país, buscando soluções que o mitiguem, visto que o número de pessoas que moram em habitações em condições precárias ou que mesmo não possuem uma residência ainda é muito expressivo na nação. Assim, é fundamental que a engenharia civil utilize técnicas construtivas que contribuam com as ações governamentais e disseminem o acesso à moradia digna e de qualidade, levando o profissional da engenharia a cumprir com sua função social.

Nessa monografia, foram estudados os métodos construtivos *Light Wood Frame*, *Light Steel Frame*, o uso de contêineres, as paredes de concreto moldadas *in loco* e os painéis monolíticos em EPS e analisada a viabilidade da utilização deles em casas populares para redução do déficit de moradias. Desse modo, foram identificadas e descritas as principais características de cada um dos sistemas, bem como elencadas as suas vantagens e desvantagens.

Com o estudo, foi possível observar que, mesmo os métodos tendo suas limitações, assim como todos os outros já amplamente utilizados têm, elas não inviabilizam a utilização deles em moradias populares. Ao contrário, dadas as suas características vantajosas, são sistemas que podem contribuir muito com a democratização da moradia no Brasil, em virtude da produtividade que eles conferem, aliada ao menor custo global atrelado, contribuindo ainda com fatores como o maior controle de qualidade, o que resulta na redução de manifestações patológicas, e na menor geração de resíduos, o que colabora significativamente com o meio ambiente. Logo, observa-se que tais características agregadas estão plenamente alinhadas com o conceito de sustentabilidade, que é pautado no tripé econômico, social e ambiental.

Dessa forma, conclui-se que os sistemas construtivos estudados nesse trabalho são viáveis para auxiliar na redução do déficit habitacional, visto que são compatíveis com o perfil das habitações populares e que incorporam características a elas que facilitam a construção e expansão de tais moradias no país. Devendo ser analisadas para cada situação qual método é mais adequado, considerando quais vantagens e desvantagens são mais compatíveis com a realidade e a obra em questão.

REFERÊNCIAS

- ABAD, Breno Cabral Pinheiro. **Estudo do uso de containers para a construção de edificações comerciais**: estudo de caso em construção de escola de educação básica. 2018. 80 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018.
- ALTAIR SANTOS. Portal Itambé (org.). **Industrialização do concreto tem novas normas: o que muda?** 2017. Disponível em: <https://www.cimentoitambe.com.br/massa-cinzena/industrializacao-concreto-normas/>. Acesso em: 20 jun. 2023.
- ALVES, João Paulo de Oliveira. **Sistema construtivo em painéis de EPS**. 2015. 73 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Católica de Brasília, Brasília, 2015.
- AMOEDO, Tiago Ventin. **Viabilidade econômica de um empreendimento utilizando o sistema construtivo parede de concreto moldada in loco**. 2013. 70 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CONSTRUÇÃO METÁLICA (ABCEM). **Light Steel Framing**: o modelo de construção flexível para todos os projetos. o modelo de construção flexível para todos os projetos. 2021. Disponível em: <https://www.abcem.org.br/site/blog/light-steel-framing-o-modelo-de-construcao-flexivel-para-todos-os-projetos>. Acesso em: 26 de mai. 2023.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118**: Projeto de estruturas de concreto – Procedimento. Rio de Janeiro, 2014. 238 f.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6122**: Projeto e execução de fundações. Rio de Janeiro, 1996. 33 f.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16055**: Parede de concreto moldada no local para construção de edificações – Requisitos e procedimentos. Rio de Janeiro, 2012. 41 f.
- ABRAINCO. **ABRAINCO Explica**: Uso de novas tecnologias na construção eleva produtividade e ajuda a reduzir o déficit habitacional. Disponível em: <https://www.abrainco.org.br/abrainco-explica/2021/06/28/abrainco-explica-a-importancia-da-construcao-civil-para-impulsionar-a-economia-brasileira/>. Acesso em 25 de mai. de 2023.
- BALBINO, Matheus de Souza. **Sistema construtivo em painéis monolíticos de EPS**: uma solução para a construção de habitações populares no Brasil. 2020. 107 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Centro de Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2020.
- BASTOS, P. S. dos S. **Fundamentos do concreto armado**. 2019. 92 f. Notas de aula. Universidade Estadual Paulista-UNESP, Campus de Bauru. 2019.
- BERNARDES, Tiago da Silva. **Proposta de manual de uso, operação e manutenção para habitação popular com sistema monolítico em EPS**. 2018. 91 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia civil, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, Florianópolis, 2018.

BUONFIGLIO, Leda Velloso. HOUSING OF SOCIAL INTEREST. **Mercator**, [S.L.], v. 17, n. 2, p. 1-16, 15 fev. 2018. Mercator - Revista de Geografia da UFC. <http://dx.doi.org/10.4215/rm2018.e17004>.

BRASIL, **DECRETO Nº 80.145**, DE 15 DE AGOSTO DE 1977. Brasília, DF, agosto 1977. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1970-1979/D80145impressao.htm. Acesso em: 13 de jun. 2018.

CALORY, Sara Q Carrazedo. **Estudo do uso de contêineres em edificações no Brasil**. 2015. 53f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão.

CARDOSO, Francisco Ferreira. **Coberturas em telhados**. 2000. 30 p. Notas de aula. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo. 2000.

CARDOSO, Francisco Ferreira. **Alvenaria vai predominar no Minha Casa, Minha Vida**. 2009. Disponível em: <https://www.cimentoitambe.com.br/massa-cinzenta/alvenaria-vai-predominar-no-minha-casa-minha-vida/>. Acesso em: 01 jun. 2023.

CARDOSO, Larriê Andrey. **Estudo do método construtivo wood framing para construção de habitações de interesse social**. 2015. 79 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2015.

CONDEIXA, Karina de Macedo Soares Pires. **Comparação entre materiais da construção civil através da avaliação do ciclo de vida: sistema drywall e alvenaria de vedação**. 2013. 210 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2013.

CRASTO, Renata Cristina Moraes de. **Arquitetura e tecnologia em sistemas construtivos industrializados: light steel framing**. 2005. 254 f. Dissertação (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2005.

ESPAÇO SMART (org.). **Tudo o que você precisa saber sobre a Norma de Steel Frame**. 2022. Escrito por Ana Thomaz. Disponível em: <https://conteudo.espacosmart.com.br/norma-abnt-light-steel-framing/>. Acesso em: 28 maio 2023.

ESPINOLA, Luciana da Rosa e INO, Akemi. Inserção e financiamento do sistema Wood frame do programa habitacional Minha casa minha vida. 2014, Anais. Porto Alegre: **Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído** - ANTAC, 2014. Disponível em: http://www.infohab.org.br/entac2014/artigos/paper_566.pdf. Acesso em: 01 jun. 2023.

FRANÇA, Frederico José Nistal. **Modelagem da transferência de calor em madeira de Pinus**. 2011. 36 f. Monografia (Trabalho de Conclusão do Curso de Engenharia Industrial Madeireira) - Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2011.

GHOUBAR, Khaled. Notas sobre a industrialização da construção civil. Produzir casas ou construir cidades? Desafios para um novo Brasil: parâmetros de qualidade para a implementação de projetos habitacionais e urbanos. Tradução. São Paulo: **LABHAB; FUPAM**, 2012. Acesso em: 14 jun. 2023.

GÓES, Bruno Pereira. **Paredes de concreto moldadas "In loco"**: estudo do sistema adotado em habitações populares. 2013. 80 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

HASS, Deleine Christina Gessi; MARTINS, Louise Floriano. **Viabilidade econômica do uso do sistema construtivo Steel Frame como método construtivo para habitações sociais**. 2011. 42 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

LORENCETO, Danilo. **O grande trufo do [..]**. Instagram: @daniellorenceto. Disponível em: <https://www.instagram.com/p/B5It9mDFQMc/?igshid=ZWRIZmRiZGNIZQ==>. Acesso em: 22 jun. 2023.

MALAQUIAS, José Luiz Felipe. **Containers na construção civil**: uma alternativa viável para habitações frente ao método convencional. 2018. 69 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Centro de Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2018.

MOLINA, J. C.; JUNIOR, C. C. Sistema construtivo em Wood Frame para casas de madeira. São Paulo, SP. 2010. **Ciências Exatas e Tecnológicas**, Londrina, v. 31, n. 2, 2010.

MILITO, J. A. de. **Técnicas de construção civil e construção de edifícios**. 296 f. cap. 4. 2009.

MONTEIRO, Adriana Roseno; VERAS, Antonio Tolrino de Rezende. THE HOUSING ISSUE IN BRAZIL. **Mercator**, [S.L.], v. 16, n. 7, p. 1-12, 15 jul. 2017. **Mercator - Revista de Geografia da UFC**. <http://dx.doi.org/10.4215/rm2017.e16015>.

MUSSNICH, Luiza Barreto. Retrofit em containers marítimos para reuso na arquitetura e sua viabilidade. **Ipop**, Curitiba, v. 1, n. 10, p. 1-22, out. 2015.

NOLLA, Artur Hernandez. **Análise comparativa entre métodos construtivos residenciais em alvenaria convencional e steel frame**. 2022. 52 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2022.

PAIVA, Emilla Açucena. **O uso do container na construção civil**. 2022. 65 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2022.

PEDROSO, Sharon Passini et al. **Steel Frame na construção civil**. 2014, 14 f. Anais do 12º Encontro Científico Cultural Interinstitucional.

PEREIRA, Caio. Steel Frame: o que é, características, vantagens e desvantagens. **Escola Engenharia**, 2018. Disponível em: <https://www.escolaengenharia.com.br/steel-frame/>. Acesso em: 3 de junho de 2023.

PINHEIRO, Libânio M.; MUZARDO, Cassiane D.; SANTOS, Sandro P. **Fundamentos do concreto e projeto de edifícios**. Capítulo 1 - USP – Escola de Engenharia de São Carlos – Departamento de Engenharia de Estruturas, 2007.

PIRES, Laura Rosar. **Containers na construção civil**: uma alternativa viável e sustentável para habitações frente ao método convencional. 2021. 77 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade do Sul de Santa Catarina, Palhoça, 2021.

REBELLO, Y. C. P. **Fundações**: guia prático de projeto, execução e dimensionamento. São Paulo: Zigurate Editora, 2008.

RESENDE, Evelyn Bastos *et al.* Uso de wood frame na construção civil no Brasil. **Research, Society And Development**, [S.L.], v. 10, n. 6, p. 1-11, 30 maio 2021. Research, Society and Development. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i6.15818>.

SACHT, Helenice Maria. **Painéis de vedação de concreto moldados in loco**: avaliação de desempenho térmico e desenvolvimento de concretos. 2008. 286 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, 2008.

SANTIAGO, Alexandre Kokke. **O uso do sistema Light Steel Framing associado a outros sistemas construtivos como fechamento vertical externo não estrutural**. 2008. 168 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2008.

SANTOS, Everton de Britto. **Estudo comparativo de viabilidade entre alvenaria de blocos cerâmicos e paredes de concreto moldadas no local com formas metálicas em habitações populares**. 2013. 58 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2013.

SANTOS, Larissa Carrera Fernandes dos. **Avaliação de impactos ambientais da construção**: comparação entre sistemas construtivos em alvenaria e em wood light frame. 2012. 80 f. Monografia (Especialização) - Curso de Construções Sustentáveis, Departamento Acadêmico de Construção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

SILVEIRA, Gustavo Vincente Varela. **Proposta de caderno de encargos para utilização do sistema construtivo monolítico em painéis de EPS na execução de habitações de interesse social**. 2018. 73 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, Florianópolis, 2018.

SISTEMA NACIONAL DE AVALIAÇÕES TÉCNICAS. **Diretrizes para Avaliação Técnica de Produtos - Sistemas construtivos estruturados em peças de madeira maciça serrada, com fechamentos em chapas delgadas (Sistemas leves tipo “Light Wood Framing”)**. Diretriz n° 005. MINISTÉRIO DAS CIDADES - Secretaria Nacional da Habitação. Brasília, 2011.

SOTSEK, N. C.; SANTOS, A. de P. L. Panorama do sistema construtivo light wood frame no Brasil. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 18, n. 3, p. 309-326, jul./set. 2018. ISSN 1678-8621. Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. <http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212018000300283>.

UEMOTO, Kai Loh. **Projeto, execução e inspeção de pinturas**. 2ª edição. São Paulo: O nome da rosa, 2005. 101 f. (Coleção primeiros passos da qualidade no canteiro de obras).

VASQUES, Caio Camargo Penteadó Correa Fernandes; PIZZO, Luciana Maria Bonvino Figueiredo. **Comparativo de Sistemas Construtivos Convencional e Wood Frame em Residências Unifamiliares**. 2014. Disponível em: https://www.academia.edu/32192982/COMPARATIVO_DE_SISTEMAS_CONSTRUTIVO_S_CONVENCIONAL_E_WOOD_FRAME_EM_RESID%C3%84NCIAS_UNIFAMILIAR_ES. Acesso em: 19 jun. 2023.

ZULIAN, Carlan Seiler; DONÁ, Elton Cunha; VARGAS, Carlos Luciano. S. dos S. **Notas de aula da disciplina de construção civil**. 2000. 29 f. Universidade Estadual de Ponta Grossa. Ponta Grossa. 2000.