

Os desafios do sistema construtivo modular, a partir de estudo de caso realizado no lote nº 25, Condomínio Reserva Do Parque, Manaus/AM

The challenges of the modular construction system, based on a case study carried out on lot 25, Condominium Reserva Do Parque, Manaus/AM

DOI:10.34117/bjdv7n11-517

Recebimento dos originais: 12/10/2021

Aceitação para publicação: 26/11/2021

Celso Modesto Ferreira Filho

Celso Modesto Ferreira Filho (Discente do curso de Engenharia civil na Faculdade Estácio do Amazonas – Av. Constantino Nery, nº 3693, Chapada, Manaus-AM, Brasil)
E-mail: celsomff@gmail.com

Paulo José Simão Gonçalves

Paulo José Simão Gonçalves (Mestre em Engenharia civil pela Universidade Federal do Amazonas - Docente do curso de Engenharia civil na Faculdade Estácio do Amazonas – Av. Constantino Nery, nº 3693, Chapada, Manaus-AM, Brasil)
E-mail: paulo_simaogoncalves@outlook.com

Érika Cristina Nogueira Marques Pinheiro

Érika Cristina Nogueira Marques Pinheiro (Engenheira civil, Engenheira de Segurança do Trabalho e Licenciatura em Matemática, Pós-graduada em Didática no Ensino Superior e Tutoria e Docência em EAD – Docente do curso de Engenharia civil na Faculdade Estácio do Amazonas – Av. Constantino Nery, nº 3693, Chapada, Manaus-AM, Brasil)
E-mail: erikamarquespinheiro@gmail.com

RESUMO

O sistema de construção modular tem ganhado grande destaque na construção civil e por ser um modelo inovador apresenta grandes probabilidades de crescimento no Brasil e no mundo. O presente trabalho teve por objetivo compreender quais são os desafios desse modelo a partir da avaliação do planejamento e das características técnicas para execução de obra em Manaus/AM. O trabalho foi amparado na revisão bibliográfica a fim de apresentar conceitos, vantagens e desvantagens e sua viabilidade econômica. O estudo de caso apresentou de forma clara as principais dificuldades enfrentadas para a construção no sistema modular. Para tanto, desenvolveu-se uma análise do planejamento e execução junto à equipe envolvida na construção da residência modular, onde foram consultados cronogramas, diagramas e gráficos sobre o sistema construtivo. Posteriormente, realizou-se um estudo comparativo do custo da obra em Manaus e demais cidades brasileiras. Constatou-se que apesar de ser um sistema inovador e com grandes benefícios, existem desafios e problemáticas no que tange aos materiais e métodos empregados na construção civil, além dos poucos estudos sobre o sistema modular no Brasil e da diferença de custo existente entre as cidades, destacando-se a necessidade de aperfeiçoamento e planejamento das obras. Assim, o conhecimento sobre o sistema modular e seus desafios na execução de obras favorece a busca por soluções e melhorias na construção civil.

Palavras-chave: Construção Civil, Modular, Manaus.

ABSTRACT

The modular construction system has gained great prominence in civil construction and, as an innovative model, it presents great growth probabilities in Brazil and in the world. This study aimed to understand the challenges of this model from the assessment of planning and technical characteristics for the execution of work in Manaus/AM. The work was supported by a literature review in order to present concepts, advantages and disadvantages and its economic feasibility. The case study clearly presented the main difficulties faced in building the modular system. Therefore, an analysis of the planning and execution was developed with the team involved in the construction of the modular residence, where schedules, diagrams and graphics about the construction system were consulted. Subsequently, a comparative study of the cost of the work in Manaus and other Brazilian cities was carried out. It was found that despite being an innovative system with great benefits, there are challenges and problems regarding the materials and methods used in civil construction, in addition to the few studies on the modular system in Brazil and the difference in cost between cities, highlighting the need for improvement and planning of the works. Thus, knowledge about the modular system and its challenges in the execution of works favors the search for solutions and improvements in civil construction.

Keywords: Civil Construction, Modular, Manaus.

1 INTRODUÇÃO

O sistema modular é uma nova perspectiva de construção que oferece uma abordagem bem diferente do sistema tradicional. De acordo com Degani (2019), o sistema modular (building) “é um método já muito utilizado nos Estados Unidos, Europa, Japão e Austrália e agora está começando a ser utilizado e desenvolvido aqui no Brasil.”

Esse sistema modular é uma tendência que vem se destacando no Brasil, visto que além de apresentar uma grande diversidade de técnicas, proporciona vantagens para o setor pela sua rapidez, sustentabilidade, qualidade e controle, versatilidade, minimização de desperdícios, entre outros benefícios.

Justifica-se que por ser um sistema novo no Brasil, com pouco material científico produzido e em números de obras modulares, há um interesse pela novidade, visto que o sistema pode ser uma opção para resolver algumas das questões sobre industrialização da construção civil.

Por outro lado, o método inovador de sistema modular apresenta alguns desafios a serem enfrentados, sendo necessária uma ampliação do conceito de construção modular a fim de superar as barreiras existentes (SCALZO, 2021).

Assim sendo, o presente trabalho busca compreender quais são os desafios da construção modular a partir da avaliação do planejamento e das características técnicas para execução de obra em modular no lote nº25, Condomínio Reserva do Parque, Manaus/AM.

O estudo objetiva ainda explicar alguns conhecimentos sobre a construção modular, apresentando suas possibilidades, vantagens e desvantagens na construção civil, bem como realizar uma análise do planejamento e execução da residência modular, para que seja possível levantar os principais problemas administrativos da obra, além de realizar estudo comparativo do custo da obra em Manaus com outras cidades brasileiras.

2 METODOLOGIA

A metodologia deste artigo foi baseada inicialmente na revisão bibliográfica, a fim de fundamentar teoricamente a investigação proposta, onde foram analisados os conceitos de construção modular, as possibilidades, os prós e contras desse modelo de construção. A consulta foi realizada em livros, artigos, dissertações e teses que abordam o tema em questão.

Considerou-se o número de trabalhos realizados na área para que o conceito pesquisado pudesse ser ampliado, ressaltando a importância de fortalecer a necessidade de aperfeiçoamento dos projetos e planejamento nas obras, para assim garantir um processo construtivo mais fluido e oferecer uma melhor solução para clientes e construtores.

Posteriormente, a pesquisa é classificada como exploratória, investigando e analisando as informações a serem coletadas na obra objeto de estudo, sendo caracterizada também como qualitativa abordando os principais desafios e possibilidades desse modelo construtivo na cidade de Manaus, e ao mesmo tempo como quantitativa por se referir ao levantamento de dados para estudo comparativo do custo da obra em Manaus com outras cidades brasileiras.

O estudo de caso discute a importância da ampliação do conceito e do uso do sistema de construção modular, bem como a necessidade de compatibilização da cidade de Manaus em termos de aperfeiçoamento dos projetos e planejamento nas obras, considerando a capacidade fabril do lugar. A coleta de dados apresentou além de informações do estudo de caso, aplicações de outros exemplos dentro da cidade para comparação e efeito de estudo.

3 RESULTADOS

3.1 CONSTRUÇÃO MODULAR (CM)

3.1.1 Definições

A indústria da construção civil desempenha um importante papel econômico no Brasil, servindo muitas das vezes de alavanca para a economia, sendo base para as análises e previsões do PIB. Por envolver diversos produtos e processos complexos a modularização foi percebida com uma boa abordagem para melhorar os fluxos de qualidade e eficiência. Tendo em vista a necessidade de maior industrialização, a construção modular traz conceitualmente aplicação dos princípios da *Lean Construction* (LC), que é uma cultura organizacional que busca minimizar as perdas, a variabilidade, tempo de ciclo e maximizar o valor do produto, equilibrar a melhoria de fluxo e no processo construtivo. Na construção modular há opções de design de tamanho dos módulos, pré-fabricação de subsistemas, padronização e industrialização de processos aumentando o valor proporcionado ao cliente e gerando processos mais eficientes em termos de recursos e tempo (ANTTI et al., 2017).

A CM é um processo em que um edifício é construído *off-site*, ou seja, fora do canteiro de obras, em geral em galpões de fábricas com ambiente controlado, tendo a fundação, obras de subsolo e montagem dos módulos feitos *in loco*, denominado de *on-site*. A construção *off-site* simultânea com *on-site* permite a exploração de técnicas utilizadas na fast-track construction com objetivo de reduzir o tempo de obra. Um exemplo é a execução da infraestrutura e das fundações no local da obra enquanto painéis de fechamento, banheiros prontos e componentes industrializados são produzidos na fábrica (OLIVEIRA, 2019). Os edifícios produzidos em módulos, podem ser estruturalmente de madeira, aço e concreto, e cujo tamanho é limitado pela condição de transporte e içamento e, quando montados no local da obra, refletem a intenção de projeto (MBI, 2019). Inovações em materiais de revestimento como o drywall, chapas de OSB e cimentícia, tem eliminado o estigma de “casas pré-fabricadas”, já presentes há algum tempo em seguimentos importantes como apartamentos de luxo, hotéis, hospitais, entre outros. O principal benefício para aplicação destes materiais é a redução do tempo, permitindo concluir obras em até 1/3 do tempo comparado com sistema construtivo tradicional.

A tecnologia modular pode variar de acordo com o grau de industrialização utilizado, sendo referenciado em níveis de 0 a 4. Descritos a seguir (CBCA, 2020):

0. Obra on-site: essas são as obras com pouco ou nenhum grau de industrialização, sendo todos os processos executados *in loco*.
1. Pré-fabricados: faz uso de concreto pré-moldado, kit de elétrica e hidráulica com intuito de dar mais agilidade a construção, porém sem qualquer tipo de integração com os projetos e etapas.
2. Obra painelizada: nesse nível é comum o uso do *steel-frame* ou *wood-frame* como estrutura, já com elétrica, hidráulica e revestimentos instalados nas fabricas. Por serem materiais leves, não exigem equipamentos de maior capacidade, podendo se fazer uso de caminhão Munck, agilizando sua montagem no canteiro de obra.
3. Híbrido 2D + 3D: nesse caso há aplicação de módulos tridimensionais em elevadores e banheiros por exemplo e painéis 2D nos outros locais da obra.
4. Obra *off-site* 3D: esse é o último estágio e o mais industrializado, com a obra dividida em vários módulos tridimensionais para facilitar o projeto e sua manufatura na fábrica, sendo a última etapa conectar todos os módulos *in loco*, fazendo uso do sistema *plug and play*.

Figura 1: Os níveis de industrialização da construção



Fonte: Adaptado pelo autor (CBCA, 2020)

Já feito a leitura de alguns conceitos, culturas organizacionais e definições acerca da construção modular, pode surgir algumas questões, pois afinal, o que é a construção modular? Quais suas possibilidades na construção civil e desvantagens?

Segundo Carvalho (2019), a CM é nada mais do que o processo de conceber, projetar, produzir componentes e módulos de uma casa ou edifício em uma fábrica. Ou seja, sob condições controladas, transportando-os até o local da obra, explorando

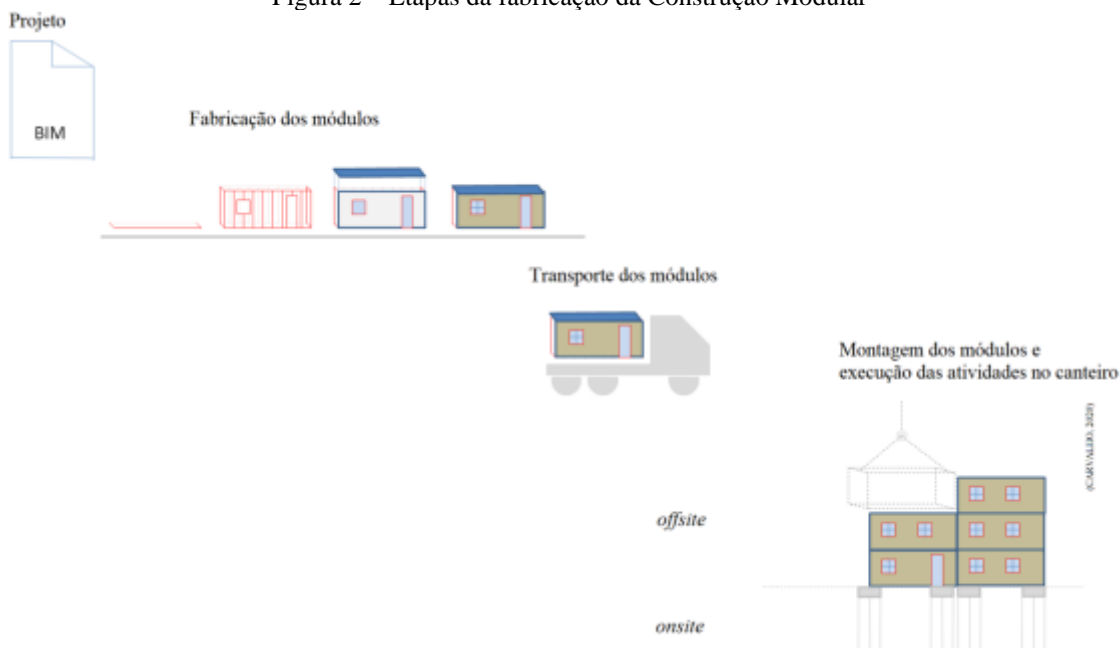
conceitos e práticas avançadas de logística e integração da cadeia de valor. Após a manufatura, os módulos são transportados para o local da obra e toda montagem é realizada seguindo o planejamento, de forma controlada e eficaz.

Apesar dos benefícios, para se garantir os resultados é necessário um outro nível de projeto e controle da construção civil com maior detalhamento. Os sistemas de instalações prediais elétricos, hidrossanitários e ar-condicionado precisam ser encaixados com precisão na montagem, fazendo uso de nichos, *shafts*, bandejas e canaletas. Assim, cada componente precisa ser estudado, planejado e projetado conforme padrões rigorosos, de forma que os encaixes sejam perfeitos e que sejam obedecidos os níveis de segurança, conforto termoacústico, durabilidade e de resistência estabelecidos pela Norma de Desempenho (NBR 15575, 2013). Esta abrange os principais sistemas de uma edificação: estrutura, pisos, vedações, cobertura e instalações (OLIVEIRA, 2019). Os usuários são responsabilizados caso façam uso incorreto e má manutenção da edificação, devendo assim fazer a consulta de profissionais especializados e fabricantes dos módulos, guardando sempre a documentação comprobatória das atividades de manutenção realizadas durante toda vida útil.

O uso do BIM nos projetos da CM traz importantes contribuições, a visualização 3D permite melhor entendimento para equipe das necessidades e funcionalidades de uma determinada edificação a ser construída, permitindo uma rápida análise das alternativas e desenvolvimento das melhores alternativas a serem detalhadas, buscando sempre a rapidez e a economia no produto acabado. Na prática, produz-se um modelo da edificação, com detalhes referentes a cada componente, fabricando-a e montando-a virtualmente, entendendo o seu comportamento, mesmo antes da sua produção e montagem. Ganhos de tempo e avanços consideráveis na montagem modular e na simulação do seu sequenciamento são obtidos pela visualização e animação em 3D, garantindo que as peças acabadas, componentes e módulos tenham dimensões e fabricação precisa e se encaixem perfeitamente (OLIVEIRA 2019).

A Figura 2 representa as etapas da construção modular, iniciando pelo desenvolvimento dos projetos preferencialmente desenvolvidos em BIM, na sequência são realizadas as atividades de manufatura na fábrica, e depois realizando-se o transporte e montagem desses módulos na obra. As atividades *on-site* já devem estar prontas e adequadas para receber o módulo.

Figura 2 – Etapas da fabricação da Construção Modular



Fonte: CARVALHO (2020)

A logística de transporte dos módulos, independente do modal ou modais a serem utilizados, representa o mais importante ponto para estudo dos métodos a serem utilizados, porém não sendo um limitante da viabilidade do empreendimento, podendo-se dividir os módulos volumétricos em painéis conectáveis ou criar módulos volumétricos fora dos padrões de transporte, o que requer mais atenção no planejamento logístico.

Por ser um método construtivo novo, a CM sofre pela falta de métodos, diretrizes e softwares bem desenvolvidos para facilitar as questões de projeto e montagem de execução de edificações, requerendo estar constantemente sendo verificadas, na busca por modularizações que sejam práticas e econômicas, algo indispensável para prédios de múltiplos pavimentos (pela grande quantidade de módulos que precisam ser fabricados e conectados). No entanto, há interesse na construção de edifícios modulares de variados tamanhos, como no caso do edifício Atlantic Yard B2 Building, finalizado em 2017, que é considerado o edifício mais alto do mundo executado em construção modular, com 32 pavimentos, sendo localizado no Brooklyn, em Nova Iorque, conforme Figura 3. E, também o edifício Level, finalizado em 2019, considerado o maior edifício off-site volumétrica da América Latina, com 8 pavimentos, localizado em Tubarão, Santa Catarina, conforme Figura 4.

Figura 3 – Edifício executado em construção modular com 32 pavimentos



Figura 4 – Edifício executado em construção modular com 8 pavimentos



3.1.2 Principais vantagens e benefícios da CM

As principais vantagens elencadas por Paulo Sérgio Oliveira, descritos em seu artigo publicado em 2019, são:

1. Alta velocidade de produção (*off-site*): Técnicas de planejamento e de logística industrial aliadas à redução de grande volume de trabalho de construção *on-site* e o uso de componentes industrializados e de módulos que se encaixam geram produtos uniformes, com alta produtividade na montagem e baixo consumo de mão de obra direta e indireta. A concentração de boa parte do trabalho de produção *off-site* e o emprego de técnicas modernas de logística industrial, também são explorados na atividade de *Fast-track Construction*, que tem muita afinidade com a Construção Modular.
2. Montagem rápida e compactação do tempo de construção: Os módulos são transportados para o local da obra em painéis compactos, para que a montagem aconteça no menor prazo possível e de acordo com o planejamento. A montagem é realizada *on-site* por equipes qualificadas, com equipamentos apropriados e atividades mecanizadas. Os profissionais que trabalham nesta operação são

- responsáveis por uma gama maior de tarefas, gerando alta produtividade com grande economia de tempo.
3. Minimização de atrasos decorrentes de condições climáticas desfavoráveis: Uma vez que uma boa parte das atividades é realizada dentro uma fábrica (*off-site*) e que a montagem da edificação no local da obra (*on-site*) também é muito mais rápida, o risco de atrasos de entrega é substancialmente reduzido.
 4. Tecnologia e inovação: Os fabricantes de edificações modulares de maior expressão mundial agregam um bom pacote de novas tecnologias e inovação em seus produtos. Os módulos são projetados obedecendo critérios de desempenho previamente definidos. Geralmente são compostos por ambientes compactos, bem planejados e equipados e incluem aparelhos e acessórios modernos. O projeto é minucioso e preciso.
 5. Ambiente mais seguro para trabalhar: A segurança do trabalho sempre é uma grande preocupação para a indústria da construção. Afinal esta, por natureza, concentra algumas atividades de maior risco. O modelo de fabricação e montagem de edificações modulares proporciona um ambiente mais seguro e melhores condições de trabalho, além do menor nível de ruído e de poluição do ar, com impacto direto na diminuição do risco de acidentes.
 6. Economia: Como a maior parte do trabalho de produção e acabamento ocorre *off-site*, aplica-se simultaneidade na fabricação dos subsistemas dos módulos e componentes. Sem desperdício de tempo e de mão de obra, há reduções consideráveis de custo nesta etapa. O menor tempo de produção e montagem, gera menores custos indiretos. Com isso, tem sido comum a transferência para o cliente de uma economia de 10 a 20% em relação a uma construção tradicional, com tamanho, acabamentos e design equivalente.
 7. Flexibilidade: Os edifícios modulares são extremamente flexíveis e adaptáveis às necessidades dos clientes e usuários. Isso é viabilizado pelo design bem estudado e personalizado. Uma grande vantagem é que funcionalidades ou novos espaços podem ser facilmente agregados a qualquer momento pela inclusão de novos módulos.
 8. Melhor qualidade, durabilidade e desempenho: Uma característica inerente à produção de componentes e módulos em uma fábrica é a qualidade e uniformidade. Isso por meio de processos com tolerâncias rígidas e sob um sistema de garantia da qualidade. De acordo com o ciclo de vida da edificação, o

- projeto e seleção de materiais e insumos considera normas e requisitos de desempenho.
9. Menor movimentação e geração de ruído e poeira no entorno da obra: A remoção de boa parte da atividade de construção do local da obra reduz significativamente a movimentação de caminhões. Por consequência, reduz também a poluição sonora e partículas do ar no local da obra e no seu entorno. Se a edificação for referente a obra de expansão de escola ou hospital, por exemplo, o benefício é ainda maior. Afinal, propiciará menor nível de desconforto de alunos ou pacientes.
 10. Sustentabilidade e benefícios ambientais: Edifícios modulares, dentro de uma tendência mais moderna, têm sido concebidos com *design* sustentável. Estes produtos são geralmente projetados com espaços compactos. Tem critérios de eficiência energética e de economia de água. A possibilidade do uso de materiais reciclados e madeira certificada também colocam estes produtos dentro do conceito de ecologicamente corretos. O processo de construção off-site, em linha de montagem, consome menos energia que a construção tradicional, com menos desperdício.
 11. Menor custo de operação e manutenção: Feito em ambiente controlado, o uso de componentes de desempenho conhecido e a montagem especializada. As edificações modulares têm qualidade e durabilidade superior. Isso implica em menor custo de manutenção ao longo de sua vida útil. Há adoção de critérios rigorosos de eficiência energética e de economia de água. Também há cuidado maior no isolamento termoacústico. Isso gera menor consumo de energia, de água e de ar-condicionado.
 12. Portabilidade: A facilidade de desmontar uma edificação modular e de remontá-la em outro local abre amplas perspectivas no mercado imobiliário. As edificações modulares podem ser utilizadas, portanto, como edifícios temporários ou portáteis. Assim, constituindo-se, em situações específicas, como uma alternativa melhor do que a construção convencional.

Figura 5 – Montagem in loco da CM com múltiplos pavimentos, com uso de guindaste



Fonte: OLIVERA (2020)

Analisando os vários benefícios da construção *off-site* aplicados a CM, pode-se concluir que há espaço no mercado como mais uma técnica construtiva, possibilitando também como concorrente que outros modelos construtivos melhore seus processos, através de novos planejamentos e uso mais constantes de pré-fabricados. As redes hoteleiras têm ajudado a incentivar o uso do sistema modular para novos projetos, como descreve Eric Jacobs, diretor da Marriott em entrevista para matéria da Hotelier News em 2019 sobre o mais alto prédio modular do mundo, “O hotel modular mais alto do mundo, em um dos maiores destinos do mundo, funcionará como símbolo revolucionário para despertar ainda mais interesse pela modularidade entre as indústrias imobiliária e de crédito”. A empresa viu na CM uma alternativa para fugir da lentidão para se construir durante o “boom” do setor construtivo em 2011, que ocasionou a escassez de mão-de-obra.

Figura 6 – Maquete 3D do AC Hotel New York NoMad com 26 andares fabricado e montando em 90 dias



Fonte: MARRIOTT (2019)

A garantia do bom desempenho dos materiais, durabilidade e a busca pela sustentabilidade no menor desperdício e reciclagem tem levado algumas pessoas a buscarem essas alternativas para suas próprias construções, como será apresentado no estudo de caso desse trabalho.

3.2 ESTUDO DE CASO: LOTE Nº 25, CONDOMÍNIO RESERVA DO PARQUE

3.2.1 Localização

O objeto de estudo se trata de uma residência unifamiliar localizada no lote nº 25, Condomínio Reserva do Parque – Manaus/AM, construída entre setembro de 2020 a maio de 2021. Com área total construída da edificação de 235,93 m².

Figura 7 – Vista frontal da residência unifamiliar lote nº 25



3.2.2 Levantamento

Para se elaborar este estudo, utilizou-se dos projetos arquitetônicos, planilhas orçamentárias e de planejamento fornecidas pela empresa que executou a obra.

Porém antes de elaborar esse estudo, realizou-se uma visita *in loco* da obra conforme Figura 9, que serviu para o levantamento dos materiais aplicados e andamento do planejamento, verificando se a obra é compatível com a técnica construtiva modular.

Figura 9 – Visita técnica ao lote nº25 do Condomínio Reserva do Parque em março de 2021



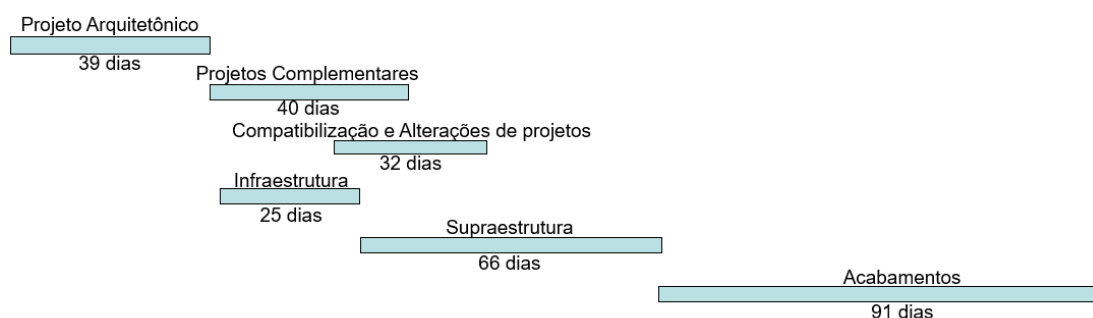
3.2.3 Discussão e resultados

A partir dos estudos supracitados e materiais levantados, verifica-se que a falta de aplicação dos conceitos da Lean Construction neste estudo de caso, ocasionou o não atingimento das metas planejadas, não acompanhando as principais características da construção modular.

Para início da apresentação dos resultados é importante mencionar que o primeiro método construtivo a ser escolhido foi o Light Steel Frame, com o aço estrutural dobrado e cortado em máquinas controladas por computador na cidade de Ponta Grossa/SC e outros materiais comprados na cidade de São Paulo/SP, sendo transportados por hidrovias até a Manaus. A proprietária da obra idealizava um projeto com uso inteligente de materiais, de rápida execução e que tivesse menor impacto ao meio ambiente, algo que pode ser atingido pelo steel-frame. Posteriormente o sistema construtivo foi trocado pela construção em containers marítimos, pelos motivos elencados abaixo:

- Alta oferta de containers por ser uma cidade portuária, tornando fácil a sua aquisição fora da validade para transportes, que podem ser reaproveitados para construção por exemplo;
- Grande oferta de materiais e mão de obra para executar o drywall como revestimento interno dos containers;
- Infraestrutura mais simplificada, pois pelo conjunto dos materiais o peso próprio desse método construtivo é muito baixo quando comparado com outros tipos de estrutura, permitindo a rápida execução e simplificando as fundações;
- A economia de materiais é outro importante ponto, pois a própria chapa que reveste o container pode ser aproveitada como revestimento externo da construção, visto que seus cortes internos nas junções e nas esquadrias podem ser aproveitados como platibanda da cobertura.

Figura 10 – Cronograma de obra do lote nº 25, Condomínio Reserva do Parque
Cronograma



A Figura 10 apresenta o cronograma executado na obra objeto do estudo de caso. Como investigado na visita a obra, a falta de aplicação da tecnologia BIM nos projetos arquitetônicos e complementares elevou o número de dias necessários para elaboração e compatibilização dos projetos.

E a escassa mão de obra gerou atrasos na execução, principalmente na etapa da supraestrutura, agravada por ter sido executada *in loco* e sofrendo com as constantes variações do clima, comum na região amazônica.

Os custos se mostraram um importante fator para a escolha do sistema construtivo empregado, pois neste caso se tornou viável a construção com containers, quando comparada ao orçamento do steel-frame vindo de Ponta Grossa este saiu mais econômico. Mostrando que esse tipo de construção pode ser viável se aprimorado os processos e

etapas, sugere-se aplicação da cultura do lean construction para se conseguir modelos de obras mais industrializados e se obter os benefícios das obras modulares.

Durante o desenvolvimento desse trabalho não foi liberado a divulgação dos dados da obra, por isso as informações foram mencionadas de forma genérica sem maiores detalhes.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da análise dos materiais e dados coletados é possível chegar à conclusão que a dificuldade de se implantar os fundamentos da lean construction neste estudo de caso, tenha sido por falta de conhecimento por parte gestores da construção e também a falta de mão de obra qualificada, sendo esses os principais desafios para o desenvolvimento da construção modular na cidade de Manaus.

É conhecido a tradição industrial do polo de Manaus e suas possibilidade que podem ser exploradas como a grande oferta de galpões, incentivos fiscais e disponibilidade de fornecedores de materiais. Todos esses itens fazem da cidade um potencial explorador da construção modular para suprir a necessidade local de construções inovadoras, podendo exportar os módulos por suas saídas fluviais.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15575: Edificações habitacionais — Desempenho Parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro, p. 11. 2013.

ANTTI, P. et al. Categorizing modularization strategies to achieve various objectives of building investments. *Construction Management and Economics*, v. 36, n. 1, p. 32-48, 2017.

CARVALHO, Bruno Soares de. Um método de entrega de projeto para construção modular baseado nos princípios *Lean*. [recurso eletrônico] / Bruno Soares de Carvalho – Curitiba, 2020.

CBCA. Centro Brasileiro da Construção em Aço, 2020. Disponível em: <<https://www.cbca-acobrasil.org.br/site/>>. Acesso em: 16 out. 2021.

DEGANI, Jonathan. O que é Construção Modular e como funciona. Blog do Sienge, Florianópolis, 04 dez. 2019. Disponível em: <<https://www.sienge.com.br/blog/construcao-modular/>>. Acesso em: 06 out. 2021.

MARRIOTT abrirá hotel modular mais alto do mundo em NY. *Hotelier News*, São Paulo, 22 abr. 2019. Disponível em: <<https://www.hoteliernews.com.br/marriott-abrira-hotel-modular-mais-alto-do-mundo-em-ny/>>. Acesso em: 23 out. 2021.

MBI. Modular Building Institute, 2019. Disponível em: <<http://www.modular.org/>>. Acesso em: 16 out. 2021.

OLIVEIRA, Paulo Sérgio. Benefícios e vantagens da construção modular. Blog da LIGA, 2019. Disponível em: <<https://blogdaliga.com.br/beneficios-e-vantagens-da-construcao-modular/>>. Acesso em: 04 out. 2021.

SCALZO, Silvia. Desafios em escala. O especialista, 2021. Disponível em: <<https://oespecialista.com.br/opinioes/desafios-em-escala/>>. Acesso em: 06 out. 2021.

SMITH, R.; QUALE, J. *Offsite Architecture. Constructing the future*. New York: Routledge, 2017. Acesso em: 16 nov. 2019.