

NELY CAMARGO DA SILVEIRA

Parâmetros para o desenvolvimento de Projetos de Arquitetura em sistema de Construção
Modular

São Paulo

2021

NELY CAMARGO DA SILVEIRA

Parâmetros para o desenvolvimento de Projetos de Arquitetura em sistema de Construção
Modular

Monografia apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de São Paulo
conclusão da Pós-Graduação *lato sensu*

São Paulo
2021

NELY CAMARGO DA SILVEIRA

Parâmetros para o desenvolvimento de Projetos de Arquitetura em sistema de Construção
Modular

Monografia apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de São Paulo
conclusão da Pós-Graduação *lato sensu*

Área de concentração:
Tecnologia e Gestão na Produção de
Edifícios

Orientadora:
Arq. Luana Sato

São Paulo
2021

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Catálogo-na-publicação

Silveira, Nely Camargo

Parâmetros para o desenvolvimento de Projetos de Arquitetura em sistema de Construção Modular / N. C. Silveira -- São Paulo, 2021.
95 p.

Monografia (Especialização em Tecnologia e Gestão na Produção de Edifícios) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Poli-Integra.

1.Construção civil 2.Arquitetura 3.Construção pré-fabricada 4.Residências 5.Sistemas construtivos I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Poli Integra II.t.

Dedico este trabalho aos meus pais pelo apoio incondicional em todas as etapas da minha trajetória profissional. Sem eles nada seria possível.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos professores e coordenadores deste curso pelos ensinamentos que muito agregaram em minha carreira, e principalmente à minha orientadora Luana Sato por todos os conselhos, ajuda e pela paciência com a qual guiaram o desenvolvimento deste trabalho.

À empresa CMC/Lafaete que colaborou com o desenvolvimento deste trabalho e esteve disponível para me auxiliar.

A todos os colegas do curso pelo companheirismo durante esses dois anos de aulas após longas horas de trabalho, trocas de conhecimento e apoio nesta jornada. Sou grata pelas amizades que fiz nesse período e mais ainda por saber que posso contar com vocês para qualquer suporte profissional.

Aos meus pais por serem grandes exemplos de vida que guiaram o meu crescimento pessoal e profissional.

Agradeço meus familiares, amigos que sempre estiveram ao meu lado. Especialmente ao meu noivo por todo apoio, por sempre acreditar no meu trabalho e me incentivar a ir mais longe.

RESUMO

Apesar da construção modular ser um assunto amplamente estudado a redor do mundo, a falta de publicações nacionais relacionadas ao seu estudo é um complicador aos profissionais que buscam se especializar nesta área. Por este motivo, o objetivo do trabalho consistiu em gerar uma lista de parâmetros relevantes ao processo de elaboração de um projeto arquitetônico modular de maneira a auxiliar outros projetistas na produção de seus próprios projetos modulares. Para tanto foram realizadas duas abordagens. Uma teórica, compreendendo a aproximação do universo da construção modular, suas definições, tecnologias, vantagens e dificuldades de implantação. E outra prática, a qual foi composta pelo desenvolvimento de um projeto autoral de uma residência unifamiliar, também com a intenção de mostrar que é possível construir uma edificação com alto padrão de qualidade e apelo estético utilizando-se o sistema construtivo modular. Acredita-se que o resultado desses estudos irá indicar caminhos para a aplicação do uso do sistema de construção modular.

Palavras-chave: Construção civil, Arquitetura, Construção pré-fabricada, Residências, Sistemas construtivos.

ABSTRACT

Despite being widely studied around the world, the lack of national publications related to modular construction makes it difficult for professionals who seek to specialize in this study area. For this reason, the objective of this work was to generate a list of relevant parameters for the elaboration process of a modular architectural project in order to help other designers to produce their own modular projects. To this end, two approaches were used. One theoretical, comprising the approach to the universe of modular construction, its definitions, technologies, advantages and difficulties of implementation. And a practical one, which was composed of the development of an authorial project of a single-family residence, also with the intention of showing that it is possible to build with a high standard of quality and aesthetic appeal using the modular construction system. It is thought that the result of these studies will indicate paths for the application of the modular construction system.

Keywords: Civil construction, Architecture, Prefabricated construction, Housing, Building systems.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	10
1.1	Contexto.....	10
1.2	Justificativa do tema	13
1.3	Objetivo	15
1.4	Métodos de Pesquisa.....	16
1.5	Estrutura da Pesquisa	16
2	A CONSTRUÇÃO MODULAR E SUAS PARTICULARIDADES	18
2.1	Definições	18
2.2	Tecnologias construtivas.....	24
2.3	Vantagens da construção modular sobre a construção tradicional	29
2.4	Limitações da construção modular	37
3	ANÁLISES DE PROJETOS MODELO	45
3.1	A construção modular no mundo.....	45
	Nakagin Capsule Tower	45
	Modular Ac Hotel Nomad da rede Marriott	46
	Webber Island HO4+.....	49
3.2	A construção modular no Brasil	50
	Escola Dinâmica.....	51
	Projeto AT	52
4	PROJETO AUTORAL	55
4.1	Desenhos técnicos e detalhamento do projeto autoral	55
4.2	Ilustrações realistas	78
5	PARÂMETROS RELEVANTES PARA O DESENVOLVIMENTO DE PROJETO DE ARQUITETURA EM SISTEMA DE CONSTRUÇÃO MODULAR.....	83
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	89
	REFERÊNCIAS	92

1 INTRODUÇÃO

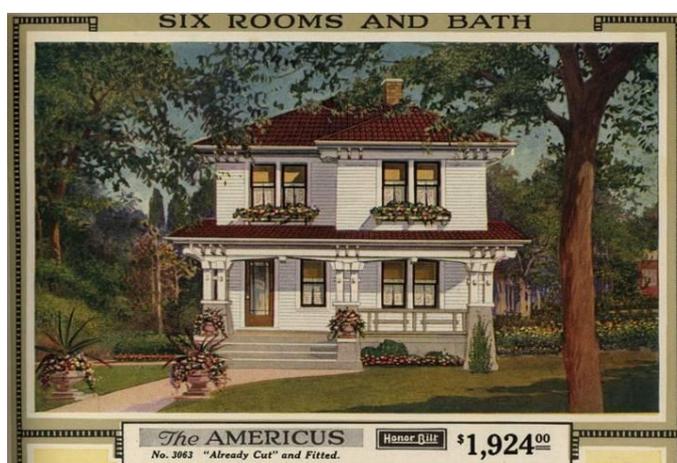
1.1 Contexto

Apesar do assunto construção modular (ver definição no Item 2.1) ser recorrente atualmente, não é uma novidade. A arquitetura modular é um método de desenvolvimento e de coordenação de projeto com elementos construtivos dimensionados a partir de uma unidade de medida comum, medida essa denominada módulo ou módulo 3D (ver Item 2.1). Antigamente, grande parte das construções eram realizadas em madeira, mas a industrialização e os períodos pós-guerra propiciaram o desenvolvimento de novos métodos construtivos com novos materiais devido à necessidade em reconstruir cidades com agilidade.

Na década de 30 surgiram os sistemas painelizados para vedações horizontais e verticais, que eram fabricados fora do canteiro de obras, dentro de fábricas e transportados para o canteiro para serem unidos formando residências. Em meados de 1950 iniciou-se a produção das chamadas casas móveis - *mobile homes*. Eram produzidas unidades modulares tridimensionais na fábrica sobre chassis metálicos, que eram transportadas sobre rodas para o canteiro e transferidas sobre a fundação (ESPÍNDOLA, 2017).

No início do século XX, nos EUA e no Canadá desenvolveu-se um sistema de venda de residências por catálogo através de kit pré-fabricado que certa forma se assemelha muito a proposta que temos hoje em relação à construção modular. O cliente selecionava a edificação que gostaria e retirava o kit embalado e numerado com todas as peças, componentes, desde estrutura até acabamentos e conexões e realizava a montagem no canteiro. Daí surgiram os métodos *Do It Yourself* (DIY). A Figura 1 representa um exemplo de um projeto de residência vendida por catálogo pela empresa Aladdin Homes.

Figura 1 Exemplo de uma residência do catálogo da empresa Aladdin Homes



Fonte: Warzecha (2020)

Pesquisas e relatórios recentes, como o da McKinsey, de 2017, “*Reinventing Construction: a Route to Higher Productivity*”, afirmam que a construção emprega 7% da população mundial, uma das maiores geradoras de emprego, exercendo um peso considerável na economia, e gasta, anualmente, US\$ 10 trilhões em bens e serviços. No entanto, nos últimos anos, o setor da construção civil nos EUA não tem apresentado um crescimento significativo, o que gerou um grande incômodo à economia mundial (BARBOSA et al., 2017). Em resposta a esta necessidade de aumentar a produção na construção civil, o sistema modular vem se destacando. Por ser um tipo de construção versátil, de fácil transporte e com ótima relação custo-benefício, tem sido cada vez mais utilizado na Europa e em países como Estados Unidos, Japão e Austrália. Bertram et al. (2019) afirmam que a construção modular pode acelerar a produção em cerca de 50% e reduzir os custos em 20%. O relatório cita uma série de benefícios do uso da construção modular sobre a construção tradicional que serão apresentadas posteriormente neste estudo.

São muitos os fatores que determinam se um mercado irá adotar um novo sistema construtivo, entre eles a demanda do mercado imobiliário, a disponibilidade da matéria prima e os custos relativos da mão-de-obra qualificada. Por exemplo, em lugares como a Costa Oeste dos EUA, a parte sul do Reino Unido, a Costa Leste da Austrália e as principais cidades da Alemanha, existe uma escassez de mão-de-obra e alta demanda por moradias, o que fez com que o modelo de construção modular se tornasse uma solução interessante para essas regiões (BERTRAM et al., 2019).

No Brasil, diferente do que acontecia em outros países, a oferta de mão-de-obra a um baixo custo tornava a construção civil tradicional financeiramente mais atrativa. Com a necessidade de sanar o déficit habitacional, processo de racionalização da construção tradicional foi impulsionado por volta dos anos 90, com o objetivo de otimizar o trabalho, melhorar o desempenho das edificações e acelerar o processo construtivo.

A racionalização da construção é um processo que torna possível otimizar recursos de mão-de-obra, materiais, organizacionais, tecnológicos e financeiros, visando atingir os objetivos de acordo com a realidade socioeconômica própria (SABBATINI, 1989). No entanto, para alcançar o patamar das construções internacionais é preciso optar pelo caminho da industrialização, que apesar de vir se intensificando nos últimos anos no Brasil, ainda requer muito estudo e investimento.

A industrialização da construção é um processo evolutivo que, através de ações organizacionais e da implementação de inovações tecnológicas, métodos de trabalho e técnicas de planejamento e controle, objetiva o incremento da produtividade e do

nível de produção, e o aprimoramento do desempenho da atividade construtiva (SABBATINI, 1989)

A construção com módulos 3D está presente em projetos nacionais, mas até pouco tempo se limitava à arquitetura efêmera em eventos, stand de vendas, salas pré-fabricadas ou outros tipos de instalações temporárias. No entanto, este conceito vem mudando e os projetos aumentando a cada dia, pois já é possível construir escritórios, restaurantes e residências (PORTAL 44 ARQUITETURA, 2017). Com o avanço da tecnologia, a indústria tem ganhado experiência e expandindo além do mercado habitacional. A construção modular tem ganhado força no setor de infraestrutura, educação, saúde, varejo e plantas industriais.

Em dezembro de 2019 o Sindicato da Indústria da Construção Civil do Estado de São Paulo (Sinduscon-SP) apresentava a estimativa de um crescimento de 3% do Produto Interno Bruto (PIB) relativo ao setor da construção civil. No entanto, com a inesperada chegada da pandemia registrou-se uma queda de 1,5% no PIB nos três primeiros meses do ano em relação ao último trimestre de 2019, sendo registrada nesse mesmo período queda de 2,4% no setor da construção civil. Diante desse resultado e do agravamento da crise provocada pela pandemia, a construção civil vem apresentando maior interesse em rever processos para buscar reverter esta situação. Esta circunstância inusitada acaba forçando as empresas a reverem os seus processos, buscando por alternativas como o desenvolvimento de projetos mais tecnológicos e mais eficientes, o que claramente beneficiaria o setor (REDAÇÃO CBIC, 2020).

A busca pela inovação desse tipo de projeto é cada vez maior por oferecer soluções que permitam pré-fabricar uma planta inteira em módulos ou a parte de um edifício e montá-los diretamente no local da construção com redução no tempo de execução, redução do custo de construção, cronogramas de construção acelerados, maior previsibilidade sobre o tempo de construção e custos e, melhor qualidade do edifício.

Infelizmente essa mudança acontece de forma lenta, como afirma a arquiteta Carla Deboni, diretora da Siscobras Sistemas Construtivos do Brasil S/A:

“Quando o sistema burocrático do país é lento, não combina com a construção rápida. Outra questão é a cultural, ou seja, a falta de conhecimento dos usuários e dos próprios técnicos brasileiros. O conjunto destes fatores prejudica a disseminação da construção modular no Brasil, ao contrário do que é praticado em boa parte do mundo” (REDAÇÃO AECWEB, [s.d.]

Existem complicadores que levam a não adesão do sistema construtivo modular em outros lugares no mundo, que se assemelham aos que ocorrem no Brasil. Uma delas é a não aceitação do público, que ainda relaciona essa técnica com resultados esteticamente feios e de baixa qualidade devido ao histórico de edifícios manufaturados baratos; outro ponto a ser superado é a falta de mão de obra especializada tanto de projetistas quanto de executores. Além disso, entre os desafios para o uso da construção modular que serão pontuados posteriormente, destacam-se as restrições no transporte, a rigidez do projeto e alto nível de detalhamento deste a etapa da concepção.

Este estudo foi desenvolvido, portanto, para apresentar o potencial da construção modular e os desafios a serem contornados de forma que os resultados possam ser utilizados para futuras pesquisas quebrando as barreiras rumo à inovação da construção.

1.2 Justificativa do tema

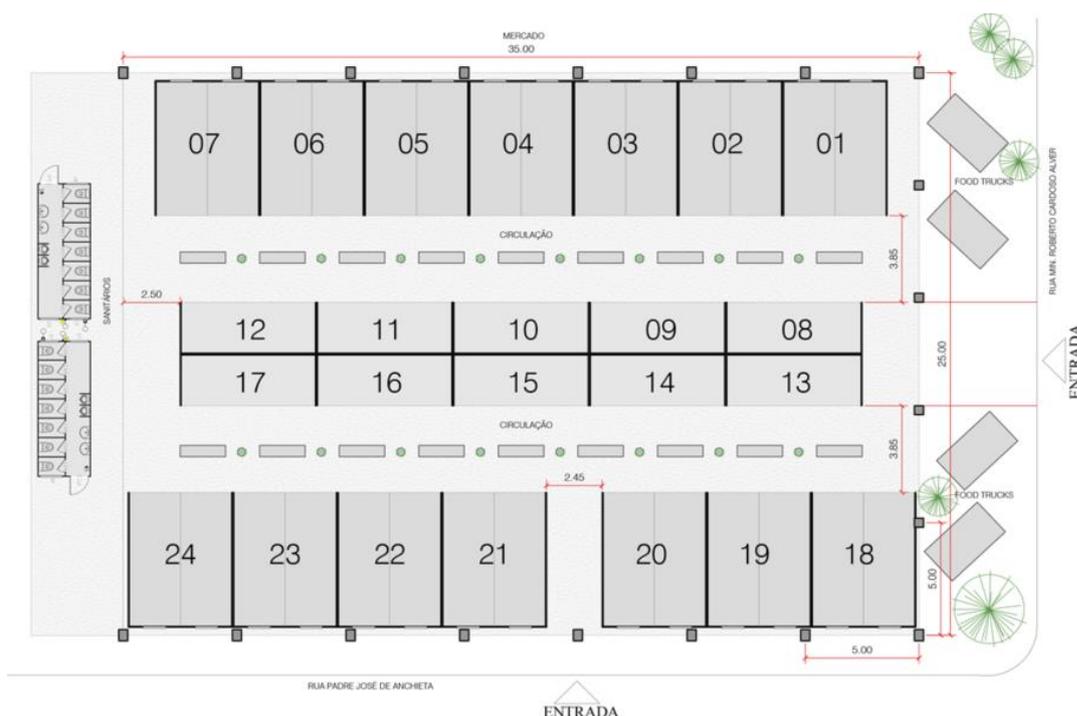
A escolha para o tema deste trabalho se baseia no interesse em estudar, aprender e apresentar a conceituação da construção modular, com o objetivo de futuramente se tornar uma área de atuação. Além disso, também devido à experiência profissional vivida no setor de investimento social na Prefeitura Municipal de São Paulo (PMSP). A coordenação de uma pequena equipe, a qual tinha como objetivo projetar centros de acolhimento temporários para pessoas em situação de vulnerabilidade social, levou à necessidade de apropriação do sistema modular para que fosse possível cumprir os prazos estipulados mantendo a proposta de abrigos temporários. O uso de módulos habitacionais temporários possibilitou a montagem de grandes centros de acolhimento em poucos dias, todos equipados com dormitórios, sanitários, cozinha e espaço de lazer. Em menos de um ano, muitos centros foram montados ao redor da cidade de São Paulo. Com essa experiência foi possível vivenciar as dificuldades e também as vantagens em se trabalhar com módulos realocáveis.

As unidades de Atendimento Diário Emergencial (ATENDE) precisavam ser montadas da forma mais rápida possível por serem atendimentos emergenciais. Cita-se aqui a utilização dos módulos de duas finalidades diferentes, uma habitacional e uma comercial.

O centro de acolhimento temporário em frente à praça Júlio Prestes é um exemplo dos casos habitacionais. Foram utilizados módulos triplos para dormitórios, módulos de sanitários e um triplo como cozinha.

Outra situação na qual foram utilizados os mesmos módulos pré-fabricados, porém com uso comercial, se deu quando o Mercado Municipal de Santo Amaro foi parcialmente destruído por um incêndio em 2017. A PMSP posicionou a equipe da SEIS (Secretaria de Investimento Social) para desenvolver um projeto boxes comerciais temporários, de maneira que os comerciantes não ficassem sem sua fonte de renda. Além disso, foram projetados 14 módulos duplos e 10 módulos individuais, cuja implantação está representada na Figura 2.

Figura 2 – Módulos duplos e individuais dos boxes comerciais temporários.



Fonte: Elaborado pela autora

Após a montagem dos módulos, foi possível a reabertura do mercadão em menos de 2 semanas com nova disposição como apresentado na fotografia da Figura 3. O tempo da adaptação foi substancialmente inferior ao que seria necessário para executar a reforma da edificação datada de 1958, até que pudesse ser utilizada novamente. A solução adotada como provisória está sendo utilizada até hoje por razões desconhecidas, porém isso mostra o alto nível de qualidade e durabilidade da solução apresentada.

Figura 3 – Fotografia do mercado após montagem dos módulos e apropriação do espaço pelos permissionários.



Fonte: SECRETARIA ESPECIAL DE COMUNICAÇÃO (2017).

A partir da experiência relatada pela autora, demonstra-se o potencial de diversidade de aplicações que surgem a partir de uma medida padronizada aplicada em construções pré-fabricadas.

Está clara a relevância deste tema ao meio da construção civil, no entanto ressalta-se aqui a principal justificativa desta escolha. Por algum tempo a construção industrializada vem sendo utilizada para usos não permanentes, o que acabou atrelar este tipo de construção a um resultado final sem apelo estético, situação que acaba por prejudicar o resultado final. A arquitetura é necessária em todas as etapas de definição, desde o projeto estrutural que precisa ser entendido como parte do processo criativo.

Portanto, a justificativa da escolha deste tema deve-se à vivência no âmbito profissional atrelada à sua relevância destacada na contextualização e, ao passo que a construção modular vem ganhando mais adeptos a cada dia em diversos lugares do mundo, torna-se necessário organizar um conjunto de informações que sirvam como guia de projeto para facilitar sua aplicação.

1.3 Objetivo

O objetivo deste trabalho é apresentar um conjunto de Parâmetros Relevantes que vão nortear o desenvolvimento de Projetos de Arquitetura em sistema de construção Modular, de maneira a auxiliar outros projetistas na produção de seus próprios projetos modulares.

1.4 Métodos de Pesquisa

Para alcançar o objetivo delineado, estabeleceu-se a seguinte trajetória para o desenvolvimento deste trabalho:

- Análise histórica do termo e do método construtivo;
- Levantamento de informações pertinentes ao tema realizado através da revisão de referências;
- Pesquisa com fabricantes e profissionais ligados à construção modular;
- Análises de referências arquitetônicas e construtivas internacionais e nacionais de empresas consolidadas que atuam nessa área;
- Elaboração de um projeto arquitetônico modular residencial unifamiliar térrea a partir dos dados coletados nos itens anteriores e apresentação das soluções técnicas adotadas;
- Elaboração de Parâmetros Relevantes para Projetos de Arquitetura em Sistema de Construção Modular subsidiado pelos conceitos teóricos adquiridos e a experiência prática.

Neste trabalho foi feita uma compilação de informações de materiais de estudo sobre este assunto e também foram levadas em consideração a experiência prática de algumas empresas já atuantes no mercado com o objetivo de viabilizar o desenvolvimento do projeto autoral no contexto arquitetônico e com o apelo estético do produto final.

1.5 Estrutura da Pesquisa

A estrutura deste trabalho está organizada da seguinte forma:

- Capítulo 1: Desenvolvimento de da parte introdutória da monografia – contexto, justificativa do tema, objetivo, métodos de pesquisa e estrutura do trabalho;
- Capítulo 2: Apresentação dos principais conceitos, tipologias, vantagens e desvantagens sobre a utilização da construção modular levantados na consulta de referências e contato com fabricantes e profissionais nesse ramo de atuação;
- Capítulo 3: Análises de projetos modulares no mundo e no Brasil;
- Capítulo 4: Apresentação do projeto autoral e soluções adotadas;

- Capítulo 5: Apresentação de parâmetros relevantes coletados durante o desenvolvimento deste trabalho para o desenvolvimento de projetos de arquitetura em Sistema de Construção Modular;
- Capítulo 6: Considerações finais.

2 A CONSTRUÇÃO MODULAR E SUAS PARTICULARIDADES

2.1 Definições

Embora muitos dos termos possam se referir especificamente à indústria da construção modular, alguns conceitos relevantes identificados também são aplicáveis a outros tipos de pré-fabricação e construção. Este item dedica-se à apresentação das terminologias utilizadas nesta monografia.

Componente: unidade integrante de determinado sistema da edificação, com forma definida e destinada a atender funções específicas, como por exemplo bloco cerâmico, folha de porta etc. (ABNT, 2013).

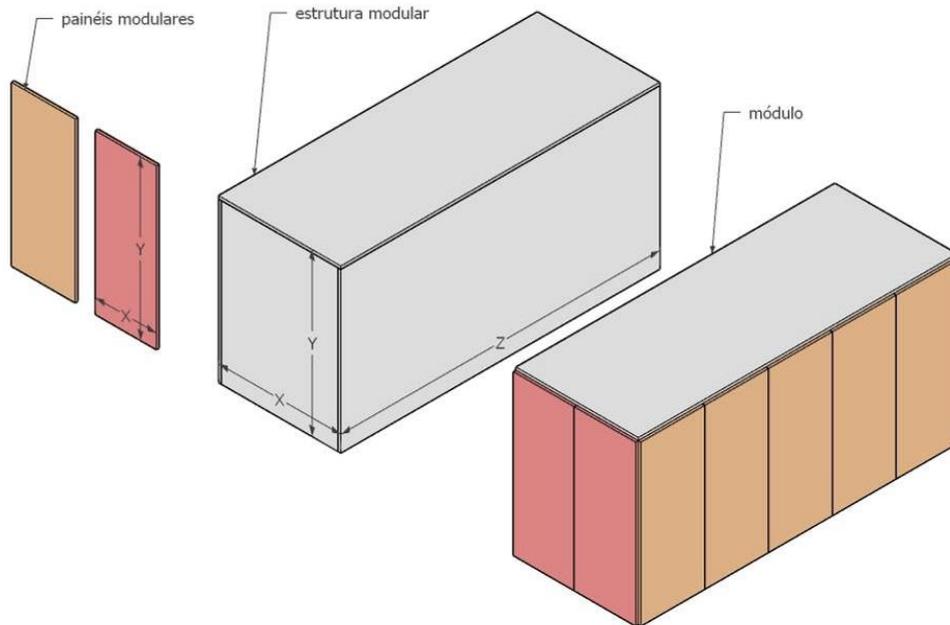
Componente modular: componente construtivo cujas medidas de coordenação são modulares (ABNT, 2010).

Construção Modular: para a construção dessa definição foram reunidas algumas informações, expostas a seguir.

São dois os tipos principais de produtos modulares: elementos que se assemelham a painéis, os quais, por apresentarem uma das dimensões muito menor que as outras duas, é chamado de módulo “2D”, como caixilhos, painéis de vedação, divisórias, pisos etc.; e unidades volumétricas 3D que são volumes prontos, os quais podem ser compostos por módulos 2D. Os módulos 3D formam um espaço utilizável fechado e podem unir-se com outras estruturas 3D formando edifícios (BERTRAM et al., 2019).

Na Figura 4 estão representados os elementos 2D e 3D. Os painéis, à esquerda da imagem, podem ser empilhados e transportados com mais facilidade tanto no local de fabricação quanto no canteiro, caso seja necessário. Geralmente são utilizados para fechamentos internos e externos, horizontais ou verticais. A estrutura modular refere-se à estrutura que dá sustentação, é necessário unir esta estrutura aos componentes 2D para que possa ser chamado de módulo 3D, como está representado à direita da Figura 4.

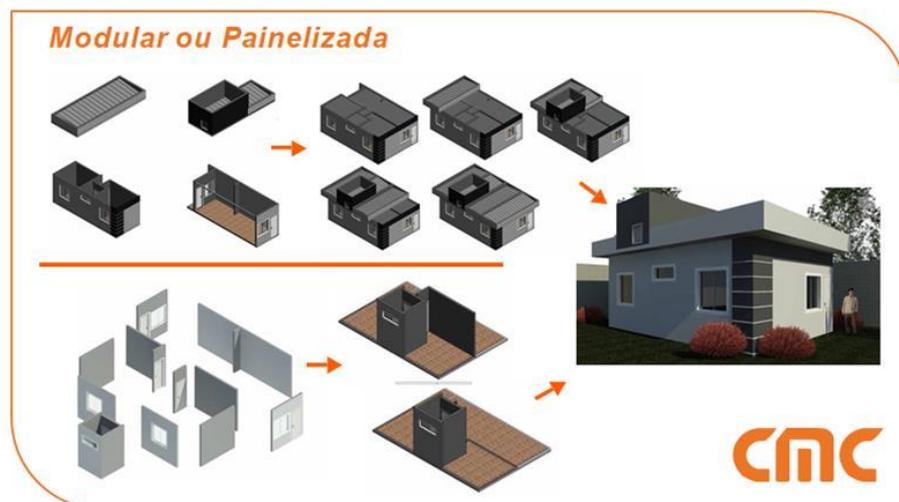
Figura 4 – Representação de painéis e módulos.



Fonte: Elaborado pela autora

Esses componentes podem trabalhar juntos formando um sistema como representado anteriormente ou os painéis modulares podem ser utilizados de forma independente com função estrutural para formar uma edificação. Isso fica claro na Figura 5 que mostra um esquema desenvolvido pela empresa CMC/Lafaete de um projeto residencial que pode ser construído com sistema modular indicado na parte superior da imagem ou por sistema painelizado e ambas geram o mesmo resultado estético com mesmo nível de detalhamento e qualidade.

Figura 5 – Representação uma residência que pode ser construída de forma modular ou painelizada.



Fonte: Machado e Xavier (2020) (reunião virtual)¹

Somando ao que já foi exposto, apresenta-se a definição de construção modular de acordo com o estudo da McKinsey:

[...] *modular construction involves producing standardized components of a structure in an offsite factory, then assembling them onsite. Terms such as offsite construction, prefabrication, and modular construction are used interchangeably and cover a range of different approaches and systems.* (BERTRAM, 2019, p. 7)

Nessa definição, há a menção da padronização. Há quem entenda “padronizado” como “componentes com dimensões imutáveis”. No entanto, na presente concepção de construção modular, as medidas não são “engessadas”, ou seja, não limitam a forma do produto final. Trata-se da padronização de processo, não de produto.

Portanto, define-se a construção modular como processo construtivo fabril que consiste na produção sob condições controladas de módulos 2D ou 3D padronizados, os quais são transportados prontos para o canteiro onde será realizada a montagem e acoplamento das unidades modulares, que juntas irão compor o a edificação.

Construções modulares permanentes ou realocáveis: de acordo com o instituto comercial internacional *Modular Building Institute* (2021), associação comercial internacional sem fins lucrativos, a construção modular permanente é aquela que após a montagem ficará no terreno permanentemente, pode ser uma construção de pequena metragem ou com vários pavimentos. Essas construções podem ser integradas a edifícios existentes no local ou autônomas. A construção modular realocável é construída da mesma forma, no entanto podem ser realocadas em outro terreno caso haja a necessidade. Exemplos “realocáveis” são as instalações temporárias dos canteiros de obras, stands de vendas, feiras, lojas, restaurantes, eventos entre outros. As edificações provisórias costumam ser utilizadas em casos em que a prioridade é velocidade e com necessidade de desmontagem.

Construção *off-site*: este é um termo em inglês que também foi adotado no Brasil para se referir ao processo de fabricação de componentes fora do canteiro de obras do empreendimento (a tradução literal do termo *off-site* é “fora do canteiro”). A fabricação acontece em um ambiente fechado, onde é possível ter maior controle do uso dos materiais, da velocidade de produção, da qualidade do produto, da quantidade de mão de obra necessária, entre outras vantagens que serão citadas posteriormente. (BERTRAM et al., 2019)

Construção *on-site*: é o termo contrário ao *off-site*. Se refere às ações de construção que acontecem dentro do canteiro de obras do empreendimento como, por exemplo, a montagem e acoplamento dos elementos modulares.

Elemento: parte de um sistema com funções específicas que geralmente é composto por um conjunto de componentes (ABNT, 2010).

Light Steel Framing (LSF): a tradução de LSF é estrutura em aço leve, porém o termo em inglês tornou-se popular no Brasil. Ele é muito citado aqui por ser o material escolhido para o desenvolvimento do projeto autoral neste trabalho, no entanto, outros materiais também podem ser utilizados na confecção dos módulos na construção modular.

Medida limite: as “medidas limite”, usuais nas montagens que envolvem módulos 3D, têm origem na limitação do seu transporte da fábrica para o local de montagem. Como no Brasil o principal meio de transporte da construção civil é o rodoviário, esses módulos precisam caber nos caminhões, portanto suas medidas são limitadas de acordo com o tamanho da prancha do caminhão. A altura dos módulos também é limitada, sendo ditada por legislações atreladas ao transporte rodoviário (Contran), que por sua vez, determina a altura máximo dos caminhões de transporte de cargas e; a infraestrutura da cidade que também limita a altura dos veículos em circulação nas vias devido às alturas das fiações, túneis, viadutos etc.

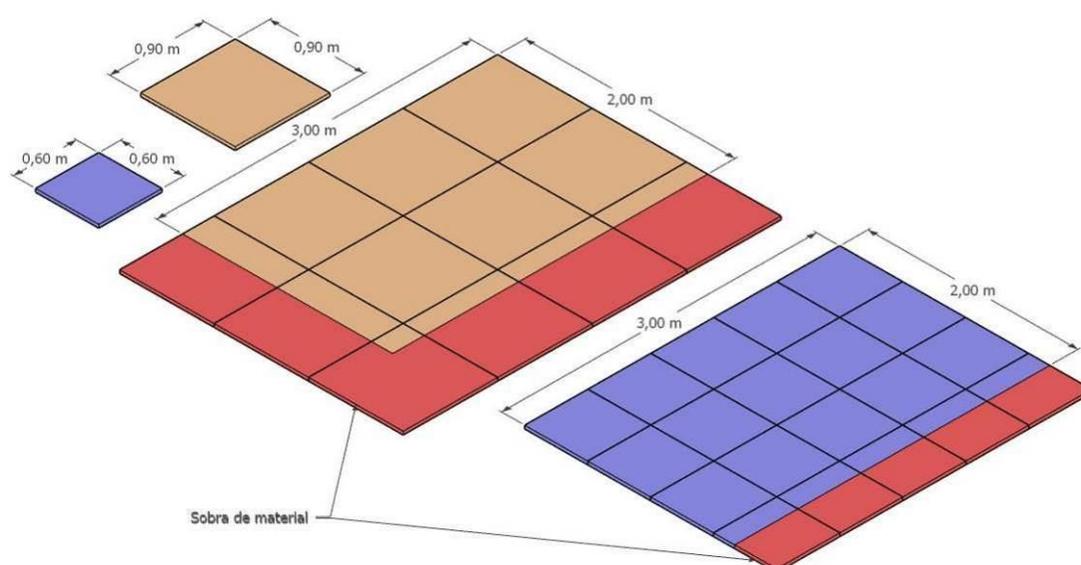
Modularidade: O termo modularidade está cada vez mais presente na construção civil, mas ainda existem muitas dúvidas sobre o que de fato se trata. A modularidade aplicada na pré-fabricação abrange uma gama de diferentes abordagens e sistemas e pode ser aplicada a todos os componentes de uma construção, como vedações, revestimentos etc. com o objetivo de racionalizar todas as suas etapas e diminuir a probabilidade de erros. Adotou-se esse termo para diferenciar do termo modular que já existe no mercado e que se refere á coordenação modular.

A proposta da modularidade é criar um padrão que possa ser aplicado em diversos produtos com a finalidade de reduzir o tempo de detalhamento, orçamento, produção e execução. Como já mencionado anteriormente, essa estratégia teve início na indústria então tem como objetivo criar uma linha de montagem, sistema amplamente utilizado pelas montadoras de automóveis, mobiliário e mais recentemente na construção civil. No âmbito da construção civil, a modularidade já é comumente aplicada na construção tradicional, porém com muitas limitações.

Um exemplo prático das vantagens do uso da modularidade em componentes de menor escala da construção está representado na Figura 6 que toma como exemplo o

assentamento de pisos em um ambiente com medidas 2,00x3,00m. Normalmente os ambientes internos são projetados sem levar em consideração o tipo de revestimento que será aplicado posteriormente. No entanto, se um ambiente é desenhado levando em consideração o revestimento que será aplicado logo na concepção é possível escolher qual tipo de revestimento será mais adequado àquele ambiente, o que evitará o desperdício de materiais e recortes desnecessários nas peças. Ou ainda, caso exista obrigatoriedade da aplicação de determinado revestimento é possível fazer alterações nas medidas do ambiente para se adequar ao revestimento. Neste caso do exemplo, ficaria estabelecido desde a concepção que seria utilizado um revestimento com dimensões 0,60x0,60m que se adequaria melhor às dimensões do projeto e reduziria a quantidade de recortes nas peças e desperdício de materiais.

Figura 6 – Representação da modularidade aplicada no assentamento de pisos.

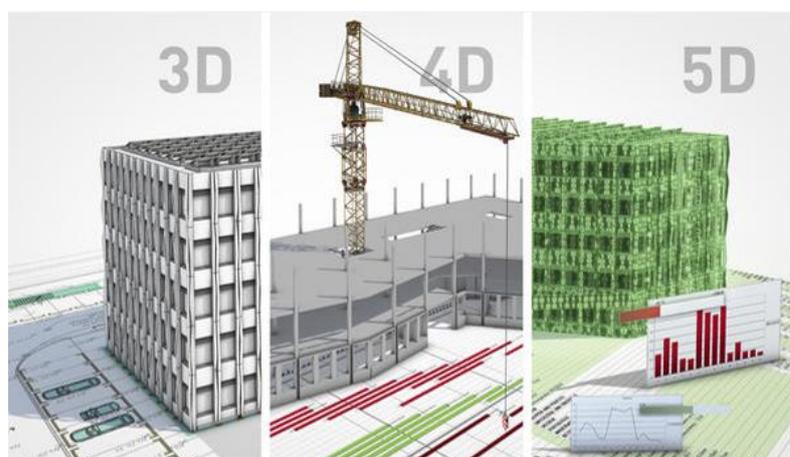


Fonte: Elaborado pela autora.

Modelagem BIM: a sigla significa *Building Information Model*, que em português pode ser traduzido para “Modelo de Informação da Construção”. Não se trata de um software específico, e sim de uma metodologia de virtualização, modelagem e gerenciamento das atividades inerentes ao projeto/construção de obras de engenharia que precisam de um software para ser aplicado. Os softwares mais comuns utilizados no Brasil são Revit e Archicad. O BIM é a representação de um projeto como objetos paramétricos em cinco dimensões. Ao desenvolver o desenho no programa, diversas outras informações são incorporadas ao modelo, como dados de projeto, informações geoespaciais, fases de construção, informações de produtos, dados financeiros e legais, mecânicos, elétricos, layouts

de encanamento, etc. Por isso é comum dizer que o BIM possui 5 dimensões, como demonstrado na Figura 7. São elas: a 3D que é a mais conhecida que trata do desenvolvimento dos projetos reunindo informações geométricas, possibilitando a compatibilização de projetos arquitetônicos e complementares e também visualização de imagens realistas da edificação. A modelagem 3D pode existir sem o conceito BIM em outros *softwares*, no entanto o BIM vem sendo cada mais utilizado por causa do grande nível de compatibilização de informações em um único modelo. A 4D possibilita integrar modelos através de cronogramas de diversas etapas, criando estimativas de prazo para execução da obra, além de possibilitar a identificação possíveis falhas (apontadas pelo software) no planejamento e realizar análises. A etapa 5D permite a definição dos quantitativos e é possível prever os gastos exigidos em cada operação, inclusive a mão de obra, pois estas informações são vinculadas ao banco de dados do BIM, um recurso completo que abriga todas as informações pertinentes à obra. Com a utilização desta etapa é possível ter uma redução considerável no tempo gasto com essas tarefas em comparação com outras metodologias.

Figura 7 - Imagem esquemática representativa da plataforma BIM.



Fonte: TOTALCAD (2021).

Módulo ou módulo 3D: o módulo ou módulo 3D é a estrutura modular com fechamentos que formam um espaço fechado tridimensional. Os módulos são estruturas independentes, portanto um projeto pode ser desenvolvido utilizando apenas uma unidade ou é possível acoplá-los uns aos outros para formar um edifício mais complexo.

Mutabilidade: grau de alterações que um sistema pode sofrer após concluído.

Normas de desempenho NBR 15.575: agrega em seu conteúdo uma extensa relação de normas já existentes, de diversas disciplinas, estabelece uma junção de incumbências entre os intervenientes do processo e auxiliam a estabelecer critérios embasados para a produção a construção civil.

Pré-fabricação off-site: é um processo de construção de componentes com medidas pré-estabelecidas desenvolvidas fora do canteiro de obras que serão transportados para o terreno para serem montados e assim formar o produto final. As partes são produzidas dentro de uma fábrica para otimizar o tempo de trabalho e os tipos de componentes dependem do tamanho do produto final e da complexidade de cada peça. Joseph Schoenborn (2012) explica em sua tese que a grande maioria dos edifícios construídos hoje usa alguma forma de pré-fabricação, portanto isso não é uma exclusividade da construção modular. As aplicações são diversas e incluem painéis de madeira, concreto, placas de fachada em diversos revestimento, *light steel frame* (LSF), elementos estruturais pré-fundidos, fôrmas, entre outros usos.

2.2 Tecnologias construtivas

Existem diferentes tecnologias na construção modular permanente, cujas nomenclaturas aqui adotadas são baseadas nos materiais utilizados em sua estrutura como o aço (*Steel Frame*, *Light Steel Frame* e contêineres navais), o concreto pré-moldado e a madeira (*Light Wood Frame*). A seguir serão apresentadas as principais características de cada sistema construtivo e posteriormente uma matriz para comparação das principais características de suas estruturas.

Light Steel Frame: O *Light Steel Frame* é um sistema construtivo industrializado que utiliza perfis de aço galvanizado, as quais são dobradas para formar estruturas de perfis. Os perfis do LSF são estruturais e por isso compõem a estruturação de módulos metálicos que são unidos através de aparafusamento, mas também podem ser utilizados sem função estrutural, como nas vedações de *drywall*. A Figura 8 representa um exemplo de módulo com vedações em LSF antes de receber os fechamentos.

Figura 8 Em destaque (vermelho), exemplo de vedação em LSF.



Fonte: Savassi (2019a).

Aço (*Steel Frame*): este é um material muito utilizado na construção modular no Brasil atualmente para estruturação dos módulos. Essas estruturas são compostas por perfis metálicos tubulares, sendo mais robustas que a do LSF. Podem ter diferentes formatos de seções, como retangulares, triangulares ou circulares. Em alguns casos, é utilizado nos módulos o aço galvanizado conferindo mais resistência e durabilidade ao conjunto.

É possível estruturar os módulos de diversas formas com a utilização do aço. Podem ter a principal sustentação pelos cantos, como pilares, gerando vãos como na fotografia da Figura 9 ou podem ter duas laterais rígidas e duas abertas.

Figura 9 Exemplo de chassis em aço.



Fonte: Savassi (2019a).

Este tipo de estrutura por ser mais robusta e oferecer um visual mais “limpo” externamente, é muitas vezes explorado do ponto de vista estético, tornando-se parte do partido arquitetônico do projeto.

Concreto pré-moldado: a construção modular pode ser realizada com concreto pré-fabricado. Assim como nas demais tipologias, os componentes que compõem o produto final são confeccionados dentro de uma fábrica por métodos industriais baseados na produção em série, a fim de otimizar a produção e reduzir o prazo de entrega.

A Figura 10, da MRGB, empresa especializada na fabricação de módulos de concreto armado para construções residenciais, mostra um módulo de um dos ambientes da casa sendo posicionado no local final de montagem.

Figura 10 - Módulo em concreto de um ambiente sendo posicionado.



Fonte: MRGB (2021).

Light Wood Frame: este método construtivo utiliza perfis de madeira para montar o esqueleto da construção, o que se assemelha muito ao LSF, exceto pelo material principal. A montagem também funciona de forma similar, são utilizados perfis de madeira mais robustos para estruturação e perfis mais esbeltos e sem função estrutural para os fechamentos. A Figura

11 mostra a divulgação feita pela empresa brasileira Aratau a respeito do içamento de um módulo construído em *Light Wood Frame* durante a montagem no canteiro de obra.

Figura 11 - Módulo em Light Wood Frame.



Fonte: Aratau (2021).

Contêineres: são muitas vezes associados a módulos habitacionais por sua similaridade geométrica e o uso cada vez mais recorrente na construção civil. A confusão é compreensível tendo em vista que possuem dimensões aproximadas definidas pela questão da logística. O contêiner é um volume de aço que foi fabricado com o propósito de servir para transporte de cargas, essencialmente marítimo e que possui uso limitado de reutilizações para este fim. Nos últimos anos eles começaram a ser modificados e adaptados para que fossem utilizados com outros propósitos inclusive como habitação. A Figura 12 é um exemplo do uso contêiner para uma moradia estudantil em Amsterdã construída com 1034 containers reciclados. A construção levou menos de 1 ano para ficar pronta e a empresa Tempohousing precisou modificar 40 contêineres por dia para suprir a demanda dentro desse prazo.

Figura 12 - Projeto Keetwonen de uma moradia estudantil feita com contêineres em Amsterdã.



Fonte: ALVES (2017).

A matriz (Tabela 2.1) classifica as tipologias modulares estruturais abordadas no trabalho através de um sistema de ponderação, variando de “*” a “****”. Esta classificação retrata a percepção da autora ao longo do estudo da bibliografia acerca da construção modular e, portanto, compara sem base em dados provenientes de ensaios laboratoriais.

Esta matriz propõe a comparação de módulos 3D executados com os materiais apresentados, portanto não leva em consideração o sistema como um todo. É importante ressaltar que só existe desempenho quando se considera o sistema completo, ou seja, incluindo as vedações e outros tratamentos necessários para garantir habitabilidade adequada.

Os parâmetros analisados na elaboração da matriz foram os seguintes:

Resistência mecânica: diz respeito aos esforços mecânicos que os módulos suportam. Está relacionada à capacidade do material de resistir ou transmitir estes esforços aplicados sem romper e sem deformar.

Peso: é levado em consideração o peso do módulo pronto, pois isso dita qual equipamento é o mais adequado para realizar içamento e posicionamento no canteiro.

Mutabilidade: considera-se a capacidade de adaptação dos módulos com esses materiais após conclusão como em casos de reformas, ampliação de ambientes, aberturas de vãos, entre outros.

Resistência à umidade: antes de receber qualquer tipo de impermeabilização, os materiais oferecem maior ou menor capacidade de resistir à umidade, característica que deve ser levada em consideração na especificação dos tratamentos adequados e na avaliação de risco de possíveis infiltrações.

Comportamento térmico: tem relação com a condutividade do material da estrutura do módulo quando submetido às variáveis climáticas e às condições de uso dos ambientes, como por exemplo o resfriamento ou a geração de calor devido à presença de pessoas e equipamentos no interior dos ambientes.

Resistência ao fogo: considera-se maior ou menor resistência ao fogo dos materiais estruturais, os quais devem receber tratamento adequado para suportar por mais tempo a ação do incêndio, impedindo sua propagação por um período e preservando a estabilidade estrutural do conjunto.

Necessidade de manutenção: a manutenção é um processo necessário em qualquer edificação que inclui serviços para prevenir ou corrigir a perda de desempenho decorrente da deterioração dos seus componentes, mas cuja frequência pode variar de acordo com o material utilizado na estrutura do módulo.

Tabela 2.1 Matriz comparativa das tecnologias modulares

	Resistência mecânica	Peso	Mutabilidade	Resistência à umidade	Conforto térmico	Resistência ao fogo	Necessidade de manutenção
Light Steel Frame	**	*	***	*	**	*	***
Aço (Steel Frame)	***	**	**	*	**	**	**
Concreto	***	***	*	***	**	***	*
Light Wood Frame	**	*	***	*	***	*	***
Contêiner	***	**	**	*	*	**	**

Fonte: Elaborado pela autora.

Ressalta-se que todos os itens abordados podem ser contornados pela aplicação dos tratamentos adequados. Portanto, cabe aos projetistas e executores conhecer os materiais para especificá-los e aplicá-los corretamente.

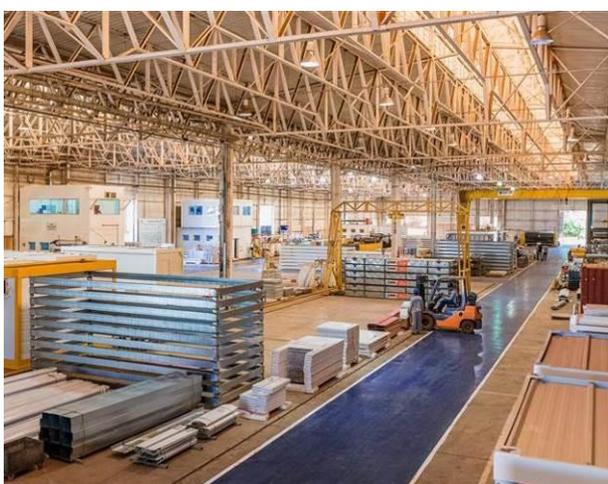
2.3 Vantagens da construção modular sobre a construção tradicional

Neste item serão apresentadas as principais vantagens presentes na construção modular em relação à construção tradicional.

Controle de qualidade: o alto nível de detalhamento e definições de projeto contribui para redução de retrabalhos provenientes de uma compatibilização incipiente e também para um maior controle sobre a qualidade na produção dos módulos. A proximidade física dos funcionários responsáveis pelo controle com o produto que está sendo desenvolvido dentro do ambiente fabril facilita a identificação de falhas mais rapidamente, assim como a realização das correções necessárias. A redução de falhas e/ou do tempo de correção é significativamente favorável ao cumprimento dos cronogramas de construção.

Redução do tempo de execução: a redução do tempo de construção geral deve-se principalmente à possibilidade de execução de atividades de produção paralelas dentro e fora do canteiro de obras. Enquanto o processo de fabricação ocorre na fábrica, inicia-se a execução simultânea de atividades *on-site*. A produção dentro do canteiro na construção modular é um processo simplificado e resume-se à preparação do terreno para suportar as cargas e à conexão aos serviços principais de infraestrutura e, à montagem dos módulos. A Figura 13 demonstra a organização dos componentes dentro da fábrica da empresa CMC, um ambiente controlado. Já a Figura 14 ilustra um canteiro de obras tradicional de construção *in loco*.

Figura 13 – Exemplo de produção modular na fábrica.



Fonte: Machado e Xavier (2020).

Figura 14 Exemplo de canteiro de obra convencional.

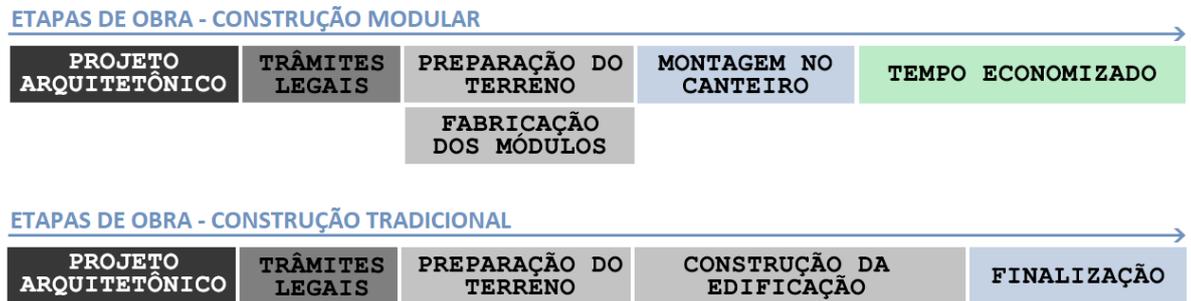


Fonte: Pereira (2018).

Para garantir a montagem no menor prazo possível é preciso alinhar a logística da chegada dos módulos no canteiro de obras com os equipamentos e os funcionários que irão realizar o serviço.

A Figura 15 é um esquema que representa de forma genérica um cronograma de execução da construção modular em comparação a construção tradicional e a redução no prazo de execução gerado.

Figura 15 – Esquema comparativo com base em tempo de produção.

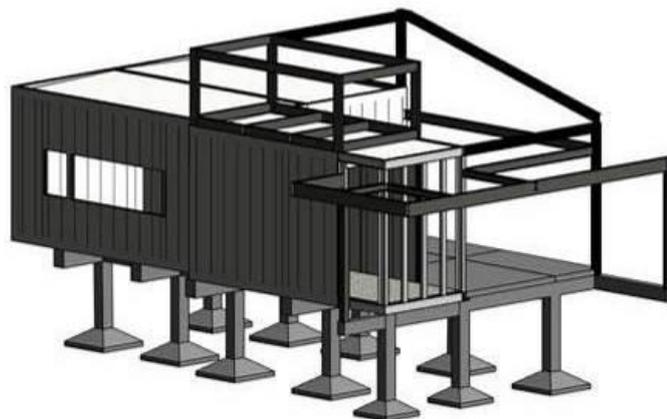


Fonte: Adaptado de MBI (2021).

Além do ganho na otimização da fabricação é possível obter uma redução mais significativa no prazo de fabricação e montagem se o projeto arquitetônico for realizado adotando a padronização aliada ao conceito da modularidade.

Fundações em terrenos complexos: a construção modular permite que terrenos complexos sejam mais bem trabalhados, uma vez que a execução da fundação é feita simultaneamente à produção dos módulos. Além disso, existem tipologias de fundação que são menos robustas que as estruturas necessárias para construção convencional. De acordo com Hugo Machado, o gerente de engenharia da empresa CMC Módulos Construtivos, os tipos de fundação mais utilizados na construção modular pela empresa são sapata isolada ou sapata corrida. A Figura 16 representa um esquema de um projeto residencial onde foi utilizado sapata isolada para suportar as estruturas. Este é um bom recurso para terrenos com grandes desníveis ou com baixa capacidade de sustentação.

Figura 16 Modelo 3D de projeto modular com representação da fundação sapata isolada.



Fonte: Machado e Xavier (2020).

A Figura 17 representa um projeto também da CMC / Lafaete, porém com o uso de sapata corrida na fundação. Esta é uma solução mais economicamente viável e pode ser usada em terrenos menos complexos quanto aos desníveis.

Figura 17 – Modelo 3D de projeto modular com representação da fundação sapata corrida.



Fonte: Machado e Xavier (2020).

Independência das condições climáticas: como as atividades de construção são realizadas dentro da fábrica o impacto por intempéries é mínimo no procedimento de construção. Durante todo o processo dentro da fábrica a produção fica protegida pelo ambiente fechado garantindo a proteção dos funcionários e toda a produção. Portanto, dificilmente o cronograma de produção irá sofrer alterações por condições climáticas.

Previsibilidade orçamentária: como na construção modular tudo precisa ser detalhado na etapa de projeto, as previsões orçamentárias e de prazos de execução podem ser muito precisos, ainda mais quando utiliza-se o conceito BIM como aliado. Isso não significa que a obra modular será mais barata que a tradicional, mas sim que o valor gasto poderá ser estabelecido antes que os serviços sejam iniciados evitando gastos não planejados durante a execução.

Personalização e ampliação: assim como a construção tradicional, a construção modular também permite a personalização. No entanto, os edifícios modulares são adaptáveis às necessidades dos clientes e usuários no sentido de que é possível desenvolver um projeto no qual novos módulos possam ser acoplados criando novos espaços e ampliando a área construída sem afetar a existente.

Gestão e controle da produção facilitados: cada componente precisa ser estudado, planejado e projetado conforme padrões rigorosos, para que os encaixes sejam perfeitos e, conseqüentemente, sejam obedecidos os níveis de segurança, conforto termoacústico, durabilidade e de resistência estabelecidos pela Norma de Desempenho (ABNT, 2013), a qual abrange os principais sistemas de uma edificação: estrutura, vedações horizontais e verticais, cobertura e instalações. Como toda a execução dos módulos é feita dentro de uma fábrica o processo de gestão da produção é facilitado, pois otimiza a coordenação das equipes que não precisam se deslocar até o canteiro, possibilita maior controle dos materiais e também na reprodução dos componentes com menor margem para erros, pois os módulos são produzidos em operação contínua, automatizando e mecanizando tarefas repetitivas e, algumas vezes, usando robótica.

Segurança na produção dos módulos: segurança sempre é uma grande preocupação nos canteiros de obra por concentrarem atividades de maior risco. O modelo de fabricação dentro das fábricas proporciona um ambiente mais ergonômico e adequado ao trabalho humano, sem exposição às intempéries e com controle de temperatura e umidade. O rendimento dos funcionários também é afetado de forma positiva por esta condição, pois além de estarem em um ambiente mais ameno, com riscos mais controlados, podem ser acrescentados turnos de acordo com a demanda. Este item diz respeito às etapas de fabricação, pois durante a montagem dos módulos no canteiro os profissionais também precisam adotar medidas de segurança adequadas para enfrentar os desafios impostos pela dinâmica da construção modular.

Sustentabilidade com o reaproveitamento, menor desperdício e adoção de componentes não pulverulentos: a adesão à construção modular proporciona uma obra mais racionalizada e seca, diminuindo o desperdício de materiais, já que algumas peças podem ser reaproveitadas, além de reduzir a sujeira promovida pela aplicação de materiais pulverulentos. Outro ponto positivo é redução do incômodo sonoro no entorno da obra.

Os autores do artigo *Coordenação Modular e Arquitetura: Tecnologia, Inovação e Sustentabilidade* defendem que hoje o requisito principal da ecoeficiência da edificação, de um produto ou componente consiste na característica ambiental incorporada via projeto e produto. O produto modular é concebido com características de sustentabilidade, no que se refere ao processo de fabricação, estoque, distribuição, utilização e descarte adequado aos seus usuários e ao meio natural, no qual estes se inserem.

A fixação de conceitos de sustentabilidade determina que o melhor produto e o melhor processo são aqueles que forem melhores para a preservação do ambiente. Este conceito incorpora, portanto, aspectos de rentabilidade econômico-financeira, eficiência produtiva, qualidade de processo e de produto (FERREIRA; BREGATTO; D'AVILA, 2008).

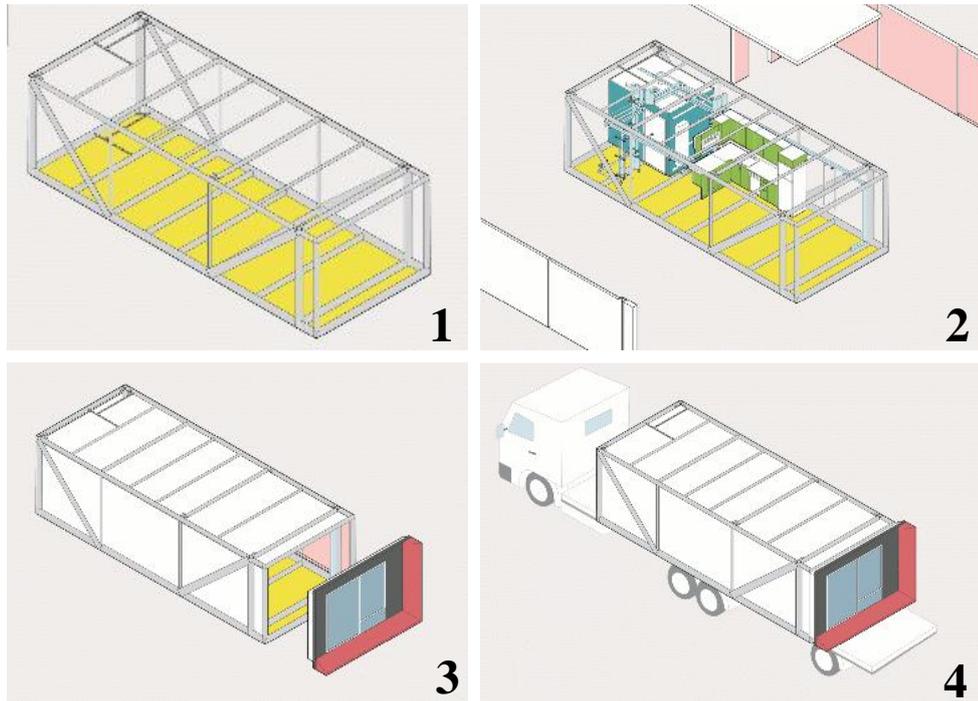
A construção civil no Brasil é grande geradora de impactos ambientais, quer seja pelo consumo de recursos naturais ou pela geração de resíduos ou desperdício. O entulho pode chegar a representar até 70% da massa total de resíduos sólidos urbanos de uma cidade brasileira de médio e grande porte (BABILON, 2008). Nos municípios paulistas, o volume de resíduos gerados é cerca de 75% do total gerado pelos municípios, enquanto que na construção modular a geração de resíduos está próxima de 1% (DE ARAÚJO et al., 2016).

O desperdício de materiais é um grave problema não apenas para a empresa que arca com as consequências das perdas, mas também para a sociedade. Na construção modular a redução da geração de entulho ganha destaque. Por se tratar de uma obra planejada com precisão que, conseqüentemente, pode reduzir o desperdício de materiais, tanto de matéria prima quanto de acabamentos. Outra situação aplicável é a possibilidade de realocação de uma construção para outro local com ou sem alteração de uso, o que além de evitar os gastos com uma construção, evita a emissão de poluentes no processo de produção, reduz a perda de materiais e elimina a necessidade de demolição, etapa que mais gera entulho.

O grande nível de detalhamento do projeto modular permite um maior planejamento na compra de materiais, aproveitando-se das partes remanescentes de cortes na fabricação de componentes de diferentes projetos. Também existe a possibilidade de uma maior organização no estoque de peças sobressalentes, sem a necessidade de grandes movimentações: em um processo tradicional, as sobras teriam que ser transportadas do canteiro de obras para um galpão central.

Mobilidade e montagem: o sistema modular permitiu grande avanços quanto à mobilidade na construção civil, pois invés do recebimento no canteiro de diversos materiais e equipamentos providos de diferentes locais e fornecedores, concentra-se todo o serviço de produção na fábrica e o trabalho fica reduzido ao deslocamento de produto pronto até o canteiro. A Figura 18 apresenta de forma esquemática o processo de produção dos módulos do projeto Edifício residencial B2 em Nova York de 32 andares que foram planejados para serem montados na fábrica e transportados prontos até o local de montagem.

Figura 18 Esquema de montagem e transporte do Edifício B2.



Fonte: ShoPArc (2020).

Outra facilidade do uso deste sistema é a possibilidade de realizar a montagem de grandes edifícios mesmo em locais sem área suficiente para manobra de caminhões e montagem de grandes canteiros de obras. Como é o exemplo do Edifício B2 apresentado na Figura 19 em que o edifício ficava próximo à uma avenida e o terreno não teria espaço suficiente para canteiro de uma obra tradicional, portanto a construção modular solucionou esse problema de logística, já que foi necessário apenas posicionar os guindastes para içamento das estruturas prontas e acoplamento foi feito no local.

Figura 19 – Edifício B2, em NY projetado por ShoP Architects.

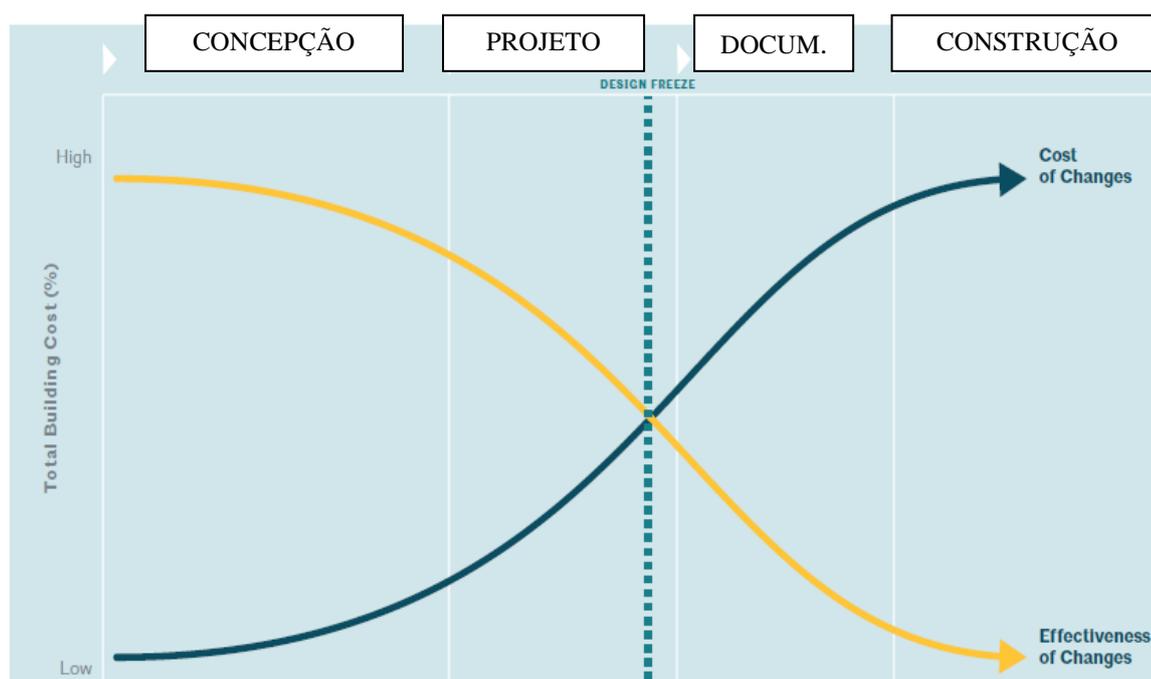


Fonte: ShoPArc (2020).

Além da mobilidade, existe a possibilidade de criar edifícios que possam ser movidos para outros locais ou então desmontados e remontados. Quando a intenção é que a construção seja realocável, esta deve ser projetada considerando que os componentes serão reutilizados e transportada para diferentes locais, de forma que sua estrutura possua a resistência e os encaixes necessários, adequando-as a esta condição. A facilidade de desmontar uma edificação modular e de torná-la em outro local abre amplas perspectivas no mercado imobiliário. Além disso, o emprego de construções modulares relocáveis reduz o consumo de matérias-primas e energia para construir um novo edifício e evita a geração de entulho com demolição o que também contribui para o aspecto da sustentabilidade, situação vivenciada pela autora durante a montagem dos abrigos temporários pela Prefeitura de São Paulo.

Menores custos com alterações: a antecipação de decisões de projeto minimiza os possíveis gastos extras gerados por alterações. O gráfico da Figura 20, retirado do manual *Design For Modular Construction: An Introduction For Architects* (AIA, 2019), faz um comparativo entre os custos de alterações e a eficácia das mudanças de projeto ao longo do ciclo de um empreendimento. A construção modular, por exigir a concentração de tomada de decisão na etapa de concepção de projeto, diminui a probabilidade de alterações na fase de construção quando o custo é mais elevado e as alterações serão menos eficientes.

Figura 20 – Gráfico de custos *versus* eficácia das mudanças de projeto.



Fonte: AIA (2019).

Padronização e repetitividade: a construção modular favorece os casos em que o tipo de estrutura tem um grau de repetibilidade. Isso não significa que projetos modulares geram edifícios iguais, pois a partir do momento que as estruturas são montadas, a disposição dos módulos e os revestimentos que irão definir a aparência final. A padronização de algumas medidas e a repetição de algumas soluções irão permitir que a construção alcance a eficiência esperada em uma construção modular. A questão da padronização é especialmente interessante em construções de moradias e hotéis. A Figura 21 mostra um edifício modular com 22 unidades que foi alugado pela Universidade da Califórnia, nos EUA, para acomodar seus estudantes. Este é um bom exemplo de como a padronização pode otimizar a construção a partir da repetitividade mantendo padrões estéticos elevados.

Figura 21 – Moradia estudantil *Shattuck Studios* na Universidade da Califórnia.



Fonte: (Google 2021)

2.4 Limitações da construção modular

Apesar das vantagens apresentadas na construção modular, a utilização desse método requer uma mudança significativa de mentalidade e métodos de trabalho. Infelizmente ainda existem limitações que impedem o avanço da indústria de construção modular que serão apresentados a seguir. Após identificar as restrições para a inovação, serão apresentadas possíveis soluções apontadas como “contornos”.

Alto nível de detalhamento do projeto arquitetônico: os projetos modulares levam mais tempo para serem produzidos, pois as decisões devem ser tomadas antes do início da fabricação e montagem para evitar ao máximo que haja alterações durante a produção dos módulos, o que afetaria o cronograma. Todos os detalhes precisam ser definidos e desenhados antes da produção, como a forma de acoplamento dos módulos, a sequência de carregamento dos caminhões, a sequência de montagem no canteiro assim como os demais passos.

A produção modular exige um alto nível de controle de projeto e execução. Toma-se como exemplo os sistemas de instalações prediais em uma edificação modular, nos quais nichos, *shafts*, bandejas e canaletas específicas para que os componentes hidrossanitários, elétricos, sistema de ar condicionado, entre outros sejam encaixados nos painéis durante a sua produção na fábrica. Dessa forma, não poderão sofrer ajustes durante a montagem no canteiro.

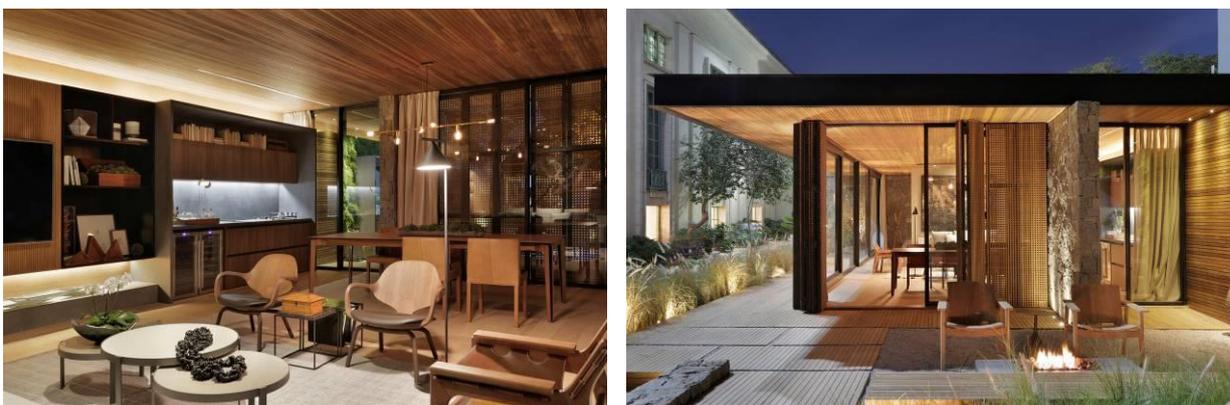
Contorno: Quanto mais projetos forem realizados, com o aumento da experiência e familiaridade com o processo, menor será o tempo para a tomada de decisões, que pode envolver a busca por informações, entendimento do contexto e do projeto. Além disso, maior será a biblioteca disponível nos softwares dos projetistas e, por consequência, menor será o tempo gasto no desenvolvimento da arquitetura e também menor a probabilidade de erro. Uma vez que a equipe de profissionais esteja alinhada com este processo ele se torna mais rápido e eficiente, principalmente se a modelagem estiver atrelada ao conceito BIM, cuja utilização é necessária para alcançar o alto nível de projeto e maximizar de resultados.

Resistência cultural dos clientes: a nomenclatura modular ainda é pouco conhecida e algumas pessoas que conhecem o termo ainda a tem com a velha reputação da habitação pré-fabricada como sendo uma opção feia e de má qualidade. É comum que algumas pessoas pensem que os edifícios produzidos com esses módulos de mesmo formato e dimensão reflitam a mesma intenção de design. No entanto, os módulos oferecem muitas possibilidades de acabamento e revestimentos que irão compor o projeto final, que em alguns casos torna difícil de distinguir uma construção modular de uma tradicional. Trata-se da padronização do processo e não do produto.

Contorno: a melhor forma de superar esta percepção equivocada é apresentar soluções bem-sucedidas com elevada qualidade deste método construtivo versátil, que ressaltam os benefícios da construção modular. (SCHOENBORN, 2012). A personalização é um grande aliado dos clientes da construção modular, pois as escolhas de acabamentos, texturas, cores e equipamentos não impactam na velocidade de produção, desde que as decisões de

personalização sejam feitas nas fases preliminares do projeto. Isso é demonstrado nas imagens da Figura 22, um projeto modular com design sofisticado, elaborada pelo escritório Duda Porto Arquitetura para a Casa Cor São Paulo.

Figura 22 – Vista interna e externa da Casa Lite.



Fonte: Pereira (2019).

Resistência dos projetistas: no Brasil já existe uma resistência muito grande na contratação de arquitetos e engenheiros para realizar obras ou reformas por terem o conceito enraizado de que é um serviço caro. Sabendo desta situação que ocorre utilizando os métodos construtivos tradicionais se torna ainda mais difícil convencer o público a investir em um novo método construtivo. Com o aumento da demanda do mercado imobiliário e o surgimento de novas tecnologias, é natural que os profissionais precisem acompanhar esse ritmo para estarem atualizados e garantirem seu lugar no mercado de trabalho. No entanto, além da resistência cultural mencionada anteriormente, existe uma resistência por parte das construtoras com relação a novos sistemas, programas e métodos construtivos.

Contorno: Quanto mais informações existirem sobre o método construtivo desde o projeto à montagem, mais profissionais irão tomar conhecimento das vantagens e possivelmente aderir a esta nova técnica e por consequência novos clientes começarão a se interessar por esta tecnologia.

Resistência cultural dos trabalhadores: A construção civil tradicional é o um setor que tem forte função social de absorção de mão de obra sem qualificação então esta situação acaba gerando conflito de interesse com o mercado existente. Supõe-se que existem pessoas suficientes para atuar nos diversos setores da construção civil já que a demanda é crescente.

Porém, este ainda é um grande obstáculo a ser vencido, uma vez que é necessário investimento inicial de recursos (inclusive tempo do trabalhador) em treinamentos específicos antes de iniciar o trabalho.

Contorno: para vencer este obstáculo é preciso apresentar às pessoas as vantagens em se trabalhar com uma tecnologia inovadora que pode garantir o crescimento conjunto das empresas e dos profissionais nela empregados. Inclusive muitas empresas oferecem cursos para capacitar seus funcionários.

Manutenção: a maior dificuldade na questão da manutenção do sistema modular em LSF/LWF é visualizar onde esta ação se faz necessária, pois toda a estrutura fica envolta pelas camadas e revestimento, dificultando a identificação da necessidade de reparos, como por exemplo algum ponto de corrosão.

Contorno: elevar a construção do solo facilita a inspeção e a manutenção. Além disso, essa opção evita contato direto com umidade do solo, que juntamente com os tratamentos adequados garantem a estanqueidade do conjunto diminuindo a necessidade de manutenção por deterioração. Quanto à manutenção geral da construção, uma solução é ter planos de manutenção preestabelecidos para serem passados ao cliente. A empresa Lafaete, por exemplo, entrega ao cliente um guia destas atividades de manutenção a serem feitas na construção e também fica responsável pela edificação durante 5 anos.

Vale lembrar que os usuários têm responsabilidade sobre o correto uso e manutenção da edificação em atendimento às disposições da norma de Manutenção de Edificações (ABNT, 2012), não podendo efetuar modificações sem prévia consulta a profissionais especializados e ao fabricante dos módulos, devendo manter em arquivo a documentação comprobatória das atividades de manutenção realizadas durante a vida útil.

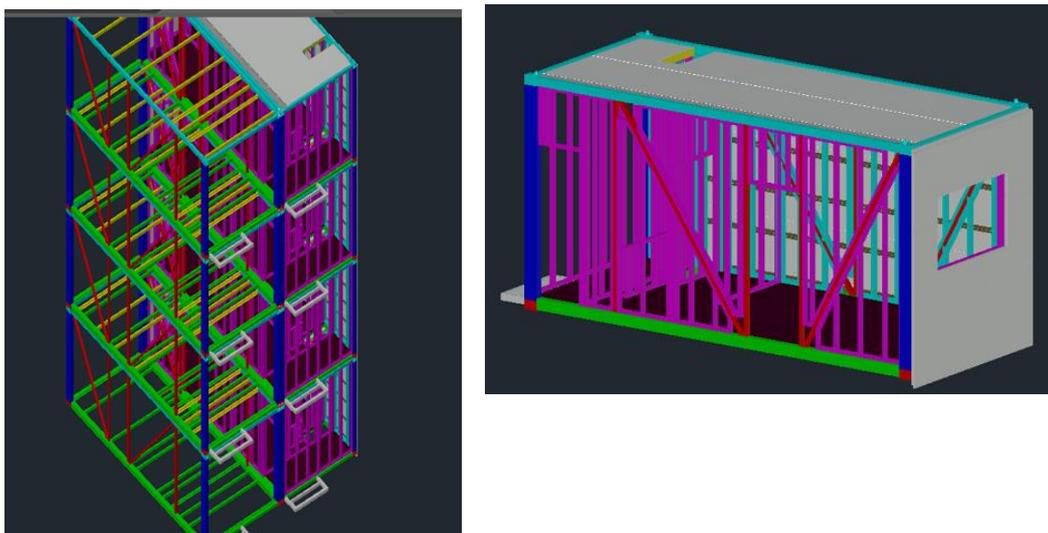
Modelagem BIM: o uso da tecnologia BIM é também uma limitação, pois o número de projetistas e engenheiros que dominam e utilizam a ferramenta ainda é muito pequeno. Ou seja, mesmo quando os escritórios desenvolvem projetos BIM, algumas construtoras não possuem equipes com conhecimento na plataforma que saibam analisar e lidar com a tecnologia.

Contorno: é necessário que exista o interesse em todas as partes envolvidas em promover cursos de especialização para que os profissionais comecem a se adaptar a esta nova tecnologia. Infelizmente é um processo longo que será implementado aos poucos, mas já

vem surtindo resultados nas empresas que estão fazendo uso desta ferramenta, como é o caso da Lafaete, Brasil ao Cubo entre outras.

Schoenborn (2012) listou o surgimento da tecnologia BIM como um fator que alimenta o interesse nas indústrias de construção modular. A vantagem desta tecnologia é poder produzir um modelo incluindo os detalhes referentes a cada componente, montando-a virtualmente, entendendo o seu comportamento, mesmo antes da sua produção e montagem provocando ganho de tempo e avanços na montagem modular e na simulação do seu sequenciamento. Os componentes são modelados incorporando todos os detalhes, inclusive os parafusos, para que qualquer profissional de projeto ou de execução possa ter acesso a um único modelo compatibilizado com todas as informações necessárias ao entendimento e montagem no chão de fábrica. A Figura 23 é um exemplo de um projeto de um edifício residencial de quatro pavimentos que foi modelado utilizando a tecnologia BIM pela empresa Lafaete.

Figura 23 – Imagem do software com modelagem em BIM de um edifício modular.



Fonte: Machado e Xavier (2020).

Dimensões limitadas pela condição de transporte: este tipo de construção possui suas dimensões limitadas à dimensão dos caminhões, que por sua vez são limitados pela legislação de transporte.

Contorno: apesar da dimensão dos módulos serem limitadas ao tamanho da prancha dos caminhões é possível criar espaços amplos desenvolvendo projetos com módulos particionados e com aberturas laterais, de forma que quando acoplados no canteiro alcancem o resultado esperado com grandes vãos. Caso os pilares laterais do módulo afetem o design

projeto, é possível aparafusar pilares para o transporte e retirá-los no canteiro, como apresentado na Figura 24 em uma obra da Brasil ao Cubo onde quatro módulos foram transportados individualmente com os pilares de apoio e depois foram suprimidos.

Figura 24 – Detalhe de postes suprimidos em obra da Brasil ao Cubo



Fonte: Savassi (2019a).

Logística antecipada: a logística é um fator determinante quanto à montagem da construção modular. No Brasil, o principal meio de transporte é o rodoviário, portanto depende-se de boas estradas para poder transportar módulos prontos das fábricas até os terrenos. E claro, além do transporte nas estradas é necessário verificar a infraestrutura ao longo do caminho para identificar se o trajeto do caminhão está livre até o destino final. E por fim, chegando no canteiro, se existe área suficiente para manobra e movimentação dos caminhões e guindastes para a montagem dos módulos. A logística também é o fator que determina as dimensões limite dos módulos, pois estes precisam caber no caminhão para serem transportados. Todo veículo deve atender a determinados limites de largura, altura e comprimento para circular, conforme sinalização e regulamentação existente em cada local ou devem seguir os limites máximos expressos na Resolução do CONTRAN nº 210/06 de 2,60m de largura; 4,40m de altura e 14m de comprimento. Caso o caminhão tenha dimensões maiores do que as estipuladas, exige-se a Autorização Especial de Trânsito (AET), que deve ser solicitada ao órgão ou entidade executivo de trânsito ou rodoviário. É possível transportar módulos com até 3.20m de largura com a AET, além desta medida é necessário contratar escolta.

A Figura 25 mostra a chegada do módulo residencial pronto ao terreno, projetado pelo escritório Mapa para ser instalado em uma cidade no Rio Grande do Sul. O módulo na imagem possui dimensões adequadas ao tamanho da prancha do caminhão, o que permitiu seu transporte até o local de instalação.

Figura 25 – Residência MINIMOD sendo transportada para o terreno.



Fonte: MAPA (2014).

Contorno: Quanto ao transporte, antes de iniciar-se um projeto modular é necessário verificar se as condições no local são favoráveis a este tipo de método construtivo no que diz respeito à distância da fábrica até o canteiro de obras, interferências no caminho e dimensões dos módulos. Quanto à limitação das dimensões do módulo, é possível contornar esta situação através do detalhamento do projeto arquitetônico, adotando as dimensões limite como premissas ao desenvolvimento do projeto adequando o tamanho do módulo ao caminhão que poderá efetuar o transporte. Em alguns casos é possível dividir em módulos menores e trabalhar melhor nas junções durante a montagem.

Desembolso total: a velocidade na construção modular é uma grande vantagem no mercado, no entanto, isso faz com que o investimento do cliente seja maior em um curto período de tempo se tornando uma limitação.

Enquanto as fábricas e as construtoras também enfrentam diversas barreiras até conseguirem iniciar a produção dos módulos, pois estão sujeitos à tributação do Imposto sobre Produto Industrializado (IPI) e do Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços

(ICMS), à quantidade limitada de matéria prima no mercado e sofrem com a flutuação do dólar sobre os produtos importados.

Contorno: Tentando compensar essa questão do investimento elevado fornecedores buscam focar nos benefícios financeiros da velocidade da construção em comparação com um edifício construído de forma tradicional ou através da oportunidade de transformar lucros mais cedo. A economia na construção modular não está relacionada com custo total de obra, mas através da otimização de materiais, eficiência e engenharia de valor. A engenharia de valor identifica e remove gastos desnecessários, maximizando o valor do edifício em colaboração ao design.

Falta de padronização do processo: Ainda não existe uma forma padrão de se trabalhar com a arquitetura modular, o que dificulta sua implementação no mercado. Atualmente as empresas que atuam com construção modular adotaram duas formas de trabalho. Em uma delas a empresa possui uma equipe de projetistas que adaptam um projeto desenhado para construção tradicional para um projeto modular. Esta é uma solução viável para este momento para que o mercado tome mais familiaridade com o método construtivo, no entanto, aumenta o tempo de elaboração de projeto. A outra forma de trabalho é a adoção de módulos de projeto prontos para os ambientes que podem ser conectados de acordo com a necessidade do cliente final. Esta solução facilita a produção na fábrica e gera grande economia de tempo de projeto, mas exige habilidade dos arquitetos em montarem soluções compatíveis com a necessidade do cliente.

Contorno: O tema da construção modular ainda é muito recente no Brasil e por isso, não é possível adotar uma das soluções apresentadas como sendo a correta. Independente da forma de trabalho adotada pelos profissionais vale apontar que seria interessante que projetistas elaborassem uma espécie de catálogo dos módulos em conjunto com um fabricante para que o desenvolvimento do projeto, assim como a execução da obra fosse facilitado.

3 ANÁLISES DE PROJETOS MODELO

3.1 A construção modular no mundo

Com o avanço das tecnologias construtivas a indústria ganhou experiência e com isso a construção modular tornou-se cada vez mais versátil e tem sido utilizada em projetos de moradia, educação, saúde, edificação comercial, governamentais e de varejo. De acordo com um relatório publicado pelo *Modular Building Institute*, uma análise da participação de mercado de construção modular permanente na indústria da construção norte-americana aponta que de 2014 a 2016 expandiu-se por vários setores. De acordo com o relatório estatístico anual do setor de construção *Modular Building Institute* de 2018 (OSCC, 2018), com base em uma pesquisa realizada em 252 empresas de fabricação modular, em 2017 a indústria de construção modular permanente impulsionou cerca de U\$7 bilhões em atividade de construção.

A seguir serão apresentados alguns projetos modulares internacionais.

Nakagin Capsule Tower

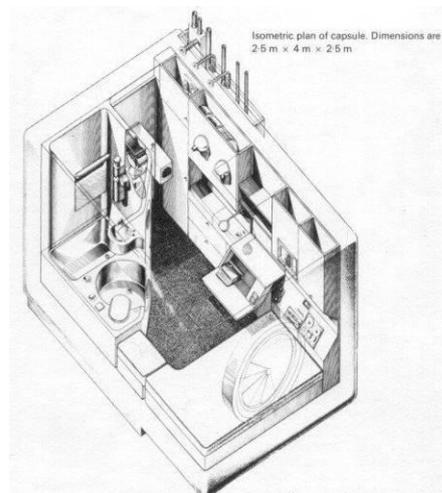
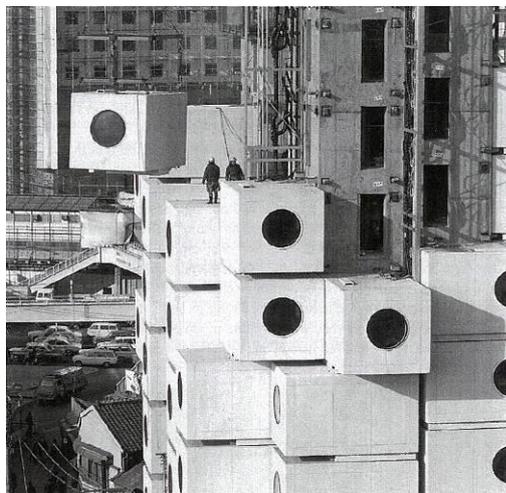
Projeto: arquiteto Kisho Kurokawa

Localização: Ginza Tóquio, Japão

Ano:1972

Este é um dos exemplos internacionais mais famosos com o uso de módulos, que neste caso foram denominados como cápsulas. O edifício é composto por dois núcleos centrais de concreto que suportam as 140 cápsulas pré-fabricadas. A Figura 26 apresenta, à esquerda, uma foto do processo de montagem do edifício em que as cápsulas eram encaixadas e acopladas ao *core* central de circulação. À direita, é apresentado um desenho esquemático do projeto de uma “cápsula tipo”. Destaca-se como a construção modular pré-fabricada é uma técnica que vem sendo utilizada há muitos anos, mas que ainda está sendo aprimorada.

Figura 26 – Construção do Nakagin Capsule Tower e “Cápsula Tipo”.



Fonte: BRITTO (2013).

Modular Ac Hotel Nomad da rede Marriott

Projeto: Danny Foster & Architecture

Localização: Nova York, Estados Unidos

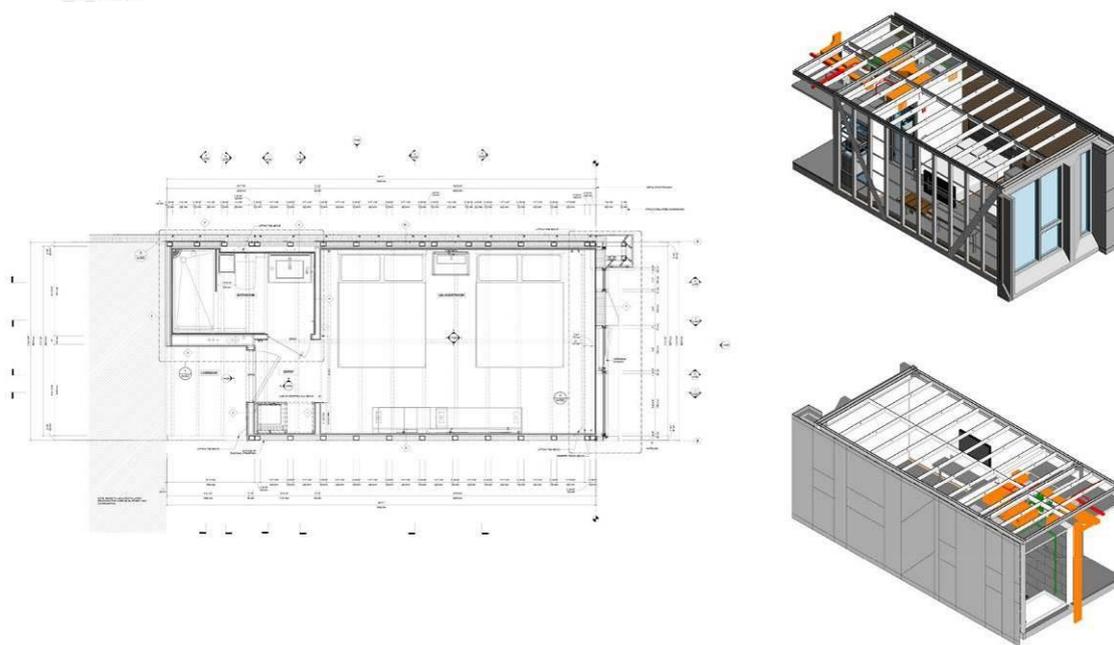
Nº de pavimentos: 26

Ano: 2020

Este projeto, constituído por 930 módulos metálicos tem o objetivo de ser o hotel modular mais alto do mundo. A iniciativa da rede Marriott reforça sua contínua busca de incentivar os desenvolvedores da sua rede de hotéis a adotar projetos modulares, o que consequentemente tende a despertar o interesse do mercado pelo uso desta tecnologia.

Os módulos para este projeto nos Estados Unidos foram construídos pela empresa DMD modular, cuja fábrica fica em uma pequena cidade na Polônia e depois de prontos foram transportados para Nova York. A Figura 27 apresenta a planta e os modelos 3D esquemáticos do protótipo do módulo de habitação utilizado no projeto do hotel. No esquema tridimensional é possível visualizar a estrutura metálica de sustentação do módulo permanente.

Figura 27 – Protótipo módulo usado na construção do Ac Hotel Nomad da rede Marriott.



Fonte: DANNY FORSTER & ARCHITECTURE (2021).

A Figura 28 mostra a planta do pavimento tipo (5º ao 22º pavimento) com 8 módulos por andar e cada um deles compondo uma unidade de habitação do hotel.

Figura 28 – Planta do pavimento tipo do projeto Ac Hotel Nomad da rede Marriott.



Fonte: DANNY FORSTER & ARCHITECTURE (2021).

A Figura 29 é uma fotografia do módulo finalizado no galpão da fábrica já com todos os acabamentos e instalações prontas. Após a conclusão, podem ser transportados para o local de montagem para serem acoplados uns aos outros de acordo com o projeto específico.

Figura 29 – Fotografia do módulo pronto na fábrica da empresa DMD Modular e abaixo a ilustração da fachada.



Fonte: DANNY FORSTER & ARCHITECTURE (2021).

A Figura 30 é uma ilustração realista da arquitetura da fachada mostrando os pavimentos inferiores (térreo ao 4º) que compõem a base do edifício construídos de forma tradicional em concreto.

Figura 30 – Ilustração realista da fachada.



Fonte: DANNY FORSTER & ARCHITECTURE (2021).

Webber Island HO4+

Projeto: Honomobo

Localização: Webber Island, Canada

Ano: 2019

Esta é uma residência unifamiliar modular que foi montada em uma ilha no estado de Ontario, no Canadá o que foi um desafio na questão de logística e montagem. A Figura 31 é uma fotografia durante o transporte do módulo por balsa até o terreno.

Figura 31 – Transporte e içamento dos módulos da residência modular *Webber Island HO4+*.



Fonte: HONOMOBO (2021).

Na sequência, na Figura 32 o guindaste está posicionando o módulo sobre a estrutura de sapatas no local. É possível visualizar que o módulo já possui os revestimentos internos, caixilhos e instalações prontas.

Figura 32 – Posicionamento do módulo da residência *Webber Island HO4+*



Fonte: HONOMOBO (2021).

A fotografia da Figura 33 mostra o interior da residência modular da Honomobo depois da montagem e acoplamento finalizados. Neste projeto foram acoplados dois módulos, conectados pela sua maior dimensão no sentido longitudinal. A conexão pode ser vista na mesma imagem no alinhamento do pilar que divide os ambientes.

Figura 33 – Fotografia do interior da Webber Island HO4+.



Fonte: HONOMOBO (2021).

3.2 A construção modular no Brasil

O Brasil possui um grande setor da construção civil que ainda é movido pelos sistemas tradicionais de construção, às vezes chamado de método artesanal, executada majoritariamente com assentamento de blocos com grande dependência da força bruta.

Visando a modernização, algumas empresas vêm tentando implementar novas técnicas construtivas como a da construção modular, trazendo mais precisão, eficiência, rapidez, flexibilidade e sustentabilidade para os edifícios.

Atualmente, o Brasil possui alguns escritórios e empresas desenvolvendo e executando projeto modulares em diversas localidades do país. O arquiteto Felipe Savassi, fundador do escritório Modular Studio, um escritório de arquitetura modular, e a fábrica CMC do grupo Lafaete, são os únicos membros brasileiros do *Modular Building Institute*. No entanto além destes, outras empresas vêm se destacando no mercado já com a proposta de aliar o método construtivo modular ao design de qualidade, como a Brasil ao Cubo, a Syshaus, e a Aratau,

dentre outras. A seguir serão apresentados alguns exemplos de projetos modulares executados por empresas brasileiras.

Escola Dinâmica

Projeto: Brasil ao Cubo

Localização: Florianópolis – Santa Catarina

Fabricação: 90 dias

Área construída: 2000 m²

Ano: 2020

O processo de criação foi buscar por uma solução tecnológica com a arquitetura modular para que a escola pudesse eventualmente aumentar sua área construída de uma maneira sustentável e rápida. Os módulos são produzidos com aço galvanizado com dimensionamento que permite empilhamento no futuro, montados sobre uma base de concreto, com vedações secas, cobertura metálica impermeabilizada e com telhas termoacústicas. A Figura 34 é uma fotografia da fachada da escola com conceito de arquitetura moderna.

Figura 34 – Fotografia da fachada da escola Dinâmica.



Fonte: BRASIL AO CUBO (2021).

A Figura 35 é uma fotografia do processo de posicionamento e montagem dos módulos que chegaram no canteiro já com acabamento, pintura, instalações e caixilharia. A

Brasil ao Cubo optou pela utilização de uma estrutura mais robusta, pois existe a possibilidade de expansão da escola com o aumento de mais pavimentos.

Figura 35 – Fotografia da etapa de montagem dos módulos.



Fonte: BRASIL AO CUBO (2021).

Projeto AT

Projeto: Modular Studio

Localização: Minas Gerais

Ano: 2019

Projeto desenvolvido pelo Modular Studio do arquiteto Felipe Savassi com a utilização de 4 módulos. Este projeto foi pensando para ser implantado em duas etapas, sendo a primeira etapa constituída da parte social da casa, com cozinha, salas de estar e jantar e suíte principal e, a segunda etapa com duas suítes adicionais.

Os módulos utilizados estão indicados na Figura 36, sendo a primeira etapa representada pelas cores azul e vermelha e os módulos da segunda etapa pelas cores verde e laranja como indicado na legenda. O posicionamento deles na imagem é a de implantação no terreno. A estrutura adicional nos módulos azul e vermelho foi adicionada para sustentar os reservatórios de água que irão abastecer a casa. O mais interessante desta abordagem é que para solucionar um problema técnico tirou-se partido da arquitetura então ao invés de tentar esconder este volume, ele tornou-se parte da fachada da residência.

Figura 36 – Ilustração da estrutura dos módulos no modelo 3D da residência AT.



Fonte: Savassi (2019^a).

A Figura 37 ilustra o projeto completo em corte esquemático na plataforma BIM para que seja possível visualizar os módulos em corte com suas respectivas cores. Existe um ambiente de transição com cobertura a ser instalada posteriormente que conecta os ambientes projetados para os módulos e que dá acesso à área externa de lazer.

Figura 37 – Ilustração de um corte do modelo 3D da residência AT.



Fonte: Savassi (2019b).

Na Figura 38 é possível visualizar a solução do projeto de arquitetura completo com o ambiente de transição e também a área externa.

Figura 38 – Ilustração modelo 3D completo da residência AT. Vista posterior.



Fonte: Savassi (2019b).

Esse conjunto de projetos nacionais e internacionais apresentados nos Itens 3.1 e 3.2 mostram como a arquitetura é um agente de materialização da tecnologia, que mostra que é possível tirar partido estético de um sistema subjugado como feio, podendo atender à necessidade dos clientes de todos os níveis sociais.

4 PROJETO AUTORAL

Adotaram-se condições fictícias para o desenvolvimento do projeto autoral. A concepção buscou desde o início a inovação, norteadas pelos princípios da construção industrializada que deveria abrigar com racionalidade o programa proposto. A localização escolhida é um terreno plano de 200m² na cidade de Santo Antônio dos Pinhais, no estado de São Paulo. A tipologia desenvolvida é residencial unifamiliar térrea cujo programa contempla os ambientes sala, cozinha, dormitório, banheiro, área externa de lazer e área técnica. Para isso, foram utilizados três módulos estruturados em aço tubular com fechamentos em *Light Steel Frame*. Este projeto foi desenhado utilizando plataforma BIM como uma abordagem de aproximação prática do processo real de concepção da arquitetura modular.

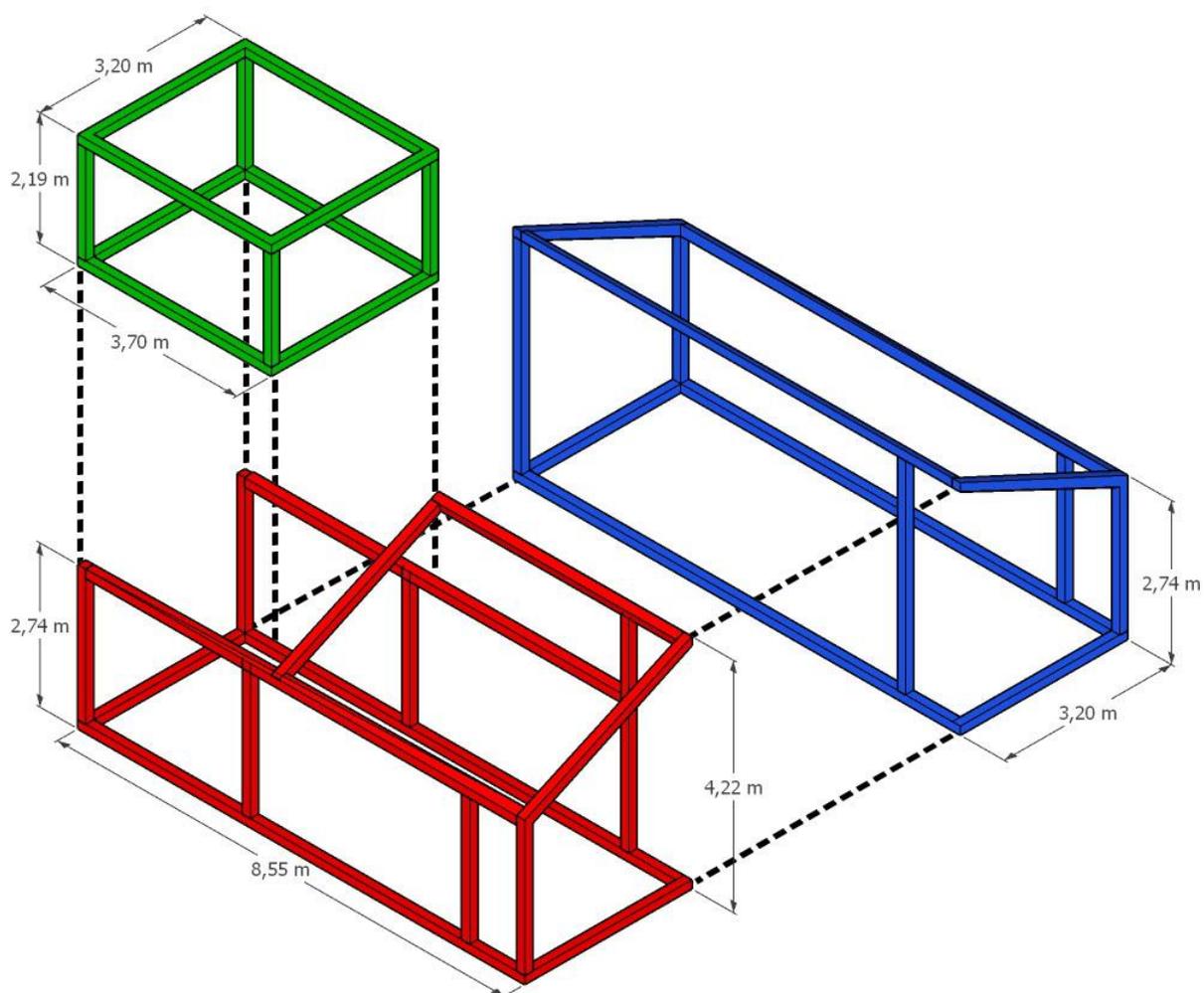
Neste capítulo serão apresentados os desenhos arquitetônicos e técnicos resultantes da experimentação mencionada, assim como as soluções adotadas para cada componente com base no estudo desenvolvido e apresentado pela autora. Posteriormente o projeto será exibido em uma representação gráfica realista para melhor compreensão do conceito modular e para o cumprimento da proposta que é demonstrar ser possível tirar partido do método construtivo industrial mantendo apelo estético.

4.1 Desenhos técnicos e detalhamento do projeto autoral

Neste projeto, a residência foi estruturada por dois módulos de aço galvanizado acoplados lateralmente na maior dimensão e o terceiro módulo da área técnica em um nível superior.

Estruturação dos módulos: 3 módulos 3D de aço galvanizado tubular 150x150mm que se unem como representado na Figura 39. Foi adotada a representação com cores diferentes para indicar o posicionamento da estrutura nos desenhos técnicos apresentados neste trabalho.

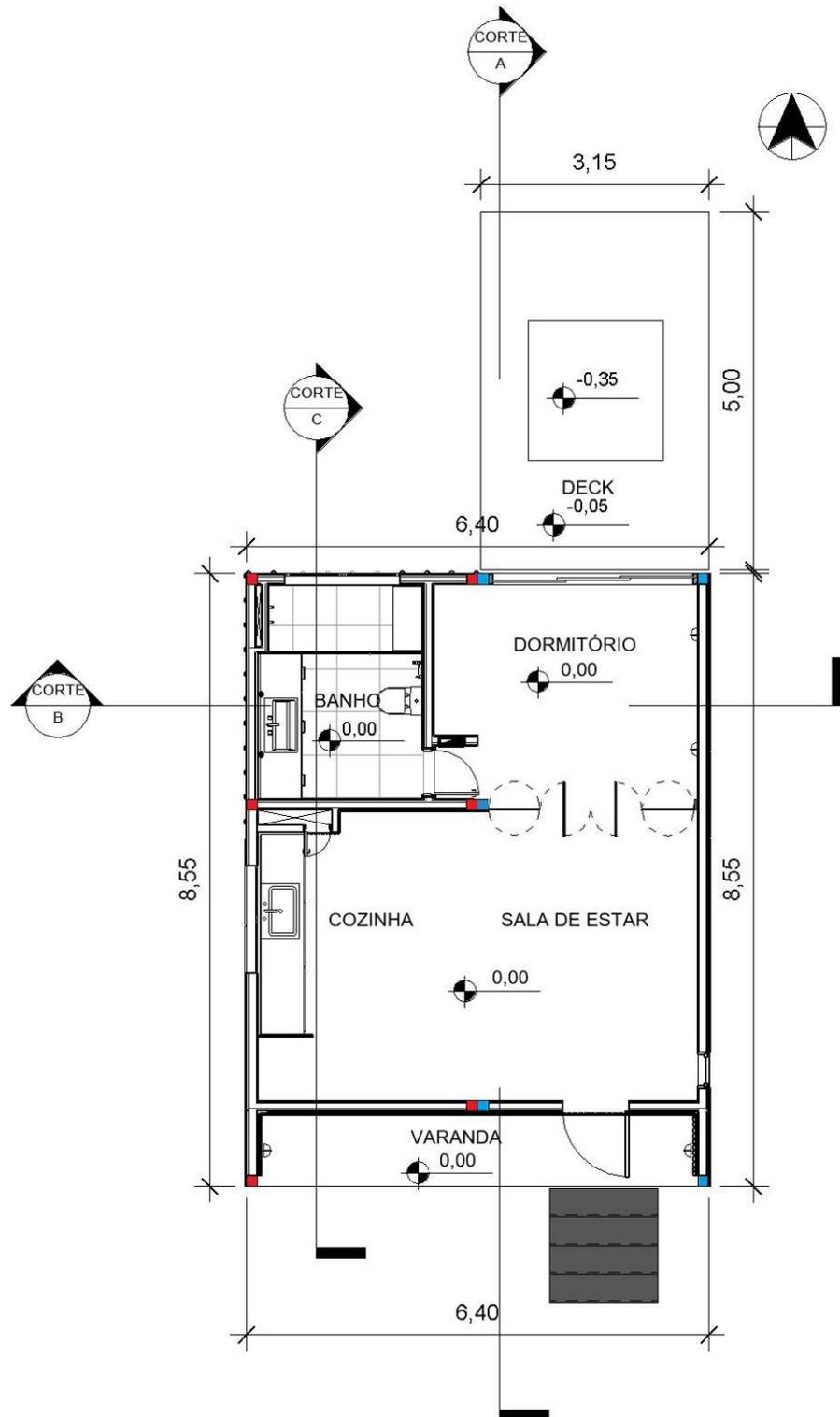
Figura 39 – Esquema com módulos do projeto.



Fonte: Elaborado pela Autora.

A seguir, a Figura 40 apresenta a implantação simplificada do projeto com a setorização do programa e com a estrutura em destaque, representada pelas cores vermelha (módulo da esquerda) que contempla a cozinha, sala de jantar e banheiro e; azul (módulo da direita) onde estão sala de estar e dormitório. Aqui são apontados os ambientes, as cotas gerais de nível e as indicações dos cortes A, B e C.

Figura 40 – Planta baixa arquitetônica em escala 1:75.

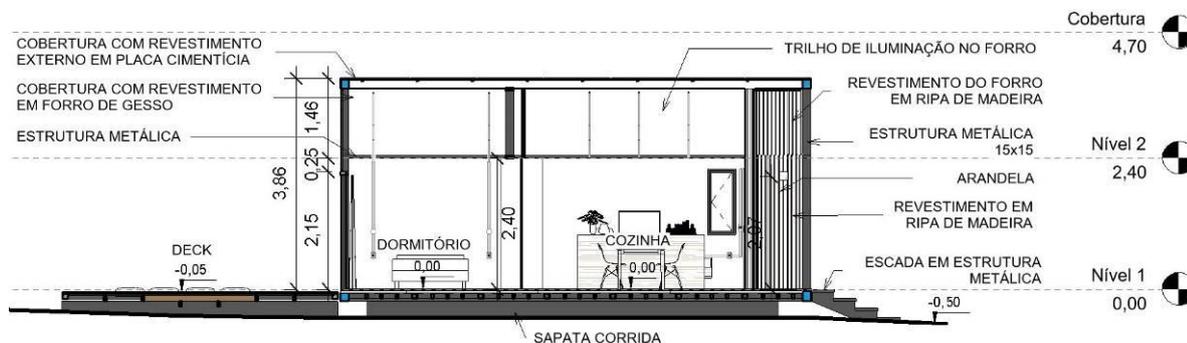


Fonte: Elaborado pela Autora.

Os cortes na arquitetura servem para mostrar os ambientes internos, detalhes construtivos e outras informações que não ficam aparentes na planta baixa. A seguir os três cortes serão representados com a indicação da estrutura com as mesmas cores da planta baixa, em vermelho e azul os módulos principais e em verde o módulo de área técnica.

A Figura 41 mostra o corte A longitudinal do projeto onde é possível visualizar alguns detalhes característicos da construção modular como a elevação da residência em 50 cm do solo, que neste caso foi feita utilizando fundação de sapata corrida de concreto.

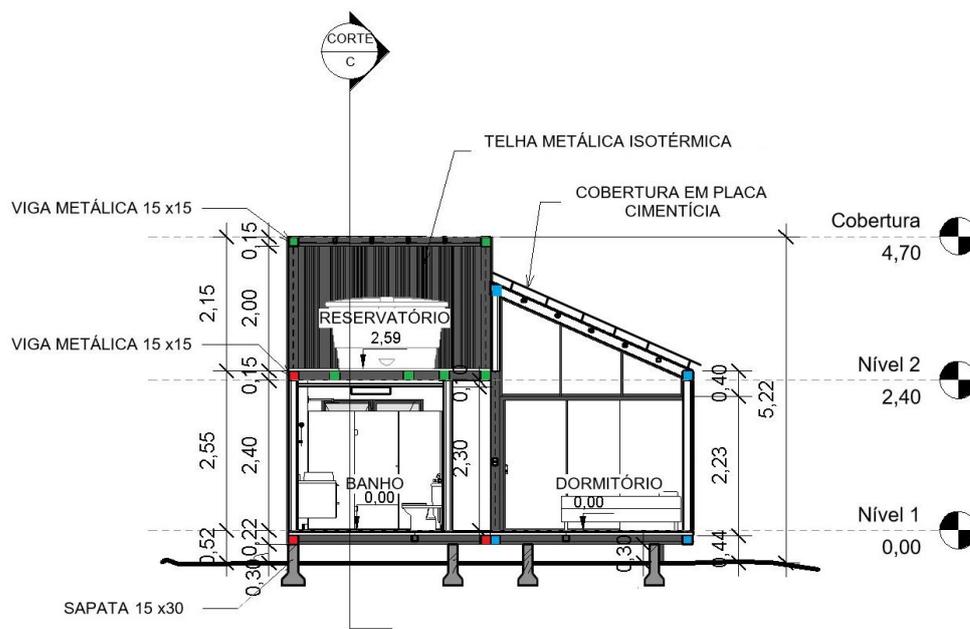
Figura 41 – Corte A longitudinal em escala 1:75.



Fonte: Elaborado pela Autora.

A Figura 42 mostra o corte transversal B do projeto passando pela área técnica do módulo à esquerda, onde fica o reservatório de água. Aqui é possível notar o formato no qual o módulo azul foi estruturado com a cobertura inclinada em relação ao piso por questão estética e também para que fosse possível dispensar o uso de calhas e por evitar o surgimento de pontos de acúmulo de água, no entanto é preciso evitar o escoamento direto da água da chuva da cobertura pela fachada, por isso é necessário utilizar perfis de canto para protegê-lo, como representado na Figura 43.

Figura 42 – Corte B transversal em escala 1:75



Fonte: Elaborado pela Autora.

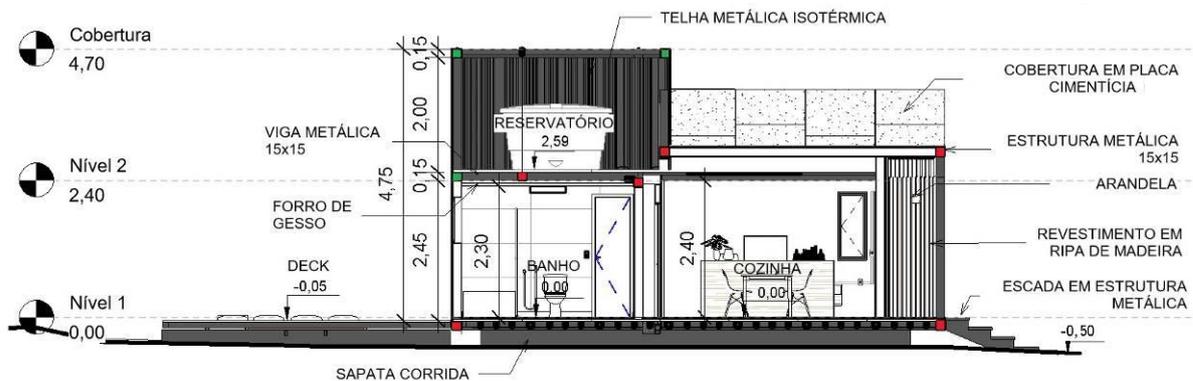
Figura 43 – Perfil de canto com função de pingadeira.



Fonte: Elaborado pela Autora.

A Figura 44 mostra o corte longitudinal denominado Corte C, que passa pela cozinha, banheiro e pelo módulo destinado à área técnica onde é possível visualizar a posição do reservatório de água. Vale destacar nesta imagem a dimensão do módulo técnico que avança sobre a cozinha para ficar sobre o *shaft*, facilitando a descida das tubulações hidráulicas.

Figura 44 – Corte B transversal em escala 1:75



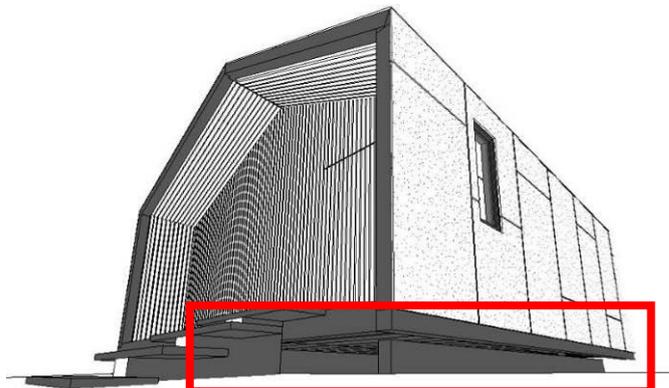
Fonte: Elaborado pela Autora.

A seguir serão apresentadas as soluções adotadas para cada componente.

Fundação: optou-se pela utilização de sapatas corridas de concreto com dois apoios em cada módulo no sentido longitudinal erguendo a residência do solo em 50cm para possibilitar futura manutenção e evitar que a estrutura metálica entre em contato com o solo.

A Figura 45 é uma representação do projeto com a fundação em destaque.

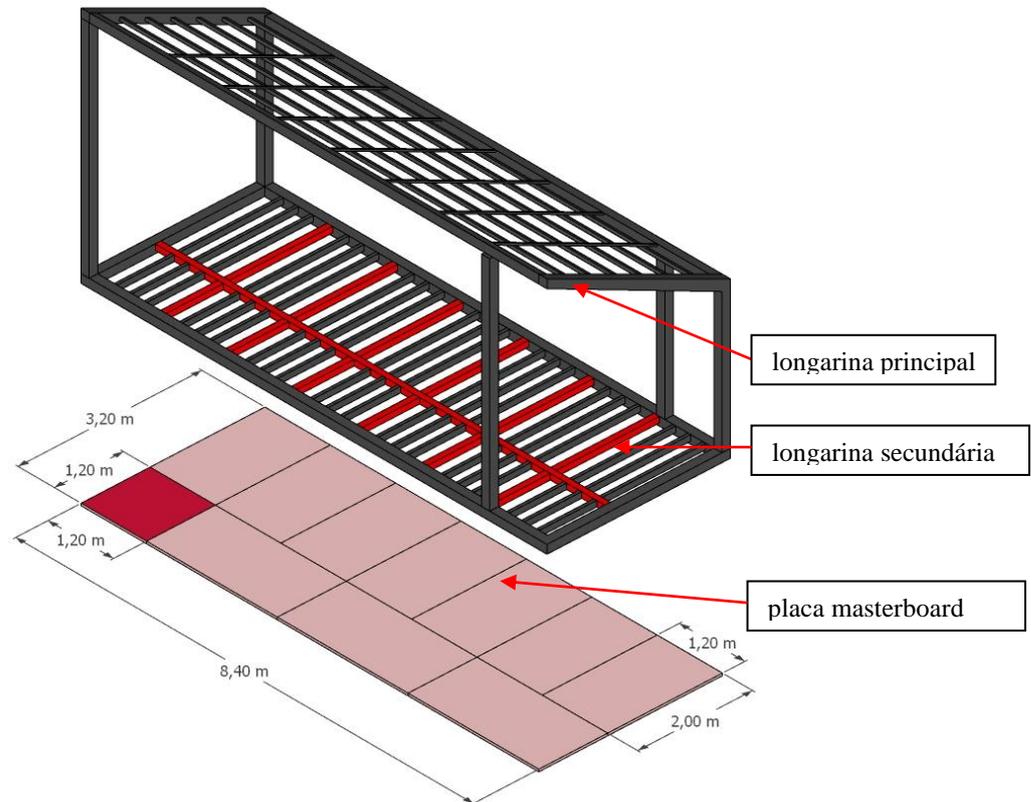
Figura 45 – Representação da fundação em sapata corrida.



Fonte: Elaborado pela Autora.

Estruturação do piso: longarinas principais de aço tubular de 100x100mm estão posicionadas no ponto de junção das placas cimentícias, nos pontos onde precisam de maior sustentação e as longarinas secundárias de 50x100mm que complementam a sustentação dividem os esforços. As placas cimentícias (1200x2000x40mm) foram pensadas de forma a obter o maior aproveitamento e o menor desperdício, e são dispostas diretamente sobre a estrutura metálica. A estrutura de aço e o posicionamento das placas cimentícias estão representados na Figura 46, na qual as longarinas principais estão destacadas em vermelho e as secundárias são apresentadas na cor cinza. No piso, a placa em destaque indica o único recorte necessário.

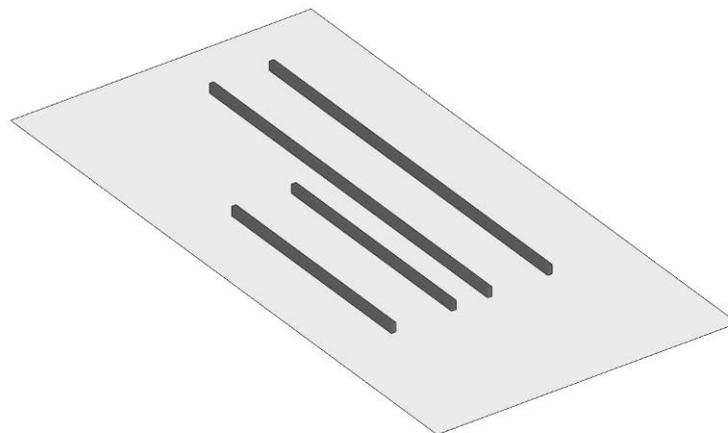
Figura 46 – Representação da estruturação do piso do módulo.



Fonte: Elaborado pela Autora.

Sequência de montagem dos módulos: o acoplamento e a montagem deste projeto seriam feitos seguindo a sequência apresentada nas imagens a seguir. Inicia-se com a Figura 47 que mostra o terreno preparado com a fundação em sapata corrida já posicionada e pronta para receber os módulos.

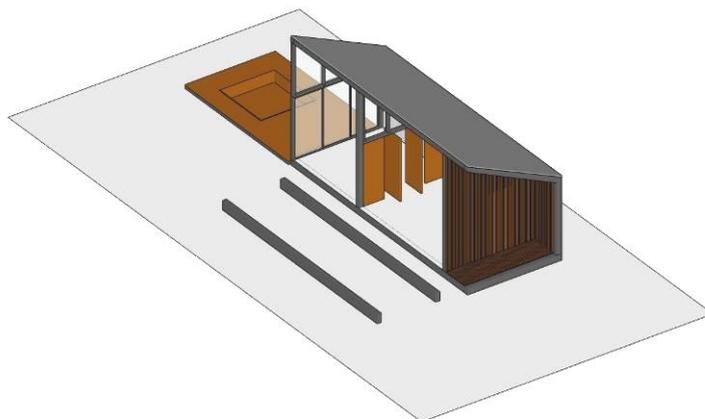
Figura 47 – Esquema com sequência de montagem: preparação do terreno.



Fonte: Elaborado pela Autora.

Na sequência, na Figura 48, o primeiro módulo, chega no canteiro com a maior parte dos acabamentos prontos, faltando finalizar o piso interno e externo, atividade posterior ao acoplamento. E posteriormente a estrutura do deck, com as madeiras de fechamento, que fica no fundo do terreno. Optou-se por esta sequência para evitar que o módulo mais pesado danificasse a estrutura do deck.

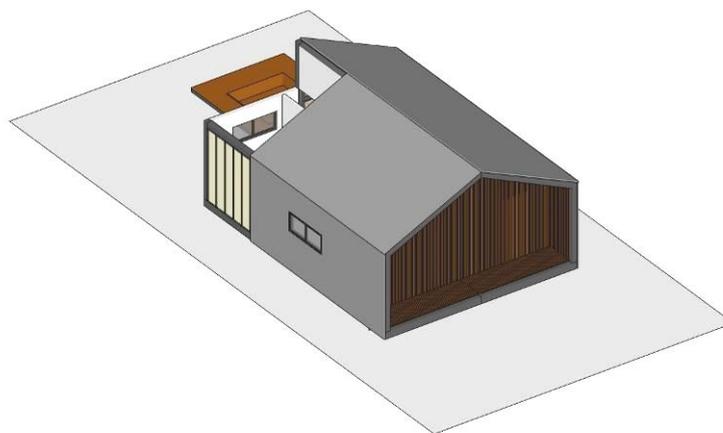
Figura 48 – Esquema com sequência de montagem: primeiro módulo.



Fonte: Elaborado pela Autora.

Em seguida, na Figura 49, seria posicionado o segundo módulo, que também chegou no canteiro com revestimentos e caixilharia, ao lado do primeiro. Este é diferente do primeiro, pois irá receber o módulo de área técnica e possui revestimento externo diferente do restante da construção. O acoplamento desses dois módulos é feito por aparafusamento por baixo do módulo, assim como nas paredes e no teto. O tratamento da conexão vertical na junta entre módulos fica escondido sob o ripado de madeira na face externa da fachada principal e aparente na face interna. Na fachada posterior a junta fica aparente.

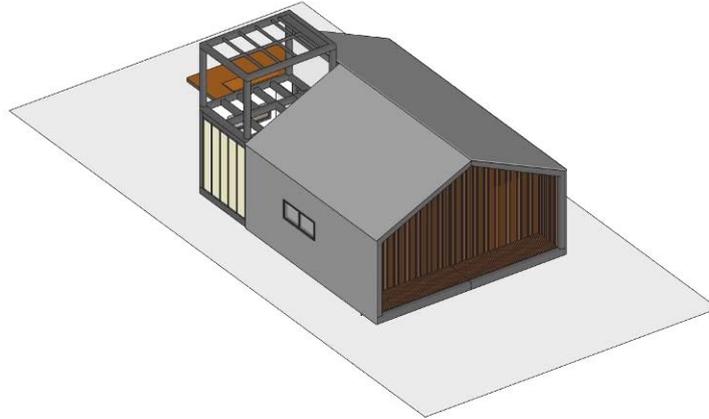
Figura 49 – Esquema com sequência de montagem: segundo módulo.



Fonte: Elaborado pela Autora.

Na Figura 50, o terceiro módulo é posicionado sobre o segundo onde está o banheiro da residência. O acoplamento é feito por aparafusamento.

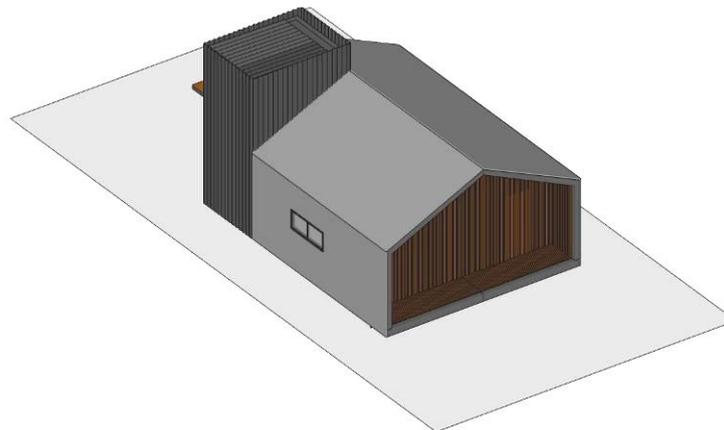
Figura 50 – Esquema com sequência de montagem: terceiro módulo.



Fonte: Elaborado pela Autora.

Por fim, na Figura 51, é feito o fechamento da área técnica e de parte do módulo inferior com telhas trapezoidais com o núcleo em poliisocianurato (PIR) e pintura de fábrica.

Figura 51 – Esquema com sequência de montagem: fechamento com telha.

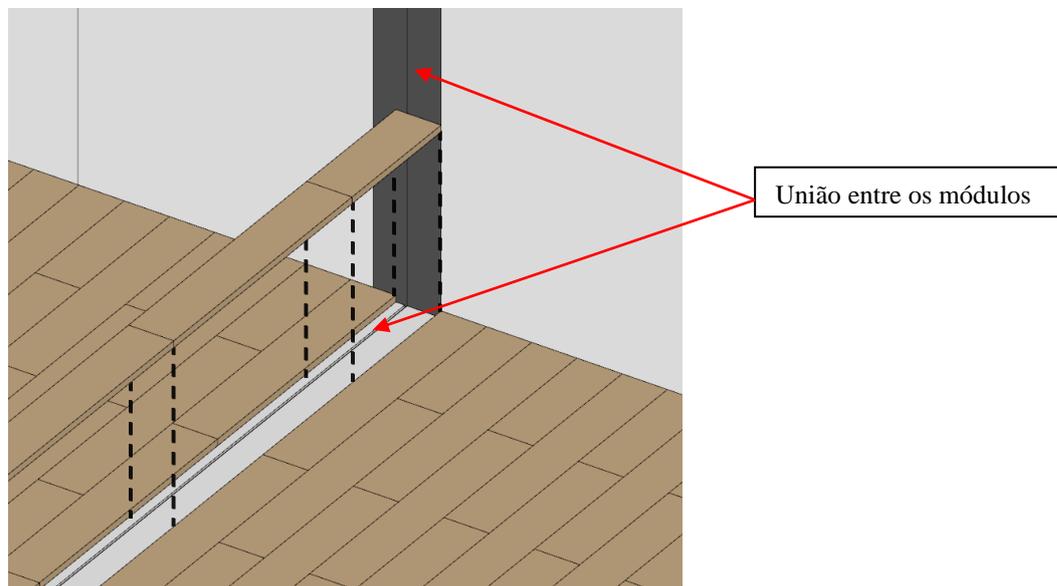


Fonte: Elaborado pela Autora.

Após acoplamento completo dos módulos é feita a finalização do assentamento dos pisos. Internamente, foi utilizado um porcelanato de 0,20x1,20m assentado com argamassa com flexibilidade adequada para absorver as deformações concentradas na junta. A união é coberta por uma linha de revestimento que não foi feita na fábrica justamente para que fosse

possível esta finalização no canteiro como demonstrado no esquema da Figura 52. O mesmo processo foi realizado ara finalização do piso com ripado de madeira na fachada principal.

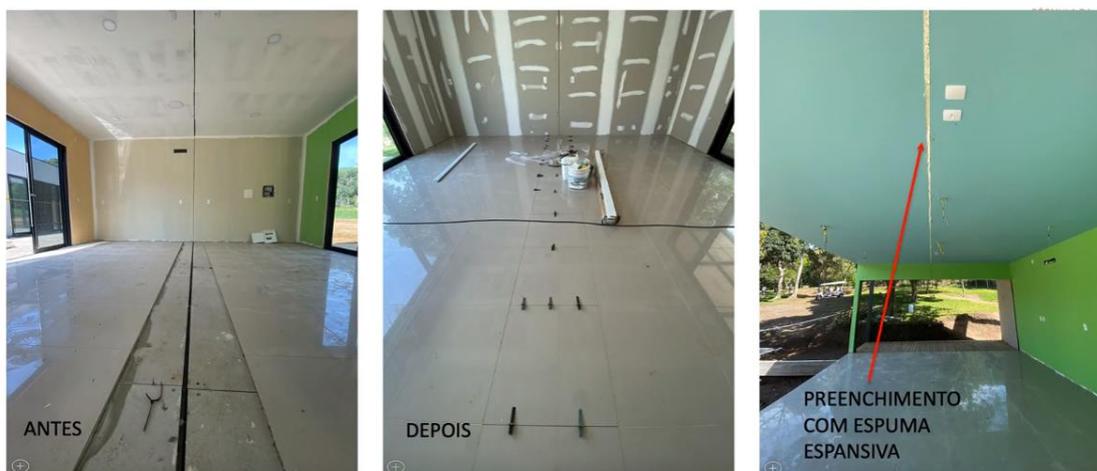
Figura 52 – Esquema finalização do assentamento do piso in loco.



Fonte: Elaborado pela Autora.

Um exemplo desta técnica de assentamento final no canteiro de obras pode ser observado na Figura 53 sequência de imagens da obra Escola Dinâmica da empresa Brasil ao Cubo. Neste caso as vedações verticais e a cobertura foram aparafusadas e na junção foi aplicada espuma expansiva com posterior impermeabilização e a finalização com fechamento externo.

Figura 53 – Fotografias durante o acoplamento de módulos em obra da Brasil ao Cubo.

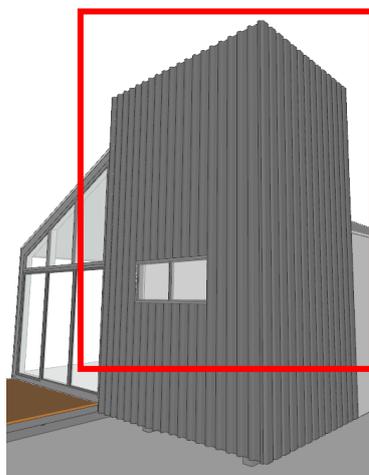


Fonte: Savassi (2019a).

Algumas empresas vêm utilizando esta solução com o uso da espuma expansiva, mas pode existir um problema técnico relacionado à durabilidade que merece atenção. Este produto não possui capacidade de estanqueidade comprovada e também não oferece controle sobre a expansão do produto o que não garante vedação completa do vão. Portanto, isso mostra como a construção modular ainda carece que muitos estudos e testes sejam feitos em busca da melhor solução.

Reservatório de água: no Brasil é comum a utilização de caixas d'água para abastecimento das residências, por isso no projeto tirou-se partido dessa necessidade anexando o volume para o reservatório de forma a se tornar parte integrante do design. Tomou-se como referência o Projeto AT, projeto modelo apresentado no capítulo 3.2. O resultado desta decisão arquitetônica está representado na Figura 54 onde é possível visualizar a área técnica sobre o banheiro.

Figura 54 – Representação da fachada posterior com o volume da caixa d'água em destaque.

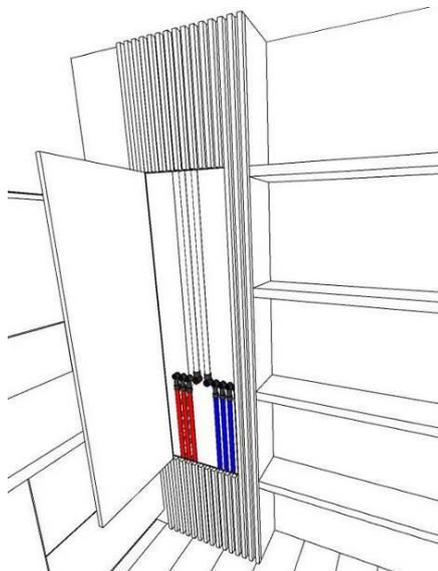


Fonte: Elaborado pela Autora.

Instalações hidráulicas: em uma construção tradicional o projeto de arquitetura e os complementares, como o de instalações é muitas vezes desenvolvido de maneira independente, porém essa prática é incoerente com o uso de sistemas racionalizados e industrializados. Portanto, neste caso os projetos de instalações foram desenvolvidos junto com a arquitetura. Foi criado um shaft na cozinha para passagem e manutenção das tubulações PEX que partem para a cozinha e para o banheiro e tirou-se partido da saliência na

parede por conta da profundidade do shaft para criar um espaço útil dentro do ambiente da cozinha com o uso de prateleiras como representado na Figura 55.

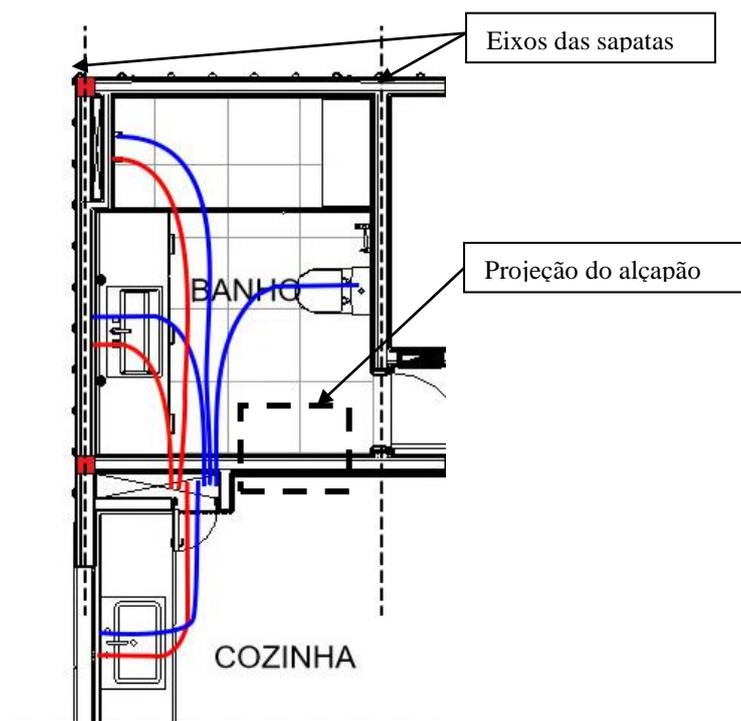
Figura 55 – Representação do shaft por onde passa o sistema PEX.



Fonte: Elaborado pela Autora.

Optou-se pela utilização de tubulação PEX (Polietileno Reticulado) devido à sua flexibilidade, facilidade de instalação, resistência a grandes variações de temperatura, à corrosão química e a impactos. O percurso das tubulações PEX – por baixo do piso – estão representados esquematicamente na plana na Figura 56.

Figura 56 – Esquema das tubulações PEX.

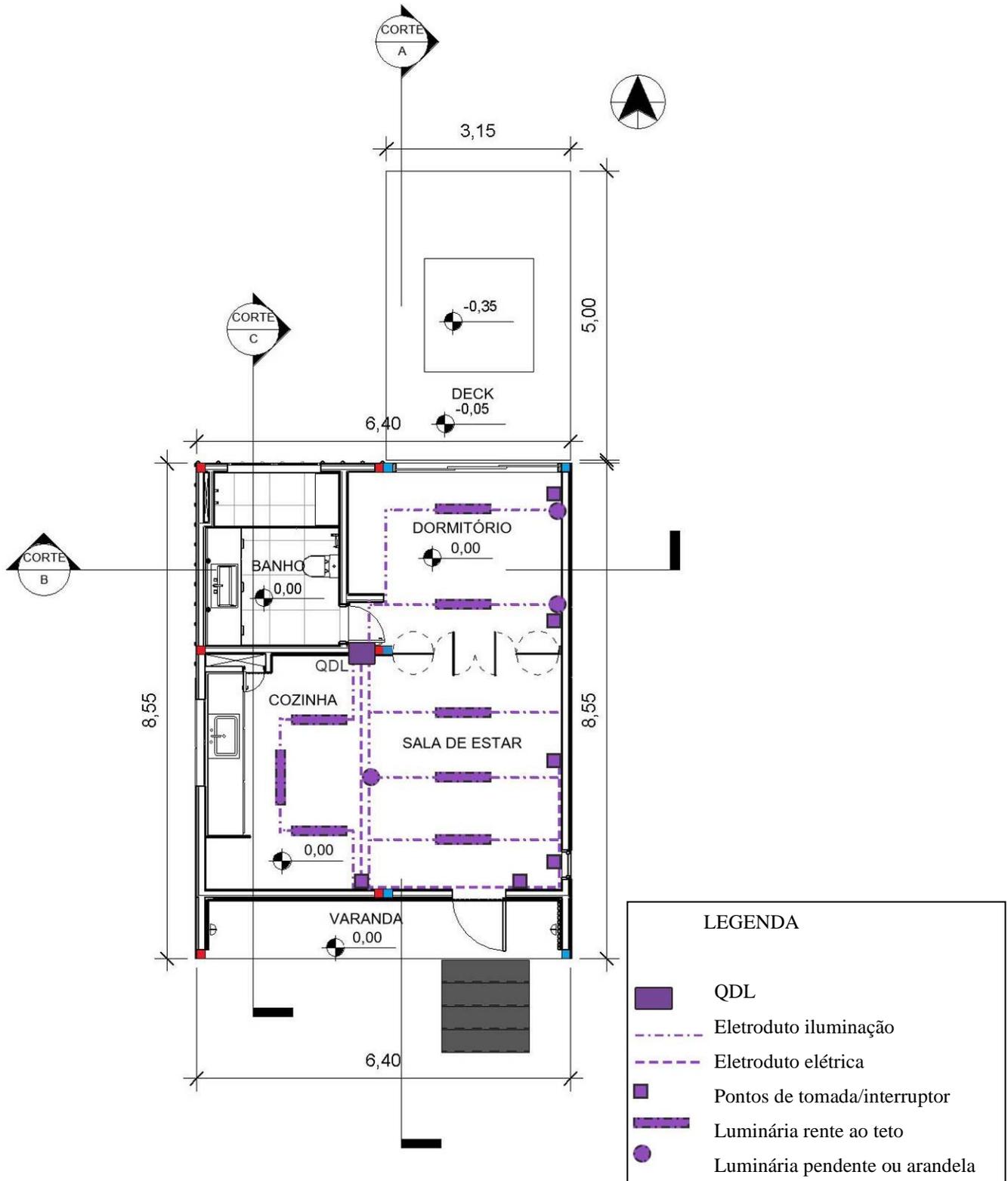


Fonte: Elaborado pela Autora.

Na chegada das tubulações no lavatório do banheiro e na pia da cozinha utilizou-se sistema de carenagem para cobrir as tubulações aparentes e esta, por sua vez, fica escondida sob a marcenaria. A tubulação do box passará por shaft atrás do chuveiro;

Instalações elétricas e iluminação: mantendo o conceito da industrialização e a preocupação sobre a manutenção do sistema optou-se pela solução com instalações elétricas aparentes na maior parte da residência, excetuando-se nos ambientes cozinha e banheiro onde os conduítes foram passados pelo forro. Especificou-se de forma genérica, eletrodutos leves galvanizados de 1” cujo peso é aproximadamente 1,5kg por barra de 3m que podem ser fixados nas placas de drywall ou nos montantes da cobertura. A planta na Figura 57 mostra de forma esquemática o posicionamento dos pontos de elétrica e de iluminação com eletrodutos aparentes. O resultado estético deste conceito será ilustrado no item 4.2.

Figura 57 – Planta baixa de sistemas de elétrica aparente.



Fonte: Elaborado pela Autora.

Algumas empresas realizam instalações de hidráulica por dentro da estrutura de LSF como na fotografia na Figura 58, porém vale ressaltar os problemas que esta solução pode acarretar. Neste exemplo foram utilizadas tubulações rígidas dentro dos perfis metálicos das vedações verticais, porém aqui é possível verificar alguns problemas: o montante foi cortado para encaixe da tubulação, o que afeta a estrutura que dá sustentação à parede; a parede precisa ser espessa para acomodar as tubulações entre os perfis; a solução vai contra conceito de sustentabilidade, pois gera resíduos e entulho no caso de futuras reformas e; vai contra o conceito de industrialização e manutenção facilitada, pois será preciso quebrar a parede para identificar a localização e solucionar um possível problema futuro.

Figura 58 – Fotografia das instalações em obra modular.



Fonte: Savassi (2019a).

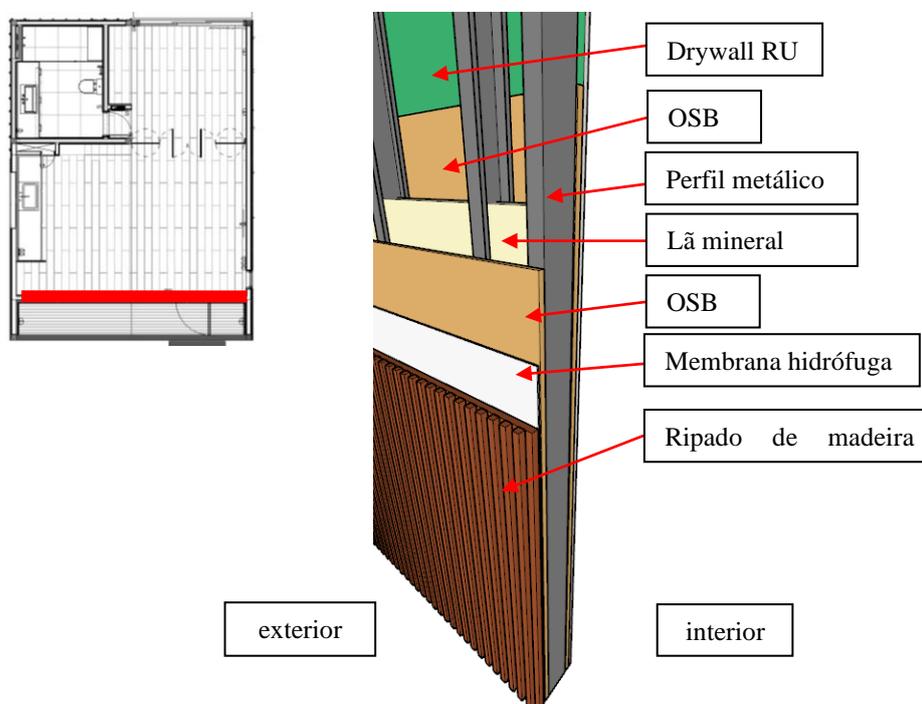
Vedações verticais: as paredes são estruturadas em LSF revestido com as camadas necessárias para garantir conforto térmico e acústico. As camadas que as compõem e os revestimentos variam de acordo com a necessidade do ambiente onde ela está inserida. Alguns materiais foram utilizados em todo o perímetro da residência, como o *drywall* para fechamento dos ambientes internos e também o OSB. As vedações de *drywall* suportam cargas leves ou pesadas quando fixadas utilizando buchas especiais, como bucha rosqueável ou bucha basculante que podem aguentar de 10kg a 20kg por ponto, caso o objeto necessite de mais pontos é preciso respeitar a distância de 40cm entre eles. (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO DRYWALL. 2019). Apesar do *drywall* oferecer certa resistência, optou-se pela utilização do OSB, que é um material mais rígido que cria uma superfície uniforme que

permite a instalação de armários e outros itens pesados sem a necessidade das buchas especiais para *drywall*, nem buscar os montantes da estrutura de LSF. A membrana hidrófuga também foi utilizada em todas as paredes junto às placas cimentícias, pois ela evita a entrada de água em estado líquido do ambiente externo para o interno e permite a saída da água em estado de vapor do ambiente interno para externo, o que reduz a probabilidade de acúmulo de umidade nas cavidades das paredes, o que prejudicaria a durabilidade do sistema. Podem existir situações em que sejam utilizadas lonas invés da manta por ter baixo custo, no entanto, seu uso não é indicado por ser um material impermeável que não permite a saída do vapor do ambiente interno, além de não se conhecer sua durabilidade.

As vedações verticais a serem detalhadas a seguir estão acompanhadas de um esquema da planta baixa que indica sua localização em destaque.

A Figura 59 mostra os revestimentos da parede que divide o ambiente externo da fachada principal a sul e o ambiente interno da sala e cozinha. Optou pela utilização do *drywall* RU por se tratar de uma parede próxima à cozinha.

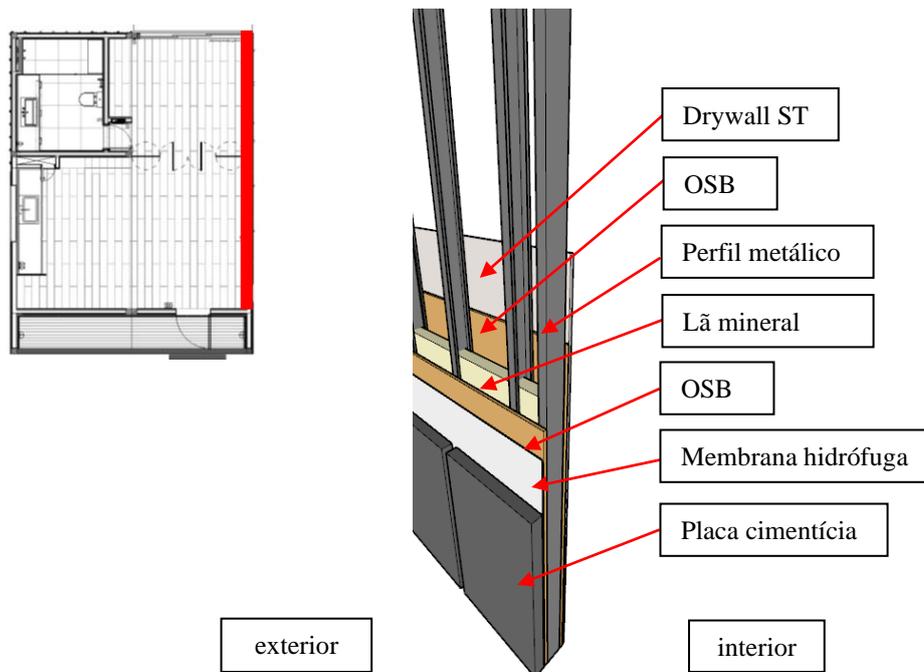
Figura 59 – Camadas da parede da fachada principal.



Fonte: Elaborado pela Autora.

A Figura 60 mostra os revestimentos da parede que separa os ambientes internos de áreas secas (sala e dormitório) do ambiente externo com fechamento em placa cimentícia aparente. Aqui substituiu-se o *drywall* RU pelo *drywall standard* por se tratar de uma área seca.

Figura 60 – Camadas da parede dos ambientes secos.



Fonte: Elaborado pela Autora.

A fotografia na Figura 61 da residência GZ do Studio Cáceres Lazo é um exemplo da utilização das placas cimentícias como acabamento final.

Figura 61 – Fotografia da residência GZ executada com fachada em placa cimentícia.



Fonte: STUDIO CÁRCERES LAZO (2017).

Alguns fabricantes deste material não indicam o posicionamento das placas com juntas alinhadas, por isso no projeto autoral adotou-se o posicionamento com junta defasada e sem que as extremidades coincidisse com as aberturas como representado na Figura 62.

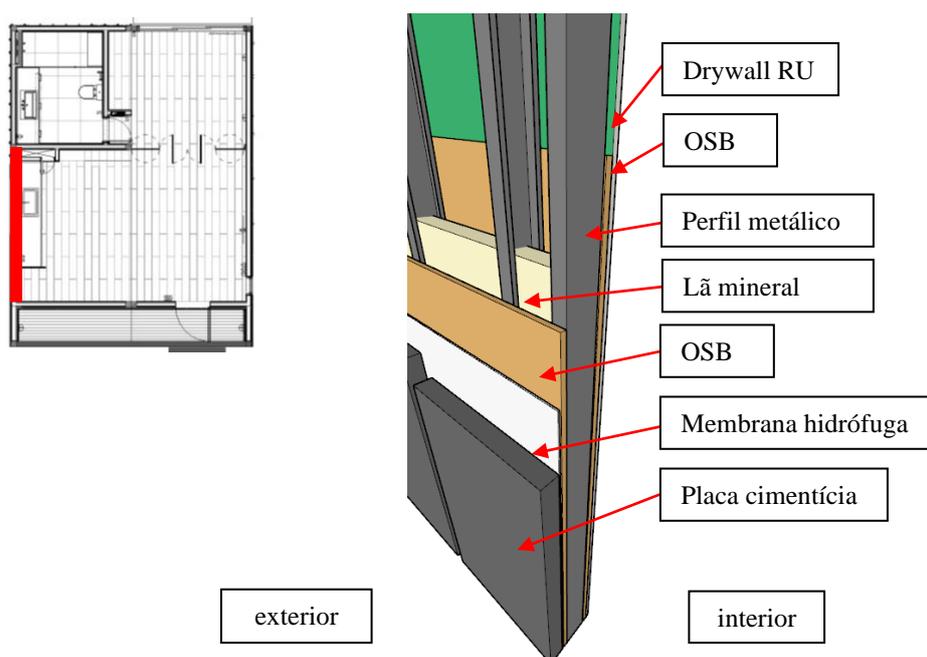
Figura 62 – Imagem do projeto com foco no revestimento em placa cimentícia.



Fonte: Elaborado pela Autora.

A Figura 63 mostra as camadas da parede entre a cozinha e o ambiente externo seguindo com a utilização do drywall RU, OSB para rigidez e a membrana para proteger o sistema da umidade interna e externa.

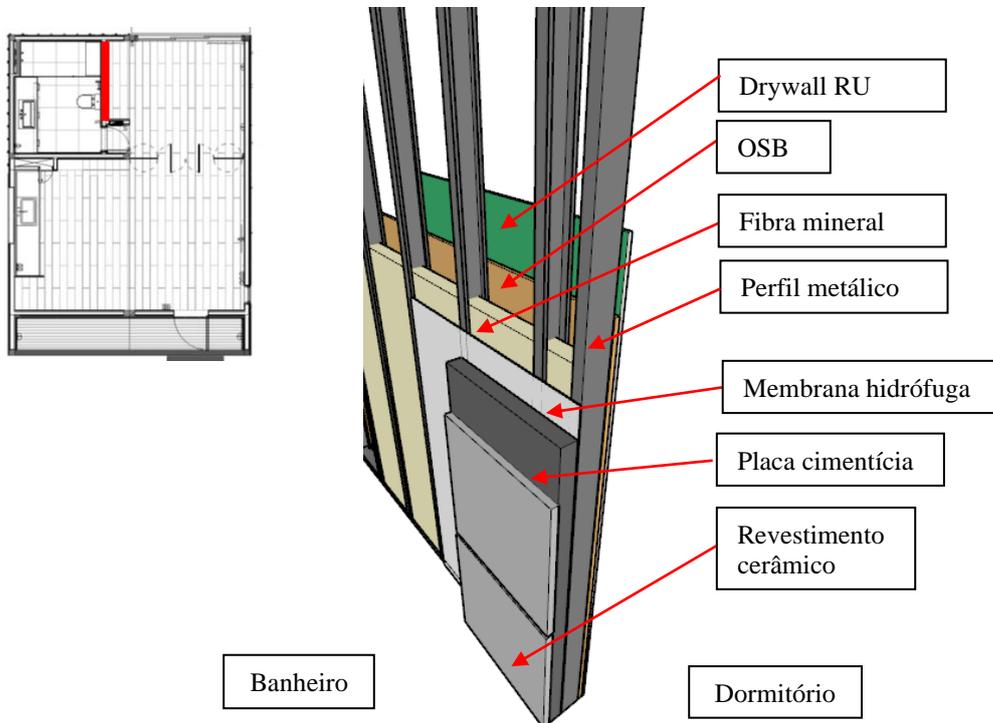
Figura 63 – Revestimentos das vedações dos ambientes úmidos.



Fonte: Elaborado pela Autora.

A Figura 64 mostra de forma esquemática os revestimentos das vedações internas entre os ambientes banheiro e dormitório.

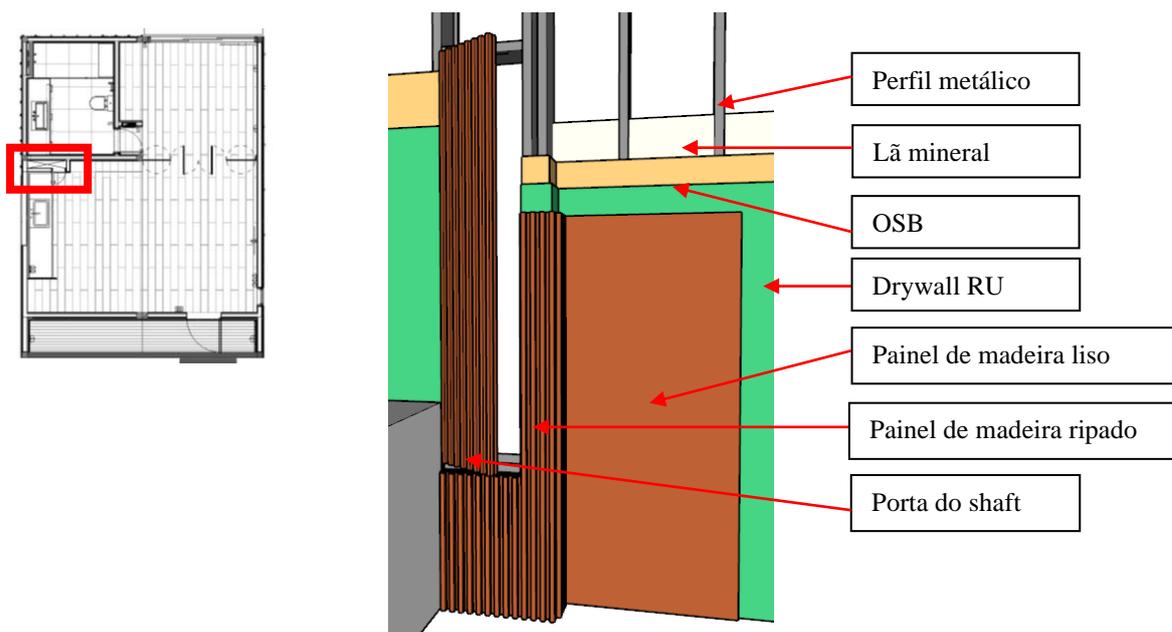
Figura 64 – Revestimentos da parede indicada.



Fonte: Elaborado pela Autora

Na Figura 65 um esquema dos revestimentos da parede indicada onde foi posicionado o shaft de hidráulica.

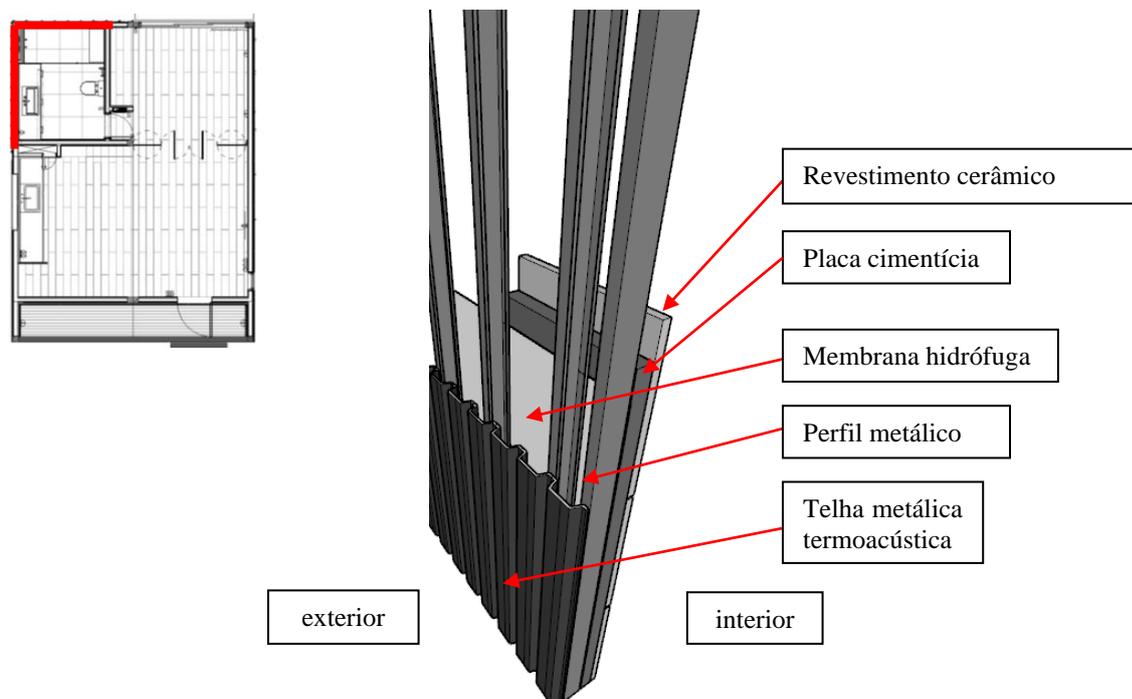
Figura 65 – Revestimentos da parede do shaft.



Fonte: Elaborado pela Autora

A Figura 66 mostra de forma os revestimentos das paredes banheiro que contemplam a área do box, chuveiro e lavatório. São estes os pontos considerados mais críticos por exigirem que a impermeabilização seja bem executada para evitar possível infiltrações na estrutura do módulo.

Figura 66 – Revestimentos das paredes indicadas.



Fonte: Elaborado pela Autora

A Figura 67 mostra um exemplo do material de fechamento com telhas trapezoidais fabricadas pela empresa Anfer, como indicado no projeto para a área técnica da caixa d'água.

Figura 67 – Telha termoacústica da empresa Anfer.

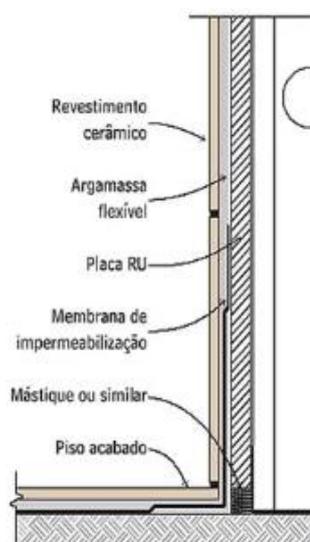


Fonte: ANFER (2021).

Vedação horizontal:

- Área interna geral (ambientes secos): porcelanato com acabamento em madeira de medidas 20x120cm aplicado de forma tradicional sobre as placas cimentícias.
- Área interna no banheiro (área molhada): porcelanato aplicado de forma tradicional sobre as placas cimentícias com impermeabilização como representado no corte esquemático na Figura 68 que mostra as camadas de impermeabilização antes da aplicação do porcelanato;

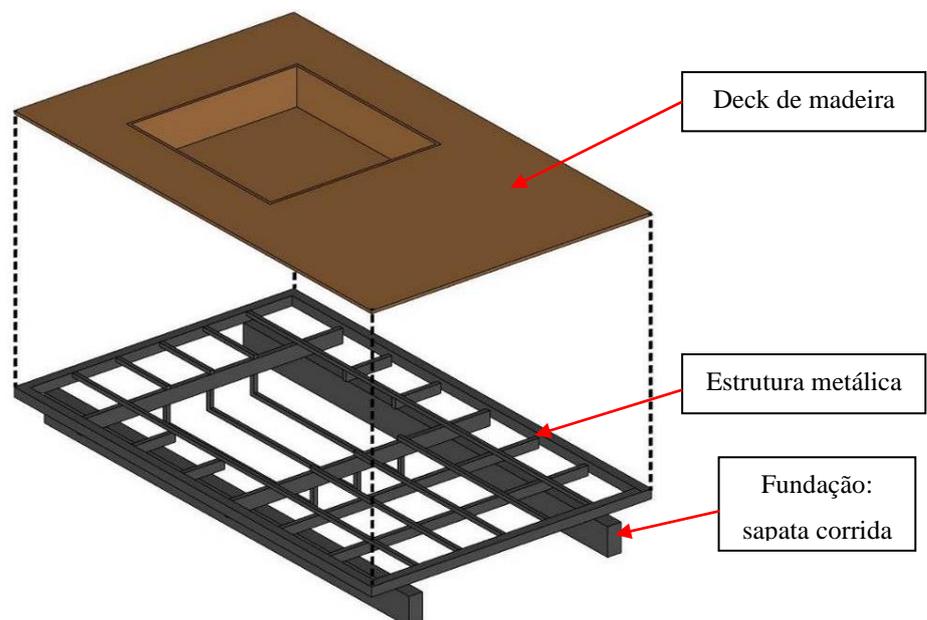
Figura 68 – Detalhe construtivo da impermeabilização de áreas molháveis



Fonte: Savassi (2019a).

- Área externa: no fundo da casa encontra-se o deck posicionado sobre um módulo de estrutura metálica como representado na Figura 69.

Figura 69 – Deck sobre estrutura metálica.

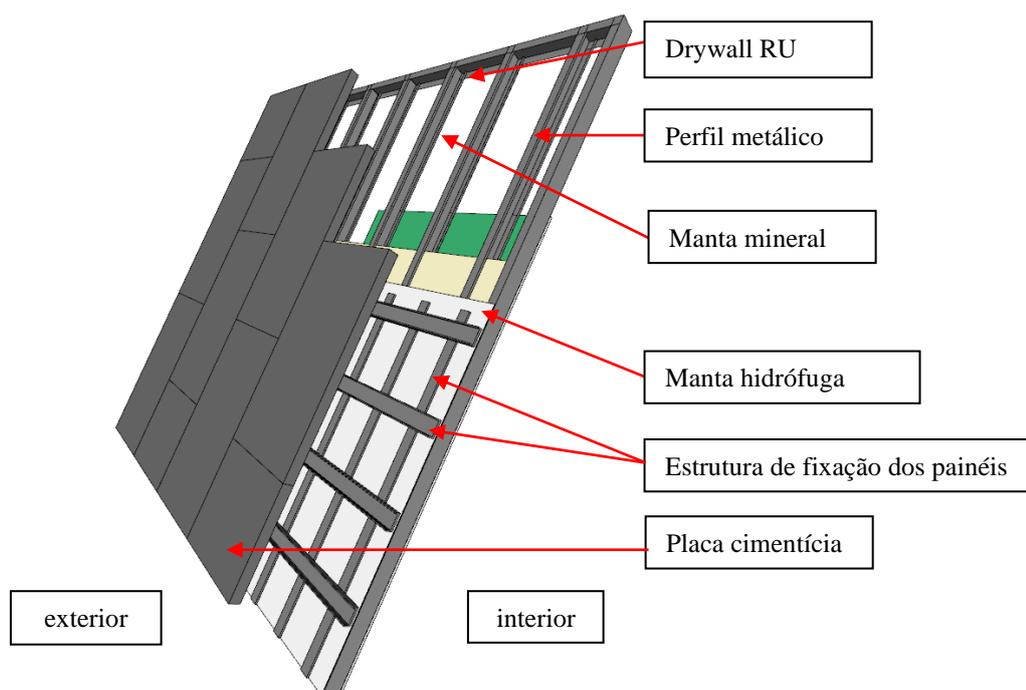


Fonte: Elaborado pela Autora

Cobertura: as placas em fibrocimento externo aparente com tratamento com selante formam uma fachada ventilada que segue a inclinação do telhado. Para garantir a estanqueidade do conjunto optou-se pela utilização da manta hidrófuga afixada nos montantes com parafusos. Porém, tendo em vista que é uma solução construtiva ainda em desenvolvimento, vale ressaltar que esta solução necessita de análise aprofundada para determinação do desempenho do sistema, assim como de outras possíveis soluções mais tradicionais, como a utilização da manta asfáltica. Internamente utilizou-se placas de drywall RU como precaução contra possíveis vazamentos e não se empregou o reforço estrutural, pois os eletrodutos de alumínio especificados são leves e podem ser fixados na placa de drywall ou nos montantes metálicos da cobertura.

A Figura 70 mostra as camadas que compõem a cobertura da residência.

Figura 70 – Camadas da cobertura.



Fonte: Elaborado pela Autora

Existem diversos tipos de fechamentos cimentícios que podem ser utilizados em ambientes externos, como é o exemplo da residência a Figura 71. Foi aplicado um fechamento de fibrocimento da empresa Equitone nas vedações verticais externas e na cobertura da residência unifamiliar Haus 3, localizada no Alpes da Suábia, Alemanha. Este fornecedor oferece grande gama de cores e modelos de painéis rígidos que são resistentes ao fogo,

auxiliam no isolamento acústico, são resistentes à água, resistentes a diversos produtos químicos e não emitem gases nocivos no ambiente.

Figura 71 – Fotografia de residência Haus 3, na Alemanha.



Fonte: (REDAÇÃO ARCHDAILY, [s.d.])

Esquadrias: em PVC com pintura preta de fábrica e requadro em preto para melhor acabamento externo. Optou-se pelo uso da esquadria em PVC devido à baixa necessidade de manutenção e ao seu bom desempenho térmico, pois sendo um baixo condutor de calor ou frio mantém uma temperatura constante para maior conforto no ambiente. A Figura 72 é uma representação da vista externa do caixilho da sala de estar do projeto, porém o mesmo material foi especificado para todas as esquadrias da residência.

Figura 72 – Vista externa da janela da sala de estar.



Fonte: Elaborado pela Autora.

4.2 Ilustrações realistas

Seguir serão apresentadas as imagens realistas resultantes do projeto autoral desenvolvido.

As imagens nas Figura 73 e Figura 74 são representações da fachada principal. Esta face não possui aberturas devido a sua orientação solar voltada para o Sul. A elevação da casa do solo é consequência da escolha da altura da fundação em sapata corrida que, além de sua função de estruturação, eleva a casa do solo e transmite a sensação de que ela está flutuando sobre o terreno.

Figura 73 – Imagem realista da fachada principal.



Fonte: Elaborado pela Autora.

Figura 74 Imagem realista da fachada principal e lateral



Fonte: Elaborado pela Autora.

A representação na Figura 75 mostra uma cena do interior da residência simulando um dia de inverno em julho aproximadamente às 16h. É possível notar alguns elementos da construção modular que foram incorporados ao projeto, como a viga na união dos módulos. Esse elemento funciona como uma transição entre a área da cozinha, com o forro reto, e a sala, cujo forro inclinado proporciona a elevação do pé direito. A iluminação com eletrodutos aparentes também ganha destaque, pois além de funcionais, se tornam parte integrante da decoração.

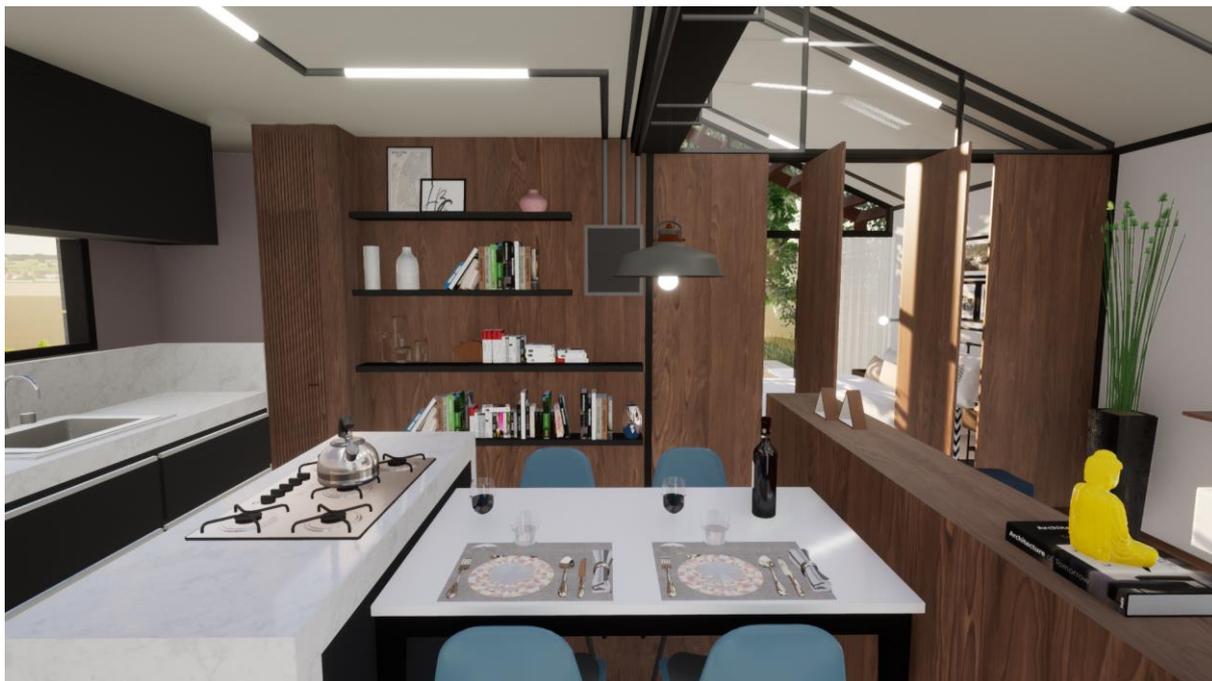
Figura 75 – Imagem realista do interior do ambiente da sala e passagem para o dormitório.



Fonte: Elaborado pela Autora.

A Figura 76 com vista da cozinha/ sala de jantar também mostra como os elementos dos módulos compõem o *design*. A elétrica aparente no estilo industrial integra os ambientes. A saliência do *shaft* deu espaço para prateleiras na cozinha.

Figura 76 – Imagem realista da cozinha e espaço de jantar.



Fonte: Elaborado pela Autora.

A Figura 77 mostra uma vista do dormitório em uma simulação no verão às 17h30. Os painéis pivotantes permitem que os cômodos da casa da casa se conectem, mas também possibilitam isolamento entre eles quando a necessidade é ter privacidade.

Figura 77 – Imagem realista do dormitório.



Fonte: Elaborado pela Autora.

O banheiro da casa está representado na Figura 78. É possível demonstrar que é possível atingir alto padrão de acabamento mesmo com as soluções da construção industrializada.

Figura 78 – Imagem realista do banheiro.



Fonte: Elaborado pela Autora.

As imagens a seguir mostram a fachada posterior do projeto, face norte em dois períodos distintos no verão. A Figura 79 simula o horário 14h30 de grande incidência solar. Devido à exposição desta fachada optou-se pelo uso de vidro com película com proteção solar e um pergolado de madeira que seria montado no local. O pergolado tem a função de reduzir a incidência solar e também de proteger os caixilhos de intempéries. O volume do lado direito é a área técnica destinada ao reservatório.

Figura 79 – Imagem da fachada posterior com condições solares do verão.



Fonte: Elaborado pela Autora.

A Figura 80 mostra a fachada em outro horário no final do dia, dando destaque à lareira sobre o deck.

Figura 80 – Imagem realista da fachada posterior no fim de tarde.



Fonte: Elaborado pela Autora.

5 PARÂMETROS RELEVANTES PARA O DESENVOLVIMENTO DE PROJETO DE ARQUITETURA EM SISTEMA DE CONSTRUÇÃO MODULAR

Com o intuito de auxiliar outros profissionais na produção de projetos modulares residenciais unifamiliares, foi organizado um resumo com parâmetros relevantes a serem analisados antes de se iniciar um projeto de arquitetura modular.

- 1. Análise do local:** é importante analisar o terreno com atenção especial à área disponível para a construção e movimentação de caminhões; solicitar levantamento topográfico e sondagem para verificar a qualidade do solo e propor a fundação mais adequada; verificar a vegetação existente; estudar a implantação para estudos de insolação e ventilação natural; acessos diretos do canteiro e também é preciso fazer um estudo de todo o trajeto da fábrica ao local final de montagem para planejamento de logística e; verificar possíveis fornecedores locais.
- 2. Escopo do projeto:** alinhar com o cliente o uso desejado e programa de necessidades descritivo de todos os ambientes; assim como sistemas especiais como aquecimento solar, tratamento de água, automação etc.
- 3. Padrão de acabamentos:** definir em qual padrão de acabamentos o projeto do cliente se enquadra.
- 4. Dimensão e logística:** as dimensões dos módulos a serem utilizados são definidas pelo transporte, lembrando que Resolução 210/06 do CONTRAN define que a circulação nas vias urbanas permite caminhões com cargas de até 2,60m sem autorização, entre 2,60m e 3,20m são permitidas com o porte da AET e acima disso é necessário solicitar escolta; a altura máxima permitida é 4,40m ($h_{\text{prancha}} + h_{\text{módulo}}$). Além desta análise é preciso verificar o percurso da fábrica ao canteiro de obras para buscar possíveis impedimentos, como fiação elétrica, portarias de condomínio, entre outros, que impeçam a passagem do caminhão com os módulos.
- 5. Desenvolvimento do projeto:** a seguir serão apresentados os itens a serem definidos nesta etapa pela equipe de projetistas que devem estar familiarizados com o sistema

construtivo modular e com o método de desenho em BIM para que seja possível otimizar o projeto e obter quantificação dos materiais.

a. Estrutura: definição de qual material será utilizado na estruturação dos módulos e qual tratamento será necessário para obter máxima durabilidade. Por exemplo, se o local da obra for próximo da orla marítima é preciso considerar uma proteção para a estrutura, como a galvanização, que estará sujeita à corrosão.

b. Instalações elétricas: é possível realizar as instalações elétricas por dentro das vedações, no entanto esta é uma solução que dificulta a manutenção. Uma opção é utilizar instalações aparentes como partido de projeto, pois desta forma é possível realizar a manutenção do sistema sem danificar as paredes.

c. Instalações hidráulicas de alimentação: no Brasil é comum a utilização de caixas-d'água, por isso, é muito importante definir sua posição na fase inicial do projeto para que seja possível incorporar o volume ao conceito estético e também funcional. É ideal posicioná-la em um ponto próximo do hidrômetro e também em um local alto, para haver pressão na água que será distribuída pela residência até os pontos de consumo. Assim como é ideal que as áreas molhadas estejam próximas umas das outras para facilitar a distribuição. A descida da tubulação pode ser realizada de forma convencional com o uso de tubulações rígidas e a distribuição pode ser feita com tubulação rígida ou sistema PEX. O sistema PEX (Polietileno Reticulado) utiliza tubulações flexíveis de plástico para transportar água quente e fria para os pontos de consumo. Apesar de ter valor mais elevado no mercado e necessitar de mão de obra especializada, sua instalação é mais rápida, gera menor desperdício de materiais o que é uma vantagem para a construção em massa nas fábricas de modulares. Quando a espessura da parede suporta o diâmetro dos tubos rígidos ou flexíveis é possível fazer a distribuição por dentro das vedações verticais, desde que não gerem recortes que afetem a estrutura. Independente do sistema empregado indica-se a utilização de *shafts* ou passagem dos tubos por fora das vedações com carenagem.

d. Instalações hidráulicas de esgoto: para executar a tubulação de esgoto é necessário levar em consideração o posicionamento das longarinas sob o piso e da fundação de forma que não fique no percurso das tubulações. Existem longarinas que podem ser fabricadas com furações especificadas em projeto para a passagem de tubos. No entanto, como o diâmetro das tubulações de esgoto são grandes, pode ser indicado que os tubos superem a altura da estruturação do piso do módulo, sem realizar a furação.

e. Pontos de inspeção: Uma solução que pode facilitar a inspeção ou manutenção dos sistemas hidrossanitários e também da estrutura é a previsão de pontos de

visita. Estes são pontos estratégicos, que funcionam da mesma forma que um shaft, onde é possível fazer a inspeção dos sistemas sem que seja necessário danificar nenhum componente, como pisos ou paredes. Exemplos de ações possíveis: análise visual da estrutura para verificação de pontos de corrosão, verificação de acúmulo de água proveniente de vazamentos ou condensação, dentre outras.

f. Pisos – áreas secas: após o posicionamento das placas de vedação horizontal, como as placas cimentícias, sobre a estrutura da base dos módulos, é possível fazer o assentamento de pisos de forma tradicional respeitando os pontos de união dos módulos e levando em consideração a solução escolhida para a conexão. É ideal que a paginação seja pensada na concepção do projeto para que se faça o maior aproveitamento das placas evitando desperdício, facilitando a execução e permitindo a finalização *in loco*.

g. Pisos – áreas molhadas: Os pisos das áreas molhadas merecem mais atenção, pois é necessário fazer a impermeabilização antes do assentamento. A área do box é a mais crítica, pois precisa de uma barragem que a separe da área úmida. Uma possibilidade é a utilização de um “bit” no piso, que é um tipo de soleira em pedra que divide o box do restante do banheiro, impedindo que a água passe. Outra opção é realizar um rebaixo na estrutura do piso do módulo ou criar esse desnível com utilização de uma placa de sustentação, como a cimentícia de espessura menor dentro do box em relação à área úmida do banheiro. Por fim, mas não menos importante também é possível utilizar piso box, uma solução comum fora do país que se trata de um piso único para todo o box.

h. Vedações verticais: a definição das camadas das paredes deve ser feita de acordo com o uso de cada ambiente, seja uma área seca ou molhada, seja uma parede interna ou externa. E também, com relação aos esforços exercidos pela própria estrutura e pelas cargas fixadas nas mesmas. Não é indicado padronizar a espessura das paredes, pois cada parede é submetida a fatores internos e externos diferentes, seja por sua carga, orientação solar ou uso do ambiente. Por isso, é ideal que cada uma seja projetada individualmente aplicando-se as camadas necessárias que irão determinar a sua espessura final. Esse planejamento pode gerar uma economia significativa à obra. Vale ressaltar dois pontos importantes sobre as camadas das vedações verticais de um projeto modular: o primeiro diz respeito à estabilidade estrutural e o segundo sobre reforço para cargas suspensas. Para a contribuição à estabilidade, podem ser adotadas cintas metálicas, com método de cálculo já estabelecido. Também são adotadas para esse fim as chapas de OSB ou de compensado naval, porém essas opções ainda não possuem método de cálculo desenvolvido. Quanto ao reforço para cargas suspensas o drywall oferece certa resistência, principalmente a esforços por

cisalhamento (entre 10kg e 20kg por ponto de fixação, dependendo do tipo de placa). Portanto, para cargas suspensas com braço de alavanca, podem ser adicionados reforços metálicos ou de madeira com tratamento em autoclave, os quais devem ser aplicados nos pontos pré-determinados em projeto. Outra possibilidade reside na fixação das cargas diretamente nos montantes metálicos. A chapa de OSB ou compensado, se adotada para estabilidade, pode assumir também a função de reforço para cargas suspensas. Essa opção é interessante pois habilita que cargas suspensas sejam afixadas em qualquer ponto das paredes, sem a limitação da localização dos montantes ou dos reforços, dando maior flexibilidade de layout ao longo da vida útil da edificação.

i. Cobertura: são diversas as possibilidades de aplicação de materiais específicos para o uso em coberturas. No caso de coberturas planas, os painéis isotérmicos são muito indicados por garantirem conforto térmico e serem de fácil instalação. No caso de fechamentos com formas mais elaboradas é possível utilizar revestimentos em fibrocimento próprias para suportar as condições externas. Ressalta-se a necessidade de sempre efetuar boa vedação e impermeabilização na junção das placas e encontro dos módulos, além de proporcionar o correto escoamento de águas incidentes. A cobertura também é composta por diversas camadas internas e externas que devem ser especificadas na etapa de projeto.

6. Acoplamento dos módulos: as conexões dos módulos no local de montagem podem ser feitas de algumas formas, através da junção com pontos de solda no piso e aparafusamento nas junções laterais e na cobertura. No entanto, a solda pode gerar um ponto frágil na estrutura, pois ela danifica a barreira formada pelo tratamento anticorrosivo. Também é possível utilizar chapas para acoplar dois módulos por aparafusamento por cima ou por baixo do piso, desde que o conjunto esteja elevado do nível do solo. A união por aparafusamento é interessante do ponto de vista da durabilidade, pois as chapas chegam no canteiro com tratamento anticorrosivo que não será afetado.

7. Parceria com executor confiável: é muito importante buscar parcerias com executores que já trabalharam anteriormente com a construção modular para realizarem a fabricação, transporte e montagem dos módulos para o projeto e que ofereçam garantia sobre o produto entregue. Algumas empresas possuem projetistas especializados que fazem as adequações do projeto arquitetônico para que possa ser concebido de forma modular. São essas algumas empresas que já trabalham com a construção modular no Brasil: Lafaete

Locação de Equipamentos, Rentcon locações, Eurobras Construções Metálicas Moduladas, Tecnofast Brasil entre outras.

8. Aprovação: além da aprovação de projeto na prefeitura, processo que varia de acordo com a região, caso o lote do cliente seja dentro de um condomínio, é necessário verificar se permitem a construção com este método construtivo. Após esse passo são necessários ter alguns documentos, que podem variar de acordo com as leis do município, para efetuar a aprovação. É essencial ter um estudo de viabilidade do terreno, escritura ou matrícula, levantamento topográfico e sondagem, documento de posse do lote assim como os documentos do proprietário, IPTU e por fim, após recolhimento da documentação o projetista pode iniciar o Projeto legal com RRT e ART para seguir para aprovação e posterior execução da obra.

9. Cronograma e custos: o cronograma e os custos são definidos em conjunto com o executor na etapa inicial de projeto de acordo com a metragem e complexidade do projeto, o que garante ao cliente previsibilidade de prazo e custo da execução sem despesas adicionais.

10. Transporte: a logística do transporte é planejada em conjunto com o executor. É preciso verificar se o dimensionamento dos módulos exige a solicitação da AET para que esta etapa seja feita com antecedência evitando atrasos na montagem. Quando o projeto estiver finalizado, os materiais devem ser pedidos de acordo com o cronograma de produção. As equipes de projeto devem estar coordenadas com o fabricante modular para garantir que produtos e materiais com prazos de entrega mais longos sejam solicitados com antecedência para evitar possíveis atrasos.

11. Pós-obra: apesar de se tratar de uma etapa de operação é válido apresentar neste momento para conhecimento dos profissionais interessados em atuar no segmento da construção modular.

a. Garantias: o cliente possui a garantia legal do produto entregue, que é o período previsto por lei em que o comprador pode reclamar de algum defeito do seu produto durável e; existe a garantia contratual, facultativa, que possui um prazo superior que a legal e condições complementares oferecidas pelo fornecedor na forma termos de garantia ou contrato.

b. Manutenção: Para garantir vida útil prevista em projeto, é necessário realizar a manutenção periodicamente. Após a entrega da obra, o cliente tem a responsabilidade de providenciar a manutenção preventiva adequadamente. Com intuito de reforçar os pontos importantes, algumas empresas fabricantes entregam um roteiro de manutenção preventiva dos componentes, elementos ou sistema construtivo objeto da contratação.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considera-se que o objetivo deste trabalho, em apresentar um conjunto de Parâmetros que possam orientar outros profissionais quanto ao desenvolvimento de Projetos de Arquitetura em sistema de Construção Modular tenha sido cumprido. Além disso, acredita-se que esta monografia foi capaz de apresentar a arquitetura como agente de materialização da tecnologia da construção modular através do design, mostrando que é possível tirar partido dos desafios enfrentados e alcançar um elevado nível de produto final.

Com base no que foi apresentado ao longo deste trabalho é possível compreender como o uso crescente da construção modular industrializada é uma solução viável à necessidade de produzir edificações mais eficientes, com qualidade e desempenho garantindo o cumprimento dos cronogramas, do planejamento orçamentário e alinhado com os padrões estéticos exigidos.

No Brasil, a construção civil encontra-se em um processo de transição em que muitas empresas possuem acesso a novas tecnologias, mas muitas ainda optam por seguir com processos construtivos tradicionais por falta de conhecimento. Este é o cenário que devemos aproveitar para introduzir no mercado a indústria da construção modular. Para que isso seja possível será necessária uma mudança radical das técnicas construtivas, dos métodos de fabricação, do nível de detalhamento de projeto e também da mentalidade de profissionais e clientes. A expectativa dos profissionais que entram em contato com o universo da construção modular é de que a indústria da construção brasileira incentive a pesquisa e a inovação, impulsionando o seu desenvolvimento como forma eficaz de contribuir para o aumento da produtividade, mantendo ou melhorando a qualidade, incentivando a redução do desperdício e principalmente mantendo custos de operação e manutenção do patrimônio público e privado construído dentro do planejamento. É muito positivo saber que alguns empreendedores e empresários brasileiros estão de olho nesta tendência e já embarcaram no mundo da construção modular, enxergando uma grande gama de aplicações.

É preciso apontar que foi um desafio reunir informações de diferentes fontes, muitas vezes internacionais sobre o tema abordado, o que ressalta a necessidade em se criar mais documentos nacionais como este que auxiliem projetistas com interesse na construção modular. O desafio se estendeu à produção do projeto autoral. No início do desenvolvimento da arquitetura do projeto notou-se em diversos momentos como o método construtivo tradicional está fixado em nossa mente, portanto é preciso abster dos padrões que limitam o pensamento e expandir a criatividade para buscar soluções. Durante os rascunhos iniciais

surgiram diversos pontos que limitavam a produção do projeto modular, como por exemplo, a disposição inicial dos ambientes, que continha áreas molhadas em cantos opostos do terreno sem levar em consideração o posicionamento da caixa d'água. Ou seja, após diversos estudos de layout e de soluções técnicas chegou-se a um resultado que tornava viável o desenvolvimento de um projeto modular que fosse passível de ser executado.

A análise dos projetos modelo foi essencial para alargamento da visão projetual, para obter dados de eventos reais deste método e que, nem sempre foram positivos. Deparou-se com projetos internacionais de grandes empresas que não foram executados como o *B2 Tower* no Brooklyn (ALTER, 2018), mas também pequenos projetos internacionais e nacionais concluídos e muito bem resolvidos.

A elaboração do conjunto de parâmetros relevantes para a produção de projeto modular são fruto de muito estudo, provindo das aulas do curso de Tecnologia e Gestão na Produção de Edifícios, da revisão bibliográfica, de um curso específico voltado para arquitetura modular, conversas com profissionais da área, bem como do desafio em desenvolver o projeto autoral. No entanto, vale ressaltar que este esforço não é suficiente para cobrir todo o conteúdo deste processo. O estudo fica ainda mais intenso e extenso ao iniciar-se a execução de um projeto modular, onde é essencial a boa interface da equipe de projetistas com os executores, assim como a padronização dos procedimentos em obra para a validação deste método para que um dia a construção modular possa finalmente fazer parte da nossa realidade.

Devido aos recursos limitados deixa-se claro que ainda existem muitos itens deste tema que precisam ser desenvolvidos, portanto expõem-se sugestões de trabalhos futuros a serem desenvolvidos a partir deste:

- Estudo sobre desenvolvimento de peças especiais da estrutura de piso do módulo de forma que não interfiram na passagem das tubulações hidráulicas de alimentação e de esgoto, sejam elas rígidas ou flexíveis;
- Criação de componentes específicos para a biblioteca BIM voltada para a construção modular para otimizar o trabalho de projetistas e executores;
- Estudar necessidade da criação pontos de visita para inspeção e manutenção nas construções modulares, com o aprofundamento sobre adequada especificação de materiais, tipos de acabamentos, dimensão de aberturas, formas de acessos etc.;
- Estudo para aprimorar a tecnologia de placas de fibrocimento com tratamentos que permitam o uso aparente em ambientes externos de forma a complementar esta

monografia e a outros existentes como ao da dissertação da Silvia Cardoso. O trabalho da Silvia foca na tecnologia construtiva de fachadas com chapas delgadas de LSF, do tipo painel 2D apresentado neste trabalho, com diversos materiais para fechamento;

- Desenvolvimento de estudos e testes sobre a eficácia do uso de compensado naval como reforço estrutural e para cargas suspensas em vedações de LSF. Pode ser uma alternativa para ser utilizada no Brasil a invés do OSB, que é um material mais difícil de se obter;
- Selagem de juntas verticais e horizontais nos revestimentos resultantes de acoplamento de módulos do ponto de vista da eficácia e durabilidade através de revisão bibliográfica e ensaios;
- Verificação do comprometimento de eficácia das membranas hidrófugas, após perfuração para fixação em elementos de base, por meio de ensaios laboratoriais;
- Foram citadas nesta monografia algumas soluções para acoplamento dos módulos como soldagem, aparafusamento ou com placas específicas aparafusadas às estruturas a serem unidas. No entanto, este ainda é um assunto que ainda requer muito estudo e testes para que a conexão dos módulos possa ser feita sem que o tratamento da estrutura metálica seja afetado.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL (ABDI). **Manual da Construção Industrializada: Conceitos e Etapas**. Volume 1: Estrutura e Vedação. Brasília: 2015. 72 p.

ALVES, N. **9 projetos incríveis de construção com container reciclado**. Mar. 2017. Blog da Construct. Disponível em: <<https://constructapp.io/pt/9-projetos-incriveis-de-construcao-com-container-reciclado/>>. Acesso em: 19 jan. 2021.

ALTER, Lloyd. **What Went Wrong: The Story Behind the Atlantic Yards Prefab Tower**. Out. 2018. Disponível em: <<https://www.treehugger.com/what-went-wrong-story-behind-atlantic-yards-prefab-tower-4857161>>. Acesso em: 17 mar. 2021

ANFER. Website da empresa especializada em comercialização de ferragens e aço. Disponível em: <http://anferferroeaco.com.br/telhas/>. Acesso em: 19 jan. 2021.

ARATAU. Website da empresa Aratau: Construção Modular. Disponível em: <<https://www.arataumodular.com/construcao-tradicional-x-modular/>>. Acesso em 19 jan. 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR5674** – Manutenção de Edificações – Requisitos para o Sistema de Gestão de Manutenção. Rio de Janeiro, 2012. 25p.

_____. **NBR15575-1** – Edificações Habitacionais – Desempenho. Parte 1: Requisitos Gerais. Rio de Janeiro, 2013. 71p.

_____. **NBR15873** – Coordenação Modular para Edificações. Rio de Janeiro, 2010. 9 p.

BARBARÁ, D.; MARKO, R. SindusCon-SP: Construção deve crescer 2% em 2019. Disponível em: < <https://sindusconsp.com.br/sinduscon-sp-construcao-deve-crescer-2-em-2019/> > Acesso em 12 dez. 2020.

BABILON, Anderson Luiz. Centro Universitário de Caratinga. Setembro de 2008. **Gestão de resíduos sólidos da construção civil: Uma proposta para o município de Ipatinga - MG**. Orientador: Professor Ph.D. Luiz Cláudio Ribeiro Rodrigues. Coorientador: Professor D.Sc. Marcos Alves de Magalhães.

BARBOSA, F.; WOETZEL, J.; MISCHKE, J.; RIBEIRINHO, M. J.; SRIDHAR, M.; PARSONS, M.; BERTRAM, N.; BROWN, S. **Reinventing Construction: A Route to Higher Productivity**. McKinsey Global Institute, 2017. 20 p. Disponível em <<https://www.mckinsey.com/~media/McKinsey/Industries/Capital%20Projects%20and%20Infrastructure/Our%20Insights/Reinventing%20construction%20through%20a%20productivity%20revolution/MGI-Reinventing-Construction-Executive-summary.ashx>>. Acesso em: 19 jan. 2021.

BERTRAM, N.; FUCHS, S.; MISCHKE, J.; PALTER, R.; STRUBE, G.; WOETZEL, J. **Modular construction: From projects to products**. Capital Projects & Infrastructure, 2019. 34 p. Disponível em: <<https://www.mckinsey.com/~media/McKinsey/Business%20Functions/Operations/Our%20In>

sights/Modular%20construction%20from%20projects%20to%20products%20NEW/Modular-construction-from-projects-to-products-full-report-NEW.pdf>. Acesso em: 19 jan. 2021.

BRASIL AO CUBO. Website de empresa Construtech. Disponível em: <<https://brasilaocubo.com/blog/portfolio/escola-dinamica/>>. Acesso em: 19 jan. 2021.

BRITTO, F. **Clássicos da Arquitetura:** Nakagin Capsule Tower / Kisho Kurokawa. ArchDaily Brasil. Abr. 2013. Disponível em: < <https://www.archdaily.com.br/br/01-36195/classicos-da-arquitetura-nakagin-capsule-tower-kisho-kurokawa>>. Acesso em: 19 jan. 2021.

CARDOSO, Silvia Scalzo. **Tecnologia construtiva de fachada em chapas delgadas estruturadas em light steel framing.** 2016. Dissertação (Mestrado em Inovação na Construção Civil) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016. doi:10.11606/D.3.2016.tde-30052016-110013. Acesso em: 31 mar. 2021.

DANNY FORSTER & ARCHITECTURE. Website de empresa de Projetos de Arquitetura. Disponível em: <<https://www.dannyforster.com/project/ac-nomad/>>. Acesso em: 19 jan. 2021.

DE ARAÚJO, N. M. C.; NÓBREGA, C.C.; MEIRA, A.R.; MEIRA, G.R. **Gestão para os resíduos de construção e demolição (RCDs):** uma proposta para a grande João Pessoa (Paraíba – Brasil). In: XII Seminário Nacional de Resíduos Sólidos. Fortaleza: 2016. 11 p. Disponível em: <<http://jararaca.ufsm.br/websites/ces/download/S2-3.PDF>>. Acesso em: 19 jan. 2021.

DUDA PORTO ARQUITETURA. Website de empresa de Projetos de Arquitetura. Disponível em: <<https://www.dudaportoarquitetura.com.br/projetos/>>. Acesso em: 19 jan. 2021.

ESPÍNDOLA, L. R. **O wood frame na produção de habitação social no brasil.** 2017. 331 p. Tese (Doutorado – Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo) – Instituto de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017.

FERREIRA, M. DOS S.; BREGATTO, P. R.; D’AVILA, M. R. **Construção modular e arquitetura:** Tecnologia, Inovação e Sustentabilidade. NUTAU 2008. 7º Seminário Internacional Espaço Sustentável: Inovações em Edifícios e Cidades, 2008. 8 p.

GOOGLE. 2021. Shattuck Studios, Berkeley, CA: Google Maps. Disponível em: < <https://goo.gl/maps/4Qp5F7DrB2amm4v29>> Acesso em: 26 jan. 2021.

HONOMOBO. Website de empresa de Projetos de Arquitetura. Disponível em: <<https://www.honomobo.com/ca/webber-ho4>>. Acesso em: 19 jan. 2021.

MACHADO, H.; XAVIER, B.R.S. A Construção Modular do ponto de vista da CMC Módulos Construtivos / Lafaete. Reunião virtual. Dez. 2020.

MAPA. Minimod / MAPA. ArchDaily Brasil. Fev. 2014. Disponível em: < <https://www.archdaily.com.br/br/01-176781/minimod-slash-mapa>>. Acesso em: 19 jan. 2021.

MODULAR BUILDING INSTITUTE (MBI). Website da Associação Comercial que trata de assuntos relacionados à Construção Modular. Disponível em: <https://www.modular.org/HtmlPage.aspx?name=why_modular>. Acesso em: 20 jan. 2021.

MRGB. Facebook da empresa MRGB, especialista em Construções Modulares em Concreto Armado. Disponível em: <<https://www.facebook.com/modulosMRGB/photos/pcb.801471213592201/801470796925576>>. Acesso em 19 jan. 2021.

NATIONAL INSTITUTE OF BUILDING SCIENCES - OFF SITE CONSTRUCTION COUNCIL (OSCC). **Report of the Results of the 2018 Off-Site Construction Industry Survey**. Washington, 2018. 22 p.

PEREIRA, C. **Canteiro de obras: tipos, elementos e exigências da NR-18**. Escola Engenharia. Out. 2018. Disponível em: <<https://www.escolaengenharia.com.br/canteiro-de-obras>>. Acesso em: 19 jan. 2021.

PEREIRA, M. Casa Lite SP / Duda Porto Arquitetura. ArchDaily Brasil. Jun. 2019. Disponível em: <archdaily.com.br/br/919238/casa-lite-sp-duda-porto-arquitetura>. Acesso em: 19 jan. 2021.

PORTAL 44 ARQUITETURA. **Tendência: a sofisticação das construções modulares**. Revista eletrônica 44 Arquitetura. Jan. 2017. Disponível em: <<http://44arquitetura.com.br/2017/08/a-sofisticacao-das-construcoes-modulares/>>. Acesso em: 14 set. 2020.

REDAÇÃO AECWEB. **Construção Modular é versátil e atende necessidades no curto prazo**. Revista Digital. [s.d]. Disponível em: <<https://www.aecweb.com.br/revista/materias/construcao-modular-e-versatil-e-atende-necessidades-no-curto-prazo/7381>>. Acesso em: 14 ago. 2020.

REDAÇÃO EQUITONE. **Projeto Parque de Ciência e tecnologia S. Miguel** no website da empresa Equitone [s.d.] Disponível em: <<https://www.equitone.com/pt-pt/projetos/parque-de-ciencia-e-tecnologia-s.-miguel/13057/>>. Acesso em: 19 fev. 2021.

REDAÇÃO CBIC **Impacto da pandemia na construção civil é maior em mercado informal**. Mai. 2020. Disponível em: <<https://cbic.org.br/impacto-da-pandemia-na-construcao-civil-e-maior-em-mercado-informal/#:~:text=Dados%20do%20Produto%20Interno%20Bruto,civil%20caiu%20%2C4%25.>>> Acesso em 12 dez. 2020.

REDAÇÃO ARCHDAILY. **Haus 3 / Gellink + Schwämmlein Architekten** [s.d]. Disponível em: <https://www.archdaily.com/895871/haus-3-gellink-plus-schwammlein-architekten?ad_medium=gallery> Acesso em 10 mar. 2021.

SABBATINI, F. H. **Desenvolvimento de métodos, processos e sistemas construtivos - formulação e aplicação de uma metodologia**. Tese (Doutorado em Engenharia civil) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1989.

SAVASSI, F. **Curso A Fórmula da Arquitetura Modular**. Plataforma Hotmart: Studio Modular, 2019a.

SAVASSI, F. **Como conceber projetos modulares**. Vimeo: Studio Modular, 2019b.

SCHENINI, P. C. **Avaliação dos Padrões de Competitividade à Luz do Desenvolvimento Sustentável: O Caso da Indústria Trombini Papel e Embalagens S/A em Santa Catarina - Brasil**. Tese (Doutorado em Engenharia) - Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1999.

SCHOENBORN, J. M. **A Case Study Approach to Identifying the Constraints and Barriers to Design Innovation for Modular Construction**. Thesis (Master of Science) - Virginia Polytechnic Institute And State University, Blacksburg, 2012.

SECRETARIA ESPECIAL DE COMUNICAÇÃO. **Prefeitura abre novo espaço do Mercado Municipal de Santo Amaro depois de incêndio**. Notícias. Out. 2017. Disponível em: < <http://www.capital.sp.gov.br/noticia/prefeitura-abre-novo-espaco-do-mercado-municipal-de-santo-amaro-depois-de-incendio>>. Acesso em: 28 jan. 2021.

SHOPARC. Website da empresa de Projetos de Arquitetura. Disponível em: <<https://www.shoparc.com/projects/b2/>>. Acesso em: 19 jan. 2021.

STUDIO ARTHUR CASAS. Website de empresa de Projetos de Arquitetura. Disponível em: <<https://www.arthurcasas.com/pt/projetos/syshaus/>>. Acesso em: 19 jan. 2021.

STUDIO CÁRCERES LAZO. Residência GZ / Studio Cárceres Lazo. ArchDaily Brasil. Jul. 2017. Disponível em: <<https://www.archdaily.com.br/br/875607/residencia-gz-studio-caceres-lazo>>. Acesso em: 19 jan. 2021.

THE AMERICAN INSTITUTE OF ARCHITECTS (AIA). Design for Modular Construction: An Introduction for Architects. Washington: 2019. 41 p.

TOTALCAD. Website com conteúdo relativo a softwares técnicos para arquitetura, computação gráfica e engenharia. Disponível em: <<https://blog.totalcad.com.br/afinal-o-que-e-um-software-bim/bim-3d-4d-5d/>>. Acesso em: 19 jan. 2021.

WARZECHA, M. Your Home by Mail: The Rise and Fall of Catalogue Housing. Disponível em: <<https://www.archdaily.com/609890/your-home-by-mail-the-rise-and-fall-of-catalogue-housing>>. Acesso em: 12 ago. 2020.