

CENTRO UNIVERSITÁRIO SAGRADO CORAÇÃO – UNISAGRADO

MATHEUS HENRIQUE GUEDES

APLICAÇÃO DE CONSTRUÇÕES MODULARES NO CONTEXTO DE MORADIAS
POPULARES

BAURU

2023

MATHEUS HENRIQUE GUEDES

APLICAÇÃO DE CONSTRUÇÕES MODULARES NO CONTEXTO DE MORADIAS
POPULARES

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
como parte dos requisitos para obtenção do
título de bacharel em engenharia civil - Centro
Universitário Sagrado Coração.

Orientador: Prof. Me. Renan A. G. Rinaldi

BAURU

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD

G924a	<p>Guedes, Matheus Henrique</p> <p>Aplicação de construções modulares no contexto de moradias populares / Matheus Henrique Guedes. -- 2023. 25f.: il.</p> <p>Orientador: Prof.^a M.e Renan Amauri Guaranha. Rinaldi</p> <p>Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Centro Universitário Sagrado Coração – UNISAGRADO - Bauru - SP</p> <p>1. Módulo. 2. Fabricação. 3. Montagem. 4. Habitação Popular. I. Rinaldi, Renan Amauri Guaranha. II. Aplicação de construções modulares no contexto de moradias populares.</p>
-------	---

MATHEUS HENRIQUE GUEDES

APLICAÇÃO DE CONSTRUÇÕES MODULARES NO CONTEXTO DE MORADIAS
POPULARES

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
como parte dos requisitos para obtenção do
título de bacharel em engenharia civil - Centro
Universitário Sagrado Coração.

Aprovado em: ___/___/___.

Banca examinadora:

Prof.^a Me. Renan Rinaldi (Orientador)
Centro Universitário Sagrado Coração

Titulação, Nome
Instituição

Titulação, Nome
Instituição

Dedico este trabalho Deus e à minha família
com amor e carinho.

AGRADECIMENTOS

A Deus por me guiar, abençoar e fornecer a força necessária para enfrentar os desafios da vida e da pesquisa. Sua graça e sabedoria são a fonte de inspiração constante em minha jornada acadêmica.

Aos meus pais, minha gratidão é imensurável. Obrigado por seu amor incondicional, apoio emocional e sacrifícios incansáveis. Sem o encorajamento e os valores que vocês me ensinaram, eu não estaria onde estou hoje. Este trabalho é dedicado a vocês.

À minha noiva, você tem sido minha rocha, minha confidente e minha maior incentivadora. Sua paciência, compreensão e apoio constante me deram força para superar os desafios acadêmicos e me lembraram da importância de equilibrar a vida pessoal e profissional. Aguardo com entusiasmo nosso futuro juntos.

Aos meus professores, meu profundo agradecimento por sua orientação, sabedoria e conhecimento compartilhado. Suas aulas inspiradoras e mentoria têm sido cruciais para meu crescimento acadêmico e pessoal. Sou grato por ter tido a oportunidade de aprender com vocês.

“Um trabalho científico é uma aventura, [...] é uma forma de exploração que nos leva a descobertas” (GIBALDI, 1999, p. 3).

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Tipologias de módulos de blocos de concreto	13
Figura 2 – Exemplos de módulos volumétricos	14
Figura 3 – Tipologias de módulos painelizados para esquadrias	14
Figura 4 – Exemplos de módulos painelizados	15
Figura 5 – Exemplos de módulos paramétricos.....	15
Figura 6 – Etapa de projeto e planejamento	17
Figura 7 – Exemplo de maquinário utilizado para corte de peças em madeira e aço.....	17
Figura 8 – Módulo volumétrico sendo montado em fábrica	18
Figura 9 – Esquematização de montagem de um módulo volumétrico.....	18
Figura 10 – Esquematização de transporte de módulos em um caminhão	19
Figura 11 – Exemplos de obstáculos para transporte de módulos.....	19
Figura 12 – Esquematização de montagem do módulo no terreno.....	20
Figura 13 – Esquema de fixação de um módulo painelizado em uma fundação rasa	20
Figura 14 – Exemplos de montagem de módulos no canteiro de obras	21

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AET	Autorização Especial de Trânsito
CTB	Código de Trânsito brasileiro

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	METODOLOGIA	11
3	CONSTRUÇÃO MODULAR	12
3.1	CONCEITUAÇÃO	13
3.1.1	Módulo volumétrico	13
3.1.2	Módulo painelizado	14
3.1.3	Módulo paramétrico	15
3.2	EXECUÇÃO	16
3.2.1	Fábrica	16
3.2.2	Logística	18
3.2.3	Montagem	19
4	APLICAÇÃO NO CONTEXTO DE MORADIAS POPULARES	21
5	CONCLUSÃO	22
	REFERÊNCIAS	23

APLICAÇÃO DE CONSTRUÇÕES MODULARES NO CONTEXTO DE MORADIAS POPULARES

Matheus Henrique Guedes

¹Graduando em Engenharia Civil pelo Centro Universitário Sagrado Coração (UNISAGRADO)
MatheusHGuedes18@gmail.com

RESUMO

O Brasil encara grandes indicadores de déficit habitacional, tanto por motivos socioeconômicos quanto pelas problemáticas urbanas, sendo que uma grande parte da população não dispõe de uma habitação em condições dignas. Ao passo em que os métodos construtivos são ampliados por inovações tecnológicas desse setor, o sistema de construção modular se apresenta com um potencial de colaborar nos esforços para que o déficit habitacional brasileiro seja minimizado. A partir da pesquisa e análise bibliográfica, percebe-se que os três tipos modulares: volumétrico, painelizado e paramétrico, apresentam vantagens significativas em relação ao tempo de execução, padronização de qualidade, desempenho e sustentabilidade frente às construções convencionais de concreto armado que são predominantes nacionalmente. Contudo, o sistema modular não é tão difundido pelo país por fatores como falta de mão-de-obra qualificada, alto custo inicial e a preferência cultural da população por construções convencionais. Entretanto, havendo um esforço conjunto dos setores público e privado, é possível tornar a utilização de módulos construtivos uma alternativa viável para moradias populares e de alta qualidade.

Palavras-chave: módulo; fabricação; montagem; habitação popular

ABSTRACT

Brazil faces significant indicators of housing deficit, both due to socioeconomic factors and urban issues, with a large portion of the population lacking access to decent housing. As construction methods are expanded through technological innovations in this sector, the modular construction system presents the potential to contribute to efforts aimed at reducing the Brazilian housing deficit. From research and bibliographic analysis, it is evident that the three modular types: volumetric, panelized, and parametric, offer significant advantages in terms of construction time, quality standardization, performance, and sustainability compared to the prevailing conventional reinforced concrete constructions nationally.

However, the modular system is not widely adopted in the country due to factors such as a lack of qualified labor, high initial costs, and the cultural preference of the population for conventional construction. Nevertheless, with a joint effort from the public and private sectors, it is possible to make the use of modular construction modules a viable alternative for affordable and high-quality housing.

Keywords: module; manufacturing; assemblage; affordable housing.

1 INTRODUÇÃO

A construção civil modular é uma abordagem de construção que utiliza módulos pré-fabricados para construir estruturas inteiras ou partes de edifícios, também conhecidas como *offsite constructions*. Esses módulos são produzidos em uma fábrica ou ambiente controlado e, em seguida, transportados para o local de construção para serem montados em um tempo muito menor do que seria necessário para construir um edifício tradicional (SMITH 2015, *apud* RODRIGUES, 2021; VARELA, 2015).

Esse tipo de sistema construtivo é uma tendência crescente no setor da construção, impulsionada por avanços na tecnologia de pré-fabricação e uma demanda cada vez maior por soluções de construção mais rápidas, econômicas e sustentáveis (DEGANI, 2017). Segundo relatório da *Markets and Markets* o mercado global de construção modular foi avaliado em U\$ 91,0 bilhões em 2022, e está projetado para atingir U\$ 120,4 bilhões até 2027 (MARKETS AND MARKETS, 2023, tradução nossa).

Essa tendência está sendo impulsionada por vários fatores, como a necessidade de construção mais rápida e econômica, a capacidade de construir em locais remotos ou de difícil acesso, a possibilidade de reduzir os custos de transporte e os danos ambientais, bem como a capacidade de personalizar o design e a funcionalidade dos edifícios pré-fabricados. Além disso, a construção modular pode ser adaptada a uma variedade de aplicações, desde edifícios residenciais e comerciais, até instalações de saúde e educação (ESPÍNDOLA, 2010; RODRIGUES, 2021).

No entanto, é importante salientar que ela ainda enfrenta alguns desafios, como a necessidade de um maior investimento inicial em equipamentos e tecnologia de produção, bem como a necessidade de lidar com questões regulatórias e de qualidade (DEGANI, 2017; ESPÍNDOLA, 2010). Apesar disso, o sistema construtivo modular apresenta um grande potencial para transformar o setor da construção, oferecendo soluções mais eficientes, econômicas e sustentáveis para as demandas cada vez maiores por infraestrutura e habitação em todo o mundo.

O Brasil enfrenta há alguns anos números severos de déficit habitacional, quer seja por motivos imobiliários ou mesmo por fundiários, como é o caso de moradias construídas em locais de alto risco e que ano após ano são afetadas por eventos climáticos e deslizamentos de terra, causando prejuízo para o Estado e perdas imensuráveis para a população local (ESPÍNDOLA, 2010; RODRIGUES, 2021). Portanto, frente às vantagens e benefícios da construção modular, é possível prospectar a utilização desse sistema para atender tais demandas.

Com isto em vista, o presente trabalho se propõe a analisar as diferentes tipologias de módulos construtivos, bem como compreender o processo de fabricação e execução destes para entender qual teria uma melhor aplicação no contexto de moradias populares urbanas.

2 METODOLOGIA

Este trabalho foi realizado por meio de uma revisão bibliográfica sistemática, cuja coleta de dados consistirá na busca por palavras-chave relevantes, como: construção modular, modularidade na construção civil, sistemas construtivos modulares, entre outras combinações adequadas.

A pesquisa teve caráter qualitativa e a seleção dos estudos será baseada em critérios predefinidos, incluindo a relevância para o tema, a qualidade dos artigos e a atualidade das publicações. A pesquisa será conduzida em bases de dados científicas, como *Scopus*, *Scielo* e *Google Scholar*, bem como em repositórios de teses e dissertações.

A síntese dos dados ocorrerá por meio da análise e interpretação dos estudos selecionados, destacando as informações mais relevantes e as contribuições significativas para o campo da construção modular.

3 CONSTRUÇÃO MODULAR

O termo módulo foi usado de formas diferentes ao longo da história. Antigamente o módulo era uma unidade de medida utilizada apenas como uma simples referência para técnicas construtivas, e com o passar dos anos, e as transformações geradas pela revolução industrial, o conceito de módulo foi incorporando outros significados principalmente pelas indústrias de manufatura. Atualmente, o conceito mais difundido é de um componente ou unidade independente que possibilita a padronização e intercambialidade, e assim permite criação de estruturas variadas (ESPÍNDOLA, 2010).

A relação do módulo com a construção civil também acompanhou a passagem dos anos e a evolução da humanidade, uma vez que o mercado da construção civil passa por constantes transformações, buscando por ações e tecnologias que otimizem o processo construtivo. Por consequência, nota-se que cada vez mais métodos que visam a máxima produtividade e redução dos custos estão ganhando espaço neste mercado. (LORDSLEEM JUNIOR, 2009).

Dentre esses, a construção modular oferece muitas vantagens em relação à construção convencional, incluindo uma redução significativa no tempo de construção, maior qualidade e menor impacto ambiental, e por vezes possibilitando diminuir os custos. Além disso, a construção modular se mostra versátil, pois pode ser aplicada em praticamente todo tipo de edificação, desde usos residenciais, comerciais, hospitalares ou industriais (DEGANI, 2017; RODRIGUES, 2021).

Mascaró (1976, *apud* BALDAUF, 2004, p. 47) define a coordenação modular como um “[...] mecanismo de simplificação e inter-relação de grandezas e de objetos diferentes de procedência distinta, que devem ser unidos entre si na etapa de construção ou montagem, com mínimas modificações ou ajustes”. Em consonância com esse pensamento, Sabbatini (1989) acrescenta dizendo ser uma forma de inovação incremental, uma vez que a padronização em módulos permite melhores condições de produção baseado no aperfeiçoamento de materiais, componentes, procedimentos operacionais e organizacionais com planejamento, administração e controle das operações construtivas.

Já Lucini (2001, *apud* MELO NETO, 2019), define a coordenação modular como um sistema dimensional de referência que, a partir de medidas com base em um módulo predeterminado, viabiliza a aplicação racional de técnicas construtivas e dos componentes em projeto e obra. O autor diz ainda que o método empregado no sistema organizacional da coordenação modular, permite relacionar os elementos e materiais constituintes de um projeto, na construção sem grandes modificações, pois o mesmo trata-se de um grande instrumento de racionalização e normatização na cadeia construtiva.

As principais características que os módulos oferecem à construção civil são a rapidez na construção, o controle de qualidade, a flexibilidade de projeto e a sustentabilidade. A fabricação em ambiente controlado permite que a produção ocorra simultaneamente à preparação do local de construção, reduzindo significativamente o tempo de construção e permitindo uma seleção precisa de materiais de construção e a realização de testes e inspeções rigorosos. Isso resulta em estruturas mais duráveis e acabamentos de alta qualidade. (RODRIGUES, 2021; SAVASSI, 2022)

De acordo com o arquiteto Savassi (2022) existem três tipologias principais de módulos utilizados na construção modular: módulo volumétrico, módulo painelizado e módulo paramétrico; as quais serão abordadas a seguir.

3.1 CONCEITUAÇÃO

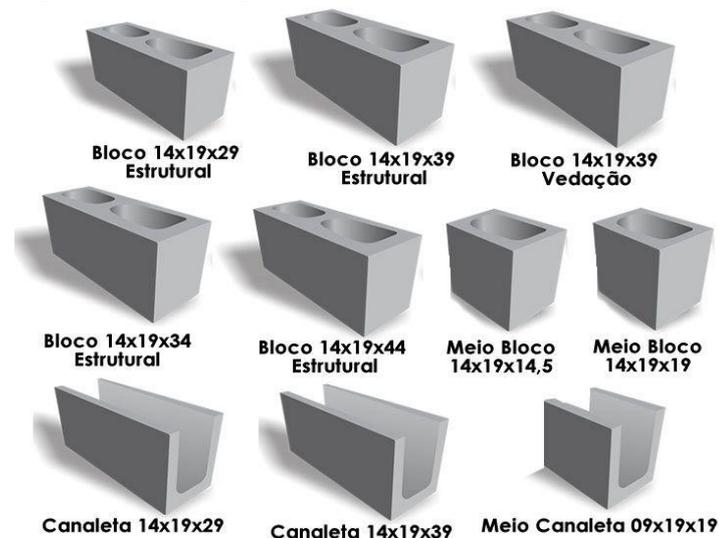
Dentre os tipos de modulação, esse trabalho abordará três tipos: o módulo volumétrico; o módulo painelizado; e o módulo paramétrico.

3.1.1 Módulo volumétrico

O módulo volumétrico é caracterizado por ser estruturado tridimensionalmente através de um chassi, podendo ser de diferentes materialidades como aço, madeira e de concreto. Sua concepção em fábrica é variável, podendo ser desde um bloco estrutural (Figura 01), até uma unidade habitacional já finalizada, com acabamentos, instalações elétricas e hidráulicas, (Figura 2).

Em síntese, um módulo tridimensional no campo da construção civil exhibe características como precisão dimensional, celeridade da construção, sustentabilidade, flexibilidade e qualidade do acabamento. Tais atributos tornam essa modalidade construtiva uma opção atrativa para projetos de diversas dimensões e complexidades, acarretando benefícios em termos de eficiência, durabilidade, estética e sustentabilidade (SAVASSI, 2022; TERIBELE; SALVADOR, 2020).

Figura 1 – Tipologias de módulos de blocos de concreto



Fonte: ©Iporã Blocos, 2021, adaptado pelo autor

Figura 2 – Exemplos de módulos volumétricos

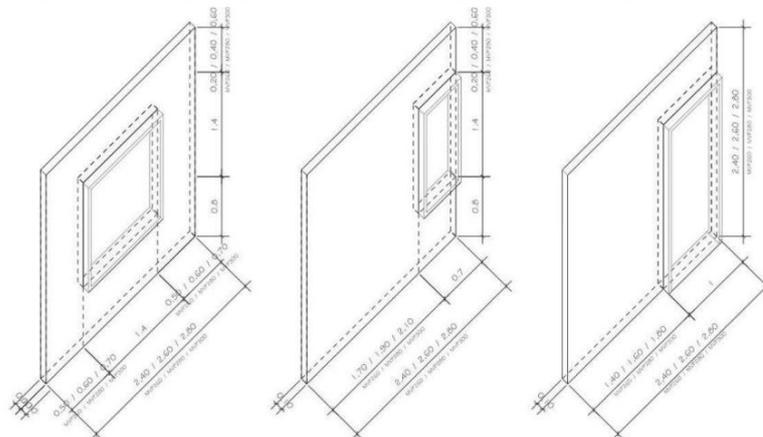


Fonte: VIRAMONTE, G.; GARZON, C. 2021, adaptado pelo autor

3.1.2 Módulo painelizado

O módulo painelizado é composto por diferentes painéis pré-fabricados, que são unidos no local da obra para formar o edifício. Esses painéis podem ser produzidos com diferentes materiais dependendo do projeto. Podem ser feitas diferentes tipologias de painéis, adaptando cada um deles aos vãos, esquadrias, acabamentos e dimensões previstos em projeto, ver Figura 3 e 4. A construção utilizando módulos painelizados oferece inúmeras vantagens em relação aos métodos tradicionais de construção, contudo demanda maior tempo de trabalho no canteiro comparado ao módulo volumétrico. Os benefícios econômicos, a rapidez na execução, a sustentabilidade, a qualidade e a flexibilidade são características fundamentais desse tipo de construção. No entanto, é importante destacar há necessidade de um planejamento cuidadoso e uma equipe qualificada para garantir o sucesso da utilização de painéis pré-fabricados na construção civil. (ARTICO, 2020; SAVASSI, 2022)

Figura 3 – Tipologias de módulos painelizados para esquadrias



Fonte: ARTICO, 2020, adaptado pelo autor

Figura 4 – Exemplos de módulos panelizados



Fonte: SAVASSI, 2022, adaptado pelo autor

3.1.3 Módulo paramétrico

O módulo paramétrico é baseado na utilização de sistemas de design paramétrico, que permitem a criação de módulos customizados para cada projeto. Com a utilização de *softwares* de modelagem paramétrica, os projetistas podem ajustar os parâmetros de maneira rápida e precisa, possibilitando maior liberdade criativa na geração automatizada de desenhos, especificações e informações necessárias para a construção. Este tipo de módulo geralmente possui uma característica visual de formas mais orgânicas (Figura 5), sendo muito utilizado no desenvolvimento de fachadas, estruturas pré-fabricadas, sistemas de cobertura, divisórias internas e móveis planejados. A utilização de módulos paramétricos é principalmente associada à questão estética de uma estrutura (CONCEIÇÃO, 2020; SAVASSI, 2022).

Figura 5 – Exemplos de módulos paramétricos



Fonte: GHISLENI, C., 2021, adaptado pelo autor

3.2 EXECUÇÃO

O processo de execução da construção modular pode ser dividido em três etapas básicas, cada uma com suas características e necessidades: Fábrica, Logística e Montagem.

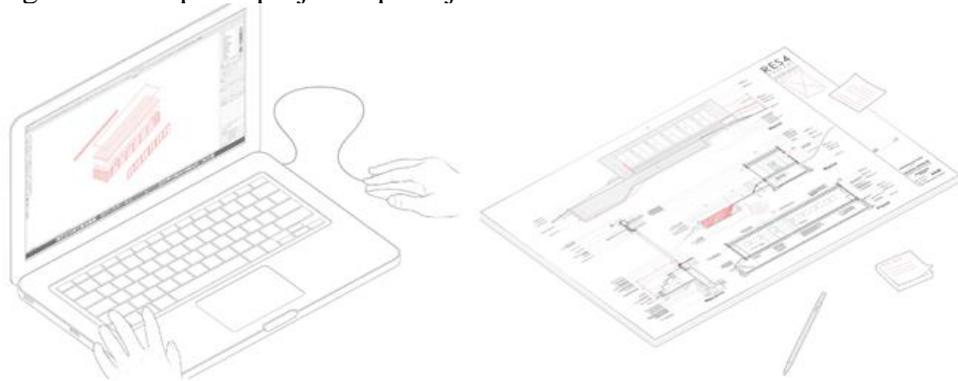
3.2.1 Fábrica

Os processos de industrialização na construção podem ser classificados em dois tipos: processos de ciclo fechado e de ciclo aberto. No ciclo fechado o módulo é idealizado para um propósito particular, correlacionado a um projeto específico, em que a maior parte da produção se concentra no ambiente controlado da indústria e os componentes se destinam a uma finalidade, com maior aplicação de princípios de organização e controle da produção. Já na industrialização de ciclo aberto os componentes se destinam ao mercado, sendo sua produção caracterizada por uma maior flexibilidade do ponto de vista de sua combinação, com elementos padronizados que apresentam compatibilidade com elementos de diversos fabricantes, podendo ser utilizados em vários projetos e tipologias de construções (ABDI, 2015 *apud* ARTICO 2020; SAVASSI, 2023).

Os processos de fabricação de um módulo podem ser divididos nas seguintes etapas:

- a) Projeto e Planejamento: a primeira etapa consiste na elaboração do projeto e no planejamento detalhado do módulo a ser fabricado (Figura 6). Nessa fase, engenheiros e arquitetos trabalham para definir as especificações técnicas, as dimensões, os materiais a serem utilizados e outras características relevantes para o produto final, utilizando *softwares* para desenho e modelagem 3D (ARTICO, 2020; SAVASSI, 2023).
- b) Preparação dos materiais: em paralelo à preparação do terreno, são selecionados e preparados os materiais necessários para a fabricação dos módulos. Geralmente, são utilizados materiais como aço galvanizado, madeira, concreto, vidro e outros componentes, dependendo das características e das necessidades específicas de cada módulo (ARTICO, 2020; SAVASSI, 2023).
- c) Fabricação das peças: com os moldes prontos e os materiais preparados, inicia-se a fabricação das peças que compõem o módulo. O processo de fabricação varia de acordo com o tipo de módulo e os materiais utilizados, mas geralmente envolve o uso de maquinário específico para cortes, dobras, e tratamento dos materiais, como pode ser visto na Figura 7 (ARTICO, 2020; SAVASSI, 2023).
- d) Montagem e acabamento: após a fabricação das peças, elas são utilizadas na etapa de montagem do módulo completo (Figuras 8 e 9), seja ele volumétrico, painelizado ou paramétrico. Nessa fase, também são realizados os acabamentos, como a aplicação de revestimentos, pintura e instalação de elementos complementares, como janelas e portas (ARTICO, 2020; SAVASSI, 2023).
- e) Testes e inspeção de qualidade: Durante a fabricação dos módulos, é essencial realizar os testes e inspeções de qualidade para garantir que cada elemento atenda aos requisitos técnicos e normas estabelecidas. Esses testes podem incluir ensaios de resistência, análise da qualidade do acabamento e verificações de segurança estrutural, entre outros (ARTICO, 2020; SAVASSI, 2023).

Figura 6 – Etapa de projeto e planejamento



Fonte: © *Resolution: 4 Architecture*, adaptado pelo autor

Figura 7 – Exemplo de maquinário utilizado para corte de peças em madeira e aço.



Fonte: SAVASSI, 2023, adaptado pelo autor

Figura 8 – Módulo volumétrico sendo montado em fábrica



Fonte: ARTICO, 2020, adaptado pelo autor

Figura 9 – Esquemática de fabricação de um módulo volumétrico

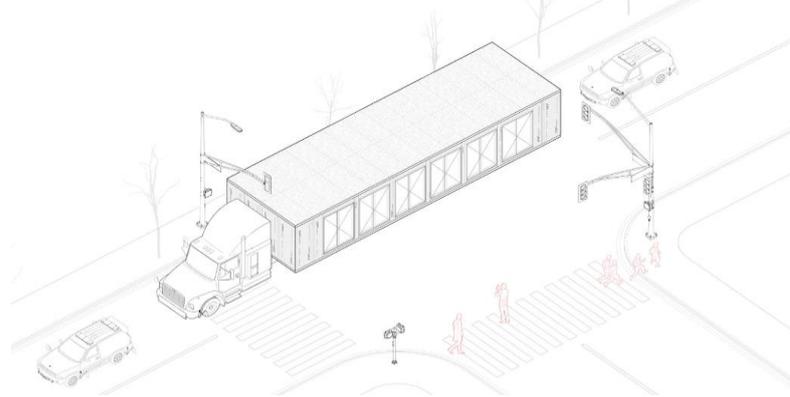


Fonte: © *Resolution: 4 Architecture*, adaptado pelo autor

3.2.2 Logística

A logística também é um componente fundamental no que tange o assunto de construção modular. Uma das principais questões a ser avaliada para se optar por um sistema volumétrico, painelizado ou paramétrico são os acessos ao terreno. É preciso verificar se o terreno possui espaço adequado para manobrar os equipamentos e os módulos, se existe algum tipo de obstáculo como árvores, fiação aérea, postes; se existe a infraestrutura urbana adequada para o transporte como túneis, viadutos e pontes que suportem o peso e a altura do módulo transportado (ver figuras 10 e 11). Nas vias urbanas por exemplo, a fiação de baixa tensão e de telecomunicação passam a uma altura de 5 metros em média, contudo os fios podem estar a alturas menores por sofrerem um abaloamento por não estarem devidamente instalados (SAVASSI, 2022).

Figura 10 – Esquemática de transporte de módulos em um caminhão



Fonte: © *Resolution: 4 Architecture*, adaptado pelo autor

Figura 11 – Exemplos de obstáculos para transporte de módulos



Fonte: SAVASSI, 2022, adaptado pelo autor

Existe também, pelo Código de Trânsito Brasileiro (1997), uma limitação de dimensões para os veículos transitarem por vias terrestres. As dimensões máximas autorizadas são de 2,60 m de largura e 4,40 m de altura, considerando a altura total, desde o solo. Entretanto, é possível ser concedida uma Autorização Especial de Trânsito (AET) para veículos de carga indivisível, que não se enquadre nos limites de peso e dimensões estabelecidos, sendo possível, transportar cargas com largura máxima de 3,20 metros. Em outros casos, onde as dimensões são maiores, é necessário o uso de batedores para realizar o transporte. Desta maneira, os módulos com até 3,20m de largura e 3m de altura se tornam viáveis, transportados sobre uma plataforma de aproximadamente 1,40m do solo (ARTICO, 2020).

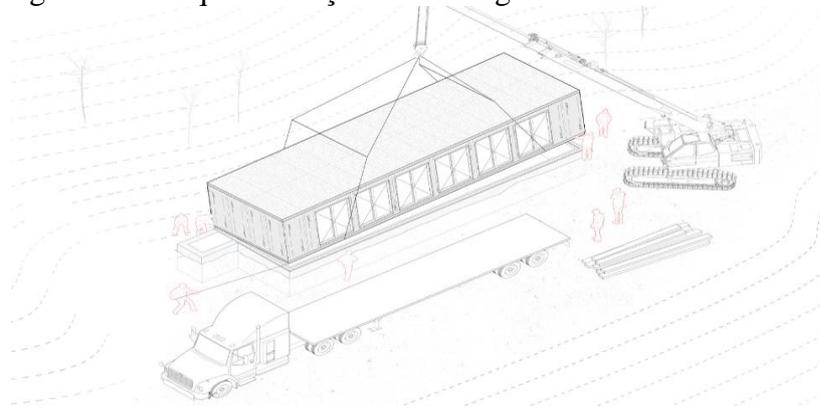
3.2.3 Montagem

A lógica do sistema modular permite que a quase totalidade do módulo seja produzido na indústria, restando apenas a montagem, a interligação de sistemas elétricos, os hidrossanitários e as vedações para a execução no canteiro, além da preparação inicial das fundações; algumas destas etapas podem até ser feitas concomitantemente à fabricação do

módulo, diminuindo o tempo de execução final da obra. Por serem, em geral, mais leves que as estruturas de concreto armado, os módulos permitem a utilização de fundações rasas e mais econômicas como o *radier* e *sapatas*. (SAVASSI, 2022; TERIBELE, SALVADOR, 2021)

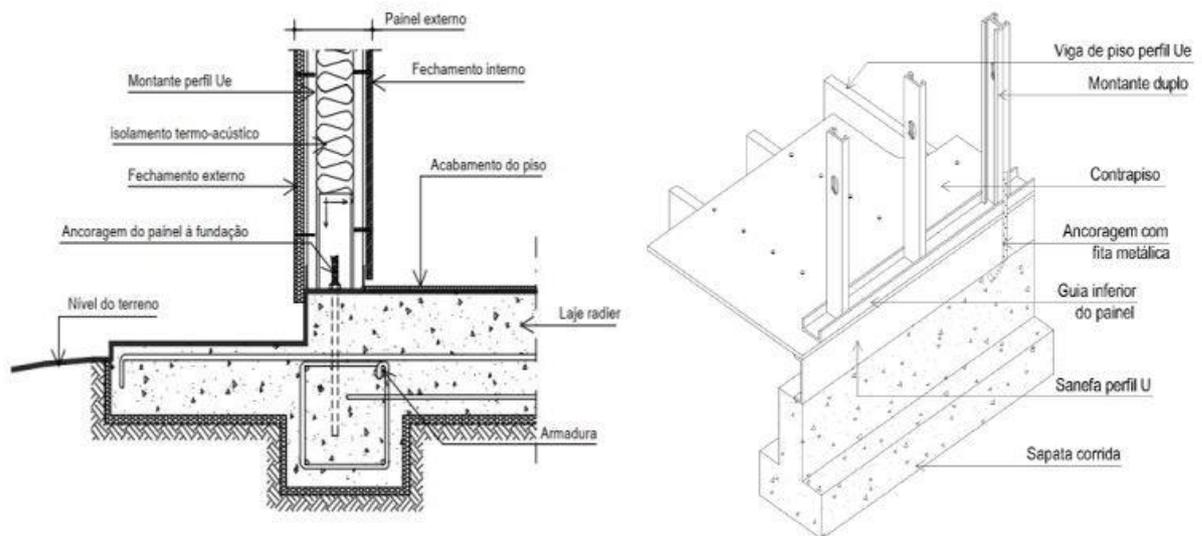
O módulo poderá ser içado com a ajuda de guindastes (Figuras 12 e 14) e maquinários e posicionado corretamente no terreno e poderá ser apoiado sobre a fundação com a utilização de “sapatas” ou de *parabolts* para fixação direta, de acordo com as especificações do projeto, como pode ser visto na Figura 13. Nesta etapa é realizada a interligação dos sistemas com o módulo. É importante que as inspeções sejam realizadas para garantir o posicionamento adequado do módulo antes que seja posicionado o próximo. Os vínculos de ligação entre os módulos podem ser de diversos tipos, sendo mais comuns o sistema “macho e fêmea”, a parafusagem e vinculações por ação química (ARTICO, 2020; SABBATINI, 1989; SAVASSI, 2022; TERIBELE, SALVADOR, 2021)

Figura 12 – Esquemática de montagem do módulo no terreno



Fonte: © Resolution: 4 Architecture, adaptado pelo autor

Figura 13 - Esquema de fixação de um módulo painelizado em uma fundação rasa



Fonte – Consulsteel, 2002, adaptado pelo autor

Figura 14 – Exemplos de montagem de módulos no canteiro de obras



Fonte MAIZTEGUI, B.; 2022, adaptado pelo autor

4 APLICAÇÃO NO CONTEXTO DE MORADIAS POPULARES

O problema habitacional vivido pela população brasileira tem sido tema recorrente de debate entre políticos, movimentos sociais organizados e distintas categorias de profissionais. O déficit pode ocorrer por diversos motivos, incluindo a falta de habitações, as condições insalubres e as ocupações em zonas de risco, como encostas e margens de corpos d'água, expondo a população à vulnerabilidade perante desastres naturais, tais como deslizamentos de terra e inundações.

De acordo com os dados do Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional, no ano de 2019 o déficit habitacional em todo o Brasil era de 5,8 milhões de moradias e, segundo os estudos, este número apresentava tendências de aumento. Já a quantidade de residências que apresentavam algum tipo de inadequação chegou a mais de 24,8 milhões; o indicador inclui características de infraestrutura urbana, como falta de abastecimento de água, de esgotamento sanitário, de energia elétrica e de coleta; além de inadequações dos edifícios, como a falta de espaço de armazenamento, ausência de banheiro, cobertura inadequada e piso inadequado, entre outros. A pesquisa apresentou também dados sobre a inadequação fundiária evidenciando que mais de 2,514 milhões de domicílios tinham algum tipo de risco inerente à situação do terreno onde se localizam, o que correspondia a cerca de 4,2% dos domicílios particulares urbanos do país (BRASIL, 2022).

Quando desastres naturais ocorrem, a necessidade de prover habitações adequadas ganha mais destaque e no esforço de socorrer a população afetada, os abrigos provisórios surgem como a alternativa do Estado, conferindo abrigo temporário e alívio àqueles que perderam suas moradias. Esses abrigos variam desde configurações modestas, como tendas, até estruturas temporárias mais robustas, sendo instalados em locais considerados seguros.

É importante, no entanto, enfatizar que os abrigos provisórios não representam uma solução definitiva para o problema habitacional. Eles satisfazem as necessidades imediatas das vítimas de desastres, porém é necessário a implementação de políticas de habitação de interesse social a fim de abordar as causas subjacentes ao déficit habitacional e,

adicionalmente, prevenir a ocupação de áreas suscetíveis a riscos. Essas políticas devem compreender investimentos em infraestrutura, um planejamento urbano sustentável e o acesso a instrumentos de financiamento destinados a habitações de baixa renda, com vistas a melhorar as condições de moradia para a população em geral.

Tendo em vista a necessidade dos programas de habitação promoverem a construção de casas para sanar tão grande déficit, a construção modular se apresenta como um potencial sistema construtivo para esse propósito, pelas suas características de rapidez de execução e padronização de qualidade. Os aspectos de falta de mão-de-obra especializada e de custo deste tipo de construção no cenário brasileiro ainda são fatores obstruentes e que devem ser levados em consideração, contudo, é razoável idealizar um cenário mais favorável quando pensamos em construções de múltiplas habitações em larga escala. Além disso, uma vez que haja maior demanda no mercado por este tipo de construção, a especialização da mão de obra, bem como soluções para diminuir custos neste tipo de edificação poderão ser propostas e desenvolvidas por profissionais de engenharia, arquitetura e ainda pelos setores governamentais responsáveis (DEGANI, 2017, SAVASSI; 2022).

Pensando na construção em larga escala de habitações populares, os módulos volumétricos se sobressaem aos outros, pois cada habitação pode ser composta por um número menor de módulos, agilizando sua montagem no canteiro. A escalabilidade deste tipo modular também ganha vantagem em comparação às outras. Entretanto, quando se analisa aspectos de logística, os módulos painelizados podem ser mais vantajosos pela flexibilização no transporte até o canteiro de obras. A precariedade das vias públicas, aliadas à trechos que não comportam veículos mais altos dificultam o transporte de módulos volumétricos.

5 CONCLUSÃO

É possível concluir, no que tange a construção de moradias populares em massa por programas sociais ou para casos de desastres naturais ou grandes incidentes, que os módulos volumétricos se destacam como a opção mais adequada em termos de tempo de execução e custo, pois a fabricação em massa de módulos completos em ambiente controlado permite a rápida construção de múltiplas unidades habitacionais que atendam os padrões de qualidade.

No entanto, a escolha entre esses métodos deve ser feita com base em fatores locais, regulamentações, recursos disponíveis e objetivos específicos do projeto. A construção painelizada pode ser uma alternativa viável em casos em que os módulos volumétricos forem inviáveis devido a restrições orçamentárias, dificuldades de acesso ao terreno e às regulamentações locais. Portanto, a escolha depende da análise cuidadosa das circunstâncias específicas de cada projeto.

Mas para que o sistema construtivo modular possa aspirar uma predominância na realidade de moradias populares brasileira, antes é necessário que seja fomentado por iniciativas governamentais que abram ainda mais espaço no mercado para que o custo imediato se equipare com o sistema convencional e haja formação de mão-de-obra qualificada, assim o Brasil de um novo passo rumo às inovações construtivas.

REFERÊNCIAS

- ARTICO, R. **Módulos volumétricos pré-fabricados**. 2020. Dissertação (Mestrado em Arquitetura), Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, Rio Grande do Sul, 2020. Disponível em: <http://www.repositorio.jesuita.org.br/handle/UNISINOS/9466>. Acesso em 20 maio 2023
- BALDAUF, A. S. F. **Contribuição à implementação da coordenação modular da construção no Brasil**. 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/4885>. Acesso em: 18 maio 2023.
- BRASIL. Lei nº 9.503, de 23 de setembro de 1997. Institui o Código de Trânsito Brasileiro. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF. Lei nº 9.503/1997. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9503Compilado.htm. Acesso em: 20 maio 2023
- BRASIL. Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional. **Dados revisados do déficit habitacional e inadequação de moradias nortearão políticas públicas**: Com nova metodologia de cálculo, números se aproximam mais da realidade atual. Apresentação foi realizada nesta quinta-feira pelo MDR e pela Fundação João Pinheiro. [Brasília]: Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional, 01 nov. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/mdr/pt-br/noticias/dados-revisados-do-deficit-habitacional-e-inadeguacao-de-moradias-nortearao-politicas-publicas>. Acesso em: 17 out. 2022.
- CONCEIÇÃO, J. G. de S. Arquitetura paramétrica: o influxo da modelagem 3d na produção arquitetônica em Aracaju/se. **Caderno de Graduação - Ciências Humanas e Sociais** – Aracaju, v. 6, n. 2, p. 53-66, set. 2020. Disponível em: <https://periodicos.set.edu.br/cadernohumanas/article/view/8684>. Acesso em: 21 maio 2023
- CONSULSTEEL. **Construcción com acero leviano–manual de Procedimientos**. Buenos Aires: Consul Steel, 2002. Disponível em: <https://consulsteel.com/manual-de-procedimiento-para-construccion-en-steel-framing/>. Acesso em: 20 out. 2023
- DEGANI, J. A. **Construção modular em light steel frame: Comparativo com construção em alvenaria convencional**. 2017. Trabalho de conclusão de curso (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade do Sul de Santa Catarina, Santa Catarina, 2017. Disponível em: <https://repositorio.animaeducacao.com.br/bitstream/ANIMA/4478/1/TCC%20%20Jonathan%20Degani%202.11%20rev.pdf>. Acesso em: 18 mar. 2023.
- ESPÍNDOLA, L. R. **Habitação de interesse social em madeira conforme os princípios de coordenação modular e conectividade**. 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/93836>. Acesso em: 23 mar. 2023.
- GHISLENI, C. O que é arquitetura paramétrica? 4 fotografias. Blog Archdaily. 16 nov. 2021. Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/971014/o-que-e-arquitetura-parametrica#:~:text=Apesar%20de%20academicamente%20o%20termo%20ainda%20estar%20em,tecnologia%20computacional%20e%20algoritmos%20para%20gerar%20novas%20formas>. Acesso em: 28 out. 2023.

IPORÃ BLOCOS. Bloco de Concreto em SP. 1 imagem. © 1998. Disponível em: <http://www.iporablocos.com.br/bloco-concreto-sp.html>. Acesso em: 25 ago. 2023.

MAIZTEGUI, B. Arquitetura construída em fábricas? 10 casas pré-fabricadas e seus detalhes construtivos. 4 fotografias. Blog Archdaily. 28 jun. 2022. Disponível em https://www.archdaily.com.br/br/963483/arquitetura-construida-em-fabricas-10-casas-pre-fabricadas-e-seus-detalhes-construtivos?ad_campaign=normal-tag. Acesso em: 28 out. 2023.

MARKETS AND MARKETS. *Modular construction market by type, module (four-sided modules, open-sided modules, partially open sided modules, mixed modules & floor cassettes, modules supported by a primary structure), material, end-use sector, region – global forecast to 2027*. © 2023. Disponível em: <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/modular-construction-market-11812894.html>. Acesso em: 18 mar. 2023.

MELO NETO, E. M. **Proposta arquitetônica de habitações modulares com ênfase na racionalização construtiva: a coordenação modular no processo projetual**. 2019. Trabalho de conclusão de curso (Mestrado em Arquitetura, Projeto e Meio-ambiente) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/jspui/handle/123456789/27499>. Acesso em: 19 maio 2023.

PINHO, S. A. C.; LORDSLEEM JUNIOR, A. C. **O custo da perda de blocos/tijolos e argamassa da alvenaria de vedação: estudo de caso na construção civil**. – Anais do Congresso Brasileiro de Custos-ABC. 2009. Disponível em: <https://anaiscbc.emnuvens.com.br/anais/article/view/1157>. Acesso em: 17 maio 2023.

RESOLUTION: 4 ARCHITECTURE. The Modern Modular. 4 imagens. © 1990. Disponível em: <https://www.re4a.com/prefab#/the-modern-modular/>. Acesso em: 25 ago. 2023.

RODRIGUES, H. F. **Construção offsite: Um estudo sobre o método modular de construção**. 2017. Trabalho de conclusão de curso (Mestrado em Engenharia Civil) – Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, 2021. Disponível em: <https://repositorio.pucgoias.edu.br/jspui/handle/123456789/3314>. Acesso em: 21 mar. 2023.

SABBATINI, F. H. **Desenvolvimento de Métodos, Processos e Sistemas Construtivos – Formulação e Aplicação de uma Metodologia**. 1989. Tese (Doutorado em Engenharia Civil), Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1989. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-30082017-091328/pt-br.php>. Acesso em 19 maio 2023

SAVASSI, F. Construção Modular Volumétrica, 2022. 1 vídeo (11:06 min). Publicado pelo canal Felipe Savassi. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=W9Vqrwhi3Qs>. Acesso em: 12 maio 2023

SAVASSI, F. MMF: Conheça a Fábrica da Construal – Panamá EP. 1, 2022. 1 vídeo (09:26 min). Publicado pelo canal Felipe Savassi. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=J0cOH_z_Dlo. Acesso em: 12 maio 2023

SAVASSI, F. Papo Modular Apresentado Por Gerdau | EP #010 Possibilidades do Modular com Passeio do Mar por GND, 2022. 1 vídeo (01:19:36 h). Publicado pelo canal Felipe Savassi. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=grPOx2MWsoo>. Acesso em: 15 maio 2023

TERIBELE, A.; SALVADOR, G. P. Estudo compositivo com blocos retangulares e trapezoidais no sistema modular volumétrico. **Gestão e Tecnologia de Projetos**, São Carlos, v.16, n.1, p.80-95, jan.2021. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.11606/gtp.v16i1.159612>. Acesso em 22 maio 2023.

VARELA, M. X. **A casa modular vista na perspectiva do engenheiro mecânico**. 2015. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade de Aveiro, Aveiro, 2015. Disponível em: <https://ria.ua.pt/handle/10773/16421>. Acesso em: 21 mar. 2023.

VIRAMONTE, G.; GARZON, C. Módulos Habitáveis SET / SET Ideas. 4 fotografias. Blog Archdaily. 19 jul. 2021. Disponível em <https://www.archdaily.com.br/br/965197/modulos-habitaveis-set-set-ideas>. Acesso em: 28 out. 2023.