

**CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA
SOUZA ESCOLA TÉCNICA ESTADUAL – ETEC ITAQUERA II**

ENSINO MÉDIO TÉCNICO EM EDIFICAÇÕES

Fernanda Oliveira de Novaes

Gabriel Henrique Araújo dos Santos

José Fernando Santos Alves

Kauan Alves Macedo

**ARQUITETURA MODULAR: conceitos, práticas e
benefícios**

São Paulo

2024

**CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA
SOUZA ESCOLA TÉCNICA ESTADUAL – ETEC ITAQUERA II**

CURSO TÉCNICO DE EDIFICAÇÕES

Fernanda Oliveira de Novaes

Gabriel Henrique Araújo dos Santos

José Fernando Santos Alves

Kauan Alves Macedo

**ARQUITETURA MODULAR: conceitos, práticas e
benefícios**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado por Fernanda Oliveira, Gabriel Henrique, José Fernando e Kauan Alves como pré-requisito para a conclusão do Ensino Médio e Técnico em **Edificações**, da Escola Técnica Estadual - **Etec Itaquera II**, elaborado sob a orientação do Prof. Lucas Andrade da Silva Bianchini.

São Paulo

2024

ESCOLA TÉCNICA ESTADUAL ITAQUERA II – ETEC ITAQUERA II

CURSO TÉCNICO DE EDIFICAÇÕES

Fernanda Oliveira, Gabriel Henrique, José Fernando e Kauan Alves

ARQUITETURA MODULAR: conceitos, práticas e benefícios

Aprovado em: ____ de _____ de _____.

ORIENTADOR

Prof. Esp. Lucas Andrade da Silva Bianchini – Etec Itaquera II

RESUMO

A Arquitetura Modular tem emergido como uma abordagem inovadora e eficiente dentro da construção civil, oferecendo soluções práticas para a crescente demanda por edificações rápidas e sustentáveis. Este trabalho busca explorar em profundidade o conceito de Arquitetura Modular, analisando seus métodos, benefícios e desafios, bem como sua integração com normas regulatórias e práticas contemporâneas, com o objetivo principal de fornecer uma visão abrangente sobre a implementação deste método construtivo, desde a fase de concepção até a entrega final da obra, destacando sua aplicabilidade e impacto no cenário atual. A pesquisa metodológica foi conduzida através de uma revisão detalhada da literatura existente, incluindo artigos acadêmicos, livros especializados e diretrizes normativas, além de estudos de caso de projetos modulares em diferentes contextos geográficos e tipológicos, como construções em madeira, aço, concreto e híbridas, permitindo uma análise comparativa dos métodos construtivos e dos resultados obtidos em termos de eficiência, tempo de construção, custos e impacto ambiental. Um aspecto central da pesquisa foi a análise das normas regulamentadoras aplicáveis, com ênfase na ABNT NBR 15.575, que estabelece requisitos para o desempenho das edificações habitacionais no Brasil, sendo a conformidade com estas normas crucial para assegurar que as construções modulares atendam aos padrões de segurança, habitabilidade e sustentabilidade. A pesquisa abordou como a Arquitetura Modular se adapta às exigências normativas e os desafios encontrados na integração desse método com as regulamentações tradicionais de construção. Os procedimentos metodológicos incluíram a coleta e análise de dados de projetos reais, avaliação dos métodos construtivos utilizados e a identificação dos principais benefícios e limitações associados à construção modular, destacando a redução significativa do tempo de construção, menor geração de resíduos e a possibilidade de personalização e expansão futura dos módulos. A arquitetura modular se mostra como uma alternativa viável para projetos que exigem alta eficiência e sustentabilidade, oferecendo soluções rápidas e adaptáveis. A análise dos estudos de caso revelou que a construção modular é particularmente eficaz em projetos que requerem agilidade e flexibilidade, como habitações emergenciais e projetos de grande escala, mostrando que a modularidade permite uma melhor gestão dos recursos e contribui para a redução do impacto ambiental da construção, ao mesmo tempo que oferece uma solução econômica e prática para atender às necessidades habitacionais contemporâneas. As conclusões do trabalho evidenciam que a Arquitetura Modular representa uma abordagem promissora para enfrentar os desafios da construção moderna, com sua capacidade de adaptação e eficiência tornando-a uma escolha preferencial para projetos que demandam rapidez e sustentabilidade, embora a integração com normas regulatórias e a superação de barreiras culturais e logísticas sejam aspectos que precisam ser continuamente abordados para maximizar o potencial da construção modular. Em resumo, a pesquisa demonstra que a Arquitetura Modular é uma solução eficaz e inovadora, capaz de atender às demandas atuais por edificações rápidas, econômicas e sustentáveis, reafirmando sua relevância no contexto da construção civil.

Palavras-chave: Arquitetura Modular, Sustentabilidade, Construção Sustentável, Pré-Moldado, Pré-Fabricado, Construção Modular.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	6
2	OBJETIVOS	8
3	DEFINIÇÃO E DESENVOLVIMENTO	9
4	FUNDAMENTOS DA ARQUITETURA MODULAR	11
4.1	Princípios básicos	11
4.2	Tipos de construção modular	11
4.3	Materiais utilizados na Construção Modular	14
5	BENEFÍCIOS E LIMITAÇÕES	15
5.1	Benefícios	15
5.2	Limitações	16
6	PROCESSO DE CONSTRUÇÃO MODULAR	18
6.1	Planejamento e Projeto	18
6.2	Fabricação dos módulos	19
6.3	transporte dos módulos	19
6.4	preparação do canteiro de obras	20
6.5	montagem dos módulos	20
6.6	acabamentos	21
6.7	entrega	22
7	METODOLOGIA PULL MAX NA CONSTRUÇÃO CIVIL	23
7.1	Planejamento Colaborativo	23
7.2	Redução de Estoques e Desperdícios	23
7.3	Ajuste Dinâmico do Cronograma	23
7.4	Aumento de Produtividade e Qualidade	23
7.5	Responsabilidade Compartilhada	24
8	ESTUDO DE CASO	25
8.1	Metodologia de seleção da pesquisa	25
8.2	Tópicos analisados	25
8.3	Construções Modulares em Aço	27
8.4	Construções Modulares em Concreto	29
8.5	Construções Modulares Híbridas	30

8.6	Casas Modulares Emergenciais no Rio Grande do Sul	31
9	ESTUDOS PRÁTICOS E ANÁLISE DE DADOS	33
9.1	Visita técnica Brasmerc	33
9.2	Análise Estatística arquitetura modular	34
9.3	pesquisa ao público.....	36
10	REGULAMENTAÇÃO E NORMAS.....	39
10.1	ABNT NBR 15.575	39
10.2	Responsabilidade Profissional e Conformidade com a Norma	39
10.3	Vida Útil de Projeto (VUP).....	39
10.4	Custo do Ciclo de Vida (CCV).....	40
10.5	Requisitos da Norma ABNT NBR 15.575.....	40
10.6	Avaliação de Desempenho e Metodologias	41
10.7	Desempenho Térmico e Iluminação.....	41
10.8	Normas e regulamentações Internacionais	42
11	DESAFIOS E OPORTUNIDADES FUTURAS	44
11.1	Oportunidades.....	44
11.2	Desafios	45
12	METODOLOGIA	47
13	RESULTADOS	48
13.1	Análise dos projetos estudados	48
13.2	Avaliação da Conformidade com Normas e Regulamentações	49
13.3	Desafios e Benefícios Observados	49
13.4	Comparação dos Tipos de Construção Modular	49
14	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	50
•	REFERÊNCIAS	52

1 INTRODUÇÃO

A arquitetura modular, como uma abordagem eficiente na construção civil, tem se destacado nas últimas décadas como uma solução para desafios atuais, como a necessidade de construção rápida, sustentável e econômica. Este conceito, que envolve a pré-fabricação de módulos que são posteriormente montados no local de construção, reflete uma mudança significativa na forma como os projetos arquitetônicos são concebidos e executados. Para contextualizar, a arquitetura modular insere-se em um cenário global onde a urbanização acelerada e a crescente demanda por habitação desafiam os métodos tradicionais de construção. Nesse contexto, a modularidade oferece uma alternativa que não apenas atende a essas necessidades, mas também promove a eficiência energética e a redução de resíduos.

O presente trabalho tem como objetivo principal investigar o impacto da arquitetura modular no desenvolvimento sustentável das edificações. A partir dessa premissa, é delimitado o tema ao explorar como a modularidade pode contribuir para a criação de construções mais eficientes em termos de recursos, tanto na fase de construção quanto ao longo da vida útil dos edifícios. A importância desse estudo reside na crescente adoção de práticas sustentáveis no setor da construção civil, onde a arquitetura modular surge como uma ferramenta potencialmente revolucionária para minimizar o impacto ambiental e promover a economia de recursos.

O problema central que este trabalho busca responder é: de que maneira a arquitetura modular pode ser aplicada de forma a maximizar a sustentabilidade nas construções? Para tanto, é necessário compreender os principais desafios e benefícios associados à implementação dessa técnica em diferentes contextos construtivos. A relevância dessa questão é amplificada pela urgência em adotar práticas que reduzam a pegada ecológica das construções, ao mesmo tempo em que respondem à necessidade de espaços habitacionais e comerciais em um mundo cada vez mais urbanizado.

Os objetivos deste trabalho incluem a análise dos princípios fundamentais da arquitetura modular, a identificação das suas vantagens e desvantagens em termos de sustentabilidade, e a avaliação de estudos de caso que demonstram a aplicação prática dessa abordagem. A metodologia adotada envolve uma revisão bibliográfica

abrangente sobre o tema, a análise de dados de projetos já realizados, e a discussão dos resultados à luz dos conceitos de sustentabilidade e eficiência energética.

Ao longo do desenvolvimento deste trabalho, serão revisitadas e refinadas as questões abordadas nesta introdução, buscando fornecer uma contribuição significativa para a compreensão e a promoção da arquitetura modular como uma prática alinhada com os princípios do desenvolvimento sustentável.

2 OBJETIVOS

O objetivo da presente monografia é apresentar a Arquitetura Modular como uma possível solução para problemas sociais, financeiros e ambientais. A arquitetura modular não é apenas um método de construção inovador, mas também uma perspectiva promissora para o futuro da construção civil. As construções modulares fazem parte de um modelo de construção que garante, além de rapidez e preço acessível em comparação com outros métodos, uma menor emissão de gases poluentes e um modo versátil e prático de construir. Essa abordagem pode ser aplicada tanto em projetos de moradia quanto em outras obras, incluindo projetos governamentais.

- **Objetivos gerais**

Sugerir uma construção sustentável, inovadora e econômica, por meio do método de construção proposto, e estender essa abordagem às esferas de projetos sociais, financeiros e ambientais nos mais diversos setores.

- **Objetivos específicos**

Analisar o método e fazer com que ele alcance desde os menores até os maiores âmbitos sociais e governamentais.

3 DEFINIÇÃO E DESENVOLVIMENTO

A arquitetura modular é definida como um sistema de design e construção do qual, é feito a partir de módulos pré-fabricados para serem montados como elementos principais de edifícios ou estruturas. Dos quais, esses módulos são produzidos em ambientes controlados, e são transportados para o local da construção e em seguida montados para realizar a estrutura final. Esse método permite que ocorra a flexibilidade de design, permitindo a personalização dos espaços para que futuramente sejam feitas adaptações ou expansões. Além disso, a arquitetura modular tem grande destaque por sua eficiência, redução de tempo de obra, redução de desperdício de materiais e impactos ambientais, assim sendo indicada nas demandas atuais de sustentabilidade e inovação no setor da construção civil.

A construção modular, apesar de ser um termo relativamente desconhecido para muitos, não é um método de construção tão novo assim. O primeiro registro de construção modular ocorreu na década de 1830, quando um carpinteiro londrino chamado John Manning construiu uma casa pré-fabricada para seu filho. Essa casa foi montada em partes antes de ser enviada da Inglaterra para a Austrália e, então, montada no local.

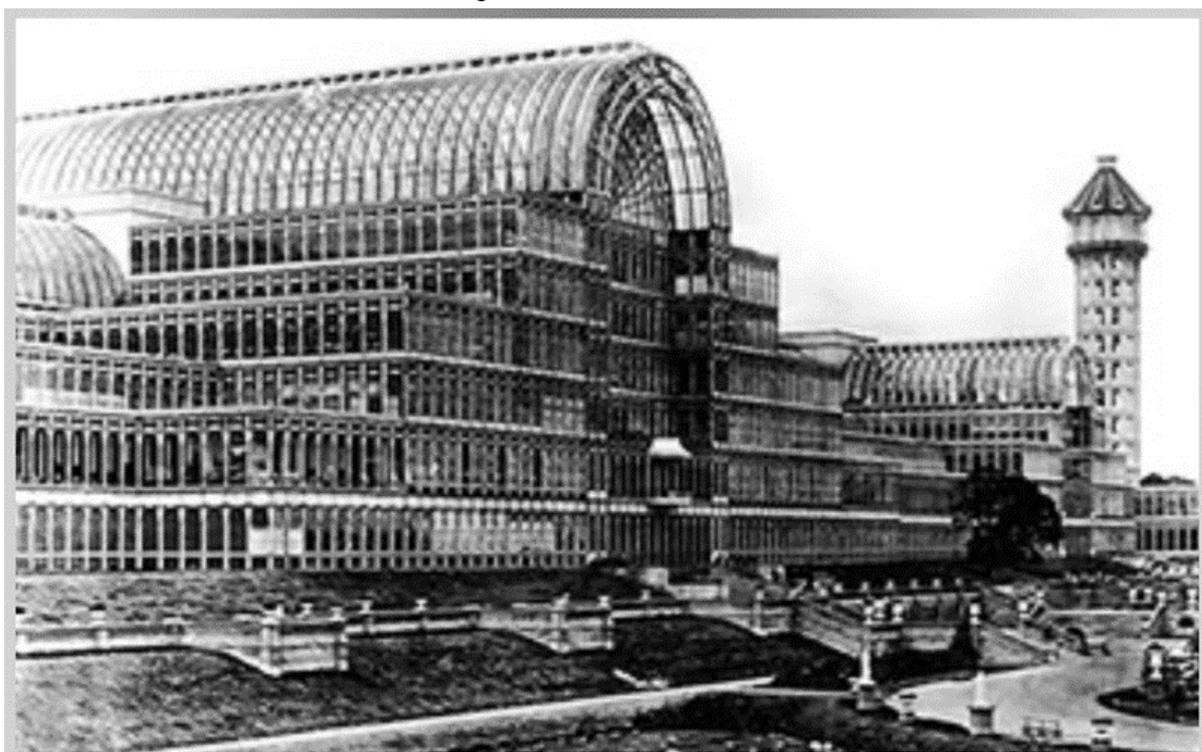
Imagem 1 – “Manning Portable Cottage”



Fonte: BVM (2023)

Esse método de construção também ganhou popularidade quando foi utilizado para construir o Palácio de Cristal para a Grande Exposição da Grã-Bretanha de 1851. Após isso, a construção modular se expandiu com a criação de estruturas pré-fabricadas durante a Segunda Guerra Mundial e na rápida reconstrução de casas após o fim da guerra.

Imagem 2 – Palácio de Cristal



Fonte: BVM (2023)

A popularidade da construção modular nos EUA levou à criação do Modular Building Institute, uma associação comercial internacional sem fins lucrativos dedicada à construção modular.

Embora não seja um método de construção atual, ele tem suas raízes em práticas de construção rápida, acessível e de qualidade que já são utilizadas há muitos anos. A construção modular é uma excelente proposta em termos de mão de obra, geralmente menor do que a necessária em projetos tradicionais, e oferece acesso a ambientes de alta qualidade para mais pessoas e empresas.

4 FUNDAMENTOS DA ARQUITETURA MODULAR

4.1 PRINCÍPIOS BÁSICOS

A arquitetura modular é um modelo de construção feito em “módulos” individuais em que os ambientes de uma residência ou edificação são fabricados separadamente, transportados em cima de um caminhão e posteriormente agrupados no terreno, dando forma ao imóvel desejado.

4.2 TIPOS DE CONSTRUÇÃO MODULAR

- **Construções modulares em madeira**

Esteticamente são agradáveis e têm elevado valor ecológico por serem madeiras de reflorestamento. A madeira tem a vantagem de tornar o ar mais limpo. No entanto, o custo é alto, e tende a ser inviável.

Imagem 3 – Construção modular em madeira



Fonte: habitability (2022)

- **Construção modular em Betão**

É uma opção mais económica que as construções tradicionais de alvenaria e requer menos tempo de construção; são eficientes no quesito termoacústico, e tem uma forte estrutura.

- **Construção modular em aço ou Steel Frame**

Módulos de aço podem ser utilizados na construção de casas, comércios, empresas, centros de saúde, escolas e muito mais. A construção em aço permite que haja menos peso à construção em comparação a outras e oferece um nível de resistência maior. Outras vantagens são o conforto termo acústico, economia de energia e contribui em tempos frios mantendo a temperatura. O Steel frame, a estrutura de aço, conhecida como estrutura de aço leve, é um sistema composto por perfis de aço galvanizado. Dessa forma, essas estruturas podem ser fechadas com painéis de madeira, cimento, painéis compósitos de alumínio ou mesmo drywall.

Imagem 4 – Construção modular em aço



Fonte: metallight (2024)

- **Construções modulares em granito**

Esse tipo de construção não é muito comum no Brasil, mas ele é ótimo na questão de durabilidade, resistência e conforto, porém seu preço não é muito acessível.

- **Construção modular em concreto**

Garante a qualidade e o peso adequado das peças produzidas. Seu controle também garante homogeneidade e otimização de materiais usados. Os benefícios incluem, a maior velocidade na entrega, o menor custo e a racionalização do canteiro torna esse sistema construtivo ideal para obras de grande porte.

Imagem 5 – Construção modular em concreto



Fonte: cimentoitambe (2020)

- **Construção modular básica**

Estruturas básicas contam com apenas um andar e poucos cômodos. O projeto pode ser finalizado em poucas horas e pode ter estilo industrial ou contemporâneo, visto que há inúmeros layouts, tamanhos e formas de utilização.

- **Construção modular sofisticada**

Construções modulares sofisticadas contam com elementos que maximizem o desempenho energético. A saber claraboias e janelas que deixam que o sol aqueça o ambiente. Algo muito utilizado hoje em dia são painéis solares que produzem energia para abastecer a casa.

- **Construção modular moderna**

Podem ser modernizados com cores, texturas, portas e janelas mais atuais possível. Tem como base o modernismo e elegância que a construção pode ter.

4.3 MATERIAIS UTILIZADOS NA CONSTRUÇÃO MODULAR

- **Materiais empregados em construções modulares de concreto:**

Concreto moldado/Concreto pré-fabricado, concreto armado, treliças, gesso acartonado, fibras isolantes e fibras termo acústicas, cimento, argamassas, pedras artificiais, canos, tubos, manilhas, estacas, vigas, telhas, ladrilhos, lajes, estrutura do telhado.

- **Materiais empregados em construções modulares de aço:**

Metais como ferro, cobre, alumínio, aço bruto, aço moldado, aço laminado, placas de aço, blocos, Steel Frame, aço galvanizado, chapas de aço galvanizado, painéis, vigas, fibras isolantes e fibras termo acústicas, canos, tubos, manilhas, estacas, vigas, telhas, ladrilhos, lajes, estrutura do telhado.

- **Materiais empregados em construções modulares de madeira:**

Madeira laminada colada, madeira laminada cruzada, concreto, vidro simples, vidro plano laminado, vidro temperado, vidro moldado, tubos, manilhas, estacas, vigas, telhas, ladrilhos, lajes, estrutura do telhado.

- **Materiais empregados em construções modulares híbridas:**

Por ser um tipo híbrido, podem ser utilizados todos os materiais destacados acima, garantindo maior eficiência, versatilidade e variedade a obra. Uma obra híbrida tende a ser mais bem trabalhada e com maior duração pela pluralidade de materiais.

5 BENEFÍCIOS E LIMITAÇÕES

Ao longo dos anos a construção modular vem se destacando como uma solução inovadora e eficiente no setor da construção civil. Este método construtivo envolve a fabricação de módulos para que em seguida seja feita sua montagem no local da obra.

5.1 BENEFÍCIOS

Em comparação com os métodos tradicionais oferece muitas vantagens significativas, que se destacam por sua eficiência, sustentabilidade, precisão entre outros.

- **Redução de tempo**

Uma grande vantagem desse método é justamente a redução de tempo de obra. Do qual, diferente dos métodos convencionais, que ocorrem totalmente no local, as construções modulares são feitas previamente em fabricas especializadas. Permitindo que os módulos cheguem prontos ao canteiro de obras, retirando a necessidade de longas preparações e podendo prosseguir para a montagem. E como as etapas de produção e montagem podem ser feitas ao mesmo tempo, ocorre a redução de interrupções causadas por fatores externos, por exemplo, condições climáticas diversas.

- **Redução de Mão de Obra**

Tendo os módulos já finalizados, a montagem precisa de menos trabalhadores, assim então em um processo mais eficiente e econômico. Também significa que tem menos custos quanto a contratação de profissionais, assim contribuindo para o controle de custos.

- **Desperdício de materiais**

Pela maior parte deste método ser feito por módulos em fábricas especializadas passa por um controle mais rigoroso do uso dos materiais. Fazendo com que tenha uma redução significativa de desperdícios de matérias-primas, como água e energia, além disso, menos geração de resíduos poluentes. Contribuindo para um canteiro de obras mais limpo e impacto ambiental reduzido.

- **Prazo de Entrega**

Com o tempo de construção sendo menos, faz com que o prazo de projetos modulares seja menor. Essa previsão de término do projeto se torna valiosa para quem coordena e para o cliente, fazendo também que o cronograma seja concluído com maior precisão.

- **Versatilidade**

Construções feitas em módulos tem uma flexibilidade por seu modelo dinâmico e adaptável, tornando possível a personalização de projetos sem comprometer sua qualidade e custo-benefício. Com os profissionais e cliente podendo explorar diversos layouts e designs, podendo realocar e ou expandir os ambientes. Tornando assim esse tipo de construção ideal para diversos tipos de aplicações, como expansão de escolas e hospitais.

- **Tecnologia**

A integração de tecnologias como softwares de gestão, modelagem 3D e ferramentas de previsão quanto aos processos do projeto. Dos quais, permitem planejamento mais preciso e eficiente. Esses recursos garantem não apenas a execução da obra, além de garantir melhor isolamento acústico e térmico, otimizar o uso de materiais e alocação de mão de obra.

- **Valorização do empreendimento**

Estruturas que adotam esse modelo construtivo tendem a ter maior valorização de mercado. Considerando sua associação com conceitos sustentáveis, modernos e inovadores que aumentam a atratividade dessas construções, ainda mais em centros urbanos onde a demanda atual busca por soluções eficientes e ambientalmente sustentáveis e responsáveis.

5.2 LIMITAÇÕES

Mesmo existindo diversas vantagens oferecidas pela construção modular, esse método também apresenta algumas desvantagens que precisam ser consideradas.

- **Custo inicial**

Embora a construção modular minimize o tempo e desperdícios, seu custo inicial pode ser elevado. Isso pode acontecer principalmente por conta do custo do

transporte e instalação dos módulos, e dependendo da extensão dos módulos podem acarretar gastos adicionais, por cota da contratação de equipe, equipamentos e adaptação de rotas de transporte.

- **Custo dos materiais**

Outro ponto é que materiais específicos como painéis estruturais e outras peças de alto desempenho tendem a ter custo mais elevado do que materiais utilizados em construções convencionais. Mesmo que esses materiais possam oferecer vantagens em termos de durabilidade, eficiência e qualidade, ainda sim torna o investimento inicial mais elevado pode se transformar em um problema em projetos de orçamento limitado.

- **Mão de obra especializada**

Neste método é necessário que se tenha trabalhadores qualificados, tanto na fabricação como aplicação dos módulos no local da obra. Podendo ser uma complicação dependendo de regiões onde a disponibilidade de profissionais treinados é limitada. Quanto maior for a falta de trabalhadores especializados mais caro se torna o custo de contratação.

- **Manutenção**

Podendo ser mais complexa do que em construções convencionais. A substituição ou reparo de algum componente pode precisar de procedimentos técnicos especializados. Além disso, ter acesso a peças de reposição feitas em projetos personalizados torna difíceis as substituições, podendo encarecer a manutenção e contratação do técnico especializado.

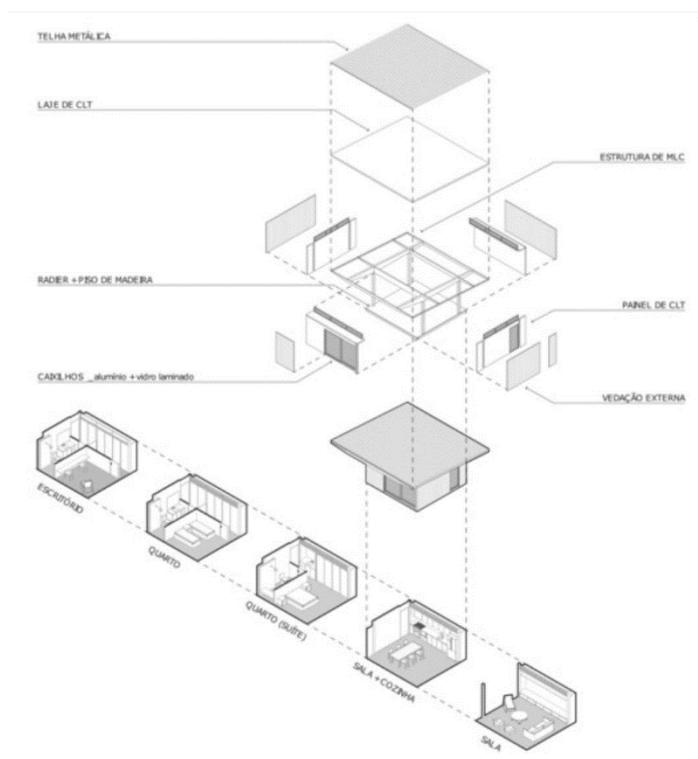
6 PROCESSO DE CONSTRUÇÃO MODULAR

A construção modular é caracterizada pelo processo de produção do qual é completamente diferente dos métodos tradicionais. Tendo uma série de etapas que diferem de projeto para projeto. Esses processos vão envolver desde a planejamento, pré-fabricação de peças, transporte e montagem no local escolhido.

6.1 PLANEJAMENTO E PROJETO

Seu processo começa com uma fase de projeto e planejamento. Onde, arquitetos e engenheiros trabalham em conjunto para desenvolver o design do edifício, considerando as características da construção modular, como suas dimensões em módulos, técnicas de montagem e sistemas de conexão. São muito utilizadas modelagens 3D e softwares especializados para que seja feita a visualização do projeto e antecipar possíveis problemáticas. Além disso, o planejamento detalhado permite a sincronização de etapas como, produção e montagem, assim otimizando o cronograma e reduzindo risco de atrasos.

Imagem 6 – Exemplo de projeto em dimensão 3D

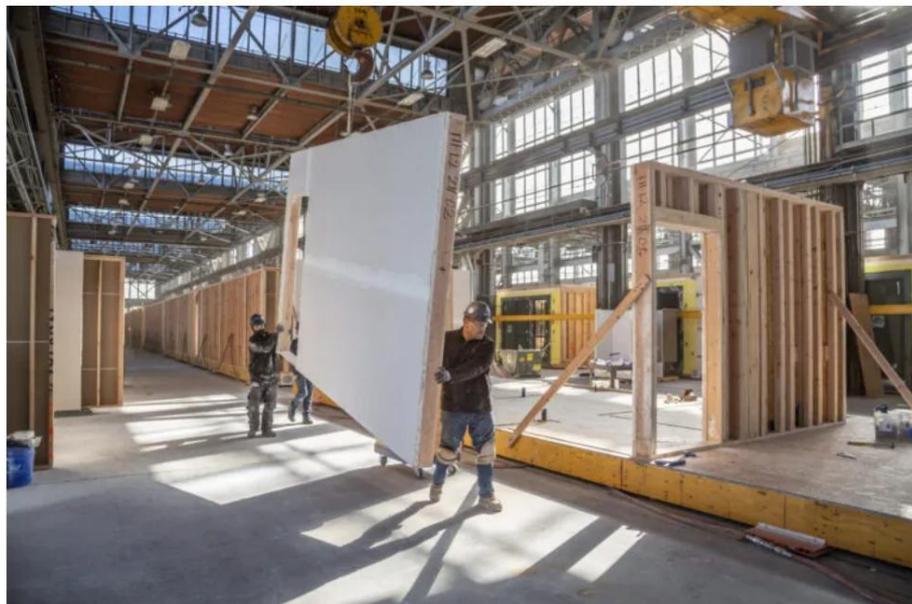


Fonte: Eduardo Souza (2023)

6.2 FABRICAÇÃO DOS MÓDULOS

Com o projeto já finalizado e confirmado, inicia a fase de fabricação dos módulos em fábricas especializadas. Esses módulos são feitos em ambiente controlado, garantindo um alto nível de qualidade e precisão na construção. Durante sua fabricação, são feitos processos de corte, soldagem, montagem das estruturas, instalações elétricas, hidráulicas e acabamentos internos, conforme especificações do projeto. Sua fabricação em fábrica também torna possível sua utilização em tecnologias avançadas, como automação e robótica, assim aumentando sua eficiência e diminuindo o desperdício de materiais.

Imagem 7 – Processo de montagem das estruturas



Fonte: Juliana Nakamura (2024)

6.3 TRANSPORTE DOS MÓDULOS

Após a conclusão da fabricação, os módulos são levados até o local da obra. O transporte é uma etapa difícil, pelos módulos precisarem ser manuseados com cuidado para evitar danos durante seu deslocamento. A transportação deve ser planejada considerando o peso e tamanho dos módulos, a condição das vias e as normas de trânsito aplicáveis. Dependendo da localização do canteiro de obras, o transporte pode envolver rodovias, ferrovias ou até mesmo vias fluviais.

Imagem 8 – Transportação dos módulos



Fonte: Labor equipamentos rodoviários (2023)

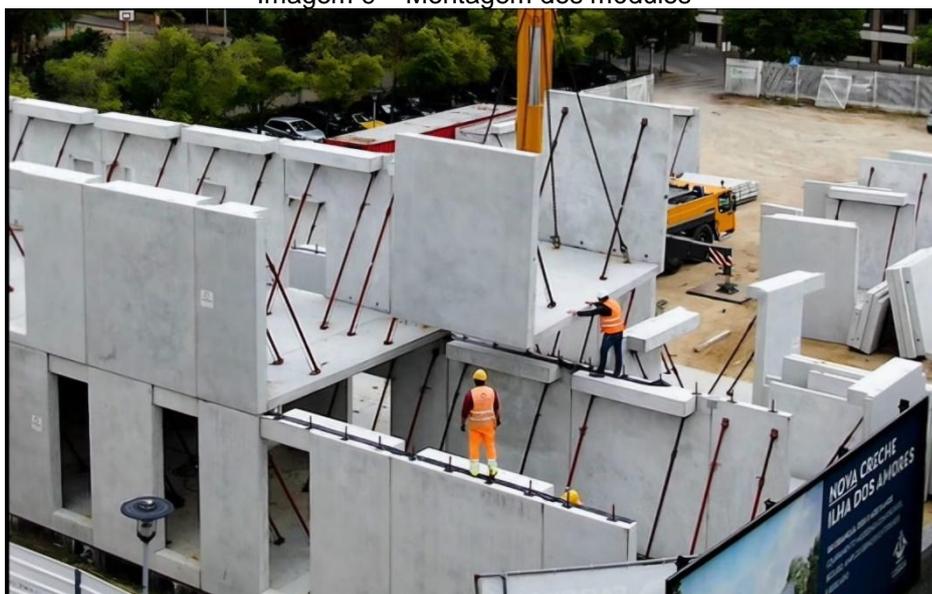
6.4 PREPARAÇÃO DO CANTEIRO DE OBRAS

Durante a fabricação dos módulos o canteiro de obras deve ser preparado para que possam ser aplicados. Nesta etapa ocorre a realização das fundações, instalação de sistemas de infraestrutura, como rede de água, esgoto e energia elétrica, também sendo realizada a criação de plataformas de apoio para a montagem dos módulos. A preparação antecipada do local permite que os módulos sejam instalados imediatamente após sua chegada, reduzindo o tempo de construção no local.

6.5 MONTAGEM DOS MÓDULOS

Com a chegada dos módulos no canteiro de obras e fundações finalizadas, a montagem pode prosseguir. Sendo feito o levantamento e a fixação dos módulos nas fundações, fazendo uso de guindastes e outros equipamentos para sua elevação. Com os módulos conectados entre si, formam a versão final do edifício. Durante sua montagem já são realizadas suas conexões elétricas, hidráulicas e mecânicas entre os módulos, assim, garantindo a funcionalidade integrada de todos os sistemas.

Imagem 9 – Montagem dos módulos

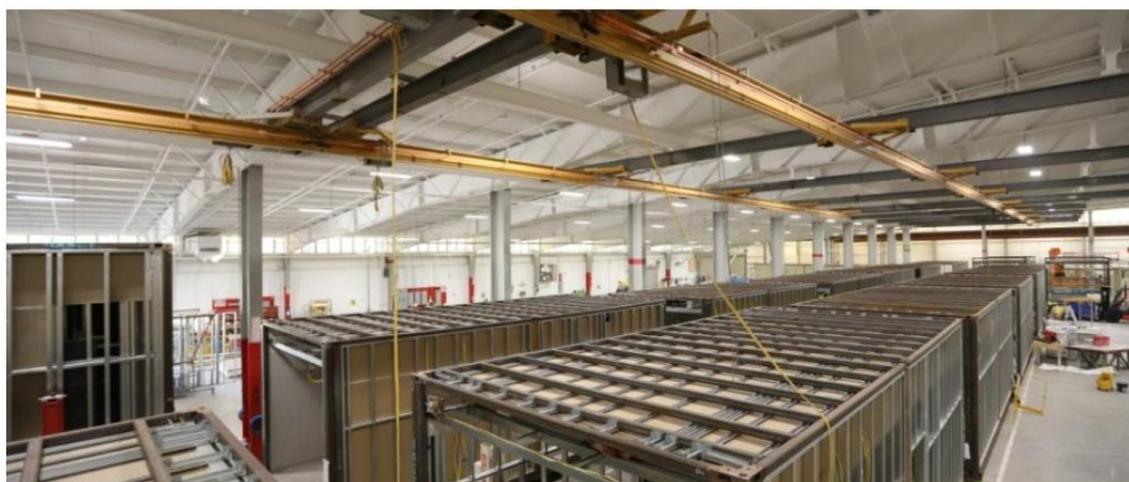


Fonte: Camilla Ghisleni (2023)

6.6 ACABAMENTOS

Terminando sua montagem são feitos os acabamentos internos e externos que não foram completados durante sua fabricação, como pintura, revestimentos entre outros ajustes finais. Também são realizados testes para garantir que todas as instalações estejam de acordo com o exigido, funcionando corretamente, e que o edifício atenda os padrões de segurança e qualidade exigidos. São testados os sistemas elétricos, hidráulicos e de climatização, e sua estrutura é inspecionada para verificar sua integridade e conformidade com o projeto estabelecido.

Imagem 10 – Módulo em processo de acabamento



Fonte: Tecnoframe industry (2020)

6.7 ENTREGA

Tendo o edifício finalizado, e feita a entrega para o cliente. Nesta fase é feita a apresentação de manuais de uso e manutenção, e, é estabelecido um período de garantia, do qual, durante ele podem ocorrer eventuais ajustes e correções na edificação. E o método em módulos também permite futuras expansões ou alterações com maior facilidade, assim atendendo possíveis necessidades do cliente quanto a alteração de espaço.

7 METODOLOGIA PULL MAX NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Além do processo comum de execução do projeto, também pode ser aplicada a metodologia Pull Max, muito usada na construção civil, é uma abordagem baseada nos princípios do Lean Construction. Inspirada na filosofia Lean, que busca eliminar desperdícios e maximizar o valor para o cliente, a Pull Max aplica o conceito de "sistema puxado" ao planejamento e à execução de obras. No contexto de construção, essa metodologia tem como base o planejamento colaborativo, onde os diversos setores e envolvidos na obra trabalham para identificar as demandas reais (ou seja, o que realmente precisa ser feito no momento) e sincronizar suas atividades para otimizar a execução.

Abaixo estão alguns dos principais aspectos da metodologia Pull Max na construção civil:

7.1 PLANEJAMENTO COLABORATIVO

Utiliza ferramentas como o Last Planner System (LPS) para alinhar as equipes e garantir que as atividades são realizadas no momento certo, com base na demanda real, evitando o acúmulo desnecessário de atividades.

7.2 REDUÇÃO DE ESTOQUES E DESPERDÍCIOS

Ao invés de se trabalhar com um cronograma fixo e "empurrar" atividades para as equipes, a Pull Max busca que cada etapa "puxe" os recursos e atividades necessários somente quando for realmente necessário, minimizando estoques e reduzindo desperdícios.

7.3 AJUSTE DINÂMICO DO CRONOGRAMA

A metodologia facilita ajustes em tempo real com base nas condições da obra, permitindo uma maior flexibilidade e melhor reação a imprevistos.

7.4 AUMENTO DE PRODUTIVIDADE E QUALIDADE

Ao focar na execução do que é necessário e na qualidade dos processos, a Pull Max tende a aumentar a produtividade das equipes e a qualidade final da obra, entregando ao cliente o valor esperado.

7.5 RESPONSABILIDADE COMPARTILHADA

Como se trata de um processo colaborativo, cada equipe e fornecedor assume responsabilidade pelo cumprimento de suas tarefas, o que fortalece o comprometimento e a eficiência na entrega dos prazos.

Esse método é particularmente útil em projetos complexos e de grande porte, onde a coordenação entre múltiplos fornecedores, equipes e processos é crucial para o sucesso e a entrega no prazo.

8 ESTUDO DE CASO

8.1 METODOLOGIA DE SELEÇÃO DA PESQUISA

Esse estudo de caso foi feito a partir de diversos aspectos fundamentais da construção modular. A seleção foi baseada pelos seguintes critérios:

1. **Escolha da Modulação:** Avaliação das diferentes opções de modulação disponíveis, considerando a aplicação específica em cada contexto construtivo.
2. **Aplicabilidade da Modulação:** Análise da viabilidade e eficiência da modulação em relação às necessidades do projeto, incluindo aspectos como o tipo de edificação e o ambiente de construção.
3. **Análise Modulação/Estabilidade da Edificação:** Estudo detalhado sobre como a modulação escolhida contribui para a estabilidade estrutural da edificação, incluindo a resistência a esforços de cisalhamento, compressão e tração.

8.2 TÓPICOS ANALISADOS

Este estudo de caso abordará os seguintes tipos de construções modulares:

1. **Construções modulares em madeira;**
2. **Construções modulares em aço;**
3. **Construções modulares em concreto;**
4. **Construções modulares híbridas.**

- **Construções modulares em madeira**

A madeira é amplamente utilizada na construção modular devido à sua versatilidade. Ela permite a aplicação em diferentes níveis de pré-fabricação, desde componentes individuais até módulos completos. A madeira é especialmente escolhida para a construção de casas e edifícios residenciais de pequeno porte (3 a 5 pavimentos), onde sua leveza e propriedades estruturais são vantajosas.

- **Exemplo 1 - Condomínio Residencial no Vietnã:**

Concepção: O projeto utilizou painéis pré-fabricados de madeira com o objetivo de reduzir o consumo energético.

Sistema Estrutural: A edificação foi projetada para resistir a esforços de cisalhamento, compressão e tração.

Sequência Construtiva: Elementos estruturais, como paredes externas, pisos e coberturas de madeira laminada pré-fabricada, foram utilizados. A construção durou 13 meses.

Foto 11 – Imagem referencial do condomínio residencial do Vietnã



Fonte: Guilherme Trevizani Ribeiro (2019)

- **Exemplo 2 - Creche na Finlândia:**

Concepção: Em resposta ao aumento da demanda por creches, o governo finlandês optou por construir unidades modulares utilizando madeira laminada cruzada.

Sistema Estrutural: A estrutura foi projetada para ser rígida e resistente a pressões e cisalhamento.

Sequência Construtiva: Fundações em radier foram empregadas, com vigas que suportam a edificação. As paredes internas receberam revestimento de bétula, enquanto as externas foram construídas no próprio local. O projeto começou em 2008, com a construção finalizada em 2009.

Foto 12 – Imagem referencial da creche na Finlândia



Fonte: Jussi Tiainen (2013)

8.3 CONSTRUÇÕES MODULARES EM AÇO

O aço é um dos materiais mais utilizados em sistemas construtivos modulares, devido à sua resistência e flexibilidade. Ele é frequentemente escolhido para edificações acima de 5 pavimentos ou para construções sobre estruturas pré-existentes, a fim de reduzir as cargas atuantes.

- **Exemplo 1 - Hotel em Estrutura Metálica Contra ventada:**

Concepção: O hotel, projetado para ser uma construção de alto padrão, utilizou placas pré-fabricadas de aço com encaixe rápido, visando lucro rápido e eficiência.

Sistema Estrutural: Os pilares interligados e paredes cisalhadas garantem resistência contra tremores e deformações, suportando até 9 graus na escala Richter.

Sequência Construtiva: A construção utilizou fundações em estacas de concreto, e todas as instalações foram realizadas de forma rápida, com um recorde de 30 pavimentos construídos em 15 dias.

Foto 13 – Imagem referencial da construção do hotel em estrutura metálica



Volumes sobrepostos conferem linguagem arquitetônica única ao Axis Viana Hotel, com 20 mil m²

Fonte: Portal Metálica (2021)

- **Exemplo 2 - Moradia Estudantil na Inglaterra:**

Concepção: O projeto incluiu 248 quartos, cozinhas integradas, lavanderia e estacionamento.

Sistema Estrutural: Utilizou um sistema de balanço com núcleo, que concentrou as cargas horizontais e permitiu espaços perimetrais livres.

Sequência Construtiva: Todos os módulos foram pré-fabricados com instalações completas, e a construção levou pouco mais de um ano.

Foto 14 – Imagem da moradia estudantil na Inglaterra



Fonte: redação ciclo vivo (2019)

8.4 CONSTRUÇÕES MODULARES EM CONCRETO

O concreto é utilizado na construção modular por suas altas resistências mecânicas. Ele permite o uso de diferentes elementos pré-fabricados, desde simples pilares até módulos volumétricos inteiros.

- **Exemplo - Condomínio nos EUA:**

Concepção: O projeto consistiu em 832 unidades habitacionais dispostas em edifícios de diferentes alturas.

Sistema Estrutural: Os módulos pré-fabricados foram moldados monoliticamente, permitindo a distribuição das cargas verticais e resistência ao cisalhamento.

Sequência Construtiva: A pré-fabricação dos módulos incluiu etapas de produção de pisos, lançamento de concreto, cura a vapor, e montagem sequencial. O condomínio foi concluído em 2 anos, com uma média de 15 dias por módulo.

Foto 15 – Imagem da construção do condomínio dos EUA



Resort Juno Winter Park, na Flórida: construção modular em concreto permitiu que edifícios com 268 unidades fossem construídos em 11 meses
Crédito: PCI

Fonte: Precast/Prestressed Concrete Institute (2021)

8.5 CONSTRUÇÕES MODULARES HÍBRIDAS

As construções híbridas combinam diferentes materiais e métodos de pré-fabricação, proporcionando flexibilidade e eficiência na obra.

- **Exemplo - Condomínio Residencial na Inglaterra:**

Concepção: Parte do programa governamental “Rethink Construction Programme, ” o projeto utilizou um sistema misto para flexibilidade e sustentabilidade.

Sistema Estrutural: Painéis leves de aço foram utilizados, com contraventamentos em X para resistir a cargas horizontais.

Sequência Construtiva: A construção incluiu fundações em vigas baldrame, lajes e pilares de concreto armado, e vigas de aço. Os módulos foram instalados juntamente com a aplicação de revestimentos internos e a construção de um “telhado verde. ” O projeto foi concluído em 1 ano e meio, economizando 20 semanas em comparação a métodos tradicionais.

Foto 16 – Imagem referencial do condomínio residencial da Inglaterra



Fonte: 123i (2022)

8.6 CASAS MODULARES EMERGENCIAIS NO RIO GRANDE DO SUL

As casas modulares emergenciais, destinadas às vítimas das enchentes no Rio Grande do Sul, foram projetadas como soluções temporárias e reaproveitáveis.

- **Características das Unidades**

Dimensionamento: Cada unidade possui 20 metros quadrados, com um dormitório, sala e cozinha conjugadas, banheiro, além de ser equipada com móveis e eletrodomésticos.

Execução e Prazo: O governo do estado encomendou 500 dessas unidades, que foram instaladas em regiões como Eldorado do Sul, Vale do Taquari e Região Metropolitana de Porto Alegre. Empresas contratadas pelos municípios participaram

da execução da montagem, com um prazo de entrega de 30 dias após a liberação dos terrenos.

Investimentos: O governo do Estado está investindo cerca de R\$ 66,7 milhões no projeto, além de R\$ 56,4 milhões destinados à construção de casas definitivas.

Foto 17 – Imagem das unidades do Rio Grande do Sul



Fonte: estado RS gov (2024)

9 ESTUDOS PRÁTICOS E ANÁLISE DE DADOS

9.1 VISITA TÉCNICA BRASMERC

Empresa: BRASMERC

Consultor: Amaury

Data: 01/11 **Horário:** 15 horas - 17 horas

O consultor Amaury é engenheiro mecânico e conheceu a empresa como cliente, comprando uma casa e trabalhando com a exportação do produto. A BRASMERC terceirizou os serviços protocolares após a entrega dos materiais. A empresa anterior foi adquirida em 2002, com a BRASMERC adaptando os conceitos presentes e expandindo o mercado nacional e internacional. Já realizaram inúmeras construções tanto no Brasil quanto no exterior. A empresa é internacional e, há três anos, começou a fabricar vigas de madeira. Atendem o mercado externo com kits de paredes duplas, com isolante. Os kits são adaptados às questões ambientais de cada país. No mercado interno, oferecem kits com paredes maciças de 3,5 cm de espessura para garantir maior resistência. O cliente pode escolher entre os kits existentes no site ou optar por um kit modificado com pequenas adaptações.

Em relação ao projeto com o cliente, existem três opções. A primeira é o "Kit padrão", disponível no site da empresa, sem alterações no projeto. O segundo é o "Kit modificado", que permite pequenas adaptações conforme as necessidades do cliente. A última opção é o "Kit especial", que é um projeto feito de acordo com as exigências do cliente e o que a empresa pode fornecer. A montagem de kits de 26m² leva cerca de 2 dias, enquanto os kits de 100m² geralmente são montados em 20 dias.

O material utilizado consiste em madeiras nobres provenientes da Amazônia, regularizadas pelo IBAMA. Na fábrica, a madeira pode ser transformada em vigas, montantes, portas e janelas. As madeiras são armazenadas em um recipiente para evitar danos ambientais. O processo de impermeabilização é feito através de autoclave. Os tipos de madeira utilizados são Maçaranduba e Angelim, provenientes do Norte, além de Eucalipto e Pinos autoclave, do Sul.

Todos os serviços que antecedem a obra são terceirizados, como o transporte das peças e as instalações elétrica e hidráulica, que são realizadas entre as empresas e o cliente. Após a finalização completa da obra, e passados 6 meses, o montador deve

realizar revisões preventivas. A comunicação de problemas na obra deve ser feita entre o montador e o cliente.

Quando questionado sobre uma construção de até 80m², como as que técnicos de edificações podem realizar, o corretor citou o exemplo de uma casa de Maçaranduba, com 2 dormitórios e um banheiro, com 87m², que custa em média R\$ 94.000. Geralmente, o custo pode dobrar devido a todas as mãos de obra envolvidas. A madeira mencionada é a mais adequada para a região de São Paulo. A projeção de duração da casa, de acordo com o Instituto de Pesquisas Tecnológicas, é superior a 20 anos, dependendo dos cuidados do cliente. No entanto, as construções feitas em Atibaia têm durado até mais de 40 anos, o que reforça a ideia de que a vida útil da casa está relacionada ao cuidado do cliente com a residência.

As construções em madeira, conforme mencionado pelo consultor, podem ser utilizadas em diversos tipos de projetos, como creches, escolas, stands e casas. Além disso, estão em negociações para a construção de escolas em madeira para povos indígenas.

Os benefícios citados incluem rapidez, praticidade, administração da obra, versatilidade, fácil manutenção, reformas mais simples e a possibilidade de ampliação da casa no futuro. O consultor acredita que o mercado de construções modulares em madeira cresceu significativamente, já que muitas pessoas têm se afastado das construções convencionais e se adaptado às construções modulares em geral.

9.2 ANÁLISE ESTATÍSTICA ARQUITETURA MODULAR

- **Estatísticas da Arquitetura Modular**

Segundo a pesquisa realizada em 2020 pelo Markets and Markets, as construções modulares seguem em alta em todo o mundo, com uma taxa de crescimento de aproximadamente 5,75% ao ano, o que sinaliza uma possível tendência para os próximos anos. Nesta mesma pesquisa, é notório que o Brasil, ao lado da China e do Japão, é um dos países com mais oportunidades para o desenvolvimento da construção modular.

O mercado da construção modular está em plena expansão em todo o mundo. Segundo pesquisas estatísticas no ramo da construção civil, só em 2020 esse setor

foi avaliado em US\$ 44.471,96 milhões, e as projeções indicam um crescimento de 12% entre 2021 e 2026.

É verdade que a pandemia de COVID-19 impactou diretamente as construções de casas, escolas e aeroportos nesse período. Contudo, a demanda por hospitais modulares reaqueceu esse segmento. Um exemplo disso é a China, onde foi possível construir hospitais emergenciais em apenas alguns dias, como foi o caso do Leishenshan e do Huoshenshan.

O tamanho do mercado de construção modular é estimado em US\$ 63,76 bilhões em 2024, e, segundo os dados da Market and Markets, deverá atingir US\$ 97,13 bilhões até 2029, crescendo a uma taxa composta anual de crescimento (CAGR) de 8,78% durante o período de previsão (2024-2029). Portanto, o método construtivo em questão tem sido não só idealizado e planejado para ser utilizado por muitos países e associações, mas também segue em crescimento considerável em relação aos tipos de construções tradicionais.

O surto esporádico da pandemia de COVID-19 em 2020 e no primeiro semestre de 2021 reduziu drasticamente o setor da construção devido às proibições e restrições impostas pelos governos, limitando assim o crescimento do mercado da construção modular. No entanto, o setor tem se recuperado bem desde que as restrições foram levantadas. O aumento das vendas de casas, o lançamento de novos projetos e a crescente procura por novos escritórios e espaços comerciais têm liderado a recuperação do mercado nos últimos dois anos, indicando que a modulação é possivelmente o novo rumo das construções no mundo.

Abaixo, é apresentado um gráfico que aponta a tendência do mercado de construção modular para os próximos 5 anos, mostrando o quanto o crescimento é diretamente proporcional ao mercado atual e ao futuro. O gráfico indica a preferência de construtoras, incorporadoras e até de projetos governamentais em muitos países, que veem a modulação como o futuro das edificações e projetos civis.

Imagem 18 – Mercado da Construção Modular até 2029



Fonte: Mordor Intelligence Research & Advisory (2023)

9.3 PESQUISA AO PÚBLICO

Foi elaborado um questionário que em geral, foi respondido por pessoas mais experientes, com idades variando de 30 a mais de 55 anos. Dentre os que responderam, mais de 90% trabalham em outras áreas ou são estudantes de ensino médio ou faculdade. Mesmo assim, tivemos um resultado surpreendente, já que cerca de 55% já ouviram falar das construções modulares, por meio de redes sociais, estudos prévios ou outros meios de comunicação/estudos. Entretanto, mesmo tendo ouvido falar, mais de 90% dos participantes se avaliam com conhecimento básico ou nenhum sobre o tema.

Dentre as 5 maiores vantagens da arquitetura modular apresentadas ao público, as opções selecionadas como melhores foram: redução do tempo de construção, menor custo e menor desperdício de material. De forma quase unânime, com mais de 95% dos votos, os participantes consideraram que a arquitetura modular pode, sim, contribuir de forma sustentável no setor da construção, abrangendo praticamente todos os materiais possíveis, como concreto, aço e madeira.

Quanto ao conhecimento sobre obras próximas que utilizam conceitos modulares, mais de 70% dos participantes afirmaram que não existem ou desconhecem a

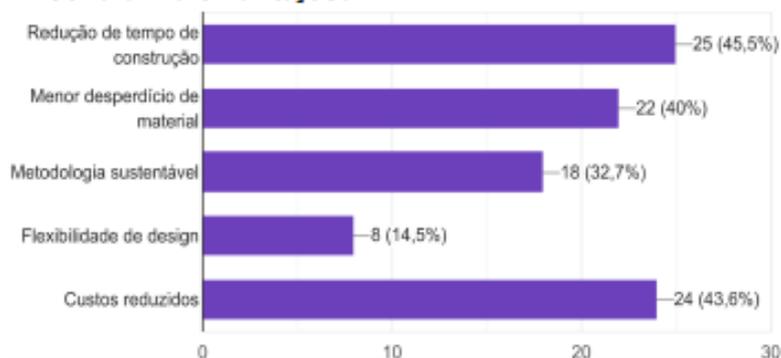
existência de tais obras, além de a mesma proporção nunca ter visitado ou morado em moradias modulares. Cerca de 40% acreditam que as construções modulares podem substituir as tradicionais, enquanto 52% não têm certeza se isso realmente poderia acontecer.

Em relação aos fatores sustentáveis, a distribuição das respostas foi bem equilibrada entre a redução de recursos naturais (42%), o uso de materiais sustentáveis (20%) e a redução de resíduos (18%). Além disso, 60% dos participantes acreditam que, devido aos fatores mencionados, a construção modular pode ser uma solução para a crise habitacional no país e melhorar, de forma significativa, a vida das pessoas.

Concluindo, 64% considerariam a possibilidade de construir suas moradias com o método, enquanto 73% veem o método como tendência para os próximos anos. Entre os comentários sobre o que mais os chamou a atenção, destacaram-se respostas como: praticidade, agilidade, rapidez, sustentabilidade e menores impactos econômicos e ambientais. Quanto à divulgação, a maioria gostaria de ver um incentivo fiscal por parte do governo, além de uma maior popularização e divulgação do método, visto como inovador, tendência e sustentável.

Imagem 19 – Gráfico relacionado a pesquisa de campo

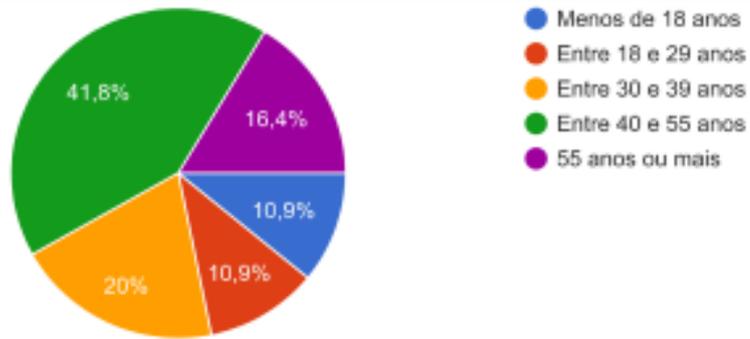
6. Na sua opinião, destas principais vantagens da arquitetura modular, qual seria a mais vantajosa?



Fonte: Oliveira, Fernanda (2024)

Imagem 20 – Gráfico relacionado a pesquisa de campo

1. Qual é a sua idade?



Fonte: Oliveira, Fernanda (2024)

10 REGULAMENTAÇÃO E NORMAS

10.1 ABNT NBR 15.575

De acordo com a ABNT NBR 15.575 (2013), ela estabelece um conjunto de normas abrangentes que regulamentam o desempenho de edificações habitacionais no Brasil. Esta norma consolida várias diretrizes de diferentes disciplinas, exigindo uma transformação cultural significativa na construção habitacional, especialmente no que se refere à especificação de materiais e sistemas construtivos.

10.2 RESPONSABILIDADE PROFISSIONAL E CONFORMIDADE COM A NORMA

- **Incumbências dos Profissionais**

A conformidade com a ABNT NBR 15.575 exige que arquitetos, engenheiros, projetistas e técnicos em edificações desempenhem um papel determinante na incorporação dos requisitos da norma desde as fases iniciais do projeto. Esses profissionais devem garantir que todos os aspectos técnicos e normativos sejam adequadamente considerados.

- **Desafios e Dúvidas na Aplicação da Norma**

O setor da construção está passando por uma fase de adaptação às especificidades da ABNT NBR 15.575, o que gera dúvidas e desafios, particularmente em relação aos limites de responsabilidade profissional e à coordenação dos projetos.

10.3 VIDA ÚTIL DE PROJETO (VUP)

- **Definição e Importância da VUP**

A Vida Útil de Projeto (VUP) é o período estimado para o qual um sistema construtivo é projetado, com o objetivo de atender aos requisitos de desempenho estabelecidos na NBR 15.575. Esse conceito é fundamental para garantir que os sistemas e componentes da edificação mantenham sua funcionalidade ao longo do tempo.

- **Especificações Relacionadas à VUP**

O projeto de arquitetura deve incluir especificações compatíveis com a VUP, levando em conta as condições de exposição e uso, as características de desempenho de materiais e sistemas, e as atividades de manutenção previstas.

10.4 CUSTO DO CICLO DE VIDA (CCV)

- **Conceito de CCV**

O Custo do Ciclo de Vida (CCV) refere-se ao custo total associado a um bem ao longo de sua vida útil, incluindo custos de planejamento, projeto, construção, operação, manutenção e descarte.

- **Importância do CCV na Sustentabilidade Econômica**

O CCV é crucial para garantir a sustentabilidade econômica de uma edificação, considerando que os custos de manutenção e operação podem, ao longo do tempo, superar os custos iniciais de construção.

10.5 REQUISITOS DA NORMA ABNT NBR 15.575

- **Segurança**

A norma define requisitos para garantir a segurança estrutural, contra incêndios, e no uso e operação das edificações:

1. **Segurança estrutural:** Garante a integridade física da edificação.
2. **Segurança contra incêndio:** Protege os ocupantes e o patrimônio em caso de incêndio.
3. **Segurança no uso e na operação:** Assegura que os sistemas sejam seguros para os usuários.

- **Habitabilidade**

Os requisitos de habitabilidade buscam assegurar que as edificações ofereçam condições adequadas para os usuários:

1. **Estanqueidade:** Prevenção contra infiltrações e umidade.
2. **Desempenho térmico:** Condições adequadas de temperatura interna.
3. **Desempenho acústico:** Isolamento sonoro apropriado.
4. **Desempenho luminoso:** Iluminação natural e artificial adequadas.

5. **Saúde, higiene e qualidade do ar:** Garantia de ambientes saudáveis.
6. **Funcionalidade e acessibilidade:** Edificações adaptadas às necessidades dos usuários.
7. **Conforto tátil e antropo dinâmico:** Condições ergonômicas adequadas.

- **Sustentabilidade**

A norma também estabelece diretrizes para garantir a sustentabilidade das edificações:

1. **Durabilidade:** Capacidade dos sistemas e materiais de manterem suas funções ao longo do tempo.
2. **Manutenibilidade:** Facilidade de realizar a manutenção necessária.
3. **Impacto ambiental:** Minimização dos efeitos negativos ao meio ambiente.

10.6 AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO E METODOLOGIAS

- **Metodologias de Avaliação**

A ABNT NBR 15.575 sugere metodologias para a avaliação de desempenho dos elementos e sistemas, incluindo a verificação do cumprimento das normas brasileiras e, na ausência delas, normas estrangeiras.

- **Avaliação de Vida Útil (VUP)**

A avaliação da VUP pode ser substituída por garantias de terceiros (como companhias de seguros). A conformidade com a VUP é considerada atingida se, após 50% do prazo previsto, não houver necessidade de intervenções significativas.

10.7 DESEMPENHO TÉRMICO E ILUMINAÇÃO

- **Exigências de Desempenho Térmico**

A norma estabelece valores máximos e mínimos de temperatura interna que devem ser atendidos para garantir o conforto térmico no verão e no inverno, dependendo da zona bio climática.

- **Iluminação Natural e Artificial**

Os níveis mínimos de iluminação natural e artificial para diferentes dependências da edificação são definidos para assegurar condições adequadas de conforto visual, tanto durante o dia quanto à noite.

10.8 NORMAS E REGULAMENTAÇÕES INTERNACIONAIS

O Código Residencial Internacional (IRC) de 2024 estabelece diretrizes essenciais para a construção de habitações, abordando desde a administração de projetos até requisitos técnicos e de segurança. Este capítulo explora as principais normas do IRC, incluindo eficiência energética, segurança contra incêndios e conforto acústico, além de detalhar os critérios para estruturas e materiais utilizados em construções residenciais. O objetivo é compreender como essas diretrizes garantem a qualidade, segurança e sustentabilidade das edificações.

- **Administração e Compliance**

Estabelece as responsabilidades dos profissionais envolvidos no processo de construção, desde a aprovação de projetos até a fiscalização das obras. A norma visa assegurar que todas as etapas do processo atendam aos requisitos técnicos e legais, garantindo a conformidade com as normas e a segurança das edificações.

- **Definições**

Se encontra no capítulo 2 da norma e dedica-se à explicação dos termos técnicos utilizados ao longo da norma. A definição clara de termos como “isolamento acústico”, “índice de transmissão de impacto” (IIC) e “índice de isolamento acústico ponderado” (STI) é fundamental para a correta aplicação dos requisitos previstos nos capítulos subsequentes.

- **Requisitos Técnicos**

Abrangem os requisitos técnicos para diversas partes da edificação, incluindo fundações, estruturas de madeira e aço, lajes, coberturas e sistemas de impermeabilização. Esses capítulos detalham as especificações necessárias para garantir a estabilidade estrutural e a durabilidade das construções, com ênfase em técnicas e materiais adequados às exigências de segurança e conforto.

- **Eficiência Energética e Equipamentos**

A norma trata dos requisitos para sistemas térmicos, hidráulicos, elétricos e de HVAC (aquecimento, ventilação e ar condicionado). Esses requisitos visam aumentar a eficiência energética das construções, garantindo que os sistemas instalados atendam a padrões de desempenho que minimizem o consumo de energia e proporcionem conforto térmico e ambiental aos ocupantes.

- **Segurança contra incêndios**

Nela é definido os requisitos para a resistência ao fogo das edificações, abordando tanto a proteção passiva quanto a ativa contra incêndios. A norma especifica as condições necessárias para que as construções atendam aos parâmetros de segurança contra incêndios, com a instalação de materiais e sistemas que retardem a propagação do fogo.

- **Requisitos Específicos de IRC**

O Código Residencial Internacional (IRC) também trata de aspectos essenciais como a segurança estrutural, eficiência energética, e o conforto acústico, especialmente em habitações bi familiares. Destaca-se a inclusão de requisitos de isolamento acústico, a fim de garantir o conforto dos ocupantes, especialmente em unidades adjacentes.

11 DESAFIOS E OPORTUNIDADES FUTURAS

11.1 OPORTUNIDADES

- **Sustentabilidade e Eficiência Energética**

Redução de Resíduos: A construção modular pode reduzir significativamente os resíduos de construção, uma vez que os módulos são fabricados em ambientes controlados.

Eficiência Energética: Módulos podem ser projetados para maximizar a eficiência energética, incorporando tecnologias verdes e materiais sustentáveis.

- **Inovação Tecnológica**

Integração com Tecnologias de Construção Avançada: Uso de BIM (Building Information Modeling), automação e impressão 3D para aprimorar o design e a construção dos módulos.

Desenvolvimento de Novos Materiais: Oportunidades para o desenvolvimento de materiais de construção inovadores que sejam leves, duráveis e sustentáveis.

- **Flexibilidade e Adaptabilidade**

Adaptabilidade ao Longo do Tempo: Módulos podem ser facilmente adaptados, expandidos ou realocados para atender às necessidades em evolução.

Personalização em Massa: Capacidade de combinar a eficiência da produção em massa com a personalização para atender às preferências individuais dos clientes.

- **Expansão para Novos Mercados**

Habitação de Emergência: A arquitetura modular tem potencial para ser utilizada em soluções rápidas para habitação de emergência e assistência em desastres.

Mercados em Desenvolvimento: Expansão da arquitetura modular para mercados em desenvolvimento, onde a necessidade de habitação acessível e rápida é alta.

- **Impacto Econômico Positivo**

Redução de Tempo de Construção: O tempo de construção reduzido pode levar a uma rápida geração de receitas e menor impacto nas comunidades locais durante a construção.

Custo-Benefício a Longo Prazo: Apesar dos custos iniciais, a modularidade pode oferecer economias a longo prazo devido à eficiência na construção e menor necessidade de manutenção.

11.2 DESAFIOS

- **Padronização e Regulamentação**

Falta de Normas Específicas: A ausência de normas detalhadas e regulamentações específicas para construções modulares pode criar incertezas no setor.

Integração com Normas Existentes: Desafios em adaptar a arquitetura modular às normas tradicionais de construção, como a ABNT NBR 15.575, que não foram originalmente desenvolvidas para esse tipo de construção.

- **Resistência Cultural e do Mercado**

Resistência dos Profissionais: Arquitetos e engenheiros podem resistir à adoção de métodos modulares devido à falta de familiaridade e à preferência por métodos tradicionais.

Percepção do Público: A percepção de que construções modulares são inferiores em termos de qualidade e durabilidade em comparação com construções convencionais.

- **Limitações de Design**

Flexibilidade de Design: Apesar da modularidade, há limitações na personalização e adaptação dos módulos aos contextos específicos.

Integração com o Ambiente: Desafios em adaptar os módulos a terrenos irregulares ou em áreas com regulamentações rigorosas de uso do solo.

- **Financiamento**

Modelos de Financiamento: Dificuldades em encontrar modelos de financiamento adequados para projetos modulares, que podem não se enquadrar nas categorias tradicionais de financiamento imobiliário.

- **Logística e Transporte**

Desafios Logísticos: Transporte de grandes módulos pode ser complexo e caro, especialmente em áreas urbanas densas ou em terrenos de difícil acesso.

Impacto Ambiental do Transporte: O transporte de módulos pode ter um impacto ambiental significativo, dependendo das distâncias envolvidas.

12 METODOLOGIA

Nossa metodologia se baseia nos mais diversos e relevantes métodos de pesquisa, buscando informações em fontes altamente confiáveis e por meio de especialistas com amplo conhecimento sobre o método, preferencialmente aqueles que atuam em setores de construções modulares e pré-moldadas. Em nosso documento, também utilizaremos arquivos científicos, informações de empresas do ramo, e pesquisas sociais sobre o método, para analisar como as pessoas conhecem o termo arquitetura modular e se ele é bem aceito e conhecido. Além disso, foi realizado uma visita técnica virtual, com uma empresa que ofereceu suporte e a oportunidade de permitir um aprendizado direto com um profissional do setor, o que nos proporcionou uma visão prática e detalhada sobre a aplicação real da arquitetura modular no mercado.

13 RESULTADOS

Este tópico apresenta os resultados obtidos a partir da pesquisa e dos estudos realizados sobre a construção modular. A seguir, são descritos os principais achados relacionados aos projetos analisados e como esses projetos atendem aos objetivos estabelecidos no trabalho.

13.1 ANÁLISE DOS PROJETOS ESTUDADOS

Os estudos de caso envolvendo construções modulares em madeira, como o condomínio residencial no Vietnã e a creche na Finlândia, demonstram a eficácia desse material em aplicações residenciais e educacionais. A madeira, com sua leveza e propriedades estruturais, proporcionou soluções rápidas e sustentáveis. No caso do condomínio no Vietnã, a utilização de painéis pré-fabricados resultou em uma construção eficiente, com um tempo de obra reduzido para 13 meses. A creche na Finlândia exemplifica o uso de madeira laminada cruzada para uma estrutura resistente e adaptável, com a construção concluída em 2009 após um ano de trabalho.

- **Construções Modulares em Aço**

Os projetos analisados para construções modulares em aço, incluindo o hotel em estrutura metálica contraventos e a moradia estudantil na Inglaterra, destacam a flexibilidade e a alta resistência do aço. O hotel, com 30 pavimentos construídos em apenas 15 dias, exemplifica a eficiência e a rapidez da construção metálica, enquanto a moradia estudantil, com 248 quartos, levou pouco mais de um ano para ser concluída, demonstrando a capacidade do aço em grandes projetos com requisitos estruturais específicos.

- **Construções Modulares em Concreto**

O estudo do condomínio modular nos EUA, com 832 unidades habitacionais, ilustra a eficácia do concreto em grandes projetos habitacionais. A construção foi realizada em dois anos, com uma média de 15 dias por módulo, destacando a robustez e a capacidade do concreto em lidar com grandes cargas e garantir a integridade estrutural ao longo do tempo.

- **Construções Modulares Híbridas**

O condomínio residencial na Inglaterra, um exemplo de construção modular híbrida, demonstrou a eficácia da combinação de diferentes materiais e métodos. O uso de aço e concreto, juntamente com a incorporação de um "telhado verde", resultou em uma construção sustentável e eficiente. O projeto foi concluído em um ano e meio, economizando 20 semanas em comparação com métodos tradicionais.

13.2 AVALIAÇÃO DA CONFORMIDADE COM NORMAS E REGULAMENTAÇÕES

Os projetos analisados foram avaliados quanto à conformidade com as normas e regulamentações aplicáveis, como a ABNT NBR 15.575. A maioria dos projetos demonstrou aderência aos requisitos de segurança, habitabilidade e sustentabilidade. A conformidade com a norma é um ponto crucial para garantir que as construções modulares atendam aos padrões exigidos para desempenho e segurança.

13.3 DESAFIOS E BENEFÍCIOS OBSERVADOS

- **Benefícios**

Os resultados mostram que a construção modular oferece vários benefícios, incluindo redução do tempo de construção, menor geração de resíduos e maior eficiência energética. A flexibilidade no design e a possibilidade de expansão futura também são vantagens significativas observadas nos projetos analisados.

- **Desafios**

Alguns desafios foram identificados, como a necessidade de adaptar as normas tradicionais de construção para atender às especificidades da construção modular e as dificuldades logísticas associadas ao transporte de módulos. Além disso, a resistência cultural e a percepção pública ainda são barreiras a serem superadas para a maior adoção da arquitetura modular.

13.4 COMPARAÇÃO DOS TIPOS DE CONSTRUÇÃO MODULAR

A análise comparativa entre as construções modulares em madeira, aço, concreto e híbridas revela que cada tipo possui vantagens e limitações específicas. A madeira é destacada por sua sustentabilidade e leveza, o aço por sua flexibilidade e resistência, o concreto por sua robustez e capacidade de carga, e as construções híbridas por sua adaptabilidade e eficiência.

14 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A arquitetura modular, conforme apresentado em sua definição e histórico, teve suas raízes estabelecidas há muitos anos, quando um inglês propôs construir uma casa para seu filho utilizando módulos que seriam posteriormente unidos para formar a estrutura completa. Embora a ideia não tenha sido inicialmente vista como de grande potencial, sua versatilidade, rapidez e baixo custo começaram a ser mais valorizados. Hoje, diversas construtoras se especializam nessa forma de construção. Todo esse crescimento nos últimos anos se deve às inúmeras vantagens que a arquitetura modular oferece, como a fabricação prática e versátil, a montagem da obra no local, o transporte das estruturas, a redução de tempo, a diminuição no custo de mão de obra, a economia de espaço no canteiro de obras, a menor geração de resíduos e uma alternativa muito mais sustentável e prática em relação a outros métodos, garantindo ao projeto e à obra sustentabilidade e eficiência energética.

A construção em módulos é diversificada, sendo os tipos mais comuns os de concreto, aço, madeira e híbrida. Cada um desses tipos apresenta uma variedade de materiais específicos, exceto a construção híbrida, que envolve todos os materiais possíveis e não se limita a apenas um tipo de material de construção. Um exemplo de construção modular híbrida é um condomínio residencial na Inglaterra, que foi desenvolvido como parte de um estímulo governamental para garantir práticas e condutas sustentáveis em todas as áreas do país. Este projeto foi muito positivo, pois utilizou materiais leves que garantiram estabilidade e resistência à obra, além de incorporar um “telhado verde” que auxiliou na redução da temperatura e na preservação da flora.

A proposta da arquitetura modular oferece uma série de benefícios significativos, que podem ser particularmente vantajosos para projetos governamentais e outras iniciativas públicas. Essa forma de construção é essencial para atender às necessidades urgentes da população, como em situações de desastres naturais ou crises humanitárias, onde a demanda por habitação emergencial é alta. A capacidade de construção rápida oferecida pela arquitetura modular permite que o governo responda de maneira mais ágil e eficaz, fornecendo abrigo temporário ou permanente aos afetados, considerando tantos aspectos sociais quanto financeiros. No quesito sustentável, a modularidade prioriza o meio ambiente e é crucial para o cumprimento das metas ambientais estabelecidas pelos governos.

A arquitetura modular é geralmente mais eficiente em termos de energia e recursos, reduzindo as emissões de carbono e o desperdício de materiais.

Nossa metodologia se baseia em uma variedade de fontes e métodos de pesquisa, incluindo fontes altamente confiáveis, especialistas na área e estudos sobre projetos de construção modular. Também realizamos pesquisas sociais para entender como as pessoas percebem a arquitetura modular e se ela é bem aceita e conhecida, além de arquivos fornecidos por empresas do respectivo setor. Tudo isso nos permitiu apresentar resultados consistentes sobre esse método construtivo, tão relevante e aplicável aos nossos dias e à nossa sociedade, chegando à conclusão de que a construção modular é a melhor prática construtiva para o contexto em que vivemos.

● REFERÊNCIAS

- STRUCTURA CO. **Tipos de casas pré-moldadas.** (Disponível em: <https://www.estructuraco.com/tipos-de-casas-pre-moldadas/>. Acesso em: 15/03/2024).
- SIENGE. **Casa pré-fabricada.** (Disponível em: <https://www.sienge.com.br/blog/capa-casa-pre-fabricada/>. Acesso em: 15/03/2024).
- MODULAJES. **Casa pré-moldada.** (Disponível em: <https://modulajes.com.br/casa-pre-moldada>. Acesso em: 15/03/2024).
- IMÓVEIS ESTADÃO. **Como construir uma casa pré-moldada.** (Disponível em: <https://imoveis.estadao.com.br/decoracao-reforma-e-construcao/como-construir-uma-casa-pre-moldada/>. Acesso em: 15/03/2024).
- DECOR FÁCIL. **Casas pré-moldadas.** (Disponível em: <https://www.decorfacil.com/casas-pre-moldadas/>. Acesso em: 15/03/2024).
- ENTENDA ANTES. **Desvantagens das casas pré-fabricadas.** (Disponível em: <https://entendaantes.com.br/desvantagens-das-casas-pre-fabricadas/>. Acesso em: 15/03/2024).
- SINDUSCON-SP. **[Portal].** (Disponível em: <https://sindusconsp.com.br/>. Acesso em: 15/03/2024).
- SINDUSCON-SP. **Tecnologia e qualidade.** (Disponível em: <https://sindusconsp.com.br/noticias/tecnologia-e-qualidade/>. Acesso em: 15/03/2024).
- GOOGLE SCHOLAR. **Pesquisa sobre arquitetura modular.** (Disponível em: https://scholar.google.com.br/scholar?q=revista+arquitetura+modular&hl=pt-BR&as_sdt=0&as_vis=1&oi=scholart. Acesso em: 05/04/2024).
- YOUTUBE. **Arquitetura modular conceitos e práticas.** (Disponível em: https://youtube.com/shorts/f7yHH7_E66Q?si=6aXuwYgjjWzUzc9M. Acesso em: 13/04/2024).
- GREEN BUILDING ELEMENTS. **Modular home prices.** (Disponível em: <https://greenbuildingelements.com/modular-home-prices/>. Acesso em: 27/05/2024).
- GREEN VALLEY HOME SALES. **Modular homes vs traditional homes: a comprehensive comparison.** (Disponível em: <https://greenvalleyhomesales.com/modular-homes-vs-traditional-homes-a-comprehensive-comparison/>. Acesso em: 27/05/2024).
- NEXT MODULAR. **Modular home building.** (Disponível em: <https://www.nextmodular.com/modular-home-building-2/>. Acesso em: 27/05/2024).
- QUALIT. **Pré-moldados e pré-fabricados são opções rápidas para construir.** (Disponível em: <https://qualit.com.br/pre-moldados-e-pre-fabricados-sao-opcoes->

[rapidas-para-construir/#:~:text=O%20valor%20do%20pr%C3%A9%2Dmoldado,%24%20500%20e%20R%24%20800..](#) Acesso em: 27/05/2024).

CONSTRUINDO DECOR. **Casas pré-fabricadas: vantagens e desvantagens.** (Disponível em: <https://www.construindodecor.com.br/casas-pre-fabricadas-vantagens-desvantagens/>. Acesso em: 27/05/2024).

PORTAL DA CONSTRUÇÃO. **Casas pré-fabricadas.** (Disponível em: <https://www.portaldaconstrucao.com.br/casas-pre-fabricadas/>. Acesso em: 27/05/2024).

REVISTA PLANETA. Eficiência energética em casas pré-fabricadas. (Disponível em: <https://www.revistaplaneta.com.br/eficiencia-energetica-casas-pre-fabricadas/>. Acesso em: 27/05/2024).

ARQUITETURA SUSTENTÁVEL. **Casas pré-fabricadas.** (Disponível em: <https://www.arquiteturasustentavel.com.br/casas-pre-fabricadas/>. Acesso em: 27/05/2024).

BLOG DA CONSTRUÇÃO. **Comparação casas pré-fabricadas e tradicionais.** (Disponível em: <https://www.blogdaconstrucao.com.br/comparacao-casas-pre-fabricadas-tradicionais/>. Acesso em: 27/05/2024).

ECO CASA. **Economia com casas pré-fabricadas.** (Disponível em: <https://www.ecocasa.com.br/economia-casas-pre-fabricadas/>. Acesso em: 27/05/2024).

OPUS CM. **Construção modular.** (Disponível em: <https://opuscm.com.br/blog/construcao-modular/#:~:text=O%20primeiro%20caso%20registrado%20de,para%20a%20Austr%C3%A1lia%20e%20montada..> Acesso em: 27/07/2024).

OPUS CM. **Arquitetura modular.** (Disponível em: <https://opuscm.com.br/blog/arquitetura-modular/#:~:text=A%20arquitetura%20modular%20surgiu%20da,ambientes%20colaborativos%2C%20com%20or%C3%A7amentos%20enxutos..> Acesso em: 27/07/2024).

UNESP. **Da coordenação modular à construção modular.** (Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/items/d59462c6-013a-4365-bd0e-5fe4067442fe>. Acesso em: 10/08/2024).

ABNT NBR 15.575. **Norma de desempenho.** (Disponível em: https://www.caubr.gov.br/wp-content/uploads/2015/09/2_guia_normas_final.pdf. Acesso em: 30/08/2024).

MORDOR INTELLIGENCE. **Mercado da construção modular.** (Disponível em: <https://www.mordorintelligence.com/pt/industry-reports/modular-construction-market>. Acesso em: 28/10/2024).

FLEX MADE. **Construção Modular ganha terreno no Brasil.** (Disponível em: <https://flexmade.com.br/construcao-modular-ganha-terreno-no-brasil-entenda-os-motivos/>. Acesso em: 28/10/2024).

CMC MÓDULOS. **Benefícios da construção modular.** (Disponível em: <https://cmcmódulos.com.br/quais-os-beneficios-da-construcao-modular/>. Acesso em: 28/10/2024).

MAIS CONTROLE. **Steel Frame guia completo na construção civil.** (Disponível em: <https://maiscontroleerp.com.br/steel-frame-construcao-civil/>. Acesso em: 24/11/2024).