



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE TECNOLOGIA
ENGENHARIA CIVIL
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ESTRUTURAL E CONSTRUÇÃO CIVIL

ARTHUR CARNEIRO GALENO

**ANÁLISE DA PRODUTIVIDADE NA CONSTRUÇÃO DE UM EDIFÍCIO VERTICAL
EM FORTALEZA, SOB INFLUÊNCIA DA MODULARIZAÇÃO DAS INSTALAÇÕES
PREDIAIS**

FORTALEZA
2023

ARTHUR CARNEIRO GALENO

ANÁLISE DA PRODUTIVIDADE NA CONSTRUÇÃO DE UM EDIFÍCIO VERTICAL
EM FORTALEZA, SOB INFLUÊNCIA DA MODULARIZAÇÃO DAS INSTALAÇÕES
PREDIAIS

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Engenharia Civil do Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil. Área de concentração: Construção Civil.

Orientador: Prof. Dr. José de Paula Barros Neto

FORTALEZA

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

G152a Galeno, Arthur Carneiro.

Análise da Produtividade na Construção de um Edifício Vertical em Fortaleza, sob Influência da Modularização das Instalações Prediais / Arthur Carneiro Galeno. – 2023.
68 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Curso de Engenharia Civil, Fortaleza, 2023.

Orientação: Prof. Dr. José de Paula Barros Neto.

1. Pré-fabricados. 2. Produto modularizado. 3. Construtibilidade. 4. Construção enxuta. I. Título.
CDD 620

ARTHUR CARNEIRO GALENO

ANÁLISE DA PRODUTIVIDADE NA CONSTRUÇÃO DE UM EDIFÍCIO VERTICAL
EM FORTALEZA, SOB INFLUÊNCIA DA MODULARIZAÇÃO DAS INSTALAÇÕES
PREDIAIS

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Engenharia Civil do Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil. Área de concentração: Construção Civil.

Aprovada em: 06/12/2023.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. José de Paula Barros Neto (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Me. José Ademar Gondim Vasconcelos
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Eng. André Quinderé Carneiro
Aval Engenharia

A Deus.

Aos meus pais, Ailton e Celma.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer, acima de tudo, a Deus. O poder da espiritualidade foi indispensável para que eu pudesse concluir minha trajetória acadêmica sob as mais diversas dificuldades durante os semestres da graduação. Sem Ele, também, jamais teria conquistado o que conquistei até aqui.

Em seguida, agradeço, da forma mais sincera possível, aos meus pais, Ailton e Celma, por, desde criança, mostrarem-me que a educação é a base para todas as minhas ambições pessoais e profissionais. Sem o apoio e a orientação deles, a minha formação nos ensinamentos básico, médio e superior, seriam muito mais difíceis. À minha irmã Letícia Galeno, minha “segunda mãe” Jozineide Monteiro e minha namorada Letícia Lócio, por me incentivarem e por terem me dado, no dia a dia, todo o suporte emocional que precisei durante esses anos de graduação.

Aos meus colegas de graduação, que me acompanharam na adversidade e na alegria durante esses anos, tornando a rotina muito mais leve e descontraída. Em especial, gostaria de citar Israel Chacon, Thiago Alencar, Mirella Fontenelle, João Victor Carvalho e os demais membros da “panelinha da civil”. Ao meu amigo Anderson Sena, parceiro na realização de diversos trabalhos acadêmicos e que se fez significativamente presente durante esses últimos anos, me aconselhando nas minhas escolhas pessoais e profissionais.

Além disso, gostaria de agradecer, em especial, ao Prof. Barros Neto que me acompanha em minha vida acadêmica e que, de maneira sublime orientou a realização deste presente trabalho. Ademais, gostaria de agradecer também ao Prof. Luis Cândido, (coordenador local do INOVACON-CE), por ter me auxiliado na idealização da temática dessa pesquisa e durante o seu processo de execução. À Prof.^a Verônica que esteve comigo durante meu último ano de graduação mostrando que a elaboração de um projeto de graduação não precisa ser um processo desgastante.

Vale ressaltar também, minha gratidão às todas as instituições nas quais eu pude adquirir maturidade profissional. À Consultec Jr., onde pude ter minha primeira vivência profissional dentro do mercado da construção civil. À Aval Engenharia, que me trouxe uma experiência louvável dentro da área de gestão na construção civil. Por fim, agradecer à MRV, principalmente em nome da engenheira Leonor Boto, por ter confiado no meu potencial. Além dela, também agradecer a João Victor Caetano, Gilvan Bispo e Jéssica Olivia por terem colaborado para o resultado final e as discussões deste trabalho.

RESUMO

A engenharia civil é uma área do conhecimento que vai muito além da construção de edifícios. O papel do engenheiro contemporâneo está muito relacionado à planejamento, controle, gestão de recursos e, sobretudo, estudo de indicadores. A indústria da construção civil, como qualquer outra, precisa ser bastante controlada e é por isso que o mercado hoje trabalha com diversos índices que os ajudam a entender o funcionamento da produção dentro de um canteiro de obras. Entretanto, de nada adianta a posse dessas informações, se não existe um estudo por trás que sintetize todas elas e conclua em uma medição de desempenho, afinal, a competitividade do mercado atual exige que as construtoras concretizem seus projetos pensando na melhor forma de agregar qualidade, custo, segurança e produtividade. Apesar de caminhar a passos menores frente às outras indústrias, a construção civil vai inovando em alguns processos ao redor do mundo, com o fito melhorar a produtividade nas obras e alcançar desempenhos cada vez melhores. Sob essa ótica, a industrialização desse setor já é uma realidade, inclusive em território brasileiro, e é sobre ela e seus impactos que este trabalho vai se dedicar, mais especificamente a um sistema de modularização de instalações prediais. Neste caso, a avaliação também será quantitativa, por meio do método comparativo do Índice Global de Produtividade (IGP), preenchendo assim uma lacuna existente na literatura.

Palavras-chave: Pré-fabricados, produto modularizado, construtibilidade, construção enxuta.

ABSTRACT

The civil engineering is a knowledge area that is so much more than construction some buildings. The function of the engineer currently is more associated to planning, control, resource management and, mainly, study of indicators. The building construction industry, like any other, need to be controled and that is why this job market manipulates some data that helps to understand the production operation in construction site. However, those informations are not enough if there is no studies that synthesize all of them and results in a performance measurement, after all, the competitiveness of the current job market requires builders make your projets come true thinking in the better way to agregate quality, cost, security and productivity. Despite take smaller steps than the others industries, the building construction is innovating in some process around the world, thinking in improve the productivity in the constructions and catch performances better and better. On this way, the industrialization of this sector is already a reality, including the brazilian territory, and it is about that and its impacts that this Project is going to treat about it, more especifically in a modularization system of building installations. In this case, the assessment will be also quantitative, through the comparative method of Global Productivity Index (GPI), thus filling a gap in the literature.

Keywords: Prefabricated, product modularized, buildabilty, lean construction.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Autores em evidência a partir de levantamento bibliométrico	18
Figura 2 - Nacionalidades em evidência a partir de levantamento bibliométrico	19
Figura 3 - Palavras-chave em evidência a partir de levantamento bibliométrico.....	20
Figura 4 - Definição esquemática de produtividade	21
Figura 5 – Classificação da mão de obra	22
Figura 6 – Fluxo de produção de uma indústria de construção modular.....	26
Figura 7 – Benefícios da gestão enxuta na indústria de construção modular.....	30
Figura 8 – Planta em 3D – Obra A	32
Figura 9 – Planta em 3D – Obra B	33
Figura 10 - Fábrica de Kits de Instalações Prediais	34
Figura 11 – Exemplo de Kit Polvo	36
Figura 12 – Exemplo de Kit de Ar-condicionado	37
Figura 13 – Exemplo de Kit de Água Fria de Cozinha	37
Figura 14 – Exemplo de Kit de Água Fria de Banheiro	38
Figura 15 – Exemplo de Kit Aranha.....	38
Figura 16 – Área Construída (m ²) – Obras A e B, respectivamente	42
Figura 17 - Exemplos de módulo com perfeito encaixe.....	51
Figura 18 – Exemplos de módulo defeituoso em virtude de material excedente	51
Figura 19 – Exemplos de módulo com adaptações em virtude de medida insuficiente	52
Figura 20 - Exemplo de eletroduto partido em laje	53
Figura 21 - Exemplo de eletroduto partido em descida para parede de concreto.....	53
Figura 22 - Exemplo de eletroduto com adaptações em laje	54
Figura 23 - Exemplo de guia esquemático improvisado	56
Figura 24 - Exemplo de bancada depredada.....	57
Figura 25 - Layout restrito na fabricação dos módulos de elétrica	58

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Valores de IGP mensal observados mês a mês - Obra A.....	44
Gráfico 2 - Valores de IGP mensal observados mês a mês - Obra B.....	44
Gráfico 3 - Valores de IGP mensal, observados mês a mês, durante a estrutura - Obra A.....	46
Gráfico 4 - Valores de IGP mensal, observados mês a mês, durante a estrutura - Obra B.....	47
Gráfico 5 - Ritmos de atividades de instalações ou subsequentes à estas - Obra A	48
Gráfico 6 - Ritmos de atividades de instalações ou subsequentes à estas - Obra B	48
Gráfico 7 - Médias de IGP por terços de obra - Obra A	49
Gráfico 8 - Médias de IGP por terços de obra - Obra A	49

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Valores de horas trabalhadas por mês - Obra A e Obra B	40
Tabela 2 - Valores de avanço físico por mês - Obra A e Obra B	41
Tabela 3 - Valores de IGP mensal - Obra A e Obra B.....	43

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ICC	Indústria da Construção Civil
IGP	Índice Global de Produtividade
RUP	Razão Unitária de Produção

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	Problema	13
1.2	Questões Motivadoras	13
1.3	Objetivo Geral	14
1.4	Objetivos Específicos	15
1.5	Estrutura do Trabalho.....	15
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
2.1	Análise Bibliométrica	17
2.2	Revisão Bibliográfica	20
2.2.1	<i>Produtividade nos canteiros de obra</i>	20
2.2.2	<i>A industrialização da construção civil</i>	24
2.2.3	<i>Lean Construction</i>	28
3	MÉTODO DE PESQUISA.....	31
3.1	Local de Estudo	31
3.2	Metodologia	34
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	39
4.1	Análise Comparativa de Produtividade	39
4.2	Interferências Entre os Subsistemas	49
4.3	Aprimoramento no Processo de Modularização	54
5	CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES.....	59
5.1	Considerações Finais	59
5.2	Recomendações para Trabalhos Futuros	60
	REFERÊNCIAS	61
	APÊNDICE A	66
	APÊNDICE B	67

1 INTRODUÇÃO

O registro do primeiro engenheiro civil da humanidade foi datado no século XVIII quando, na época da Revolução Industrial, John Smeaton se autointitula como engenheiro civil. Entretanto, a construção civil faz parte da história do ser humano desde as primeiras civilizações e, desde então, vem trazendo inúmeros benefícios à sociedade no que diz respeito à infraestrutura de transportes, abastecimento de água, saneamento e, sobretudo, à moradia digna. Além disso, este é um setor que afeta e é afetado diretamente pela economia de uma nação. Dada essa devida importância, é evidente que, desde as primeiras construções, várias mudanças e melhorias aconteceram para que, hoje, a engenharia tenha chegado à este patamar de desenvolvimento, com, por exemplo, edifícios construídos sob os pilares da qualidade, segurança e produtividade.

No contexto brasileiro, existe um mercado bastante competitivo de construtoras que, cada vez mais, buscam inovações em seus processos para entregar um produto final que corresponda a expectativa do cliente, mas que também resulte em lucros para a empresa. A fim de que isto seja possível, propor soluções para construções cada vez mais produtivas virou indispensável e quase um recurso de sobrevivência frente à enorme concorrência, tanto no ramo de empreendimentos de alto padrão, como no de moradias financiadas por programas governamentais.

Deve-se destacar que, para dar celeridade à qualquer tipo de atividade dentro de um canteiro de obras, ou seja, fazer mais em menos tempo, existem dois caminhos possíveis: O primeiro deles seria aumentar a produção, e o segundo elevar a produtividade. Aumentar a produção significa incrementar o efetivo de determinado serviço para que este seja feito mais rápido. Para melhorar a produtividade é preciso introduzir processos ou inovações que resultem em uma quantidade maior, por exemplo, de metro quadrado feito por trabalhador.

Nesse sentido, a industrialização da construção civil, sob influência da modularização na manufatura, vem sendo bastante discutida e estudada nos últimos anos (SCHMIDT et al., 2011; ANDERS BJÖRNFOT e STEHN, 2004; LENNARTSSON et al., 2009; JENSEN et al., 2014; WIKBERG et al., 2011), para que, nas suas mais diversas disciplinas, possa ser adaptada e tenha mais adeptos ao redor do mundo, principalmente, no Brasil (GRAVINA; KOSKELA, 2020). Os países desenvolvidos já estão avançados na introdução de elementos pré-montados em suas construções, entretanto, existe uma grande margem para que essa cultura seja maior difundida em território brasileiro, pois é evidente que essa inovação resulta, com maior produtividade, em produtos finais de maior qualidade,

mais padronizados e com a mesma função daquele elemento que era feito de forma artesanal.

1.1 Problema

O problema em questão a ser estudado neste trabalho é referente à falta de validação mais aprofundada, no que diz respeito ao desempenho de produtividade da obra sob efeito da modularização de instalações prediais, para a tomada de decisões.

É comum as pessoas, no cotidiano, negligenciarem a resolução de problemas que virão no futuro, ou não se planejam com antecedência para eventos que estão distantes de acontecer e, no contexto da construção civil, isso não deixa de acontecer. Quando a temática envolve uma obra, por exemplo, muitos dos contratempos requerem ações rápidas ou em um intervalo pequeno, entretanto, quando as circunstâncias envolvem um conjunto de obras de uma construtora, por exemplo, é de suma importância que o olhar à longo prazo seja trabalhado, pois um erro qualquer na construção de um empreendimento, pode levar a outros. É por isso que, muitas das grandes construtoras, possuem setores de apoio às obras, evitando intercorrências, ajudando na logística, contratações de funcionários, etc.

No caso do trabalho em questão, existe uma falha na comunicação entre os setores de apoio e a área de engenharia das obras, pois os principais problemas e dados do canteiro de obras não são, por vezes, levados para estudos pela gestão de obras ou áreas de apoio. Sem alguns desses estudos, alguns indicadores que poderiam ser extraídos para tomadas de decisão estratégicas não são sequer coletados, pois há uma indecisão em quais os parâmetros ideais a serem coletados.

Dito isso, a empresa acaba colhendo os frutos dessa falha na análise de dados referentes à produtividade geral das obras que possuem o suporte da fábrica de kit, como principal exemplo, a falta de validação integral desse modelo de industrialização e até a melhoria de alguns fatores desse processo já implementado, que, apesar de recente, precisa ser acompanhado e avaliado como qualquer outra mudança proposta.

1.2 Questões Motivadoras

As principais motivações que incentivaram esse estudo foram pensadas de forma a preencher a lacuna de informação que falta à empresa em questão e à literatura, encontrar as interferências da modularização das instalações em outros serviços da obra, além de investigar as causas e consequências das dificuldades desse sistema.

Existem diversos estudos, artigos publicados e até alguns livros que tratam da modularização na construção civil, inovação que já traz diversos efeitos positivos no Brasil e ao redor do mundo, tendo como principais elementos retratados as peças estruturais, os pré-fabricados. Como é possível constatar em certos países, alguns outros itens, etapas de obra e até ambientes prontos já podem ser industrializados, entretanto, na literatura, ainda são raros os estudos que conseguem quantificar os efeitos em uma obra que adere um sistema de modularização e, realmente, ainda não se evidenciou em números o impacto deste sobre a produtividade geral de uma obra (ANDERS BJÖRNFOT; STEHN, 2004).

Além disso, é importante também a investigação das interferências dessas instalações, já produzidas em kits na fábrica, nas outras atividades da obra, tanto as que antecedem como as que se sucedem à ela, afinal, os elementos pré-montados que chegam às obras não foram confeccionados in loco e possuem medidas padrão, a partir de modelo validado. Logo, as instalações prediais industrializadas estariam sujeitas a alguns tipos de adaptações feitas no momento da montagem em campo, por profissionais que por vezes não estão instruídos para realizar esses ajustes por conta própria, o que foge do conceito de industrialização na construção que requer troca de informação com todos os sistema bem integrados (RIBEIRO; MICHALKA JÚNIOR., 2003). Ter o conhecimento dessas interferências é indispensável para que se encontrem melhorias em outros serviços e os desperdícios, tanto de tempo, como de material, sejam evitados.

Por fim, é de suma importância que todos os processos referentes à fábrica de kits, tanto da parte hidrossanitária, como da elétrica, sejam bem observados e estudados com o fito de identificar as causas e as consequências dos problemas existentes no contexto atual, pois qualquer ineficiência ou gargalo na linha de produção desses elementos pode acarretar em problemas na obra, como atrasos, materiais defeituosos, itens faltantes, dentre outros, atrapalhando sua produtividade. Portanto, conhecendo a causa raiz dessas dificuldades, é mais fácil de propor uma solução assertiva que se enquadre dentro dos princípios Lean, por exemplo, fugindo um pouco da abordagem do sistema de modularização da manufatura que não consegue chegar aos níveis de produtividade que a inovação pode atingir no contexto da construção civil (YU et al., 2013).

1.3 Objetivo Geral

Em suma, o objetivo geral desta pesquisa é analisar a produtividade global na construção de um empreendimento de múltiplos pavimentos, sob influência de uma fábrica de

kits de instalações prediais.

1.4 Objetivos Específicos

A fim de que o trabalho consiga alcançar seu propósito principal, é de suma importância que os seguintes objetivos também sejam visualizados:

- Comparar o desempenho da obra que teve influência da fábrica de kit com outra que não foi impactada por esta;
- Avaliar o impacto das instalações "kitizadas" em outras atividades;
- Verificar quais as causas e consequências das falhas no sistema de industrialização das instalações prediais;

1.5 Estrutura do Trabalho

Este trabalho está dividido em cinco tópicos, visando a plena compreensão do leitor: Introdução, Revisão Bibliográfica, Método de Pesquisa, Resultados e Discussões, além de Conclusões e Recomendações. Na parte introdutória deste projeto, é explanado um pouco do histórico do papel do engenheiro em meio à sociedade. Suas contribuições para o bem estar da humanidade desde às primeiras civilizações até os dias de hoje, com o avanço de novas ferramentas e tecnologias. Além disso, comenta-se também a necessidade de o mercado da construção civil estar sempre buscando melhorias, pela alta competitividade e instabilidade periódica do setor, sendo a industrialização, um fenômeno dentro da ICC que vem agregando valor às empresas, melhorando os índices de produtividade de muitas construções ao redor do mundo e, cada vez mais, adentrando aos canteiros brasileiros. Ademais, são tratados também nesse capítulo, a problemática central dessa pesquisa, além das questões que a motivaram, e os objetivos relacionados.

O segundo capítulo aborda, primeiramente, a análise bibliométrica realizada antes da consulta de materiais acadêmicos relevantes que embasassem o trabalho, em que o VOSViewer, o Google Acadêmico e o IGLC (International Group For Lean Construction) foram as plataformas utilizadas. Dentro da revisão bibliográfica, foram percorridos alguns conceitos fundamentais e discussões na literatura que envolvessem os três principais temas da pesquisa, divididos em tópicos. Primeiramente, foi feito uma revisão de algumas definições e formas de se calcular índices de produtividade na construção civil, além de reforçar a importância de se utilizar desses indicadores como

insumo para medições de desempenho de uma obra. Depois, foi caracterizado também o processo de industrialização dentro da indústria da construção civil, as suas particularidades, seus benefícios, além das etapas que geralmente a compõe. Por fim, é explanado, também, a adaptação do conceito de produção enxuta, proveniente de outras indústrias, para o contexto da construção civil, o Lean Construction, conceito que já faz parte da realidade de várias construtoras, agregando valor a um produto final realizado com qualidade, sustentabilidade, segurança e economia.

O terceiro tópico é composto pela explanação do local de estudo do trabalho em questão, com a caracterização das obras e da construtora, bem como a descrição de todas etapas necessárias para que os resultados dessa pesquisa pudessem ser atingidos.

Na quarta seção, é possível a visualização de todos os resultados alcançados, seguindo as etapas metodológicas mencionadas, a partir de gráficos, figuras ou tabelas, juntamente às discussões que os permeiam.

Por fim, no quinto e último tópico, são feitas as conclusões a partir do desenvolvimento e resultados desse trabalho, além de sugestões para trabalhos futuros de temáticas correlatas às deste documento.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

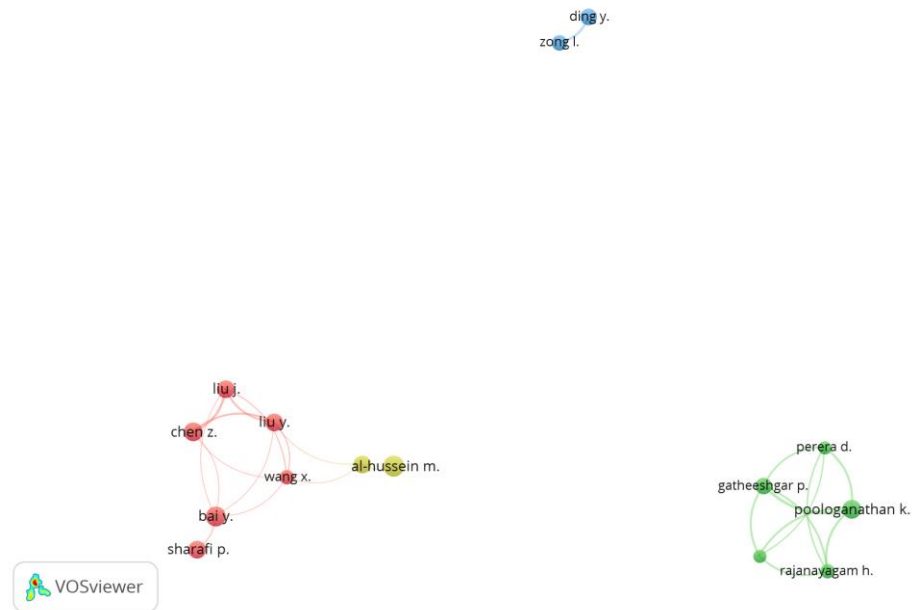
2.1 Análise Bibliométrica

Nesta etapa, a base de dados “Scopus” teve considerável importância, pois deu um suporte global no que diz respeito à busca de textos, artigos, obras que se relacionavam com as principais palavras-chave estabelecidas para este trabalho. Em conjunto ao software “VOSViewer”, apresentou alguns dados de forma bastante lúdica, pois, além de filtrar resultados por diversos parâmetros, traz ao usuário uma ilustração gráfica destes e as correlações entre autores, países, instituições, palavras-chave que abordam os temas de interesse, por exemplo.

No caso deste trabalho, as palavras-chave selecionadas dentro da base de dados “Scopus”, que fornece as informações para o software supracitado, foram: “Performance OR productivity AND modular AND building AND construction”. Optou-se por selecionar três parâmetros para o aprofundamento em revisão bibliográfica: Autores, Nacionalidade e Palavras-chave.

Os autores que mais se relacionavam com os termos inseridos na plataforma “Scopus”, seja por número de citações, documentos publicados ou links com outros autores, foram BAI Y., AL-HUSSEIN M. e POOLOGANATHAN K., e a ilustração abaixo atesta isso:

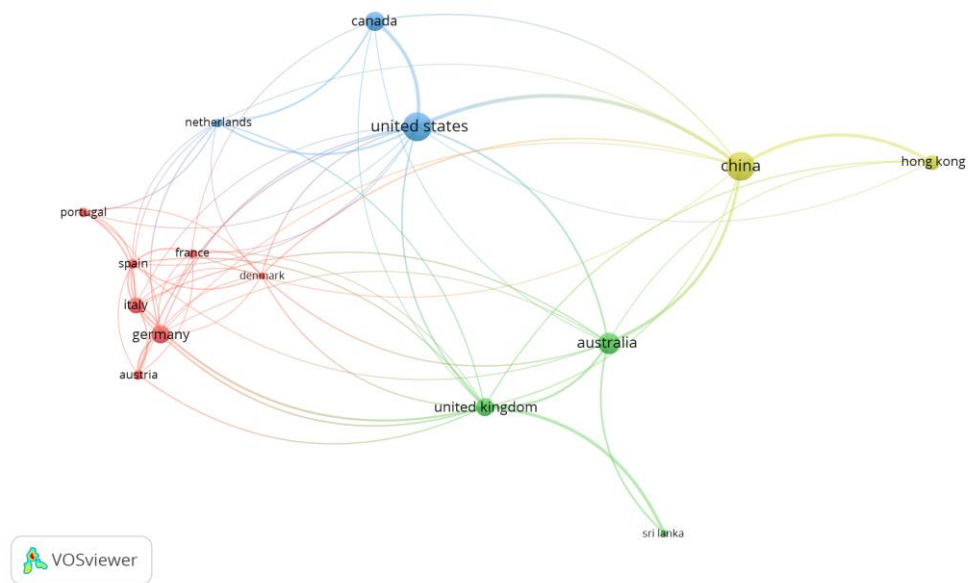
Figura 1 - Autores em evidência a partir de levantamento bibliométrico



Fonte: Autor (2023)

Além disso, a busca por nacionalidades que estão à frente pelos estudos da temática de interesse foi considerada relevante para a análise bibliométrica. Logo, os países destaques em documentos publicados e citações, foram: Estados Unidos da América, China e Austrália. Segue gráfico desenvolvido pelo software:

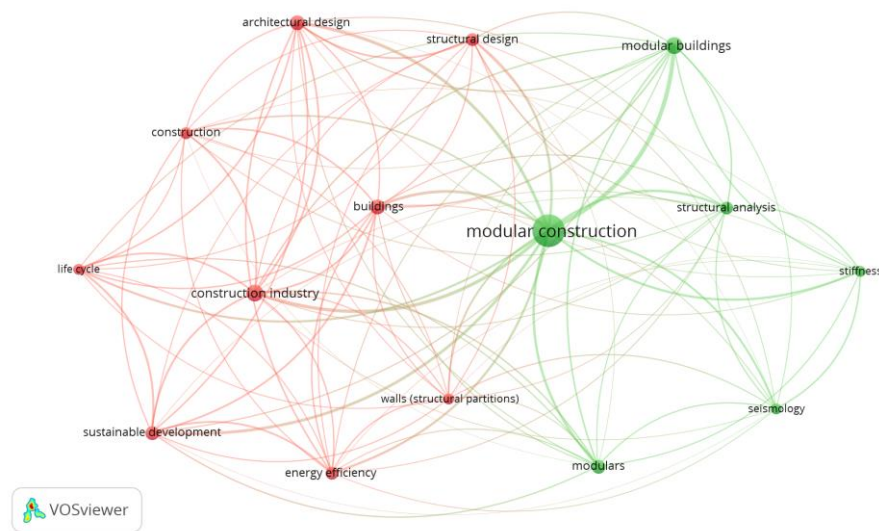
Figura 2 - Nacionalidades em evidência a partir de levantamento bibliométrico



Fonte: Autor (2023)

Por fim, é indispensável a procura pelas principais palavras-chaves ligadas ao tema. É a partir delas que diversos assuntos do trabalho científico são desenvolvidos de uma forma clara para o leitor, além de facilitar a busca por um indivíduo que deseja encontrar uma produção textual com essa temática. *Modular Construction*, *Construction Industry* e *Modular Buildings* foram os termos de maiores interações de ocorrência e ligações com outros termos.

Figura 3 - Palavras-chave em evidência a partir de levantamento bibliométrico



Fonte: Autor (2023)

Além disso, foram utilizadas outras duas ferramentas durante o processo. Uma delas foi o Google Acadêmico, uma plataforma que também conecta o usuário, de forma direta, a alguns artigos a partir de palavras-chaves ou autores. Com esse artifício, foi possível encontrar alguns trabalhos acadêmicos nacionais que trabalhavam a mesma temática deste projeto, de autores como ALMEIDA, L. R., RIBEIRO, M. S. e MICHALKA JÚNIOR. Já, o outro mecanismo de busca utilizado foi o site do “International Group For Lean Construction”, recomendado pelo professor orientador deste projeto, que reúne diversos artigos científicos relacionados à área de atuação de engenheiros e arquitetos, e que resultou em textos de autores internacionais, como ROCHA C.G., KOSKELA L., AL-HUSSEIN M., MOGHADAM M., BJÖRNFOT, A., e STEHN L., com uma abordagem da temática sob a realidade dos outros países.

2.2 Revisão Bibliográfica

2.2.1 Produtividade nos canteiros de obra

No contexto da indústria da construção civil, existem diversas maneiras de se medir o desempenho dos trabalhos realizados, em virtude da multidisciplinaridade e da complexidade das atividades. Segurança, sustentabilidade, qualidade, custo e produtividade

são alguns dos principais fatores que podem determinar o sucesso ou não de uma construção. Entretanto, a indústria como um todo vêm avançando ainda mais, não só em países desenvolvidos, mas também em países emergentes, no sentido de estudar práticas que alavanquem a produtividade das construções, sem comprometer os outros fatores listados anteriormente (PALIARI, 2008).

A figura abaixo sintetiza o que Souza (2006) atribui como definição prática de produtividade de mão-de-obra na ICC, como sendo a eficiência na transformação do esforço humano em serviços de construção:

Figura 4 - Definição esquemática de produtividade



Fonte: Souza (2006)

Ainda em aspecto de definição, corroborando com a ilustração, Paliari (2008) destaca que a produtividade representa a relação entre as entradas de um processo (materiais, mão de obra, etc.) e as saídas deste, que no caso, é um determinado serviço executado dentro de um canteiro de obras.

Quanto à mensuração destes indicadores de produtividade, ainda existe uma certa dificuldade tanto na obtenção de dados, como na definição de qual seria o método mais apropriado que permita uma análise avaliativa sobre o desempenho de uma obra, ou até de uma padronização na aferição (SOUZA, 2001).

No que diz respeito à produtividade de mão de obra, um indicador que vem sendo largamente estudado na literatura e também em utilização prática pelas empresas para medição de desempenho de produtividade de atividades é a Razão Unitária de Produção (RUP), proposto por Souza (1996), que relaciona o esforço humano necessário para a realização de uma certa quantidade de serviço, conforme equação abaixo:

$$RUP = \frac{Hh}{QS}$$

Em que:

H = Quantidade de homens

h = Quantidade de horas trabalhadas

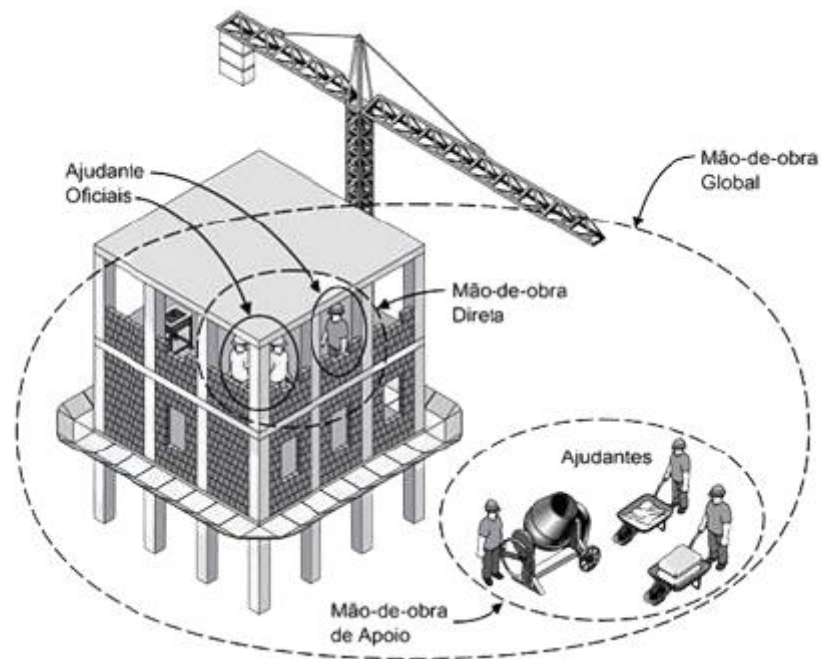
QS = Quantidade de serviço executado pela mão de obra em determinado tempo

Com o intuito de segmentar e classificar esse indicador de forma a torná-lo mais preciso e usual, Souza (2001), esclarece que a RUP pode ser subdividida a partir do tipo de mão de obra em questão e do intervalo de tempo entre entradas e saídas.

Quanto ao tipo de mão de obra:

- RUP Oficial: Leva em consideração a mão de obra oficial diretamente ligada à produção
- RUP Direta: Leva em consideração a mão de obra oficial diretamente ligada à produção, além dos ajudantes que trabalham diretamente à produção
- RUP Global: Engloba todo o efetivo relacionado à produção analisada

Figura 5 – Classificação da mão de obra



Fonte: Souza (2006)

Quanto ao intervalo de tempo entre entradas e saídas:

RUP Diária: Produtividade diária

RUP Cumulativa: Produtividade acumulada em um intervalo

RUP Cíclica: Produtividade por serviços que adotam ciclos de produção

Segundo a CBIC (2012), existe uma escassez de mão de obra e um crescimento no número de construções, o que, somada à dificuldade das empresas em contar mão de obra qualificada, evidencia a necessidade de melhorias nos índices produtivos dos canteiros para minimizar os impactos causados pela falta de profissionais capacitados, vislumbrando-se um ciclo saudável de produção. Muitas vezes, a grande quantidade de empreendimentos lançados, impulsionados pelo crescimento econômico de uma nação, acabam decorrendo na inclusão de mão de obra sem a capacitação adequada e apegada à métodos executivos ultrapassados, para exercer o seu papel dentro da cadeia produtiva. Dessa forma, certos processos dentro das atividades de canteiro de obra são impactos negativamente, culminando em desempenho insatisfatório de produtividade (MELO et al., 2014).

Diversos benefícios podem ser percebidos a partir do estudo da produtividade e análise de seus índices (COSTA et al., 2012):

- Previsão de mão de obra para determinado serviço;
- Estimativa da duração de serviços;
- Aprimoramento de métodos executivos;
- Redução de custos;
- Aumento do nível de competitividade das empresas;
- Identificação de pontos críticos;
- Adequação de projetos e orçamentos à realidade.

A partir do momento em que existe um entendimento de que a esta produtividade está intrinsecamente relacionada ao lucro, sob o ponto de vista de que as empresas com melhores índices de produtividade terão menores custos de produção, é possível a comercialização de produtos com preços mais competitivos ou, também, trabalhar com maiores margens de lucro (MARUOKA; SOUZA, 1999). Dessa forma, segundo Moreira (1991), tanto países como empresas, estão mais conscientes de que melhorias no âmbito da produtividade tornam-se caminhos naturais para o progresso e o crescimento econômico, pois maiores valores alcançados em produtividade evidenciam melhor aproveitamento de recursos na produção de bens ou serviços necessários à comunidade.

Em um mercado de alta competitividade e importância no cenário econômico, buscar maior produtividade requer pensar cada etapa do processo como vital para a concepção do projeto, inclusive, aquelas que dizem respeito ao gerenciamento das obras. Uma obra bem

planejada e com controle efetivo tem grandes chances de sucesso, na medida em que viabiliza a aferição de indicadores de prazos e custos (MATTOS, 2010). Ademais, em se tratando de empresas que constroem edificações de padrão econômico, os critérios de desempenho na entrega de um empreendimento, divididos em velocidade de produção e confiabilidade de entrega (SLACK, 1993) acabam sendo simultaneamente importantes para a lucratividade do negócio, pois ao mesmo tempo que a companhia tem o interesse de acelerar a realização das atividades dentro do canteiro de obra para minimizar os custos fixos de obra, existe também o interesse de cumprir com a entrega do empreendimento até o prazo contratual previsto para preservar a reputação da construtora e tornar isso um diferencial frente às concorrentes.

Neste contexto de eventuais instabilidades e de busca incessante por avanços na indústria da construção civil, é necessário que as empresas definam, meçam e monitorem indicadores com os quais seja possível certas tomadas de decisão que objetivem a melhoria de desempenho, pois somente assim será possível verificar se existe um aperfeiçoamento na sua forma de atuação ao longo do tempo, como também a real situação competitiva quando comparada às outras do mesmo ramo de atuação (LANTELME; OLIVEIRA; FORMOSO, 1995). Corroborando com o exposto anteriormente, uma obra que possui o armazenamento dos dados em um sistema de indicadores não significa que ela se utilize da medição de desempenho, pois esta viabiliza o diagnóstico do que existe de oportunidade de melhoria em uma construção, enquanto o outro apenas se trata de valores calculados (CÂNDIDO; LIMA; BARROS NETO, 2016). Por isso, Paliari (1999), também reforça que, para analisar o patamar de desempenho em melhoria de produtividade de um sistema produtivo, existe a necessidade de métodos de coleta desses dados e análise de informações que subsidiem propostas consistentes para este avanço almejado, por meio de dados confiáveis, representativos e que considerem o atual estágio de desenvolvimento tecnológico e gerencial existentes no meio em questão.

2.2.2 A industrialização da construção civil

A industrialização na construção civil se refere, em parte, a retirar processos de dentro do canteiro e trazê-los para ambientes externos, de forma inteira ou pelo menos parcial (KOSKELA, 2003). Esses processos na engenharia civil dizem respeito aos serviços que os mais variados tipos de profissionais executam e que, dentro de um processo de modularização, resultam em produtos finais que são divididos em partes, no caso, em módulos (ULRICH, 1994). Tudo isso aproxima cada vez mais a construção civil do Lean Construction que, dentre

vários princípios, propõe exatamente o que a industrialização traz de benefícios: Reduzir a variabilidade, redução do tempo de ciclo produtivo e focar no controle de todo o processo (KOSKELA, 1992).

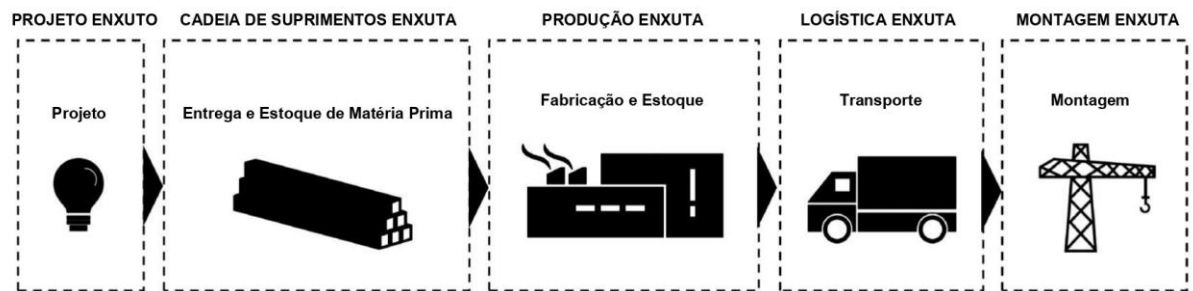
A industrialização na construção civil, seja ela qual for, apresenta como resultado um produto com a mesma funcionalidade do item que anteriormente era feito pelos métodos tradicionais. Entretanto, o intuito é que essa inovação traga um resultado final de maior qualidade e padronização, por meio de processos mais produtivos, além de contribuir para organização e limpeza dos canteiros, segundo Almeida (2005). Portanto, a ideia é que, por exemplo, elementos estruturais, itens de pavimentação, ou até mesmo partes de instalações prediais, sejam produzidos em ambientes controlados e de processos enxutos para que atinjam o objetivo final que é satisfazer a necessidade do cliente final, no caso, as várias construções ao redor do planeta. No caso dos kits de instalações prediais pré-montados, de acordo com Loturco (2008), “[...] proporciona a redução de desperdícios de componentes provocados por instalações erradas, além de diminuição expressiva do número de conexões”.

Logo, o fluxo de produção de uma indústria de construção modular possui cinco etapas fundamentais:

- 1- Gerenciamento enxuto de projeto
- 2- Gerenciamento enxuto da cadeia de suprimentos
- 3- Gerenciamento enxuto de produção
- 4- Gerenciamento enxuto de transporte
- 5- Gerenciamento enxuto de montagem local

Esse caminho já levou à realização de projetos de construção que obtiveram êxito, demonstrando eficácia na implementação de técnicas enxutas em processos de modularização da construção civil (INNELLA; ARASHPOUR; BAI, 2019).

Figura 6 – Fluxo de produção de uma indústria de construção modular



Fonte: BAI (2019) adaptado

Apesar de todos os avanços do setor com a industrialização, é necessário que os canteiros de obra, em nome principalmente dos operários, prepare-se para lidar com essa inovação e entender a importância de cada etapa de instalação, a fim de que evitar os produtos pré-fabricados interfiram negativamente para a execução da obra. Segundo Ferreira (2014), a ascensão deste novo modelo de construção possibilita que a mão de obra do setor consiga adquirir conhecimento e expertises para a execução de obras com essa tecnologia.

Segundo Fabricio (2013), a discussão acerca da industrialização das construções também envolve o entendimento dos conceitos de Industrialização de Ciclo Aberto ou Industrialização Aberta, e Industrialização de Ciclo Fechado ou Industrialização Fechada, termos estes que estão correlacionados com as características dos sistemas construtivos, às regras de composição entre subsistemas e componentes, além das características de produção desses sistemas, resumidamente explicados a seguir:

- Industrialização Fechada: Em que o sistema construtivo é integralmente produzido por meio de industrialização por uma única empresa, ou sob responsabilidade de uma empresa;
- Industrialização Aberta: Em que a industrialização dos elementos ou subsistemas construtivos podem ser compostos de diferentes maneiras e empresas, condicionando-se à necessidade de compatibilização pré-estabelecida pela indústria.

Pode-se constatar que o sistema de industrialização aberta nas construções brasileiras ainda se encontra abaixo do seu potencial de revolução, pois os materiais e componentes de construção, que podem apresentar alto valor agregado em tecnologia e alto grau de industrialização na sua produção, conflitam com a falta de regras combinatórias

suficientes entre os variados componentes, imprecisões dos sistemas de ligações entre os outros componentes, o que gera desperdícios, em virtude da necessidade de adaptações, para fazer essa união entre diferentes elementos. Este conceito de coordenação modular anuncia que sem procedimentos de adequação entre os diversos tipos de componentes e fabricantes, a “montagem” da obra como um todo tem baixa eficiência pela necessidade de ajustes nos materiais e componentes. (FABRICIO, 2013).

De acordo com Lucini (2001), a coordenação modular pode ser definida como “O sistema dimensional de referência que, a partir de medidas com base em um módulo predeterminado [...], compatibiliza e organiza tanto a aplicação racional de técnicas construtivas como o uso de componentes em projeto e obra, sem sofrer modificações”. Portanto, a determinação de sucesso para uma obra não está apenas na qualidade das partes componentes, mas principalmente pela maneira com a qual elas são unidas (PEREIRA, 2005).

Existe, atualmente, uma expansão na concepção de empreendimentos de padrão econômico, caracterizados por possuírem uma baixa margem de lucro em cada unidade vendida. Para que este tipo de obra se torne um negócio rentável para a construtora, é necessário que as unidades sejam produzidas em grande volume, em larga escala, e a industrialização de itens como elementos estruturais, elementos de vedação ou até os sistemas prediais, tornam-se facilitadores nesse processo (FARIA, 2008).

A industrialização de instalações prediais, por exemplo, já é uma realidade para diversas construtoras. Esses sistemas prediais são definidos por Gonçalves (1994) como “sistemas físicos integrados a um edifício e que tem por finalidade dar suporte à atividades dos usuários, suprimindo-os com insumos prediais necessários e propiciando os serviços requeridos”.

A implementação de um sistema modularizado de instalações requer bastante atenção, pois tratam-se de disciplinas com alto grau de interferência com os demais subsistemas de uma edificação, fazendo parte da construção desde a época de estrutura até a de acabamento, o que exige uma mão de obra especializada na prestação deste tipo de serviço (PALIARI, 2008). A demanda pela industrialização das instalações pode vir também da necessidade de aumentar o ritmo da obra, mitigando chances de atrasos na execução de serviços sucessores e, conseqüentemente, de custos adicionais provenientes disso.

Em contrapartida, apesar de os estudos na área apontarem para um aumento na produtividade com a modularização e a conseqüente melhoria na construtibilidade, são

tratados como escassos ou até mesmo inexistentes na literatura materiais acadêmicos que abordem quantitativamente o impacto dessa tecnologia na produtividade, o que abre um campo amplo de pesquisa e investigação, pois, tomando posse de dados numéricos, é possível que seja feita uma validação de um modelo ou até mesmo alguma tomada de decisão de maneira mais assertiva (ANDERS BJÖRNFOT e STEHN, 2004; CHAUHAN et al., 2022).

2.2.3 Lean Construction

Apesar dos consideráveis avanços tecnológicos nos últimos anos, a indústria da construção civil, ainda é uma das que mais geram desperdício nas suas operações, quando comparada à outras indústrias, como a automobilística. Wandahl (2021) afirma que a eliminação desses desperdícios é o foco principal do Lean Construction, que consiste em tornar as obras mais enxutas, na tradução para o português. Construções enxutas significam aquelas que tenham a produção racionalizada, ou seja, que tenham suas etapas bem estudadas, buscando a otimização do trabalho e, por conseguinte, alcançar maior produtividade e rentabilidade (RIBEIRO; MICHALKA JÚNIOR., 2003).

O Lean Construction nada mais é que uma vertente adaptada do Lean Production, ou produção enxuta quando traduzido livremente, para a realidade da indústria da construção civil. A produção enxuta é uma filosofia produtiva idealizada a partir do Sistema Toyota de Produção (STP), que tem como objetivo principal a otimização de processos, a partir da eliminação de desperdício em geral em uma cadeia produtiva, para entregar ao consumidor final um produto de maior valor agregado. Segundo Howell (1999), “Desperdício é definido como um critério de performance do sistema de produção. Falha no atendimento de requisitos exclusivos de um cliente é um desperdício, assim como o tempo além do esperado e a situação de estoque parado”. Apesar de a idealização desse conceito revolucionário de produção, quando comparado aos sistemas tradicionais, datar do século passado, a produção enxuta continua a evoluir, baseando-se em um mesmo emboço específico e claro, arquitetando um sistema produtivo que entregue um produto personalizado, sob demanda e sem geração de estoques, seguindo quatro etapas práticas listadas por Howell (1999):

- Identificar e entregar valor ao valor do cliente, eliminando tudo que não agregue valor;
- Organizar a produção como um fluxo contínuo;

- Aprimorar o produto e criar um fluxo confiável através de paradas da linha de produção, análise de estoque e distribuição de informações para tomada de decisões;
- Buscar a perfeição, entregando um produto que atenda aos requisitos do cliente, sob encomenda e sem a criação de estoque.

Pode-se perceber então que, independente do produto que chegue ao cliente final, a produção enxuta pode ser adaptável a uma variedade considerável de indústrias, pois o propósito é continuar atendendo a necessidade dos compradores, oferecendo uma entrega com a maior qualidade possível, menor custo e no menor tempo possível, eliminando desperdícios, o que abre possibilidade para uma margem de lucro cada vez maior para a empresa e à satisfação dos clientes.

Entretanto, apesar de o conceito do Lean Production ser algo inovador, atrativo e que, efetivamente, possui o potencial para alavancar resultados em indústrias das mais diversas atividades, existem debates na literatura sobre os impeditivos ou dificuldades de se utilizar dessa filosofia produtiva na indústria da construção civil.

Green (1999), inclusive, critica as adaptações do pensamento enxuto para a construção civil sob um ponto de visto político de que este debate é invariavelmente limitado ao estreito domínio da racionalidade instrumental, que se preocupa somente com meios mais eficientes de atingir um determinado fim, citando inclusive congestionamento de tráfego, poluição e custo humano como fatores resultantes dos métodos enxutos, além de que estes teriam relação direta com a repressão sindicalismo independente e modelos regressivos de gestão de recursos humanos.

Sob outra perspectiva, o Lean é visto como uma nova maneira de organizar a produção e que a exploração da mão de obra citada anteriormente não é requisito da aplicação da filosofia, pois ela pode se dar para qualquer técnica produtiva em iguais possibilidades. Os trabalhadores que estão submetidos aos princípios do Lean possuem, inclusive, vantagens competitivas de mercado quando comparados à outros, por possuírem autonomia na tomada de decisão, múltiplas habilidades e o pensamento de busca contínua pela perfeição. É possível que exista uma retórica idealizada de que a aplicação da produção enxuta na construção civil seja algo simples e sem desafios, mas é inegável que àqueles que se utilizaram do princípio Lean aplicado à construção civil, perceberam a solução de problemas de produção que não eram compreendidos nas práticas tradicionais (HOWELL; BALLARD, 1999).

Apesar disso, a aplicação dos princípios Lean na construção modular, por exemplo, implica em diversos tipos de benefícios para o setor. Vários estudos documentam a promoção de economia, por meio do aumento da produtividade (YU et al., 2013), redução do

tempo de espera (HERAVI; FIROOZI, 2017) e redução de resíduos (NAHMENS; MULLENS, 2009). Ademais, é possível perceber melhorias relacionadas à sustentabilidade, aumento de segurança e satisfação no trabalho, a partir da filosofia Lean aplicada ao contexto da construção civil.

Figura 7 – Benefícios da gestão enxuta na indústria de construção modular



Fonte: YU et al., 2019 - adaptado

3 MÉTODO DE PESQUISA

Nesta seção serão abordadas algumas temáticas referentes à metodologia aplicada na pesquisa para que os objetivos pudessem ser alcançados, abordando a descrição e detalhamento dos locais de estudo, além das etapas necessárias para se alcançar os resultados deste projeto, de forma à facilitar a compreensão do leitor.

3.1 Local de Estudo

A pesquisa se desenvolveu dentro de um cenário com três diferentes lugares: Uma obra, denominada “Obra A”, composta por três torres e área social comum; Uma outra obra, denominada “Obra B”, composta por duas torres e área social comum; além de uma fábrica que realiza a fabricação dos kits que irão abastecer as obras mais recentes da construtora.

Na intenção de analisar a produtividade de duas obras, dentro do contexto de implantação de um sistema de industrialização das instalações prediais, fez-se necessário a escolha de dois empreendimentos que tivessem similaridade suficiente entre si, ao ponto de a análise comparativa contemplar construções com a mesma metodologia construtiva, de mesmo padrão, mesma quantidade de unidades e área social comum com os mesmos dispositivos, a fim de que os resultados obtidos ao final do trabalho fossem coerentes e que pudessem trazer uma contribuição formidável tanto para a construtora, como para a construção civil no geral. A decisão em abranger o estudo com esses dois empreendimentos teve o respaldo tanto da construtora, em nome da engenheira responsável pela fábrica de kit, como do grupo INOVACON, representado pelo professor orientador deste trabalho e pelo professor Luís Felipe Candido.

Tanto a Obra A, como Obra B, pertencem à mesma construtora que governa a fábrica de kit e é uma empresa do ramo da construção civil que atua no mercado desde 1979 com empreendimentos voltados para o público de classe média e média baixa, contribuindo assim para a mitigação do déficit habitacional que acompanha o Brasil em toda a sua história, além de, por meio das mais possibilidades de financiamento, ajudar muitas famílias brasileiras a conquistarem a tão sonhada casa própria, deixando a moradia por aluguel.

Com mais de 4 milhões de unidades habitacionais entregues e várias outras em execução em 22 estados brasileiros e distrito federal, a companhia atualmente é vista como referência não só para construtoras de padrão popular, como para as grandes empresas brasileiras com seu modelo de gestão focado no cliente e na qualidade do produto que é

entregue ao consumidor. Não à toa conquistou duas importantes certificações em 2014: a ISO 14.001, que estabelece padrões rigorosos na gestão de meio ambiente e a OHSAS 18.001, que estabelece padrões rígidos na gestão de segurança e saúde das empresas. Além disso, é polo gerador de empregos gerando cerca de seis mil postos de trabalho por ano ao redor de 160 cidades brasileiras.

As obras abordadas nesta pesquisa estão localizadas em Fortaleza-CE no mesmo bairro, sendo inclusive vizinhas uma da outra. Entretanto, a obra A, teve seu início em 2020, período em que toda a parte de instalação predial ainda era executada em obra, e é composta por três torres de doze pavimentos cada, com oito apartamentos por andar, estes possuindo de 36 a 44 m². Em contrapartida, a obra B, com início em 2022, já contou com o suporte da fábrica de kit na industrialização dos mais diversos itens referentes às disciplinas de instalações elétrica e hidrossanitária da obra, e comporta duas torres de dezoito pavimentos, com oito apartamentos por andar, estes possuindo de 38,3 a 44 m².

Figura 8 – Planta em 3D – Obra A



Fonte: Construtora (2023)

Figura 9 – Planta em 3D – Obra B



Fonte: Construtora (2023)

Apesar das diferenças apontadas anteriormente, os dois empreendimentos comercializam um total de 288 unidades, sem subsolos, com garagem no pavimento térreo, uma área comum que contempla salão de festas, piscina, espaço administrativo, playground, dentre outros, além de possuírem padrão de acabamento muito semelhante, fundações iguais em radier estaqueado, e método construtivo estrutural com paredes de concreto, em que todas as paredes dos apartamentos são feitas de concreto armado, possuindo função estrutural e substituindo as estruturas convencionais de pilares e vigas.

Por fim, o trabalho também abordará aspectos relacionados ao funcionamento da fábrica de kit, sendo esta mais um objeto de estudo. Atualmente, é nela que se concentra todo o trabalho de estudo de cada projeto, levantamento de material, realização de pedido, recebimento de material, controle de estoque, além da programação de produção e da entrega do produto final para a obra. A fábrica se localiza em Fortaleza-CE, no bairro Passaré, e é composta por uma engenheira que fica responsável por toda essa parte de planejamento e controle da operação, além de um eletricista e um bombeiro, cada qual com um ajudante, sendo estes os responsáveis pela produção, de fato, dos kits de instaladora.

Figura 10 - Fábrica de Kits de Instalações Prediais



Fonte: Autor (2023)

3.2 Metodologia

Na intenção de atingir os objetivos específico estipulados e, consequentemente, o propósito geral do trabalho, a pesquisa seguirá uma série de passos ordenados que ajudarão o leitor a entender como o problema central pode ser resolvido.

Diante disso, o trabalho contará, em suma, com o levantamento dos dados de área construída, horas totais trabalhadas e de velocidade de produção mensal, em duas obras, referente ao intervalo de suas respectivas execuções, a fim de que seja possível obter o cálculo do Índice Global de Produtividade (IGP) de cada empreendimento, indicador esse proposto por Maciel (2022) e pelo grupo INOVACON-CE (Instituto de Inovação da Indústria da Construção Civil), criado em 1998 com o intuito de promover integração entre as empresas do ramo, em prol do crescimento mútuo e da modernização do setor. Há de se ressaltar que a Obra A já foi entregue e a Obra B, apesar de ainda estar em execução, forneceu valores até o avanço de 99% de conclusão, o que não interfere a análise. Isto será de fundamental importância para que se avalie a possibilidade de influência da industrialização em questão, quando comparados os índices supracitados da obra que contou com o suporte da fábrica de kit da obra que não contou com esse apoio.

Para o cálculo de horas totais trabalhadas, a pesquisa contará com um apontamento de mão de obra que é feito duas vezes por semana, sempre na terça-feira e quinta-feira, em que se é registrado o número de funcionários totais da obra naquele dia. A

partir desse quantitativo, faz-se uma média aritmética desses dois valores, multiplica-se o resultado por 8,8 horas diárias, vezes a quantidade de dias de trabalho naquele mês, considerando os feriados nacionais e municipais, estipulando-se assim, a quantidade total de horas trabalhadas naquele mês. Já os valores de velocidade de produção mensal de cada obra, basta consultar a base de dados da empresa, pois é um valor que é registrado mensalmente em todas as obras. A área total construída é uma informação contida no alvará dos empreendimentos. Dessa forma, o IGP mensal será calculado da seguinte forma:

$$IGP_{mês_n} = \frac{\text{Quantidade de Horas Trabalhadas}}{\% \text{ Avanço Físico Mensal} \times \text{Área construída}}$$

O IGP mensal é calculado e analisado mês a mês, entretanto, obtém-se também um valor de IGP médio de toda a obra ao calcular-se a média aritmética do índice de todos os meses, do início ao fim da obra, que certamente também é válido para análises estratégicas:

$$IGP_{médio} = \frac{\sum_{i=1}^n IGP_{mês_n}}{n}$$

É válido ressaltar que, todos os dados foram reunidos e manipulados por meio do *software* Excel, sendo este largamente utilizado para cálculos e análises no cotidiano de engenheiros, a fim de se calcular os valores desejados e gerar tabelas e gráficos que terão suma importância na seção de resultados e discussão.

Entretanto, a industrialização das instalações prediais possui potencial de impactar a execução e a produtividade de outros serviços dentro de um canteiro de obras, e é por isso que esse assunto merece uma discussão particular. Analisar as atividades que antecedem ou sucedem alguma outra de instalação vai ser essencial na percepção desse efeito que pode ser negativo, se essa modularização atrapalha ou retarda algum serviço, ou positivo, se os kits melhoram tanto a qualidade como a celeridade das frentes seguintes. Para isto, será realizado uma pesquisa de campo com todos os responsáveis pela parte de instalação predial e uma observação direta das frentes de serviços que possuem ligação com os kits, possibilitando uma avaliação dessa interferência.

Por fim, este trabalho se dedicará, também, a detalhar o funcionamento da fábrica de kit na sua rotina e nos seus processos, além da logística envolvida até o recebimento do produto final no canteiro de obra, pois, é a partir desse estudo que será possível discutir as

principais problemáticas que, tanto a equipe de engenharia dos empreendimentos, como os colaboradores da fábrica, relatam durante o processo, que acaba prejudicando a performance do empreendimento. Para isto, serão feitas visitas técnicas para a fábrica de kits em questão a fim de entrevistar os funcionários que lá trabalham e para observação direta dos processos e linhas de montagem da fábrica, que tem como alguns de seus produtos:

- Kit Elétrica na Laje (Kit Polvo):

Figura 11 – Exemplo de Kit Polvo



Fonte: Autor (2023)

- Kit Dreno do Ar-condicionado:

Figura 12 – Exemplo de Kit de Ar-condicionado



Fonte: Autor (2023)

- Kit Água Fria da Cozinha:

Figura 13 – Exemplo de Kit de Água Fria de Cozinha



Fonte: Autor (2023)

- Kit Água Fria do Banheiro:

Figura 14 – Exemplo de Kit de Água Fria de Banheiro



Fonte: Autor (2023)

- Kit Esgoto do Banheiro (Kit Aranha):

Figura 15 – Exemplo de Kit Aranha



Fonte: Autor (2023)

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta seção será apresentado um mecanismo de avaliação real da eficácia da implantação do sistema de industrialização das instalações prediais dentro da companhia em questão, o que atualmente ainda não pôde ser devidamente analisado à nível de gerência entre as obras, resultando assim em um modelo aparentemente benéfico, mas ainda sem uma validação quantitativa. Ademais, será evidenciado também, que o Índice Global de Produtividade (IGP) pode ser parâmetro fidedigno na análise, pois, apesar de estar em fases primárias de aplicação, tem grande potencial para ser utilizado pelas grandes empresas do ramo na tomada de decisões, na medida em que concentra a produtividade global de todas as atividades em um único índice.

4.1 Análise comparativa de produtividade

Seguindo as diretrizes orientadas na metodologia e, utilizando-se do banco de dados alimentado e disponibilizado cordialmente pela construtora, foi possível a pesquisa admitir os seguintes valores de horas totais trabalhadas, por mês, na construção dos dois empreendimentos em questão, considerando a quantidade de funcionários, a jornada de trabalho de 8,8h/dia e a quantidade de dias trabalhados naquele mês:

Tabela 1 - Valores de horas trabalhadas por mês - Obra A e Obra B

OBRA A		OBRA B	
MÊS	HORAS TRABALHADAS (h)	MÊS	HORAS TRABALHADAS (h)
jun/20	2761	mar/22	2323
jul/20	3821	abr/22	4264
ago/20	5590	mai/22	7308
set/20	7433	jun/22	10443
out/20	13346	jul/22	15050
nov/20	15159	ago/22	18671
dez/20	18804	set/22	20779
jan/21	19858	out/22	22507
fev/21	14590	nov/22	19955
mar/21	22047	dez/22	20555
abr/21	21794	jan/23	18232
mai/21	24880	fev/23	17990
jun/21	28932	mar/23	14315
jul/21	31472	abr/23	16529
ago/21	32289	mai/23	18303
set/21	26081	jun/23	21099
out/21	21773	jul/23	15839
nov/21	21363	ago/23	12778
dez/21	19317	set/23	8800
jan/22	13618		
fev/22	12221		
mar/22	7998		
abr/22	0		
mai/22	4162		
jun/22	3436		
jul/22	0		
ago/22	0		

Fonte: Autor (2023)

Além disso, o cálculo do IGP também contempla o avanço físico mensal da obra, índice calculado, controlado e avaliado, mês a mês, pela construtora, e que também foi fornecido para o desenvolvimento deste trabalho. Resumidamente, ele se trata da porcentagem de progressão da obra, baseada em quanto, percentualmente, foi desembolsado naquele mês a partir do orçamento definido para a obra, resultando nos seguintes dados:

Tabela 2 - Valores de avanço físico por mês - Obra A e Obra B

OBRA A		OBRA B	
MÊS	AVANÇO FÍSICO (%)	MÊS	AVANÇO FÍSICO (%)
jun/20	1,98%	mar/22	2,38%
jul/20	3,85%	abr/22	4,81%
ago/20	6,35%	mai/22	4,42%
set/20	3,97%	jun/22	4,16%
out/20	3,83%	jul/22	5,37%
nov/20	2,33%	ago/22	7,36%
dez/20	4,16%	set/22	5,98%
jan/21	5,59%	out/22	7,29%
fev/21	6,06%	nov/22	8,11%
mar/21	6,04%	dez/22	5,48%
abr/21	6,24%	jan/23	7,99%
mai/21	7,01%	fev/23	6,98%
jun/21	7,31%	mar/23	9,20%
jul/21	7,74%	abr/23	4,14%
ago/21	8,01%	mai/23	3,50%
set/21	6,05%	jun/23	3,97%
out/21	4,09%	jul/23	3,91%
nov/21	3,69%	ago/23	2,95%
dez/21	1,89%	set/23	1,00%
jan/22	1,16%		
fev/22	0,88%		
mar/22	0,78%		
abr/22	0,00%		
mai/22	0,50%		
jun/22	0,00%		
jul/22	0,00%		
ago/22	0,50%		

Fonte: Autor (2023)

Há de se ressaltar que os valores expostos acima equivalentes a zero, para a obra A, se explicam pelo fato de a construtora, por critério próprio, atribuir o fim da obra, ou seja, o somatório de 100% dos avanços físicos mensais, somente com a emissão do habite-se e entrega de chaves aos moradores. Até lá, as atividades remanescentes nos últimos meses de obra são de ajustes das últimas pendências e não conformidades dentro das unidades e nas áreas comuns, as quais não representam qualquer peso para os avanços físicos medidos e, por isso, possuem valores iguais a 0%.

Os dados relacionados à área construída das duas obra foram extraídos diretamente dos seus respectivos alvarás de construção, documento emitido pela prefeitura que respalda a construção a partir de uma série de validações:

Figura 16 – Área Construída (m²) – Obras A e B, respectivamente

Área Construída (m ²)	Área Construída (m ²)
15.566,80	16.840,51

Fonte: Alvará de Construção (SEUMA – Secretaria Municipal de Urbanismo e Meio Ambiente (Fortaleza/CE)

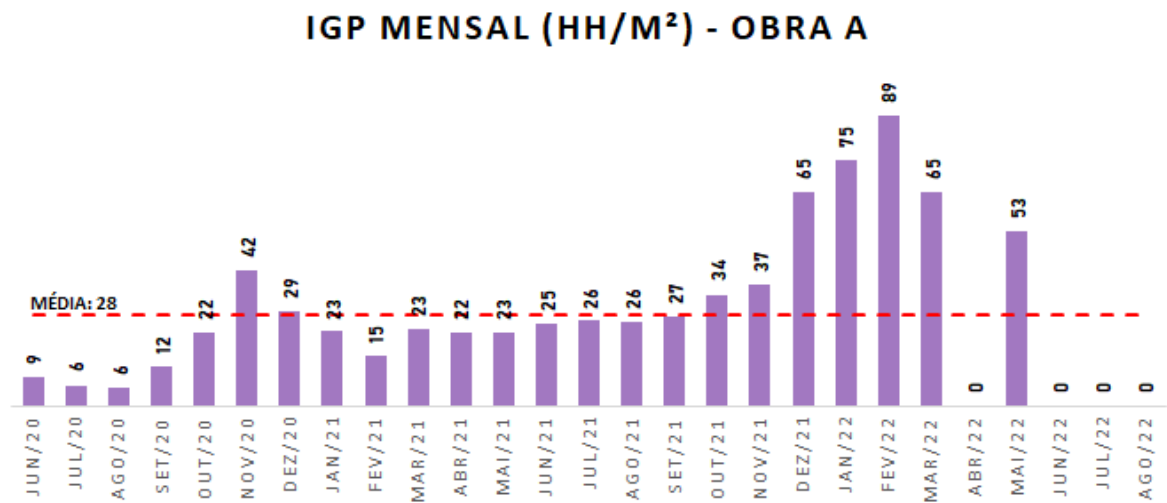
Diante destes dados, calcula-se o Índice Geral de Produtividade (IGP) mensal e médio de cada obra, a partir das formulações explicitadas na etapa do método:

Tabela 3 - Valores de IGP mensal - Obra A e Obra B

OBRA A		OBRA B	
MÊS	IGP MENSAL (Hh/m ²)	MÊS	IGP MENSAL (Hh/m ²)
jun/20	9	mar/22	6
jul/20	6	abr/22	5
ago/20	6	mai/22	10
set/20	12	jun/22	15
out/20	22	jul/22	17
nov/20	42	ago/22	15
dez/20	29	set/22	21
jan/21	23	out/22	18
fev/21	15	nov/22	15
mar/21	23	dez/22	22
abr/21	22	jan/23	14
mai/21	23	fev/23	15
jun/21	25	mar/23	9
jul/21	26	abr/23	24
ago/21	26	mai/23	31
set/21	27	jun/23	32
out/21	34	jul/23	24
nov/21	37	ago/23	26
dez/21	65	set/23	52
jan/22	75		
fev/22	89		
mar/22	65		
abr/22	0		
mai/22	53		
jun/22	0		
jul/22	0		
ago/22	0		

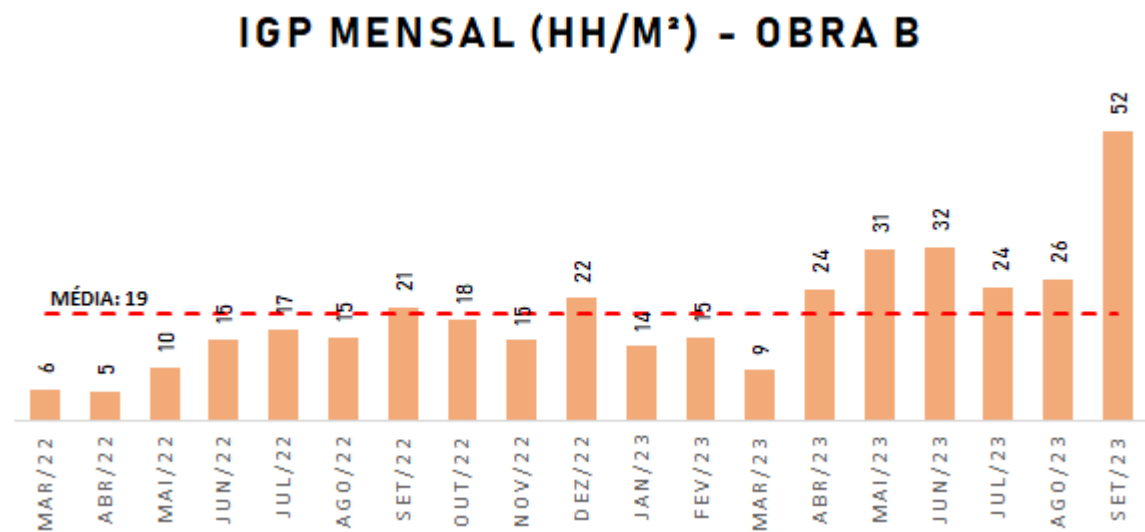
Fonte: Autor (2023)

Gráfico 1 - Valores de IGP mensal observados mês a mês - Obra A



Fonte: Autor (2023)

Gráfico 2 - Valores de IGP mensal observados mês a mês - Obra B



Fonte: Autor (2023)

A partir desses dados ilustrados pelas tabelas e gráficos acima, calculados mensalmente, obtém-se o IGP médio, que reflete em um valor que representa a produtividade da obra como um todo, em todas as suas etapas:

$$\text{IGP médio (OBRA A)} = 28 \text{ Hh/m}^2$$

IGP médio (OBRA B) = 19 Hh/m²

Estes resultados indicam que há uma diferença significativa entre as produtividades das duas obras em questão, entretanto, os dois valores estão inseridos nos limites de produtividade encontrados por Souza (2006) de 20 Hh/m² sendo o valor mínimo e 80 Hh/m² o máximo, e, além disso, também se assemelham, principalmente à Obra B, ao valor global de produtividade médio da obra de melhor desempenho analisada por Maciel (2022) que atingiu a marca de 17,90 Hh/m². Esta obra, coincidentemente ou não, foi a única do estudo, dentre 29 obras analisadas, que foi executada por uma empresa focada em habitações econômicas enquadradas no programa governamental “Minha Casa, Minha Vida”, assim como as obras da presente pesquisa.

Enquanto na Obra A, o desempenho foi de vinte e oito homens-hora por metro quadrado; na Obra B, que teve seu início posterior ao da Obra A, e que sofreu influência da modularização das instalações prediais, o desempenho foi de dezenove homens-hora por metro quadrado. Esta indicação na melhoria da produtividade pode ter origem em diversos fatores e, neste caso, há indícios de que a fábrica de kits tenha auxiliado a Obra B a conseguir melhores resultados.

Observar o recorte de produtividade global de uma obra no período de execução de estrutura abre uma possibilidade de estudo estratégico bem relevante, pois a atividade mencionada possui vultoso peso em orçamento e, conseqüentemente, no avanço físico mensal da construção. No que se refere aos meses que marcaram o início e o fim da etapa de estrutura nas duas obras de estudos, temos que:

OBRA A (211 dias úteis – 19/11/2020 a 20/09/2021)

Início da Estrutura: Novembro de 2020

Término da Estrutura: Setembro de 2021

OBRA B (182 dias úteis – 12/07/2022 a 30/03/2023)

Início da Estrutura: Julho de 2022

Término da Estrutura: Março de 2023

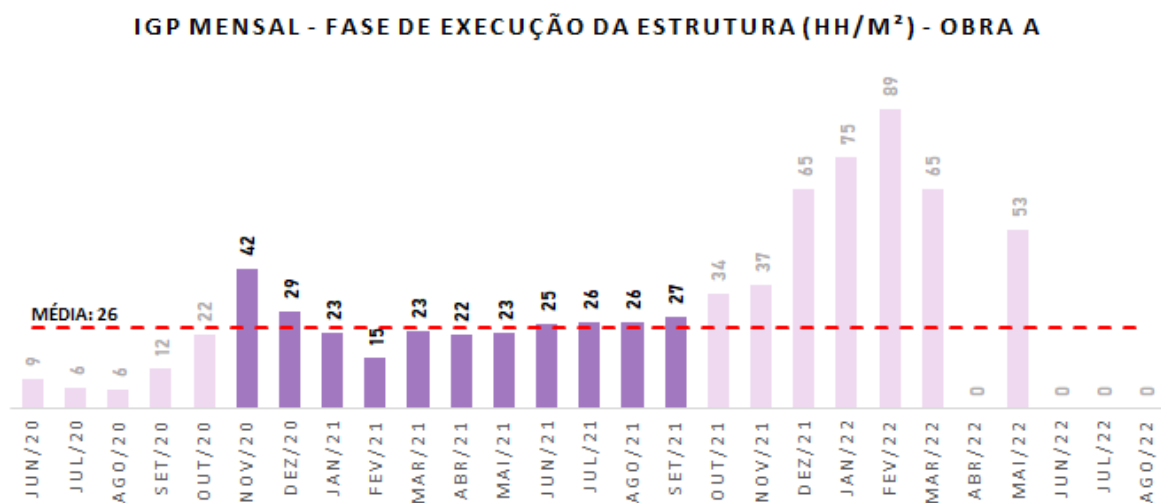
Em uma análise superficial é possível observar que a Obra A teve a execução da etapa de estrutura permeada em dez meses, enquanto a Obra B teve a mesma atividade com duração aproximada de oito meses, para dois empreendimentos com tipologias bem

semelhantes, mesma quantidade de pavimentos, e com estrutura do tipo parede de concreto. Desse modo, é possível notar que o desempenho de produtividade da Obra B, neste importante recorte, foi superior ao da Obra A, quando observa-se que esta necessitou de mais tempo para executar os mesmos 36 pavimentos, ambas por meio de mão de obra própria devidamente treinadas.

Com efeito, a atividade que antecede a execução da montagem das fôrmas da parede e, por conseguinte, da concretagem da estrutura, são as instalações elétricas e hidráulicas embutidas na laje, nas paredes, ou de transição entre pavimentos. Então, sendo estas instalações prediais, atividades predecessoras da estrutura, elas passam a fazer parte do caminho crítico da construção, e assim, quanto maior a produtividade da instalação dessa infraestrutura, mais rápido as fôrmas são liberadas para montagem, o que acelera consideravelmente as etapas da estrutura. Logo, sob esta perspectiva, há indícios de que as instalações prediais embutidas na estrutura já chegando à obra com os tamanhos e quantidades necessárias para a utilização, a produtividade na montagem dessa infraestrutura se torna melhor, ocasionando um desempenho melhor na produtividade global da obra nos períodos de concretagem da estrutura.

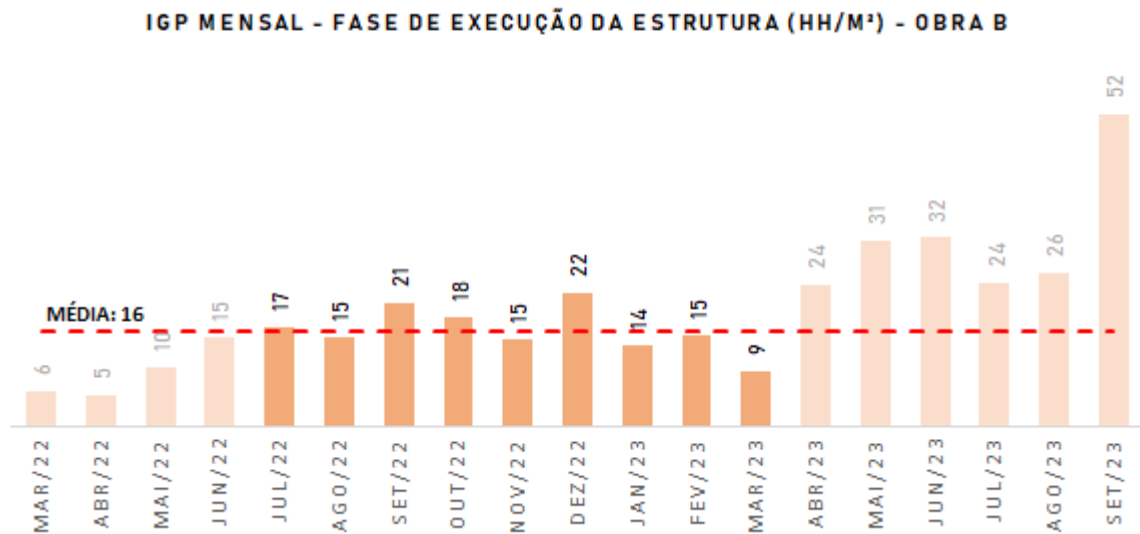
Para além disso, a diferença do índice global de produtividade entre as duas obras neste recorte, incluindo as demais atividades pós-concretagens que também foram afetadas pelas instalações modularizadas, é de 10 Hh/m², em que a Obra A teve o desempenho de 26 Hh/m² e a Obra B de 16 Hh/m².

Gráfico 3 - Valores de IGP mensal, observados mês a mês, durante a estrutura - Obra A



Fonte: Autor (2023)

Gráfico 4 - Valores de IGP mensal, observados mês a mês, durante a estrutura - Obra B

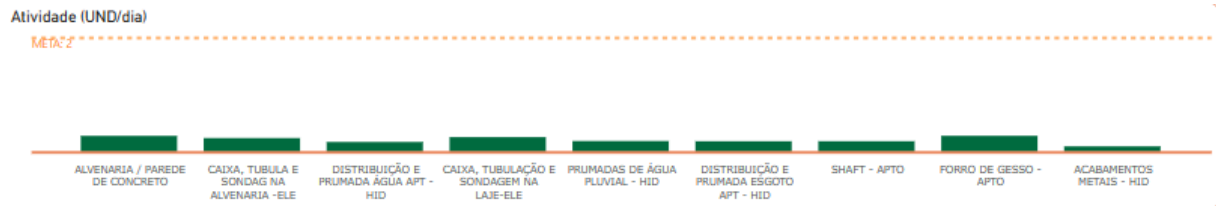


Fonte: Autor (2023)

Por fim, é válido salientar que, dentre os valores de IGP calculados mês a mês de cada obra, a fábrica de kit não possui participação direta no desempenho nos seus primeiros meses, pois os produtos finais da fábrica, atualmente, são de instalação exclusiva na torre. Toda a parte de infraestrutura enterrada das instalações prediais ainda são de responsabilidade exclusiva da obra. Nesses meses iniciais de construção é possível notar um ótimo desempenho do indicador, em virtude de as obras ainda não possuírem vasto efetivo, porém executarem atividades de fundação que possuem alto valor agregado.

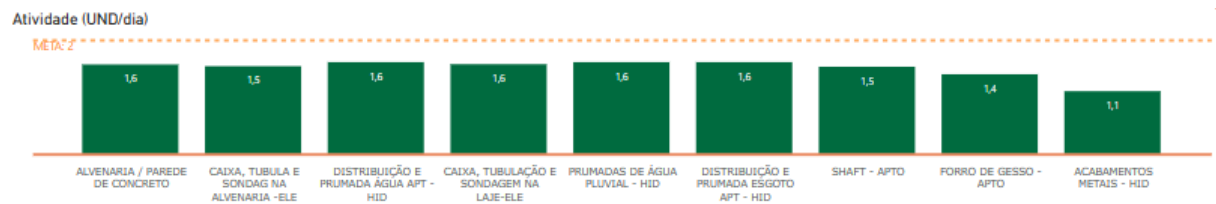
Em contrapartida, é no segundo terço de obra que existe uma maior concentração de atividades diversas, tanto da linha de estrutura, como de acabamento, que são afetadas pelos kits de instalações prediais e que acontecem simultaneamente espalhadas pelos pavimentos das torres que constituem os empreendimentos. Logo, supondo-se um intervalo ideal de comparação no desempenho de produtividade global, sob a interferência da modularização em questão, entre as obras de análise da pesquisa, este seria o “meio” da obra, ou como dito anteriormente, o segundo terço. Se a obra consegue melhorar a produtividade dos serviços de instalação, servindo-os de módulos com o material necessário para a atividade, ela consegue acelerar a realização dos demais serviços que os sucedem, o que gera uma concentração maior de atividades finalizadas em um mesmo período de análise, aumentando o ritmo da obra, como foi constatado em algumas atividades selecionadas:

Gráfico 5 - Ritmos de atividades de instalações ou subsequentes à estas - Obra A



Fonte: Autor (2023)

Gráfico 6 - Ritmos de atividades de instalações ou subsequentes à estas - Obra B



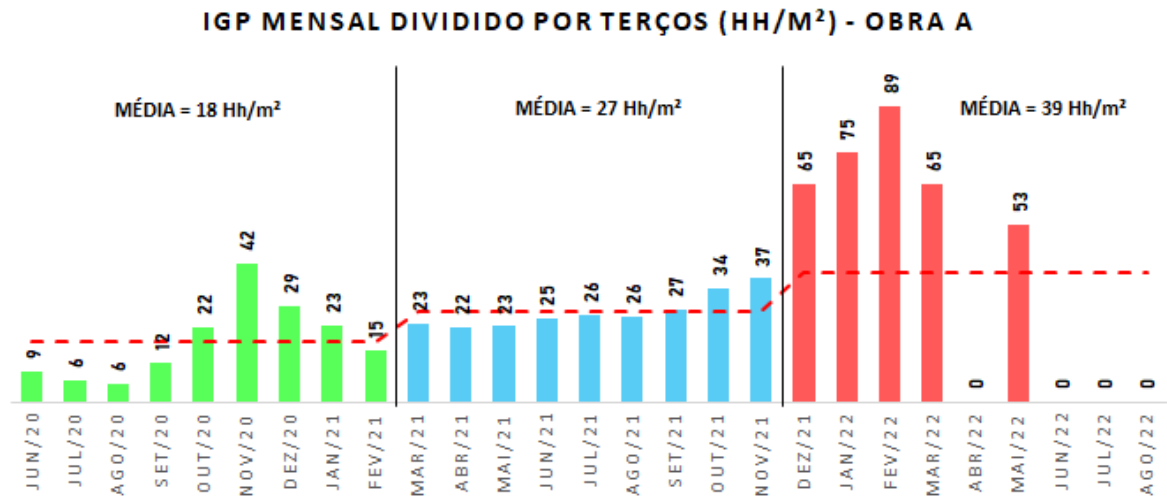
Fonte: Autor (2023)

Percebe-se, por tanto, que a Obra B possui ritmos (UND/dia) em atividades de instalações ou adjacentes às de instalações kitizadas bem superiores aos da Obra A, que não chegam sequer à 0,5 UND/dia, tendo ambas como o meta ou planejado, um ritmo de 2 UND/dia.

Sob outra ótica, nos últimos meses de construção, não há impacto significativo da fábrica de kits na realização dos serviços, pois a mão de obra atuante, que reduz drasticamente, fica, prioritariamente, concentrada na realização do chamado “checklist” dos apartamentos, que nada mais é do que uma revisão das unidades para corrigir possíveis pendências das execuções dos serviços que ali existiram, e que não resultam em avanço físico para obra, o que explica os valores indesejados de produtividade.

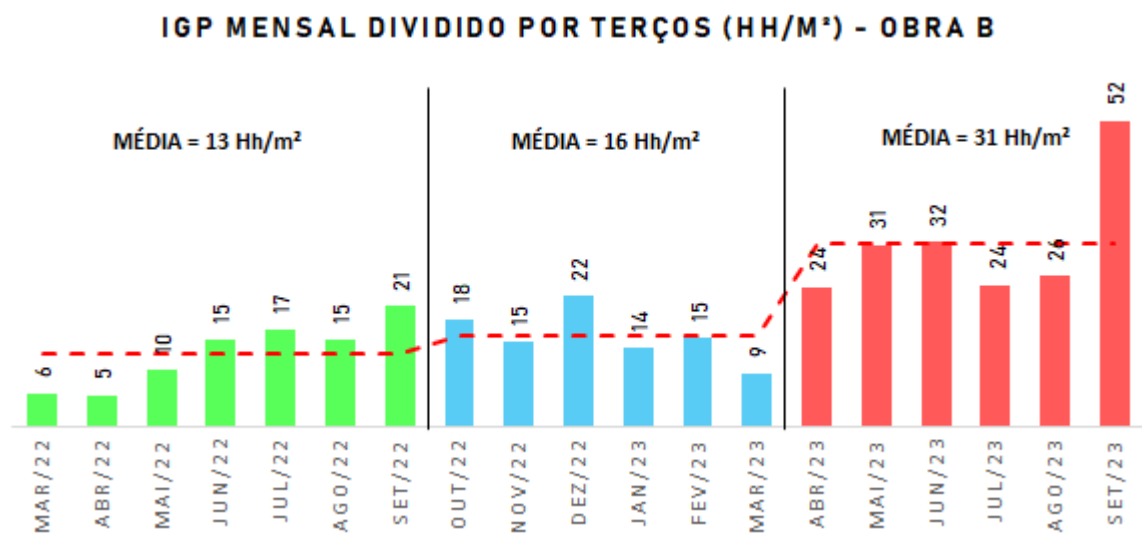
Utilizando-se da metodologia proposta anteriormente, dividindo os gráficos obtidos por terços de obra com o fito de refinar as análises, as instalações kitizadas, atualmente, impactam em, majoritariamente, parte do primeiro terço de obra, todo o segundo terço e até um pouco do último terço também.

Gráfico 7 - Médias de IGP por terços de obra - Obra A



Fonte: Autor (2023)

Gráfico 8 - Médias de IGP por terços de obra - Obra A



Fonte: Autor (2023)

4.2 Interferências entre os subsistemas

Ademais, é esperado, também, que a avaliação dos impactos das instalações “kitizadas” em outras atividades abra um caminho para que as equipes de engenharia estejam sempre em colaboração aos setores de apoio na identificação, tratamento e registro dos contratempos que podem acontecer devido à modularização. Tudo isto a fim de que, tanto o

conhecimento das dificuldades de campo com as instalações industrializadas da forma como é feito atualmente, como a observação daqueles benefícios adquiridos em outras atividades, possa ser documentado e divulgado pela empresa, evitando assim que esses problemas se repitam e atinjam outras obras, ocasionando assim, prejuízos à construtora.

Nesse sentido, diante de um momento de entrevista com um dos encarregados de instalação da construtora, foi observado que o serviço de instalação de louças e metais, por vezes, é prejudicado nos casos de instalações pré-montadas, pois os kits de hidráulica que foram validados em um momento anterior, chegam com a medida correta e necessária para engatar nas bacias sanitárias e torneiras, entretanto, como várias frentes de serviço vêm após a instalação do kit em campo, os funcionários que não possuem uma visão sistêmica aguçada, acabam deslocando ou até danificando o item do kit que não chegam, ou chegam apresentando defeito até o ponto de alimentação final. O resultado disto é a necessidade de realizar emendas, desperdiçando conexões; ou até mesmo trocar toda a tubulação, com retrabalho das atividades adjacentes, a fim de que os usuários da edificação não tenham problemas durante a estadia nos lares. No caso em questão, por exemplo, serviços de execução de drywall, impermeabilização, assentamento de azulejo e rejunte, precisaram em alguns casos sofrer com retrabalho para ajustar o sistema hidráulico. Outro fator que, de acordo com o entrevistado, acaba por atrapalhando a operação do sistema hidrossanitário do condomínio, é a questão de, em certos casos, os kits chegarem à obra compostos de materiais de fornecedores diferentes. As tubulações, conexões e registros sendo de linhas e marcas distintas realmente inviabiliza o encaixe perfeito de um componente com o outro, abrindo margem para que futuros vazamentos ocorram na operação da edificação.

Figura 17 - Exemplos de módulo com perfeito encaixe



Fonte: Autor (2023)

Figura 18 – Exemplos de módulo defeituoso em virtude de material excedente



Fonte: Autor (2023)

Figura 19 – Exemplos de módulo com adaptações em virtude de medida insuficiente



Fonte: Autor (2023)

Sob outra perspectiva, os kits elétricos que são instalados anteriormente às concretagens da estrutura da torre, eram compostos, em algumas situações, por materiais de qualidade insatisfatória, conforme salientou o entrevistado. Os eletrodutos que vinham ressecados de fábrica, acabavam rompendo ou abrindo frestas durante a movimentação dos operários na laje, na montagem da armadura, e, durante a concretagem, o concreto acabava entrando por estas tubulações, obstruindo-as completamente, inviabilizando a passagem de cabos. Essa última etapa, entretanto, é tida como uma das últimas atividades no macrofluxo, e quando o eletricista tentava passar a fiação, observava a obstrução e informava ao encarregado, a fim de que a laje fosse escareada para averiguar a localização da obstrução, resultando em retrabalhos, pois as etapas de execução de revestimento de gesso corrido, pintura e limpeza fina já estavam feitas. Quando a equipe de engenharia conseguia apontar esses locais de rompimento das tubulações, a solução era acoplar uma luva de emenda, o que também foge da proposta de modularização.

Figura 20 - Exemplo de eletroduto partido em laje



Fonte: Autor (2023)

Figura 21 - Exemplo de eletroduto partido em descida para parede de concreto



Fonte: Autor (2023)

Figura 22 - Exemplo de eletroduto com adaptações em laje



Fonte: Autor (2023)

4.3 Aprimoramento no processo de modularização

Por fim, com o estudo e o detalhamento das causas e consequências das falhas no processo interno de fabricação dos kits, é possível identificar em quais etapas e quais produtos dessa fábrica estão minorando a possibilidade de lucro da empresa, o que traria notórios benefícios para o seu funcionamento, tendo em vista que se trata de uma empresa que é reconhecida no mercado como uma construtora que vende apartamentos à uma baixa margem de lucro e com possibilidades de negociação no financiamento.

Apesar de o resultado final da fábrica ser benéfico para várias obras, na produtividade de diversos profissionais de instalações, esse novo equipamento da construtora possui uma equipe bastante enxuta, sendo composta somente por cinco colaboradores. Um desses é a supervisora de linha de montagem, sendo a única profissional da equipe administrativa da fábrica; dois profissionais, sendo um responsável pela produção dos kits de elétrica e o outro de hidráulica, além dos seus dois respectivos ajudantes, que os auxiliam na montagem dos kits. Na figura da liderança da equipe operacional, concentram-se basicamente todas as atividades de levantamento de materiais conforme projetos, compra deste material, supervisão no recebimento e separação deste, elaboração das guias esquemáticos e ilustrativos

para produção, supervisão da produção dos kits e, por fim, conferência dos kits antes de serem encaminhados para as obras. Há de se ressaltar que no processo de compra de materiais para a fabricação dos módulos, por vezes, a fábrica precisa comprar materiais que fogem da especificação de projeto, por motivos financeiros, o que pode prejudicar os sistemas prediais em seu funcionamento. Essa diversidade de atividades sob responsabilidade de um só colaborador foi uma das principais queixas relatadas pela supervisora no momento da entrevista, que salientou a existência de um escopo para a fábrica de kits que contemplava uma equipe administrativa com outros dois funcionários nas funções de apontador e almoxarife, cargos estes atualmente sem ocupação.

Em virtude dessa sobrecarga, algumas partes dos processos de supervisão da fábrica de kits deixam a desejar, sendo a principal falha a conferência insuficiente da qualidade dos kits que vão para as obras, causando sérios problemas, pois, em alguns casos, os kits chegam às obras com materiais com medidas divergentes do que foi anteriormente validado para aquela obra ou itens sobressalentes ou em falta, por desatenção dos operários que, nesses casos, acabam trocando os kits de uma obra com outra. A partir disso, a obra prejudicada precisa realizar ajustes nas medidas dos kits ou solicitar o item faltante à fábrica, atrasando o processo que deveria ser de otimização.

Além disso, existe ainda uma cultura imediatista permeada entre as obras de utilização de itens dos kits que chegam à obra para utilização em outros espaços não previstos anteriormente em casos de emergência, o que prejudica o processo de industrialização das construções. Nestes casos, a equipe da obra, por vezes, responsabiliza a fábrica por ter enviado o kit fora do padrão, e a fábrica, por não realizar esse controle rigoroso de qualidade dos kits, precisa comprovar por outros meios que enviou o material correto, causando um desgaste entre as partes além da perda de tempo. Realizando de forma recorrente as conferências dos kits, exime-se a possibilidade do envio de kits errado, resguardando a fábrica em casos de questionamentos, afinal, para que o propósito da modularização se concretize, é necessário que a fábrica tenha a responsabilidade de enviar o material correto, nas quantidades validadas e, em contrapartida, a obra precisa receber devidamente os kits e dar a destinação correta a eles.

Ainda sobre a relação entre obra e fábrica de kits, foi constatado também que não existe, atualmente, um meio de comunicação oficial, nem sequer uma rotina de contatos entre as partes, o que acaba dificultando a programação de produção dos kits, resolução de problemas antecipada, ou até mesmo a validação do apartamento modelo com as medidas

Brasil, que no caso é a conferência diária de pelo menos 10% da produção da fábrica naquele dia, observando as medidas das tubulações e eletrodutos, a especificação, a integridade e a quantidade de todos os materiais, minimizando assim a possibilidade de os módulos chegarem incoerentes para as obras. Outro controle diário bastante visado é o de estoque, pois, pelo escopo da fábrica existiria um profissional encarregado de fazer a liberação do material necessário para a execução do kit, o que não acontece na fábrica e acaba fazendo com que os próprios operários retirem o material do estoque e levem para as bancadas de produção. Nessa rotina, muitas vezes é levado o material por embalagem e não pela quantidade correta, o que dificulta o controle diário. Havendo a figura do responsável pela separação do “kit do kit”, termo usado pela entrevistada, o processo de baixa nos materiais que entram e que saem para produção seria bem mais controlado, evitando assim o sobreconsumo de material.

Finalmente, foi relatado, tanto pela profissional administrativa, como pela equipe de campo, e constatado por observação que, a melhoria e ampliação no layout e na substituição das bancadas de produção atuais, por outras maiores e mais preservadas, aumentaria bastante a produtividade dos kits dessa equipe reduzida, o que permitiria um pulmão maior a fim de que a produção conseguisse atender às demandas de maneira contínua e preparadas para eventuais imprevistos.

Figura 24 - Exemplo de bancada depredada



Fonte: Autor (2023)

Figura 25 - Layout restrito na fabricação dos módulos de elétrica



Fonte: Autor (2023)

5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

5.1 Considerações Finais

Diante de todo o desenvolvimento e resultados desta pesquisa, foi notório que a implantação da fábrica de kits de instalações prediais se consolidou como uma inovação revolucionária dentro da companhia, assim como tem sido no contexto mundial de industrialização da construção civil nas mais diversas etapas de obra.

Relembrando a discussão dos resultados, à luz dos locais de estudo de tipologia e padrão similar, é possível afirmar que a modularização das instalações prediais teve o poder de auxiliar nos valores de produtividade durante toda a obra, pois, à medida em que as atividades relacionadas aos sistemas industrializados foram executadas de maneira padronizada e com maior celeridade, outras atividades sucessoras e correlacionadas às de instalações, também foram beneficiadas, inclusive algumas com valor agregado relevante e pertencentes ao caminho crítico como a estrutura.

Sob a ótica da obra acerca dos materiais modularizados, percebe-se que, apesar dos ganhos gerais com produtividade, alguns contratempos pontuais ainda acontecem por diversos fatores. Muitas das vezes, após a instalação executada, as frentes de serviço posteriores acabam danificando, por descuido, ou deslocando aquele item que foi instalado anteriormente com a medida exata, ocasionando uma situação de retrabalho, o que foge totalmente da proposta da construção enxuta. Ademais, ainda existe uma cultura “tapa buraco” enraizada nos canteiros de obra da companhia de retirada de componentes dos kits que vieram da fábrica para utilização, sob caráter de urgência, em outro local não previstos anteriormente, o que também não condiz com a propósito da inovação. Além disso, responsáveis pelas instalações afirmam que alguns itens dos kits não possuem qualidade suficiente e que, por isso, acabam danificando em movimentos naturais de transporte e instalação, prejudicando o processo que deveria ser facilitado com as etapas pré-montadas.

Apesar de contar com o suporte de fábricas de kit de outras regionais do Brasil e das lideranças da companhia, sendo um sistema recém-implementado, a industrialização das instalações, no contexto apresentado, ainda possui margem para diversos aprimoramentos em processos internos. O investimento na equipe administrativa da fábrica se torna essencial na medida em que a quantidade de obras e a complexidade delas aumentam, pois o desempenho de um sistema fabril, seja ele qual for, necessita de processos definidos e controles bem feitos, objetivando a oferta de produtos finais cada vez mais padronizados e com a qualidade que

atenda satisfatoriamente às obras. Por fim, nota-se também que a necessidade de investimento em infraestrutura se dá pela possibilidade de melhorar as condições de trabalho aos operários, o que pode agregar ainda mais produtividade ao sistema e, conseqüentemente, à obra, conforme o profissional e o ajudante tenham um espaço maior para movimentação e manipulação dos kits, ou se utilizam de ferramentas e aparelhos que confirmam maior apoio e precisão no momento de confecção.

5.2 Recomendações para trabalhos futuros

- a) Elaborar um estudo de análise financeira da implementação de instalações modularizadas. A fábrica de kit é rentável no que diz respeito à custo?;
- b) Analisar o ganho de produtividade especificamente de cada item que deixou de ser executado na obra para vir em formato de kits da fábrica;
- c) Investigar o impacto na organização de canteiro e na gestão de resíduos após a industrialização dos kits;
- d) Analisar a produtividade dos processos da fábrica de kit, em suas duas frentes (elétrica e hidrossanitária);
- e) Estudar a possibilidade de se modularizar as instalações prediais na infraestrutura e nas áreas sociais comuns, além das instalações de combate à incêndio.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, L. R. d. **Estudo de sistemas construtivos pré-fabricados modulares aplicados em canteiros de obras**. Monografia (Especialização em Construção Civil) – Universidade Federal de Minas Gerais, 83f. 2015.

ANDERS BJÖRNFOT; STEHN, L. Industrialization of Construction -a Lean Modular Approach. 1 jan. 2004.

CÂNDIDO, L. F.; LIMA, S. H. de O.; BARROS NETO, J. de P. Análise de sistemas de medição de desempenho na indústria da construção. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 16, n. 2, p. 189-208, abr./jun. 2016.

CHAUHAN, K. et al. The Monetary and Non-Monetary Impacts of Prefabrication on Construction: The Effects of Product Modularity. **Buildings**, v. 12, n. 4, p. 459, 7 abr. 2022.

COSTA, D. B. et al. Implementação de sistema de indicadores de produtividade e perdas para processos construtivos à base de cimento. **Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído**. Juiz de Fora, p. 97-104. Out. 2012.

FABRICIO, M. M. **Industrialização das construções: revisão e atualização de conceitos**. PosFAUUSP, [S. l.], v. 20, n. 33, p. 228-248, 2013. DOI: 10.11606/issn.2317-2762.v20i33p228-248. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/posfau/article/view/80930>. Acesso em: 11 out. 2023.

FARIA, R. Padrões de desempenho. Revista TÉCHNE 134 Maio de 2008.

FERREIRA, Augusto Sendtko. **Estudo comparativo de sistemas construtivos industrializados: paredes de concreto, steel frame e wood frame**. 2014. 62 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2014.

GONÇALVES, Orestes Marraccini. **Sistemas prediais: avanços conceituais e tecnológicos**. Techne, v. 2, n. 12, p. 30-4, 1994.

GRAVINA, C.; KOSKELA, L. Why Is Product Modularity Underdeveloped in Construction? 6 jul. 2020.

GREEN, Stuart D. The dark side of lean construction: exploitation and ideology. In: **Proceedings IGLC**. 1999. p. 21.

HERAVI, Gholamreza; FIROOZI, Mohammad. Production process improvement of buildings' prefabricated steel frames using value stream mapping. **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 89, p. 3307-3321, 2017.

HOWELL, Gregory A.; BALLARD, Glenn. Bringing light to the dark side of lean construction: a response to Stuart Green. In: **Seventh Conference of the International Group for Lean Construction**. 1999. p. 33-37.

HOWELL, Gregory A. **What is lean construction - 1999**. In: Proceedings IGLC. Citeseer, 1999. p. 1.

INNELLA, F.; ARASHPOUR, M.; BAI, Y. **Lean Methodologies and Techniques for Modular Construction: Chronological and Critical Review**, 25 set. 2019.

JENSEN, P. et al. Developing Products in Product Platforms in the AEC Industry. 17 jun. 2014.

KOSKELA, L. **Application of the new production philosophy to construction**. Stanford, 1992. Technical Report n.72. Center for Integrated Facility Engineering (CIFE), Stanford University.

KOSKELA, L. Is structural change the primary solution to the problems of construction? **Building Research & Information**, v. 31, n. 2, p. 85-96, jan. 2003.

LANTELME, E.; OLIVEIRA, M.; FORMOSO, C. Análise da implantação de indicadores de qualidade e produtividade na construção civil. **Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído**, p. 20-22, 1995.

LENNARTSSON, M.; ANDERS BJÖRNFOT; STEHN, L. Production Control Through Modularisation. p. 453–464, 1 jan. 2009.

LOTURCO, B. “Industrialização plástica”. Revista Técnica. São Paulo: Paulo Kiss, 2008, Maio, 16: 80 páginas.

LUCINI, H. C. **Manual técnico de modulação de vãos de esquadrias**. São Paulo: Pini, 2001. 101 p.

MACIEL, F. W. F. **Proposta de metodologia para obtenção de índice global de produtividade em empreendimentos de construção civil**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Estrutural e Construção Civil) – Departamento de Engenharia Estrutural e Construção Civil, Universidade Federal do Ceará, 2022.

MARUOKA, L.M.A.; SOUZA, U.E.L. **Avaliação da produtividade da mão-de-obra na produção de contrapiso: um estudo de caso**. In: I SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO DA QUALIDADE E ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO. Recife-PE, 1999. Anais. Recife-PE, ANTAC, pp. 399-408.

MATTOS, A. D. **Planejamento e controle de obras**. São Paulo: Pini, 2010.

MELO, R. et al. Produtividade da mão de obra na execução de estrutura em paredes de concreto. **Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído**. Maceió, p. 1-10. nov. 2014.

MOREIRA, Daniel Augusto. **Medida da produtividade na empresa moderna**. São Paulo: Pioneira, 1991.

NAHMENS, Isabelina; MULLENS, Michael. The impact of product choice on lean homebuilding. **Construction Innovation**, v. 9, n. 1, p. 84-100, 2009.

PALIARI, J. C.; SOUZA, U. E. L. **Metodologia para a coleta e análise de informações sobre consumos e perdas de materiais e componentes nos canteiros de obras de edifícios**. São Paulo, 1999.

PALIARI, J. C. **Método para prognóstico da produtividade da mão-de-obra e consumo unitário de materiais: sistemas prediais hidráulicos**. Volume 1. 2008. 321 f. Tese (Doutorado em Engenharia), Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

PEREIRA, A. C. (2005). **Diretrizes para a implantação de sistemas construtivos abertos na habitação de interesse social através da modulação**. Dissertação (mestrado). Pós-Graduação em Construção Civil. Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

RIBEIRO, M. S.; MICHALKA JÚNIOR., C. A contribuição dos processos industriais de construção para adoção de novas tecnologias na construção civil no Brasil. **Revista Vértices**, v. 5, n. 3, p. 89–107, 2003.

SCHMIDT, R. L.; DEAMER, J.; AUSTIN, S. A. Understanding adaptability through layer dependencies. p. 209–220, 1 jan. 2011.

SLACK, N. **Vantagem competitiva em manufatura: atingindo competitividade nas operações industriais**. São Paulo: Atlas, 1993.

SOUZA, U. E. L. **Metodologia para o estudo da produtividade da mão-de obra no serviço de fôrmas para estruturas de concreto armado**. São Paulo, 1996. 280p. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

SOUZA, U. E. L. **Método para a previsão da produtividade da mão-de-obra e do consumo unitário de materiais para os serviços de fôrmas, armação, concretagem, alvenaria, revestimentos com argamassa, contrapiso, revestimentos com gesso e revestimentos cerâmicos**. São Paulo, 2001. 280p. Tese (Livre Docência) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo

SOUZA, U. E. L. de. **Como aumentar a eficiência da mão-de-obra: manual de gestão da produtividade na construção civil**. 3 ed. São Paulo: PINI Ltda., 2006.

SØREN WANDAHL; NEVE, H. H.; LERCHE, J. What a Waste of Time. 14 jul. 2021.

ULRICH, K. Fundamentals of Product Modularity. **Management of Design**, p. 219–231, 1994.

WIKBERG, F.; OLOFSSON, T.; EKHOLM, A. Design configuration with architectural objects: linking customer requirements with system capabilities in industrialized house-building platforms. **Construction Management and Economics**, v. 32, n. 1-2, p. 196–207, fev. 2014.

YU, H. et al. Lean Transformation in a Modular Building Company: A Case for Implementation. **Journal of Management in Engineering**, v. 29, n. 1, p. 103–111, jan. 2013.

APÊNDICE A – ROTEIRO DE ENTREVISTA

1



Entrevistador: Arthur Carneiro Galeno

Entrevistados: Encarregados de Instalação e Mão de Obra

OBJETIVO ESPECÍFICO: AVALIAR O IMPACTO DAS INSTALAÇÕES
“KITIZADAS” EM OUTRAS ATIVIDADES

- 1- Explique, com suas palavras, como funcionavam as atividades de instalações prediais quando não existia a fábrica de kit. Quais as principais dificuldades? (Existiam perdas no processo? Os funcionários tinham repetitividade nas suas atividades ou havia muito remanejo de mão de obra? Como era o canteiro de obras sem a fábrica de kit?)
- 2- Explique, com suas palavras, como funcionam as atividades de instalações prediais com o suporte da fábrica de kit. Quais os principais ganhos? (Quais atividades foram afetadas? Atividades de infra sofrem interferência?)
- 3- Alguma atividade foi afetada negativamente (por exemplo, com adaptações ou retrabalho) por conta das instalações kitizadas? (Atividades pré-concretagem e atividades posteriores à concretagem)
- 4- Em algum momento do processo de instalação dos kits, foi necessário alguma alteração do kit montado? Se sim, por quê e com qual frequência? Isso afetou a produtividade da obra?
- 5- Como você avalia a comunicação e a troca de informações entre fábrica de kits e obra?
- 6- Como você considera a qualidade dos produtos que compõem os kits?
- 7- Os prazos da fábrica de kit conseguem atender a obra?
- 8- Na sua opinião, existe algo que possa ser melhorado com relação ao serviço que a fábrica de kits presta? O quê? (Há algo de negativo que já vem se repetindo entre as obras?)

APÊNDICE B – ROTEIRO DE ENTREVISTA

2



Entrevistador: Arthur Carneiro Galeno

Entrevistados: Supervisora da Fábrica de Kit e Mão de Obra

OBJETIVO ESPECÍFICO: VERIFICAR QUAIS AS CAUSAS E
CONSEQUÊNCIAS DAS FALHAS NO SISTEMA DE INDUSTRIALIZAÇÃO DAS
INSTALAÇÕES PREDIAIS

- 1- De onde surgiu a necessidade de implantação da fábrica de kit? Quais eram as principais dores das obras?
- 2- Qual a equipe total que administra e que opera a fábrica de kit? Qual o papel de cada um?
- 3- Quais os produtos que a fábrica de kit fornece para as obras atualmente? (detalhar todos, tanto parte elétrica como hidrossanitária, pré-concretagem e pós-concretagem)
- 4- Qual é a “trajetória do kit” desde o levantamento de material até a entrega do kit na obra?
- 5- Como você avalia a operação atual da fábrica de kit? Existe alguma oportunidade de melhoria? (Quais as principais dores e gargalos que afetam a produtividade e qualidade?)
- 6- Existem reclamações do “cliente final” (obras) em relação aos produtos fornecidos pela fábrica?
- 7- A que você deve essas reclamações?
- 8- Como você avalia a comunicação e a troca de informações entre fábrica de kits e obra?
- 9- Quais as perspectivas pro futuro da fábrica de kits? Existem futuros investimentos/expansões à vista?
- 10- Como você enxerga que a fábrica pode ajudar ainda mais as obras?