

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO DE JOINVILLE
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DE INFRAESTRUTURA

PRISCILA MURIEL MORAIS

LEAN CONSTRUCTION COMO METODOLOGIA DE GESTÃO NA MONTAGEM DE
PRÉ - FABRICADOS – ESTUDO DE CASO EM JOINVILLE/SC.

Joinville
2024

PRISCILA MURIEL MORAIS

LEAN CONSTRUCTION COMO METODOLOGIA DE GESTÃO NA MONTAGEM DE
PRÉ - FABRICADOS – ESTUDO DE CASO EM JOINVILLE/SC.

Trabalho apresentado como requisito para obtenção do título de bacharel no Curso de Graduação em Engenharia Civil de Infraestrutura do Centro Tecnológico de Joinville da Universidade Federal de Santa Catarina.

Orientadora: Dra. Valéria Bennack

Joinville

2024

PRISCILA MURIEL MORAIS

LEAN CONSTRUCTION COMO METODOLOGIA DE GESTÃO NA MONTAGEM DE
PRÉ - FABRICADOS – ESTUDO DE CASO EM JOINVILLE/SC.

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil de Infraestrutura na Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico de Joinville.

Joinville (SC), 03 de julho de 2024.

Banca Examinadora:

Dra. Valéria Bennack
Orientadora/Presidente
Universidade Federal de Santa Catarina

Dra. Anelize Borges Monteiro
Membro
Universidade Federal de Santa Catarina

Eng^a Monique Fin de Oliveira
Membro
Perville Construtora

Dedico este trabalho aos amigos, professores e principalmente à
minha família que sempre está ao meu lado, me apoiando em
todas as minhas decisões.

RESUMO

O mercado da construção civil tem crescido notavelmente, proporcionando oportunidades para empresas do setor. No entanto, a concorrência acirrada exige um controle mais rigoroso dos processos, visando reduzir custos, aumentar a produtividade e melhorar a qualidade para alcançar a margem de lucro desejada. Ao longo deste estudo, são abordados conceitos da filosofia *Lean Construction*, tais como *Takt-Time*, Percentual de Planejamento Concluído (PPC) e Linha de Balanço. Esses conceitos foram aplicados de forma prática e analítica nesse estudo de caso, no qual foram avaliados os impactos desta metodologia na montagem de pré-fabricados em Joinville/SC.

Assim, demonstrado a importância de um gerenciamento adequado para lidar com as demandas cotidianas das obras, evidenciando resultados positivos no alcance das metas, na manutenção dos padrões de qualidade e na melhoria contínua dos processos. A aplicação da metodologia *Lean*, de acordo com a análise de dados obtidos neste estudo de caso revelou-se de fundamental aplicação na melhoria da eficiência, reestruturação e otimização dos processos com intuito de reduzir desperdícios e otimizar execução de obras desse tipo.

Palavras-chave: Construção Civil. *Takt-Time*. Percentual de Planejamento Concluído (PPC). Linha de Balanço. Gerenciamento adequado. *Lean Construction*. Melhoria Contínua.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Compreendendo a geração de valor e desperdício	187
Figura 2: A Filosofia Convencional e a Nova Filosofia de Produção.....	18
Figura 3: Modelo Tradicional de Processo	19
Figura 4: Modelo Tradicional do Lean	20
Figura 5: As cinco abordagens para implantação do Lean Construction	21
Figura 6: Exemplo de Representação da linha de balanço	24
Figura 7: Galpão executado pela Construtora X.....	27
Figura 8: Estrutura da Empresa	28
Figura 9: Perspectiva da obra:	29
Figura 10: Obra em andamento - Setor 1	29
Figura 11: Planta Baixa - Takt – Setor 1.....	31
Figura 12: Planta Baixa - Takt – Setor 2.....	31
Figura 13: Corte – Takt – Setor 1	31
Figura 14: Corte – Takt – Setor 2.....	32
Figura 15: Promoção de Comunicação eficaz	33
Figura 16: Percentual de Planejamento Concluído – Entrega do Prédio Principal.....	44

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Cronograma e Equipe.....	35
Tabela 2: Takt 1 – Setor 1.....	36
Tabela 3: Takt 2 – Setor 1.....	38
Tabela 4: Takt 1 – Setor 2.....	40
Tabela 5: Takt 2 – Setor 2.....	42

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Takt 1 – Setor 1.....	37
Gráfico 2: Takt 2 – Setor 1	39
Gráfico 3: Takt 1 – Setor 2	41
Gráfico 4: Takt 2 - Setor 2	43

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

LEAN - Lean Construction

PPC - Percentual de Planejamento Concluído

SC - Santa Catarina

SINAPI - Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil

SP - São Paulo

STP - Sistema Toyota de Produção

BIM - Building Information Modeling

Sumário

1. INTRODUÇÃO	11
1.1. OBJETIVOS	12
1.1.1. Objetivo Geral	12
1.1.2. Objetivos Específicos	12
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	13
2.1. ORIGEM	13
2.2. METODOLOGIA <i>LEAN CONSTRUCTION</i>	17
2.3 CONCEITOS LEAN CONSTRUCTION	19
2.3.1 Takt-Time	21
2.3.2 Percentual de Planejamento Concluído – PPC	23
2.3.3 Linha de Balanço	24
3. METODOLOGIA	25
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA	25
3.2 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA	25
3.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS	26
3.4 LIMITAÇÕES DO MÉTODO.....	26
4. APRESENTAÇÃO DE DADOS	27
4.1 DADOS DA EMPRESA	27
4.1.1 Estrutura da Empresa.....	28
4.2 PLANEJAMENTO DO ESTUDO	29
4.2.1 Empreendimento	29
4.3 PLANEJAMENTO DA OBRA	30
4.3.1 Takt-Time	30
4.3.2 Percentual de Planejamento Concluído (PPC)	33
4.3.3 Linha de Balanço	34
5. ANÁLISE DE DADOS	35
5.1 DESCRIÇÃO DO PROCESSO	35
5.1.1 Análise crítica sobre o estudo de caso	46
6. CONCLUSÃO	46
REFERÊNCIAS	48

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, a construção civil brasileira tem alcançado uma significativa atenção e investimento por parte do Governo Federal, resultando em uma notável revitalização em âmbito nacional. Este fenômeno tem gerado impactos positivos tanto na economia quanto na sociedade geral. De acordo com os dados do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI, 2023), é possível observar variações mensais na atividade do setor, porém, o panorama geral revela um desempenho satisfatório, com um progressivo aumento no custo por metro quadrado (m²).

Tais indicadores sugerem a existência de um promissor nicho de mercado para empresas e construtoras. No entanto, apesar desses avanços, a construção civil ainda mantém uma abordagem desatualizada em seus processos de gerenciamento, resultando em entraves significativos para a eficiência operacional e otimização dos recursos disponíveis.

De acordo com Thomaz Wood Jr (2001), vários setores da indústria passaram por transformações nos últimos séculos, após a Segunda Guerra Mundial. Essas indústrias passaram a ser focadas na produção em massa, automatização dos serviços e serviços especializados.

Nesse contexto, que dentro da fábrica da Toyota nos anos 50, surge um inovador método de trabalho, conhecido como Toyotismo. Este método é fundamentado em princípios essenciais, incluindo produção conforme demanda, minimização de resíduos e o controle especificamente de matéria-prima. O Toyotismo nasceu da urgência em que o Japão enfrentava uma crise financeira profunda, sendo que os recursos e matérias – primas eram escassos, assim obrigando as empresas a buscarem maneiras de maximizar o desempenho com a menor quantidade possível de recursos disponíveis. (Wood Jr, 2001).

No entanto, a indústria da construção civil permanecia resistente a esses princípios, mantendo processos arcaicos que prejudicavam a manutenção do padrão de qualidade nas obras e assim comprometendo a produtividade.

Foi quando, Koskela (1992) apresentou ao setor da Construção Civil, a possibilidade da utilização de uma nova filosofia de produção, adaptada do Toyotismo da indústria automobilística, denominada Construção Enxuta (*Lean Construction*). Baseada em gestão de materiais, controle de todos os serviços executados,

capacitação dos profissionais, diminuição dos serviços que não agregavam valor, e o principal, os serviços serem executados apenas uma vez, evitando retrabalhos.

Diante desse contexto, o presente estudo de caso aborda a metodologia *Lean Construction* e conceitos como; *Takt-Time*, Percentual de Planejamento Concluído (PPC) e Linha de Balanço. Essas ferramentas visam sincronizar a produção das atividades da obra, estabelecendo um ritmo contínuo para a execução, evitando interrupções no fluxo de trabalho e garantindo o cumprimento dos prazos estabelecidos. Em específico a aplicação deste conceito será demonstrada no controle e gerenciamento do sistema de montagem de pré-fabricados de uma construtora da cidade de Joinville, SC.

1.1. OBJETIVOS

A fim de dispor mais informações sobre as ferramentas de controle de produção de atividades de obra, neste são propostos os seguintes objetivos.

1.1.1. Objetivo Geral

Avaliar os resultados do gerenciamento por meio da metodologia *Lean Construction*, utilizando as metodologias de planejamento e controle de obra, no contexto da montagem de pré-fabricado na região de Joinville, SC.

1.1.2. Objetivos Específicos

- Analisar índices de produtividade e benefícios utilizando o conceito *Takt-Time*, PPC e Linha de Balanço;
- Analisar dados e informações da obra estudada, para assim, validar o conceito como uma possível solução para o aumento da eficiência da indústria da construção civil;
- Verificar os benefícios e desvantagens da implementação da metodologia *Lean* na montagem de edificação de pré-moldado por meio da evolução de indicadores.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nesta secção, será discorrido um contexto da construção civil e índices de produtividade. Considerando os desafios globais relacionados ao desempenho desse setor, este estudo oferece uma base teórica sobre a metodologia *lean*, abordando sua origem e conceitos identificando a inserção na indústria da construção.

Para a Ernest & Young (2014), a adoção de modelo de gestão integrado a tomada de decisão, ajudam a definir, monitorar e controlar indicadores, produtividade e mediar riscos do negócio, apoiando na gestão de múltiplas obras que geram uma maior complexidade na operação como um todo. Essas abordagens auxiliam diretamente na redução de custos operacionais, aumento da margem ao mesmo tempo em que é possível obter uma otimização de recursos.

2.1. Origem

A concepção de produção enxuta emergiu após a Segunda Guerra Mundial, no setor automobilístico, em uma época em que a General Motors liderava a produção em massa. Nesse período de dificuldades econômicas, especialmente no Japão, os engenheiros, Taichii Ohno e Eiji Toyoda, iniciaram a implementação da produção enxuta na Empresa Toyota, diante da necessidade urgente de mudança, a empresa, optou por explorar os conceitos de Henry Ford, que até então, dominava o mercado automobilístico com sua produção em massa (Liker, 2005).

No entanto, a filosofia implementada nos Estados Unidos, era totalmente inadequada para o padrão japonês. Assim, Ohno constatou que o processo da Ford era cheio de *muda*¹, termo em japonês que traz o significado de desperdício. Sendo esses: superprodução, espera, transportes desnecessários, processamentos incorretos, excesso de estoque, movimento desnecessário e defeitos (Liker, 2005).

¹ *muda* é um termo tradicional japonês para uma atividade que não adiciona valor ou é improdutivo.

Portanto, iniciou-se a inserção de uma nova filosofia de gestão advindos da identificação de falhas do consagrado modelo de Ford. Essa nova filosofia procurava superar as dificuldades por meio de uma nova abordagem de gestão, conhecida como Sistema Toyota de Produção (STP) ou *Toyotismo*, que combinava os benefícios da produção artesanal com os da produção em massa, resultando em melhorias significativas na produtividade, qualidade e na capacidade de resposta a mudanças do mercado.

A nova filosofia reconhecia que desperdícios poderiam existir em todos os níveis da organização, o que levou a Toyota a adotar uma mentalidade mais enxuta, focada em fazer mais com menos.

Segundo Ohno (1997), equipes de trabalho foram formadas para serem responsáveis por um grupo de atividades de montagem, pela organização de suas próprias áreas de trabalho e pela garantia da qualidade.

Diferente do sistema de produção em massa, onde cada funcionário era responsável por uma ou mais tarefa simples e a produção continuava mesmo em caso de erros, enquanto o STP permitia a interrupção total da linha de montagem para reparos. Todos os defeitos precisavam ser corrigidos assim que identificados, evitando que persistissem chegar ao final da linha de produção.

Os trabalhadores aprenderam sistematicamente a identificar a raiz dos problemas e a sugerir correções para que esses problemas não ocorressem novamente (Venturi, 2015).

Além disso, com o objetivo constante de reduzir os desperdícios, o STP procurou diminuir os estoques finais e intermediários através da produção em pequenos lotes. Essa filosofia de produção enxuta, foi desenvolvida ao longo de vinte anos, com grande auxílio de Ohno que definiu o sistema como a absoluta eliminação de desperdícios, baseada em duas vertentes principais: ***Just in time*** (JIT) e autonomia (Venturi, 2015).

A primeira vertente, ***Just in time*** (JIT) teve como principal objetivo produzir exatamente o necessário, no momento certo e conforme a demanda, sem a necessidade de formar estoques. Seu propósito era garantir um fluxo contínuo de materiais, serviços e produtos ao longo de todas as relações de interdependência e comprometimento, abrangendo fornecedores, empresas e clientes (Venturi, 2015).

A segunda vertente, conhecida como autonomia ou Jidoka, combinava autonomia com intervenção humana. Esse método buscava aumentar a

produtividade ao separar os tempos de atividade da máquina e do operador. De acordo com Pichii (2003), esse sistema permite através de mecanismos como a parada automática da máquina, impedir que erros fossem produzidos em série. (Venturi, 2015).

Os dois pilares apresentados caminham em conjunto com a finalidade de atender e criar mais valor ao cliente, produzindo produtos com mais qualidade, custos menores, aliado à redução do *lead time*² através da eliminação de desperdícios (Venturi, 2015).

Assim, a essência do STP, é a eliminação completa do desperdício. No contexto da produção, desperdício se refere a qualquer atividade que aumenta os custos sem agregar valor. De acordo com Ohno, pode-se identificar os desperdícios denominados pelo termo *muda* (Venturi, 2015) e podem ser classificados da seguinte forma;

- Superprodução: ocorre quando se utiliza mão de obra para fabricar produtos antes de receber um pedido do cliente, ou quando se produz mais do que foi solicitado. Esse princípio vai contra os princípios do *Just in Time*, pois gera estoques ao longo de processo produtivo. Além disso, a superprodução cria a necessidade de gerenciar inventários e controles de estoque, atividades que não agregam valor ao cliente;
- Estoque: o estoque gera um excesso de inventário. Além disso, pode gerar um maior custo com espaço físico e armazenamento. Para se evitar os estoques, deve-se buscar uma produção JIT, manter um fluxo contínuo de produção e padronizar espaços e atividades;
- Movimentos desnecessários: de acordo com Gonçalves (2009), o excesso de movimento está diretamente relacionado com o planejamento do espaço e das ferramentas de trabalho disponíveis. O movimento desnecessário pode ser identificado também nos dados, informações e documentos da empresa;

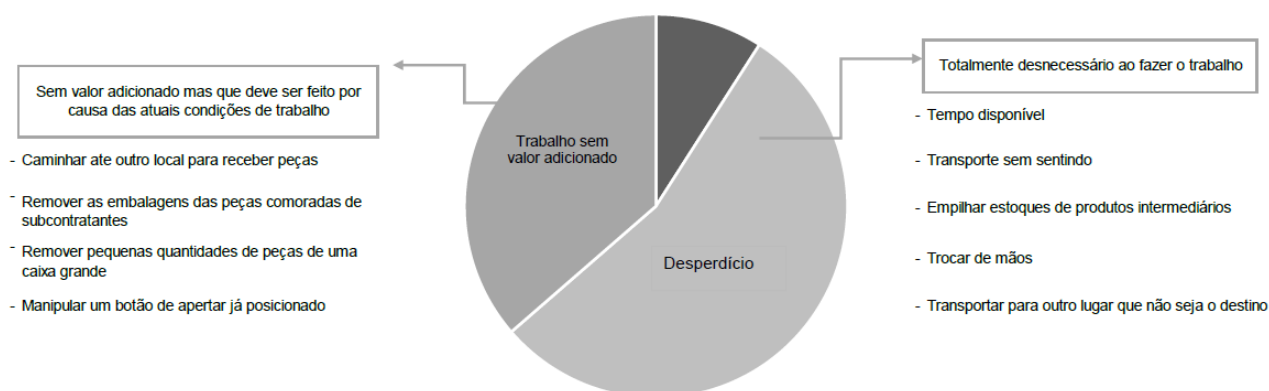
² *Lead time*: Do inglês, *lead* significa conduzir e *time*, tempo. A expressão, portanto, é utilizada para se referir ao tempo dependido para conduzir todo o ciclo de produção.

- Defeitos: os defeitos durante o processo de produção levam ao retrabalho. Os defeitos podem ocorrer de maneiras diferentes: materiais consumidos, mão de obra utilizada de forma incorreta, mão de obra utilizada para retocar e refazer. Estes podem ser reduzidos através da utilização de dispositivos *poka yoke*¹ e controles esquematizados;
- Espera: a espera ocorre pela falta de um fluxo contínuo, onde percebe-se períodos de inatividade em uma atividade à jusante, quando a atividade à montante ainda não foi concluída. A espera pode ser reduzida através da junção de equipes a fim de transformar o processo em um fluxo contínuo, ao mesmo tempo em que se deve preocupar com a redução de burocracias e nivelamento do trabalho das equipes;
- Processamento que não agrega valor: consiste em todas as ações que não precisariam ser feitas no processo produtivo, que, se eliminadas, não fariam falta e
- Transporte: todo movimento desnecessário de materiais deve ser erradicado, contudo nem todo transporte pode ser eliminado. Apesar de não agregar valor, muitas vezes pode ser uma atividade necessária à produção, portanto a preocupação em otimização e minimização dessa atividade deve ser constante.

Eliminar todos os desperdícios é uma tarefa árdua e demorada e é preciso quebrar paradigmas e mudança de cultura. Segundo alguns autores como Shingo (1996), Liker (2005) e Ohno (1997) há mais desperdícios em um processo do que agregação de valor, a Figura 1 demonstra exatamente isso. O desperdício pode chegar até 60% da operação, enquanto a agregação de valor apenas 10%, o restante são operações que não agregam, mas são necessárias.

³ *Poka Yoke* são dispositivos a prova de erros. São utilizadas para prevenir a falha humana e corrigir eventuais erros.

Figura 1: Compreendendo a Geração de Valor e Desperdício



Fonte: Ohno (1997).

2.2. Metodologia *Lean Construction*

A indústria da construção civil é uma das mais antigas da história humana, com métodos e práticas enraizados em períodos anteriores à análise científica. No entanto, ao longo dos anos, surgiram iniciativas para compreender melhor os desafios da construção civil e desenvolver soluções e melhorias nos processos (Silva; Paiva, 2017).

Sendo assim, a partir da necessidade de preencher a baixa eficiência e alcançar maiores níveis de gestão produtiva, Koskela.(1992), realizou estudos que resultaram no surgimento do modelo para gestão da produção na construção civil, chamado *Lean Construction*, traduzido para português, Construção Enxuta.

A Construção Enxuta teve início na percepção da reprodutibilidade dos conceitos desenvolvidos na indústria automobilista, para o ambiente da Construção Civil (Ballard; Howell, 1998 apud Peretti et al., 2013).

De acordo com Koskela (1992 apud SOUTO, 2000), a *Lean Construction* trouxe como mudança conceitual mais importante para a construção civil a introdução de um novo entender aos processos produtivos. Estes conceitos referem-se, essencialmente, as maneiras pelas quais os processos e operações são definidos.

O principal objetivo da filosofia *Lean* é agregar valor do produto, tendo em vista a satisfação do cliente (interno e externo) e a eficiência da produção, por meio da diminuição dos desperdícios e retrabalhos, transparência nos processos, redução de custos, simplificação das atividades, maior qualidade, maior flexibilidade de saída do produto e fluxo contínuo de produção (Ferraz et al, 2020).

É possível observar a importância do conceito, seguindo os destaques realizados por Koskela (1992) na Conferência do *International Group for Lean Construction* (IGLC), entre a produção convencional e a nova filosofia de produção. Na Figura 2, de forma resumida seguem as diferenças:

Figura 2: A Filosofia Convencional e a Nova Filosofia de Produção

	FILOSOFIA CONVENCIONAL DE PRODUÇÃO	NOVA FILOSOFIA DE PRODUÇÃO
CONCEITO DE PRODUÇÃO	Produção constituída de conversão, todas as atividades agragam valor	Produção constituída de conversão e fluxo. Existem atividades que agregam valor e atividade que não agragam valor.
FOCO DE CONTROLE	Custo da atividade	Custo, Tempo e Valor dos fluxos
FOCO DE MELHORIA	Aumento da eficiência pela implementação de novas tecnologias	Eliminação ou diminuição de atividades que não agragam valor, aumento da eficiência de atividades que agragam valor de melhoria contínua e nova tecnologias.

Fonte: Adaptado de Koskela (1992)

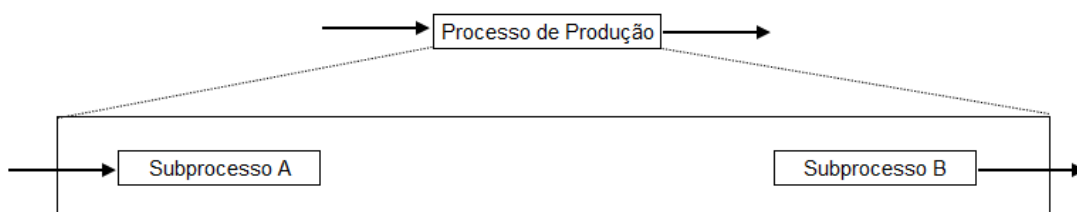
A *Lean Construction* chega ao Brasil em 1996, através dos professores Fomoso e Heineck do Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação (NORIE). No qual promovem a primeira reunião do IGLC em 1998, no Guarujá/SP e sendo repetido o mesmo feito nos anos de 2022, em Gramado/RS e em Fortaleza/CE (Moura, 2015, p.33).

2.3 Conceitos *Lean Construction*

Uma das transformações mais significativas trazidas pela metodologia *Lean* na construção civil é a nova compreensão dos processos produtivos. Tradicionalmente, esses processos são vistos como conversão de matérias-primas, ou insumos, em produtos, ou resultados (Koskela. 1922).

Nesse contexto, o processo de produção pode ser segmentado em subprocessos, que consistem nas atividades de conversão, sendo a menos divisão dessa hierarquia, de acordo com a figura 3 a seguir:

Figura 3: Modelo Tradicional de Processo



Fonte: Koskela.(1992).

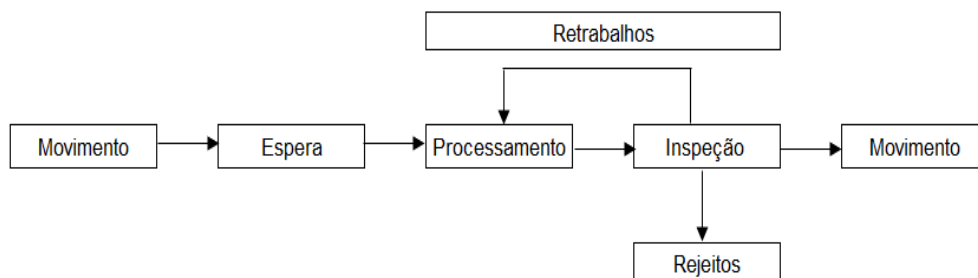
Esse modelo de conversão, exemplificado na Figura 3, é amplamente utilizado na elaboração de orçamentos convencionais e planos de obra. Nesse contexto, são registrados apenas as atividades de conversão, ou seja, aquelas que agregam valor ao produto assim gerando representação de processos incorretos (Koskela, 1992), sendo esses:

- Desconsideração de fluxos físicos entre a atividade, onde boa parte dos custos são oriundas dessa etapa;
- Controle de processos e subprocesso, ao invés de controle global do empreendimento, dessa forma, limitando a eficiência;

- A falta de consideração dos requisitos do cliente final, que resulta em produtos inadequados para o mercado, e o valor do produto só é alcançado utilizando materiais de melhor qualidade nos mesmos processos de conversão.

Conforme o modelo apresentado por Koskela (1992) e ilustrado na figura 4, as atividades na construção civil podem ser categorizadas como atividades de conversão e atividade de fluxo. As atividades de conversão são aquelas que realmente agregam valor ao produto. Contudo, para melhorar a eficiência na construção é crucial gerenciar bem as atividades de fluxo.

Figura 4: Modelo Tradicional do Lean



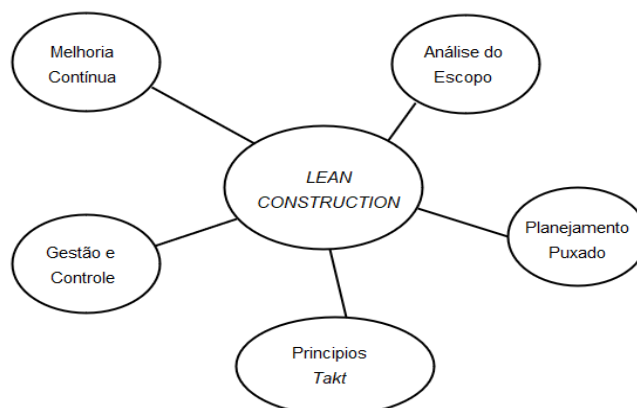
Fonte: Koskela. (1992).

O entendimento e consideração do fluxo, além de ser necessário ao controle e planejamento da produção é fundamental para a otimização de todo o processo e ajuda na tomada de decisão para eliminação de tudo aquilo que foi desviado do plano (Oliveira, 2018).

Segundo Oliveira (2018), os tipos de abordagem têm um grande poder na busca da melhor eficiência, mas para que os ganhos se tornem reais, é fundamental ter a visão de todo o projeto no tempo, além de ferramentas adequadas e controle, de forma a garantir que o ritmo de execução determinado esteja sendo cumprido.

As abordagens descritas na Figura 5 podem ter melhor eficiência, quando são analisadas e executadas. Assim, os resultados de redução de prazos e redução de custos serão mais significativos

Figura 5: As cinco abordagens para implantação do *Lean Construction*



Fonte: Oliveira.(2018).

As abordagens iniciais são cruciais para compreender o projeto como um todo, alinhar informações e compromissos de cada departamento no cumprimento dos prazos estipulados, e tornar claras quaisquer restrições que possa afetar o planejamento. Elas são vistas como a maneira mais eficaz de facilitar a implementação dos conceitos, assegurar um *takt-time* adequado e obter resultados práticos (Oliveira, 2018).

2.3.1 *Takt-Time*

O termo *Takt* provém da língua alemã, onde originalmente se referia à batuta do maestro, usada para marcar o compasso da orquestra (Antunes et al., 2008).

Segundo Sharma e Moody (2003), “O tempo *takt* é o ritmo no qual o fabricante deve produzir um produto ou o provedor fornecer um serviço para satisfazer a demanda real do cliente”. O conceito dessa ferramenta de gestão, envolve determinar o ritmo necessário para que a produção atenda à demanda de forma eficiente. Isso significa considerar o tempo disponível para produzir a quantidade necessária de unidades de acordo com a demanda, envolvendo o comprometimento de todos (Oliveira, 2018).

Para Battisti (2013), o *takt-time* é a taxa de demanda de consumo para uma família de produtos fabricados em um determinado processo. Sendo calculado

dividindo as operações de um processo pelo número de itens que os clientes exigem em um intervalo de tempo. O tempo de processo eficaz é o que se tem disponível, descontando as paradas planejadas, como intervalos, refeições, manutenções e limpezas.

Para encontrar o tempo *takt-time*, calcula-se conforme Equação 1.

$$TT = \frac{\text{Prazo para conclusão das atividades}}{\text{Demanda}} \quad (1)$$

Sendo *takt-time* equivalente à divisão entre o tempo efetivo de trabalho e a demanda da empresa. A definição e a utilização do tempo *takt-time* dentro da construtora é um dos primeiros passos para a análise de eficiência em uma linha de produção, e então pode-se implantar melhorias para a eficácia das atividades, a fim de eliminar as que não agregam valor ao produto, elevando a eficiência (COSTA et al. 2017).

Ainda, de acordo com Frandson, Berghede e Tommelein (2013) descreveram que a programação com a aplicação do *Takt-Time* deve ser realizada através de seis passos:

- 1 – Coleta de Informações;
- 2 – Definição das áreas de trabalho;
- 3 – Compreensão da sequência construtiva;
- 4 – Entendimento dos tempos de cada atividade;
- 5 – Balanceamento do fluxo de atividades;
- 6 – Determinação do plano de produção.

Estes passos resumem o caminho do projeto para a aplicação do conceito de ritmo no planejamento de obras. Contudo, é fundamental detalhar etapas para facilitar a compreensão e aplicação dos conceitos.

2.3.2 Percentual de Planejamento Concluído – PPC

O Percentual de Planejamento Concluído (PPC) é essencial para garantir o sucesso do projeto em relação aos prazos. Empregado para verificar duas avaliações

cruciais: o percentual de planejamento concluído (PPC) e a eficiência das estações de trabalho, além de identificar as causas de atrasos ou adiantamento das atividades planejadas (Matos, 2010).

O indicador de PPC mede a proporção entre as atividades finalizadas dentro do prazo e o total de atividades planejadas no período, conforme se observa na equação 2, a seguir:

$$PPC = \frac{\text{Atividades concluídas dentro do prazo}}{\text{Atividades planejadas no período}} (\%) \quad (2)$$

De acordo com Mattos (2010), os valores de PPC (Percentual de Planejamento Concluído) muito baixos podem refletir uma produtividade insuficiente, uma alta ocorrência de imprevistos na obra ou uma confiança excessiva no desempenho da equipe. Por outro lado, valores de PPC excessivamente altos podem sugerir que as tarefas estão com durações mais longas do que o necessário ou que o planejamento está mais fácil de cumprir.

Valores de PPC entre 75% e 85% indicam um bom desempenho das equipes, considerados com porcentagem alta, incentivando a dar continuamente a produtividade e a alcançar as metas de produção. A variabilidade do PPC é reduzida pelas ações tomadas para analisar e remover as restrições no ambiente de produção. Quando a equipe de planejamento tem uma compreensão precisa da capacidade produtiva dos recursos, a variabilidade do PPC diminui (AKKARI, 2000).

Conforme Ballard e Wowell (1997), a interação entre a equipe responsável pelas estações de trabalho, envolvida na elaboração do PPC é crucial para sua consolidação. Essas equipes devem estar comprometidas e planejar apenas pacotes de trabalho que serão realmente executados, garantindo assim a execução.

2.3.3 Linha de Balanço

A linha de balanço é uma técnica de planejamento para obras que possuem serviços repetitivos. Uma unidade de repetição refere-se uma área física que se repete

muitas vezes em um empreendimento. Portanto, planeja-se o ritmo em que as atividades serão executadas, em função da quantidade de serviço a ser executado e da produtividade das equipes (Pacheco, 2006).

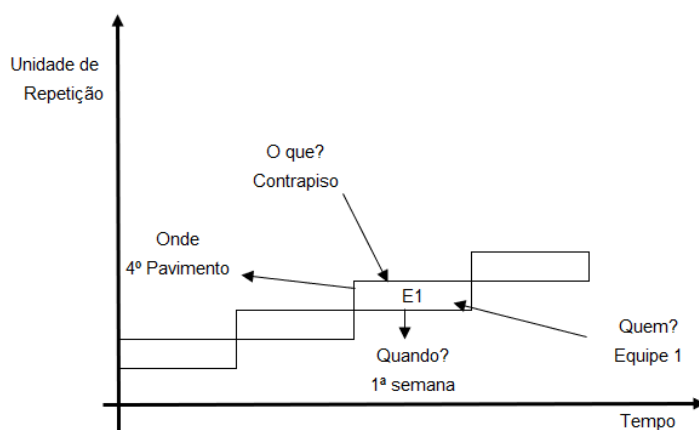
Além disso, a linha de balanço possui vantagens, como menor risco no planejamento, facilidade de comparação entre os diversos planos de planejamento para a obra, diminuição do tempo total do projeto e verificação rápida da viabilidade do planejamento de obra (SOINI; LESKELA; SEPPANEN, 2004).

Segundo Matos (2006, p. 30):

No Brasil, a técnica de Linha de Balanço ainda é pouco aplicada. Entretanto, ela vem adquirindo espaço nos canteiros de obra, pois não se encontra com facilidade outra técnica de planejamento que permite a interpretação de tantos tipos de informações de uma só vez.

De acordo com Vargas (2009), na linha de balanço, são identificados todos os principais componentes necessários para programação de obra, entre eles: o que deve ser feito, onde fazer, e quando fazer.

Figura 6: Exemplo de Representação da linha de balanço



Fonte: Adaptado de Lutz. (1992)

Assim, ainda de acordo com Vargas (2009, p. 33). “permite atender às necessidades de programação de uma obra tradicional, a melhoria da produtividade na forma clássica ou o apoio à gestão moderna da produtividade e qualidade”.

3. METODOLOGIA

O objetivo deste trabalho é analisar, com base em um estudo de caso de Joinville/SC, o atual cenário de produtividade na indústria da construção civil e o aumento da eficiência construtiva por meio de implementação da metodologia *lean*.

Assim, para atingir os objetivos nesse estudo, a definição dos procedimentos metodológicos é de fundamental importância. Para isso, foi necessário realizar pesquisas em fontes especializadas, como livros, trabalhos científicos, testes, *sites* e artigos.

3.1 Caracterização da pesquisa

Considerando o tema e o objetivo abordado nesse estudo, pode-se concluir que este possui uma abordagem qualitativa, partindo inicialmente da análise conceitual de planejamento e controle de produção, e análise histórica e conceitual do *Lean Construction* até a aplicação dos conceitos do pensamento enxuto em uma edificação de pré-fabricados.

Dias (2013) assegura que a pesquisa qualitativa se caracteriza, principalmente, pela ausência de medidas numéricas e análises estatísticas, examinando aspectos mais profundos e subjetivos do tema em estudo. Assim sendo, a pesquisa qualitativa permite a elaboração de descrições detalhadas dos dados coletados por meio de observação e ações.

3.2 Delimitação da pesquisa

Este estudo concentra-se na aplicação dos conceitos de *Lean Construction* na execução da montagem de pré-fabricados, especificamente nas áreas de planejamento e controle de obras, utilizando as técnicas de *Takt-Time*, PPC e linha de balanço.

O estudo de caso deste trabalho foi realizado em uma empresa de construção civil na região de Joinville – Santa Catarina, que atua na fabricação e montagem de pré-fabricados.

Essa pesquisa foi realizada somente em um empreendimento da construtora e sobre a linha de montagem das peças pré-fabricados, tendo em vista que por intermédios dos estudos realizados na construtora, foram coletados os dados.

3.3 Técnicas e instrumentos de coleta de dados

De acordo com Yin (2005, apud Vigorena; Battisti, 2011, p.13), nos estudos de caso “a observação faz parte do processo de investigação, pois é necessário incluir procedimentos de coleta de dados que tratem de acontecimentos em tempo real”.

Diante disso, pode-se afirmar que, a coleta de dados para esse estudo, se deu por meio de observações participantes, tendo em vista que os dados foram obtidos por meio do contato direto com o que estava sendo observado. Sendo que, a partir das pesquisas realizadas, adquiriu-se o conhecimento do problema levantado, reunindo informações, com objetivo de demonstrar a eficiência da Lean aplicada à obra, objetivo do estudo de caso.

3.4 Limitações do método

O presente estudo limita-se ao período de montagem das peças pré-fabricadas de uma obra realizada em Joinville da construtora, com início em de 2022 e finalização em 2024. A realidade observada neste estudo é relativa à construtora, e assim, os dados obtidos neste trabalho não se aplicam a outras construtoras.

4. APRESENTAÇÃO DE DADOS

Este trabalho apresenta os resultados de um estudo realizado sobre o planejamento e a execução da montagem de peças pré-fabricadas. Ele revela informações sobre o conhecimento e implementação da metodologia *Lean* na construtora.

4.1 Dados da empresa

Por questão de confidencialidade, a empresa objeto do estudo será referenciada como “Construtora X”, que atua no mercado da construção civil, na cidade de Joinville – Santa Catarina, executando peças pré-fabricadas e montagem das mesmas. Ela foi fundada em 1981, mas em 1999 sua unidade fabril iniciou atuação no ramo da construção civil.

Os empreendimentos da referida construtora possuem características semelhantes, pois são de estruturas pré-fabricadas, com caráter de galpão industrial. Conforme demonstra Figura 7.

Figura 7: Galpão executado pela Construtora X

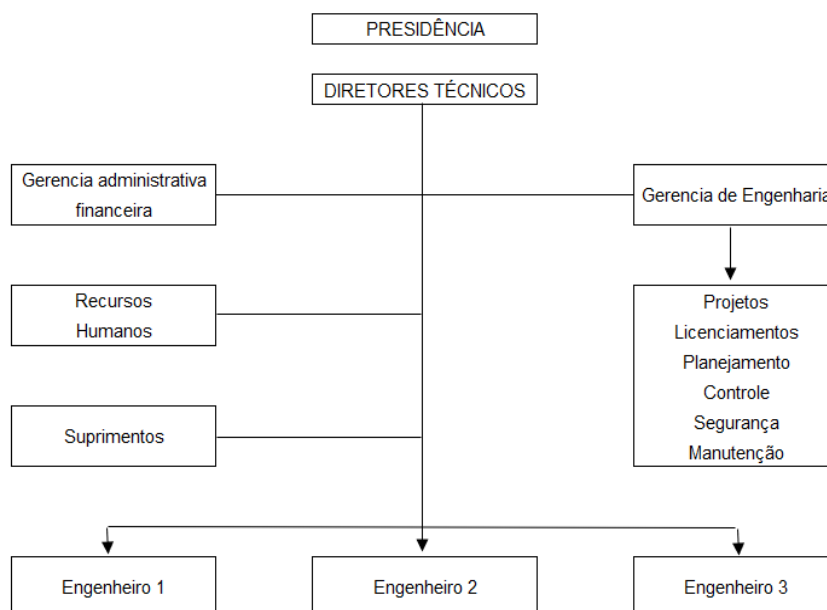


Fonte: Autora (2022).

4.1.1 Estrutura da Empresa

A Construtora X possui uma estrutura robusta, composta por diversos departamentos que desempenham funções essenciais nas operações diárias. No entanto, neste estudo de caso, o foco foi exclusivamente no organograma da obra onde foi realizado o estudo. A análise permitirá uma compreensão mais detalhada da estrutura e das interações entre os diferentes setores envolvidos nesse projeto específico, conforme demonstrado na Figura 8.

Figura 8: Estrutura da Empresa.



Fonte: Construtora X (2022).

Na construção analisada, houve a presença de três engenheiros em tempo integral no canteiro de obra. Ressalta-se ainda, que a obra em estudo possuía um quadro de funcionários, sendo dois mestres de obras, um almoxarife, dois estagiários de Engenharia Civil e algumas mãos de obra própria, como pedreiros, carpinteiros e ajudantes.

4.2 Planejamento do estudo

4.2.1 Empreendimento

O empreendimento localizado no bairro Bucarein, na cidade de Joinville/SC e com uma área de terreno de 53 mil m², foi iniciado em março de 2022, com programação de demolição da estrutura antiga e implantação do canteiro de obra. Desde então, a obra foi executada em frentes, estipulando ao cliente final um prazo de finalização de 24 meses, equivalente ao início de 2024.

A referida obra é constituída por um prédio principal com 5.500 m², subestação e ginásio contemplando uma piscina semiolímpica, além de duas quadras

poliesportivas externas. Com 24.500 m² construídos. A figura 9 apresenta a perspectiva da obra.

Figura 9: Perspectiva da obra



Fonte: Construtora X (2021).

Saliento que a pesquisa, para este estudo de caso permanece restrita à execução da montagem das peças de pré-fabricados do prédio principal.

Além disso, destaca-se que a mão de obra para a montagem das peças pré-fabricadas foi inteiramente da construtora, sendo necessário, terceirizar apenas os serviços de guindastes, conforme a Figura 10 a seguir.

Figura 10: Obra em andamento – Prédio Principal Setor 1



Fonte: Autora, 2022.

4.3 Planejamento da obra

O planejamento da obra é fundamentado no conceito de *Takt-Time*. Contudo, foi essencial que o percentual de planejamento concluído (PPC) e a Linha de Balanço seguisse integrado a este processo, garantindo uma coordenação eficiente e o cumprimento dos prazos estabelecidos.

4.3.1 *Takt-Time*

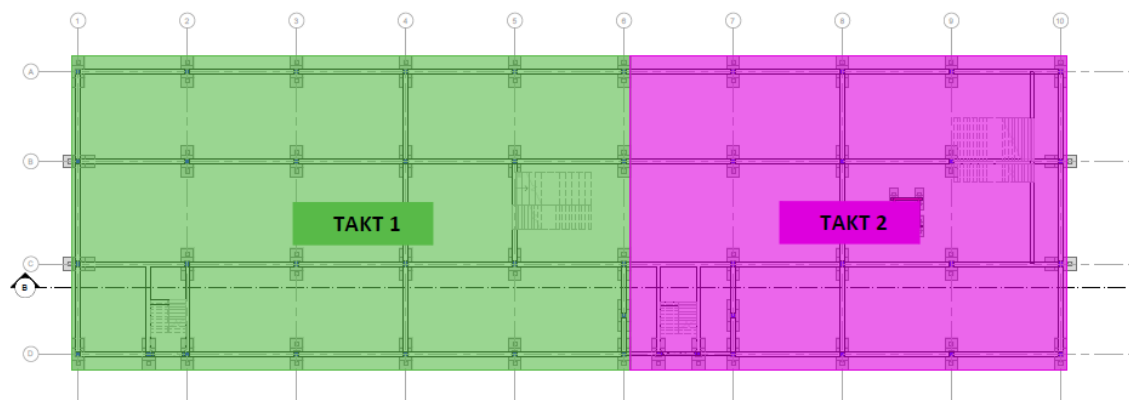
O conceito *Takt-time* foi utilizado na execução da montagem das peças pré-fabricadas, estabelecendo o ritmo necessário para atender à demanda do projeto dentro do prazo previsto. Ao determinar o *takt-time*, foi calculado o intervalo de tempo ideal entre a montagem de cada peça, garantindo um fluxo constante e eficiente no processo de montagem.

Na prática, o uso do *takt-time* permite sincronizar todas as etapas da montagem, assegurando que cada atividade seja concluída em um período adequado, sem atrasos ou acúmulos desnecessários. Essa metodologia ajuda a identificar e eliminar desperdícios, otimiza o uso dos recursos e facilita a coordenação entre os diferentes setores envolvidos.

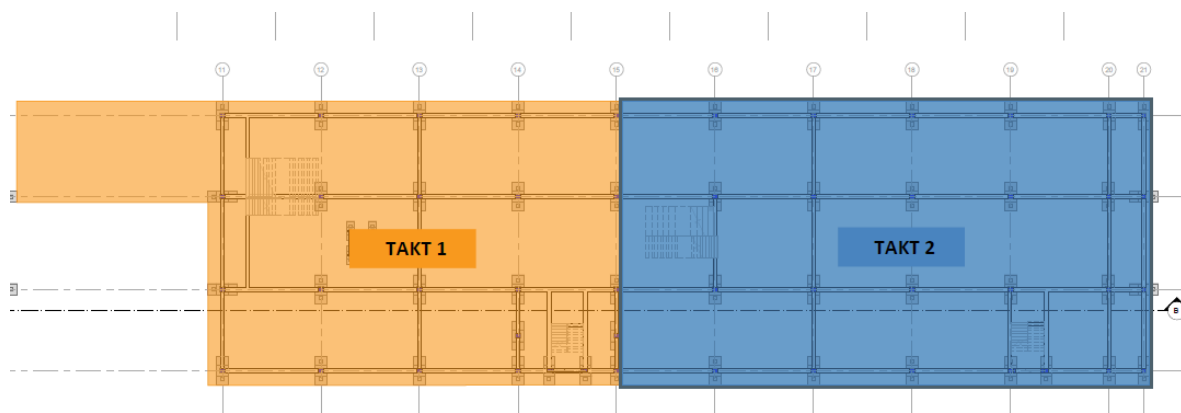
Além disso, ao integrar o percentual de planejamento concluído e a linha de balanço com o *takt-time*, foi possível uma visão mais abrangente e detalhada ao progresso da obra. Isso possibilita ajustes rápidos e precisos conforme necessário, mantendo o projeto alinhado com os objetivos de prazo e qualidade estipulados.

Em resumo, a aplicação do *takt-time* na montagem de peças pré-fabricadas assegura um processo de produção eficiente, bem coordenado e alinhado com as exigências do projeto, promovendo a entrega pontual e a satisfação dos padrões de qualidade estabelecidos.

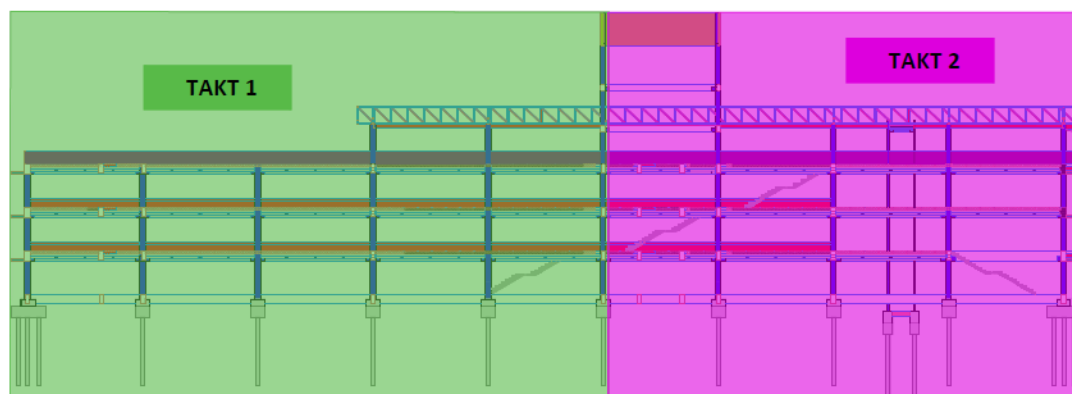
A seguir, apresenta- nas Figuras 11 a 14 as imagens planejadas dos *takt's* executados, ilustrando o cronograma e cadência das atividades de montagem. As cores nas imagens são apenas representativas, para que possa ser diferenciado de que eixo a que eixo corresponde ao takt 1 e takt 2 de cada setor.

Figura 11: Planta Baixa *Takt* – Setor 1 (Prédio Principal)

Fonte: Construtora X (2022).

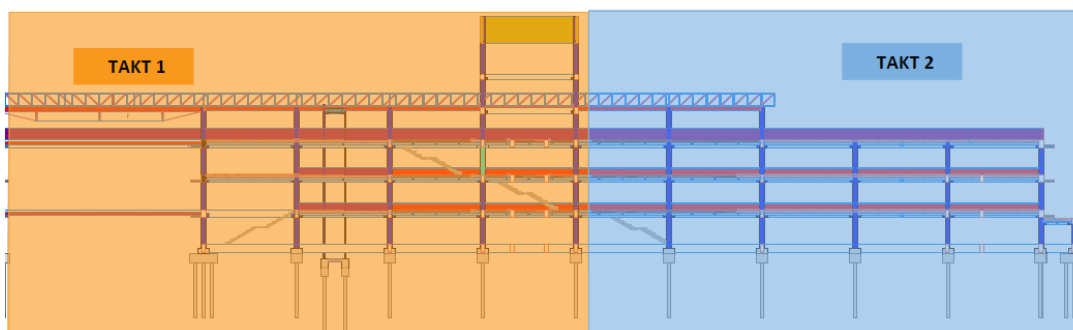
Figura 12: Planta Baixa *Takt* – Setor 2 (Prédio Principal)

Fonte: Construtora X (2022).

Figura 13: Corte – *Takt* 1 e 2 – Setor 1 (Prédio Principal)

Fonte: Construtora X (2022).

Figura 14: Corte – Takt 1 e 2 – Setor 2 (Prédio Principal)



Fonte: Construtora X (2022).

Conforme demonstrado nos *layouts* apresentados, a montagem do prédio principal foi dividida em duas partes. Seguindo cronograma estipulado e a demanda necessária para cada, permitindo assim a cadência com que cada peça deve ser montada. O processo de montagem iniciou-se pelos blocos de fundação, e em seguida, prosseguiu com as demais peças, até formar o módulo de cada área.

Em cada *takt*, foram montadas aproximadamente 500 peças pré-moldadas, incluindo blocos, baldrames, pilares, vigas, lajes, escadas, painéis de contenção e painéis de fechamento. Cada peça pré-fabricada era içada e instalada diretamente pela equipe de montagem, composta por funcionário da Construtora X.

4.3.2 Percentual de Planejamento Concluído (PPC)

O PPC corresponde a metas operacionais a serem cumpridas geralmente diárias e semanais. O PPC é abordado pela relação entre números de tarefas programadas para aquele período, gerando um comprometimento dos responsáveis pelas tarefas a completar e assim gerar uma porcentagem com base do planejamento. Deste modo, a partir das tarefas que não foram concluídas durante a semana, é possível chegar às causas.

Na construtora X, o PPC era realizado de maneira rigorosa e sistemática, através de encontros semanais denominados *Top Five*. Esses encontros eram de fundamental importância para que as etapas no projeto estivessem alinhadas com o cronograma e os objetivos estabelecidos.

Durante o *Top Five*, os principais gestores e líderes de equipe se reuniam para discutir as prioridades da semana. Esses itens incluíam aspectos relevantes para o progresso do projeto. Essas reuniões proporcionavam a oportunidade de revisar o andamento das atividades, identificando possíveis desvios e implementando ações corretivas, além de promover comunicação eficaz entre os diferentes departamentos e equipes, como pode ser observado na Figura 15. Sendo que os post-it são identificados por cores, correspondendo a atividade que deve ser executada, como exemplo, a montagem de pilares no takt 2 na semana atual está representada na cor rosa. Assim seguindo para as demais atividades.

Figura 15: Promoção de Comunicação eficaz



Fonte: Autora, 2022

⁵ *Top Five*– Total sistema de classificação dos serviços executados baseado no índice de acerto de suas projeções de curto, médio e longo prazos.

A prática regular dos encontros, refletia no compromisso da Construtora X de monitoramento contínuo da execução da obra.

4.3.3 Linha de Balanço

Esta representa uma ferramenta estratégica de planejamento e controle de obra, em um horizonte linear de repetição a longo prazo, sendo mais usual e seu emprego em obras com serviços repetitivos. Através da representação gráfica, pode-se visualizar a execução das atividades da obra de forma mais simples, auxiliando a transmissão de informações.

Para realizar a implementação da linha de balanço, foi necessário analisar a data estipulada para a entrega do empreendimento ao cliente final. Nesse contexto, a construtora já detinha essa informação, uma vez que o prazo final de entrega ao cliente foi estabelecido durante o fechamento contratual.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo, são apresentados os resultados da implementação das práticas de *Lean Construction* na referida obra, separadas pelas fases e determinados avanços físicos.

5.1 Descrição do Processo

Considerando o planejamento realizado para este projeto e a normalidade de ritmo de trabalho dentro de um canteiro de obra, o próximo passo foi criar a demanda semanal para os próximos meses, permitindo o cálculo do *Takt-Time* e do Percentual de Planejamento Concluído. Sendo assim, com base nesses cálculos, foi possível concluir a linha de balanço.

Com os resultados obtidos ficou determinado a necessidade de três equipes de montagem para executar o planejamento de maneira eficiente. As datas sequenciais para execução do cronograma estipulado estão demonstradas na Tabela 1, abaixo.

Tabela 1: Cronogramas e Equipes

Prédio	<i>Takt</i>	Equipe	Início	Término
Setor 1	1	1	11/04/2022	01/07/2022
Setor 1	2	2	25/04/2022	21/07/2022
Setor 2	1	3	16/05/2022	11/08/2022
Setor 2	2	1 e 2	04/07/2022	31/08/2022

Fonte: Construtora X (2022).

Durante a execução da montagem das peças pré-fabricadas, foi adotada uma abordagem sistemática de verificação semanal. Essa prática consistente permitiu uma análise minuciosa e regular das atividades, resultando na identificação precisa das áreas que demandavam maior atenção. Conforme já praticado em outras obras da construtora.

Cabe ressaltar que todos os dados referentes à execução foram devidamente coletados e registrados em planilhas, garantindo uma documentação detalhada e organizada das observações realizadas ao longo do processo. Essa metodologia não

apenas facilitou a identificação das necessidades de cuidado, mas também possibilitou um acompanhamento eficiente do processo e da qualidade da montagem das peças.

Esses dados estão demonstrados de forma clara e acessível nas Tabelas 2 a 5 e gráficos 1 a 6 a seguir, conforme os *Takt's* já estipulados no planejamento.

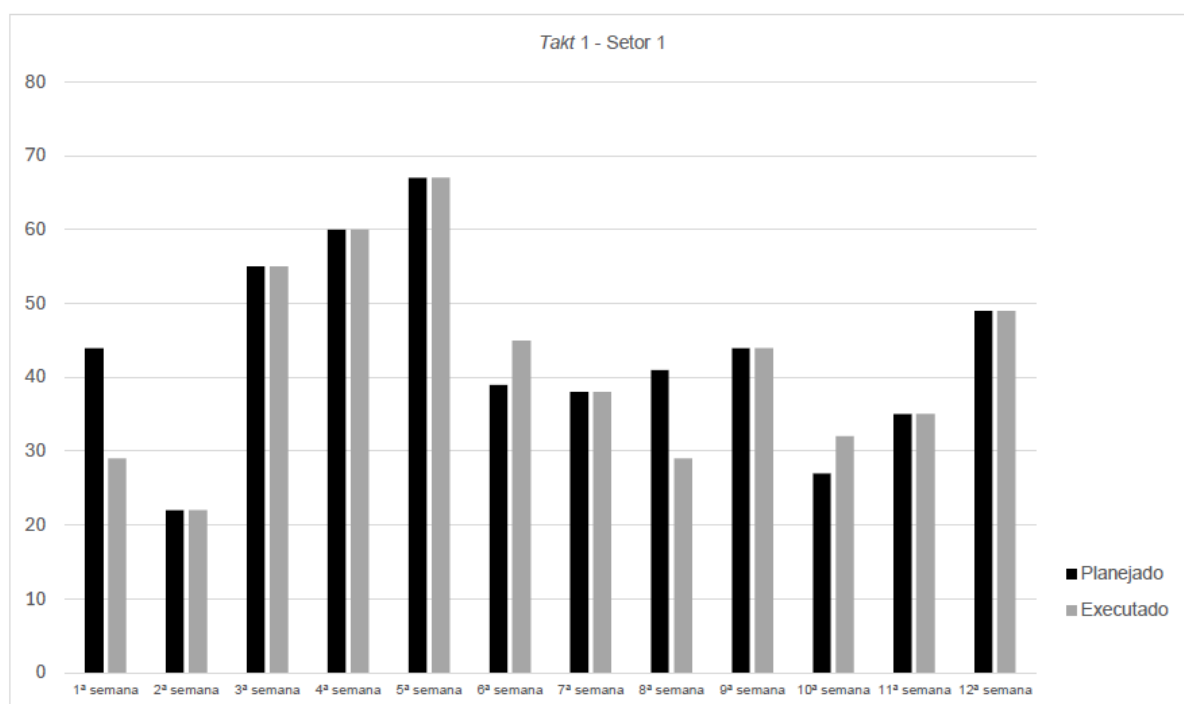
Tabela 2: *Takt* 1 – Setor 1

Cronograma de Montagem - Construtora P - <i>Takt</i> 1 Setor 1										
Prédio	<i>Takt</i>	Semanas	Início	Término	Elemento	Nível	Quantidade de Prevista	Soma Semanal (cronograma)	Peças /semana	Soma Semanal (executado)
Setor 1	1	1ª semana	11/04/2022	12/04/2022	Pilares	-	14	44	14	29
Setor 1	1		13/04/2022	18/04/2022	Baldrames	-	30		15	
Setor 1	1	2ª semana	19/04/2022	20/04/2022	Painéis Escada	N 01	8	22	8	22
Setor 1	1		22/04/2022	22/04/2022	Vigas	N 01	14		14	
Setor 1	1	3ª semana	25/04/2022	25/04/2022	Painéis Laje	N 01	1	55	1	55
Setor 1	1		25/04/2022	25/04/2022	Escadas	N 01	2		2	
Setor 1	1		26/04/2022	26/04/2022	Lajes	N 01	45		45	
Setor 1	1	4ª semana	28/04/2022	29/04/2022	Painéis Escada	N 02	7	60	7	60
Setor 1	1		02/05/2022	03/05/2022	Vigas	N 02	12		12	
Setor 1	1		04/05/2022	04/05/2022	Painéis Laje	N 02	1		1	
Setor 1	1		04/05/2022	04/05/2022	Escadas	N 02	2		2	
Setor 1	1	5ª semana	05/05/2022	06/05/2022	Lajes	N 02	45	67	45	67
Setor 1	1		09/05/2022	10/05/2022	Painéis Escada	N 03	7		7	
Setor 1	1		11/05/2022	11/05/2022	Vigas	N 03	14		14	
Setor 1	1	6ª semana	12/05/2022	12/05/2022	Painéis Laje	N 03	2	39	2	45
Setor 1	1		13/05/2022	13/05/2022	Lajes	N 03	44		44	
Setor 1	1	7ª semana	18/05/2022	18/05/2022	Pilares	-	4	38	4	38
Setor 1	1		17/05/2022	17/05/2022	Baldrames	-	4		10	
Setor 1	1		18/05/2022	18/05/2022	Vigas	N 01	7		7	
Setor 1	1	8ª semana	19/05/2022	20/05/2022	Lajes	N 01	24	41	24	29
Setor 1	1		23/05/2022	23/05/2022	Vigas	N 02	7		7	
Setor 1	1		24/05/2022	25/05/2022	Lajes	N 02	24		24	
Setor 1	1		26/05/2022	26/05/2022	Vigas	N 03	7		7	
Setor 1	1	9ª semana	27/05/2022	30/05/2022	Lajes	N 03	24	44	12	44
Setor 1	1		31/05/2022	31/05/2022	Vigas	N 04	2		2	
Setor 1	1		01/06/2022	01/06/2022	Pilares	-	4		4	
Setor 1	1		02/06/2022	02/06/2022	Baldrames	-	4		4	
Setor 1	1	10ª semana	03/06/2022	03/06/2022	Vigas	N 01	7	27	7	32
Setor 1	1		06/06/2022	07/06/2022	Lajes	N 01	19		19	
Setor 1	1		08/06/2022	08/06/2022	Vigas	N 02	6		6	
Setor 1	1	11ª semana	09/06/2022	10/06/2022	Lajes	N 02	19	35	19	35
Setor 1	1		13/06/2022	13/06/2022	Vigas	N 03	8		8	
Setor 1	1		14/06/2022	15/06/2022	Lajes	N 03	17		22	
Setor 1	1		17/06/2022	17/06/2022	Vigas	N 04	2		2	
Setor 1	1	12ª semana	20/06/2022	20/06/2022	Baldrames	-	4	49	4	49
Setor 1	1		20/06/2022	21/06/2022	Vigas	N 01	6		6	
Setor 1	1		22/06/2022	22/06/2022	Vigas Escada	N 01	2		2	
Setor 1	1		23/06/2022	23/06/2022	Painéis Laje	N 01	6		6	
Setor 1	1	12ª semana	24/06/2022	24/06/2022	Lajes	N 01	17	49	17	49
Setor 1	1		27/06/2022	27/06/2022	Vigas	N 02	6		6	
Setor 1	1		27/06/2022	28/06/2022	Lajes	N 02	19		19	
Setor 1	1		29/06/2022	29/06/2022	Vigas	N 03	5		5	
Setor 1	1		30/06/2022	30/06/2022	Lajes	N 03	17		17	
Setor 1	1		01/07/2022	01/07/2022	Vigas	N 04	2	2		

Fonte: Adaptado pela autora, (2024).

De acordo com a tabela 2 é possível analisar as semanas com data de início e data prevista para o final. Na Coluna seis está descrito as peças que devem seguir a montagem e nas colunas 10 e 11 respectivamente, representam a quantidade de peças planejadas e a quantidade executada. Com base nos dados apresentados na tabela 2, foi elaborado um gráfico para facilitar a visualização e compreensão das informações de forma mais clara e eficiente.

Gráfico 1: *Takt 1 – Setor 1*



Fonte: Autora (2024).

Com base na análise dos dados obtidos, foi possível observar a ocorrência de atrasos na montagem das peças durante a 1ª e a 8ª semana do projeto. Esses atrasos foram identificados e discutidos durante as reuniões de *Top-Five*. E medidas foram adotadas para mitigar esses atrasos. Com objetivo de solucionar.

Da mesma forma, a análise realizada no Setor 1, referente ao *Takt 1*, foi conduzida de maneira análoga para os demais *Takts*, conforme apresentado a seguir, na tabela 3.

Tabela 3: Takt 2 – Setor 1

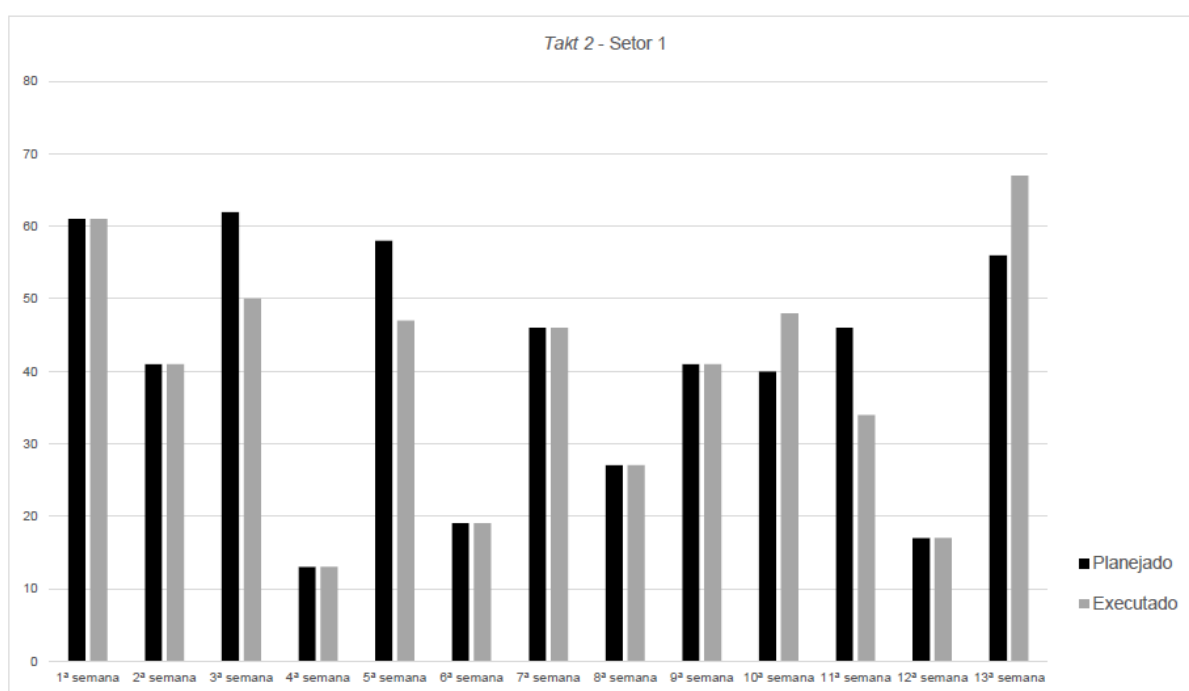
Cronograma de Montagem - Construtora P - Takt 2 - Setor 1										
Prédio	Takt	Semanas	Início	Término	Elemento	Nível	Quantidade de Prevista	Soma Semanal (cronograma)	Peças /semana	Soma Semanal (executado)
Setor 1	2	1ª semana	13/04/2022	19/04/2022	Blocos	-	26	61	26	61
Setor 1	2		25/04/2022	27/04/2022	Pilares	-	18		18	
Setor 1	2		28/04/2022	29/04/2022	Baldrames	-	17		17	
Setor 1	2	2ª semana	02/05/2022	03/05/2022	Painéis Escada	N 01	10	41	10	41
Setor 1	2		04/05/2022	06/05/2022	Vigas	N 01	22		22	
Setor 1	2		07/05/2022	07/05/2022	Painéis laje	N 01	9		9	
Setor 1	2	3ª semana	09/05/2022	09/05/2022	Escadas	N 01	2	62	2	50
Setor 1	2		10/05/2022	11/05/2022	Lajes	N 01	29		29	
Setor 1	2		12/05/2022	12/05/2022	Painéis Escada	N 02	7		7	
Setor 1	2		13/05/2022	17/05/2022	Vigas	N 02	24		12	
Setor 1	2	4ª semana	18/05/2022	18/05/2022	Vigas Escada	N 02	2	13	2	13
Setor 1	2		18/05/2022	19/05/2022	Painéis laje	N 02	9		9	
Setor 1	2		20/05/2022	20/05/2022	Escadas	N 02	2		2	
Setor 1	2	5ª semana	23/05/2022	24/05/2022	Lajes	N 02	29	58	29	47
Setor 1	2		25/05/2022	25/05/2022	Painéis Escada	N 03	7		7	
Setor 1	2		26/05/2022	30/05/2022	Vigas	N 03	22		11	
Setor 1	2	6ª semana	31/05/2022	31/05/2022	Vigas Escada	N 03	2	19	2	19
Setor 1	2		01/06/2022	03/06/2022	Painéis laje	N 03	15		15	
Setor 1	2		03/06/2022	03/06/2022	Escadas	N 03	2		2	
Setor 1	2	7ª semana	06/06/2022	07/06/2022	Lajes	N 03	27	46	27	46
Setor 1	2		08/06/2022	08/06/2022	Pilares (reservatório)	N 04	4		4	
Setor 1	2		09/06/2022	09/06/2022	Painéis Escada	N 04	7		7	
Setor 1	2		10/06/2022	10/06/2022	Vigas	N 04	8		8	
Setor 1	2	8ª semana	13/06/2022	13/06/2022	Lajes	N 04	5	27	5	27
Setor 1	2		14/06/2022	14/06/2022	Vigas	N 05	8		8	
Setor 1	2		15/06/2022	15/06/2022	Lajes	N 05	10		10	
Setor 1	2		17/06/2022	17/06/2022	Pilares	-	4		4	
Setor 1	2	9ª semana	20/06/2022	20/06/2022	Baldrames	-	4	41	4	41
Setor 1	2		20/06/2022	20/06/2022	Painéis Elevador	-	4		4	
Setor 1	2		21/06/2022	21/06/2022	Vigas	N 01	8		8	
Setor 1	2		22/06/2022	22/06/2022	Painéis laje	N 01	1		1	
Setor 1	2		23/06/2022	24/06/2022	Lajes	N 01	24		24	
Setor 1	2	10ª semana	27/06/2022	27/06/2022	Vigas	N 02	7	40	12	48
Setor 1	2		28/06/2022	28/06/2022	Painéis laje	N 02	1		1	
Setor 1	2		28/06/2022	29/06/2022	Lajes	N 02	24		24	
Setor 1	2		30/06/2022	30/06/2022	Vigas	N 03	7		10	
Setor 1	2		01/07/2022	01/07/2022	Painéis laje	N 03	1		1	
Setor 1	2	11ª semana	01/07/2022	04/07/2022	Lajes	N 03	24	46	12	34
Setor 1	2		05/07/2022	05/07/2022	Vigas	N 04	2		2	
Setor 1	2		06/07/2022	06/07/2022	Pilares	-	4		4	
Setor 1	2		06/07/2022	07/07/2022	Baldrames	-	11		11	
Setor 1	2		08/07/2022	08/07/2022	Vigas	N 01	5		5	
Setor 1	2	12ª semana	11/07/2022	11/07/2022	Vigas Escada	N 01	3	17	3	17
Setor 1	2		11/07/2022	12/07/2022	Painéis laje	N 01	5		5	
Setor 1	2		13/07/2022	13/07/2022	Lajes	N 01	3		3	
Setor 1	2		13/07/2022	14/07/2022	Vigas	N 02	6		6	
Setor 1	2	13ª semana	14/07/2022	15/07/2022	Lajes	N 02	23	56	23	67
Setor 1	2		18/07/2022	18/07/2022	Vigas	N 03	6		6	
Setor 1	2		19/07/2022	20/07/2022	Lajes	N 03	23		34	
Setor 1	2		21/07/2022	21/07/2022	Vigas	N 04	4		4	

Fonte: Adaptado pela autora, (2024).

Seguindo a mesma abordagem adotada para a Tabela 2, os dados demonstrados na tabela 3 é possível observar que de acordo com o planejamento a data de início da

montagem estava previsto para 25/04/2024 e término para 21/07/2024, consequentemente 13 semanas planejadas. Com um total de 527 peças a serem montadas, e as peças como vigas e lajes foram as que mais geraram atrasos. Como segue no gráfico 2, podendo ser visualizado o atraso evidenciado na terceira, quinta e décima primeira semana.

Gráfico 2: *Takt 2* - Setor 1



Fonte: autora (2024).

De acordo com o Gráfico 2, é possível visualizar além das semanas que houve atrasos, houve uma tentativa de recuperação, correspondendo a decima e decima terceira semana.

Tabela 4: *Takt* 1 - Setor 2

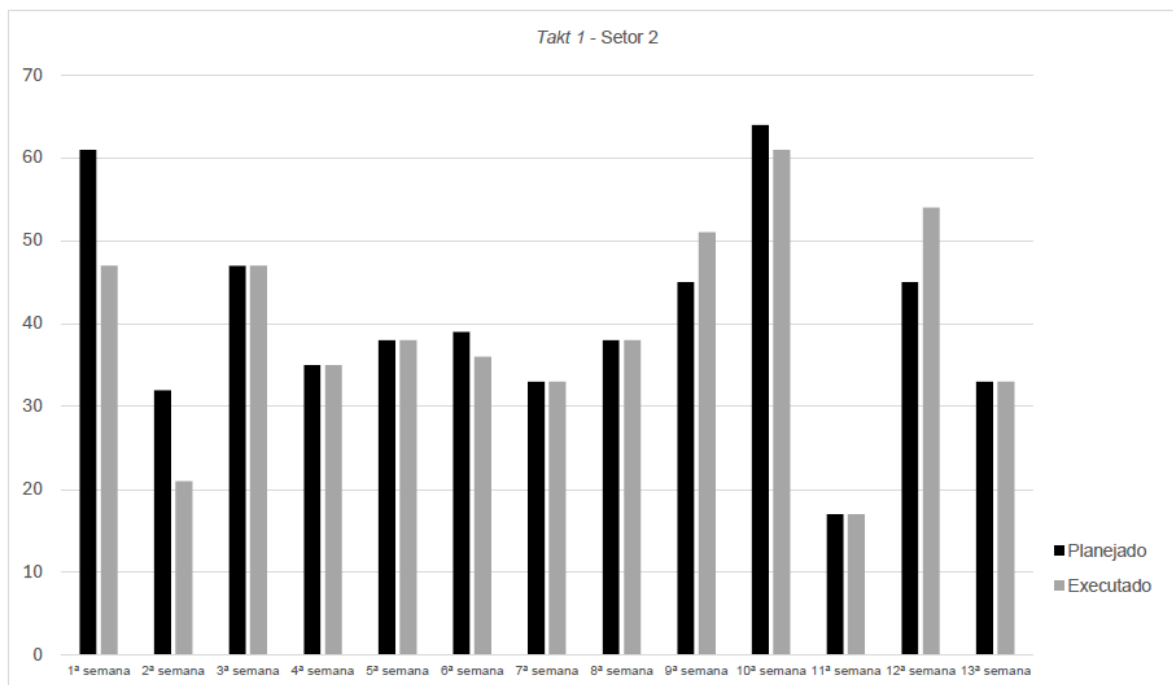
Cronograma de Montagem - Construtora P - <i>Takt</i> 1 - Setor 2										
Prédio	<i>Takt</i>	Semanas	Início	Término	Elemento	Nível	Quantidade de Prevista	Soma Semanal (cronograma)	Peças /semana	Soma Semanal (executado)
Setor 2	1	1ª semana	27/04/2022	03/05/2022	Blocos	-	26	61	20	47
Setor 2	1		16/05/2022	18/05/2022	Pilares	-	18		18	
Setor 2	1		19/05/2022	23/05/2022	Baldrames	-	17		9	
Setor 2	1	2ª semana	24/05/2022	25/05/2022	Painéis Escada	N 01	10	32	10	21
Setor 2	1		26/05/2022	30/05/2022	Vigas	N 01	22		11	
Setor 2	1	3ª semana	31/05/2022	31/05/2022	Painéis laje	N 01	9	47	9	47
Setor 2	1		01/06/2022	01/06/2022	Escadas	N 01	2		2	
Setor 2	1		01/06/2022	02/06/2022	Lajes	N 01	29		29	
Setor 2	1		03/06/2022	03/06/2022	Painéis Escada	N 02	7		7	
Setor 2	1	4ª semana	06/06/2022	08/06/2022	Vigas	N 02	24	35	24	35
Setor 2	1		09/06/2022	09/06/2022	Vigas Escada	N 02	2		2	
Setor 2	1		09/06/2022	10/06/2022	Painéis laje	N 02	9		9	
Setor 2	1	5ª semana	13/06/2022	13/06/2022	Escadas	N 02	2	38	2	38
Setor 2	1		14/06/2022	15/06/2022	Lajes	N 02	29		29	
Setor 2	1		17/06/2022	17/06/2022	Painéis Escada	N 03	7		7	
Setor 2	1	6ª semana	20/06/2022	22/06/2022	Vigas	N 03	22	39	26	36
Setor 2	1		23/06/2022	23/06/2022	Vigas Escada	N 03	2		2	
Setor 2	1		24/06/2022	27/06/2022	Painéis laje	N 03	15		8	
Setor 2	1	7ª semana	28/06/2022	28/06/2022	Escadas	N 03	2	33	2	33
Setor 2	1		29/06/2022	30/06/2022	Lajes	N 03	27		27	
Setor 2	1		01/07/2022	01/07/2022	Pilares (reservatório)	N 04	4		4	
Setor 2	1	8ª semana	04/07/2022	04/07/2022	Painéis Escada	N 04	7	38	7	38
Setor 2	1		05/07/2022	05/07/2022	Vigas	N 04	8		8	
Setor 2	1		06/07/2022	08/07/2022	Lajes	N 04	5		5	
Setor 2	1		07/07/2022	07/07/2022	Vigas	N 05	8		8	
Setor 2	1		08/07/2022	08/07/2022	Lajes	N 05	10		10	
Setor 2	1	9ª semana	11/07/2022	11/07/2022	Pilares	-	4	45	4	51
Setor 2	1		11/07/2022	11/07/2022	Baldrames	-	4		10	
Setor 2	1		12/07/2022	12/07/2022	Painéis Elevador	-	4		4	
Setor 2	1		13/07/2022	13/07/2022	Vigas	N 01	8		8	
Setor 2	1		14/07/2022	14/07/2022	Painéis laje	N 01	1		1	
Setor 2	1	10ª semana	14/07/2022	15/07/2022	Lajes	N 01	24	64	24	61
Setor 2	1		18/07/2022	18/07/2022	Vigas	N 02	7		7	
Setor 2	1		19/07/2022	19/07/2022	Painéis laje	N 02	1		1	
Setor 2	1		19/07/2022	20/07/2022	Lajes	N 02	24		24	
Setor 2	1		21/07/2022	21/07/2022	Vigas	N 03	7		7	
Setor 2	1		22/07/2022	22/07/2022	Painéis laje	N 03	1		4	
Setor 2	1	11ª semana	22/07/2022	25/07/2022	Lajes	N 03	24	17	18	17
Setor 2	1		26/07/2022	26/07/2022	Vigas	N 04	2		2	
Setor 2	1		27/07/2022	27/07/2022	Pilares	-	4		4	
Setor 2	1	12ª semana	28/07/2022	29/07/2022	Baldrames	-	11	45	11	54
Setor 2	1		01/08/2022	01/08/2022	Vigas	N 01	5		10	
Setor 2	1		02/08/2022	02/08/2022	Vigas Escada	N 01	3		3	
Setor 2	1		02/08/2022	02/08/2022	Painéis laje	N 01	5		5	
Setor 2	1		03/08/2022	03/08/2022	Lajes	N 01	3		3	
Setor 2	1		03/08/2022	03/08/2022	Vigas	N 02	6		10	
Setor 2	1	13ª semana	04/08/2022	05/08/2022	Lajes	N 02	23	33	23	33
Setor 2	1		08/08/2022	08/08/2022	Vigas	N 03	6		6	
Setor 2	1		09/08/2022	10/08/2022	Lajes	N 03	23		23	
Setor 2	1		11/08/2022	11/08/2022	Vigas	N 04	4		4	

Fonte: Adaptado pela autora, (2024).

De acordo com a Tabela 4, referente ao *Takt* 1 do Setor 2, é possível observar que houve atraso no cronograma inicial estipulado nas 1ª, 2ª, 6ª e 10ª

semana, correspondendo a peças como blocos, baldrame, vigas e vigas escadas. Ainda, uma possível recuperação na 9ª e 12ª semana. Conforme demonstrado no gráfico 4 abaixo.

Gráfico 3: *Takt 1*- Setor 2



Fonte: autora (2024).

O controle de verificação do processo foi mantido de forma contínua até a conclusão, garantindo um acompanhamento detalhado e sistemático. Conforme visualização na tabela 5, referente ao Takt 2 do Setor 2.

Tabela 5: Takt 2 - Setor 2

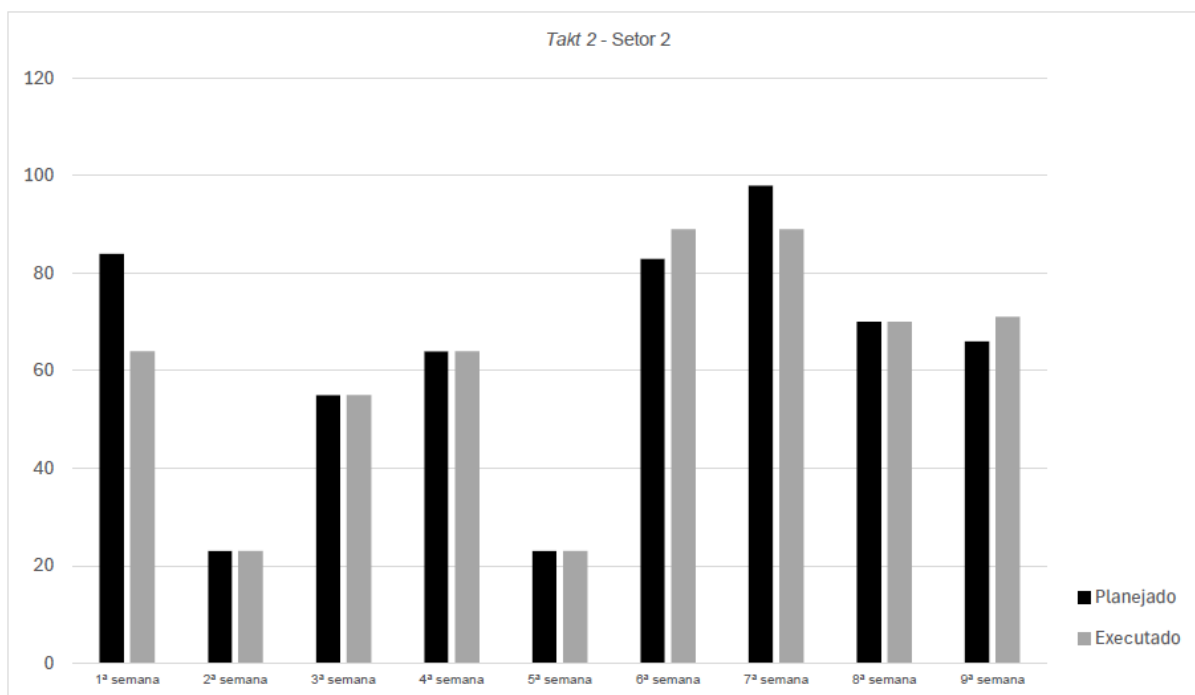
Cronograma de Montagem - Cosntrutora P - Takt 2 - Setor 2										
Prédio	Takt	Semanas	Início	Término	Elemento	Nível	Quantida de Prevista	Soma Semanal (cronograma)	Peças /semana	Soma Semanal (executado)
Setor 2	2		04/05/2022	10/05/2022	Blocoos	-	26		26	
Setor 2	2	1ª semana	04/07/2022	06/07/2022	Pilares	-	18	84	18	64
Setor 2	2		07/07/2022	12/07/2022	Baldrames	-	40		20	
Setor 2	2	2ª semana	13/07/2022	13/07/2022	Paineis Escada	N 01	8	23	8	23
Setor 2	2		14/07/2022	15/07/2022	Vigas	N 01	15		15	
Setor 2	2		18/07/2022	18/07/2022	Paineis laje	N 01	1		1	
Setor 2	2	3ª semana	18/07/2022	18/07/2022	Escadas	N 01	2	55	2	55
Setor 2	2		19/07/2022	21/07/2022	Lajes	N 01	45		45	
Setor 2	2		22/07/2022	22/07/2022	Paineis Escada	N 02	7		7	
Setor 2	2		25/07/2022	25/07/2022	Vigas	N 02	16		16	
Setor 2	2	4ª semana	27/07/2022	27/07/2022	Paineis laje	N 02	1	64	1	64
Setor 2	2		27/07/2022	27/07/2022	Escadas	N 02	2		2	
Setor 2	2		27/07/2022	28/07/2022	Lajes	N 02	45		45	
Setor 2	2	5ª semana	02/08/2022	02/08/2022	Paineis Escada	N 03	7	23	7	23
Setor 2	2		03/08/2022	04/08/2022	Vigas	N 03	14		14	
Setor 2	2		05/08/2022	05/08/2022	Paineis laje	N 03	2		2	
Setor 2	2	6ª semana	08/08/2022	10/08/2022	Lajes	N 03	44	83	44	89
Setor 2	2		11/08/2022	11/08/2022	Pilares	-	4		4	
Setor 2	2		11/08/2022	11/08/2022	Baldrames	-	4		10	
Setor 2	2		11/08/2022	11/08/2022	Vigas	N 01	7		7	
Setor 2	2		12/08/2022	12/08/2022	Lajes	N 01	24		24	
Setor 2	2	7ª semana	15/08/2022	15/08/2022	Vigas	N 02	7	98	7	89
Setor 2	2		15/08/2022	16/08/2022	Lajes	N 02	24		24	
Setor 2	2		16/08/2022	16/08/2022	Vigas	N 03	7		7	
Setor 2	2		17/08/2022	17/08/2022	Lajes	N 03	24		24	
Setor 2	2		18/08/2022	18/08/2022	Vigas	N 04	2		2	
Setor 2	2		18/08/2022	18/08/2022	Pilares	-	4		4	
Setor 2	2		18/08/2022	18/08/2022	Baldrames	-	4		4	
Setor 2	2		19/08/2022	19/08/2022	Vigas	N 01	7		7	
Setor 2	2		19/08/2022	22/08/2022	Lajes	N 01	19		10	
Setor 2	2	8ª semana	22/08/2022	22/08/2022	Vigas	N 02	6	70	6	70
Setor 2	2		23/08/2022	23/08/2022	Lajes	N 02	19		19	
Setor 2	2		23/08/2022	23/08/2022	Vigas	N 03	8		8	
Setor 2	2		24/08/2022	24/08/2022	Lajes	N 03	17		17	
Setor 2	2		24/08/2022	24/08/2022	Vigas	N 04	2		2	
Setor 2	2		24/08/2022	24/08/2022	Baldrames	-	4		4	
Setor 2	2		25/08/2022	25/08/2022	Vigas	N 01	6		6	
Setor 2	2		25/08/2022	25/08/2022	Vigas Escada	N 01	2		2	
Setor 2	2		26/08/2022	26/08/2022	Paineis Laje	N 01	6		6	
Setor 2	2	9ª semana	29/08/2022	29/08/2022	Lajes	N 01	17	66	22	71
Setor 2	2		29/08/2022	29/08/2022	Vigas	N 02	6		6	
Setor 2	2		30/08/2022	30/08/2022	Lajes	N 02	19		19	
Setor 2	2		30/08/2022	30/08/2022	Vigas	N 03	5		5	
Setor 2	2		31/08/2022	31/08/2022	Lajes	N 03	17		17	
Setor 2	2		31/08/2022	31/08/2022	Vigas	N 04	2		2	

Fonte: Adaptado pela autora, (2024).

De acordo, com o acompanhamento do cronograma, foi possível observar atrasos na montagem das peças pré-fabricadas na 1ª e 7ª semana. No entanto, registrou-se um avanço significativo nas 6ª e 9ª semana. Esses padrões de atraso e

progresso são claramente evidenciados no gráfico 6, que ilustra a variação no andamento das atividades ao longo do período analisado.

Gráfico 4: *Takt 2* - Setor 2



Fonte: Autora (2024).

Com a análise dos dados ao longo da execução do projeto de montagem do prédio principal, tornou-se evidente que ocorreram atrasos no cumprimento do cronograma de obra, inicialmente estabelecido. Diante dessa constatação, tornou-se necessário a elaboração de um novo planejamento, mantendo os princípios do *Lean*, porém com ajustes que visavam a correção dos atrasos e à postergação da entrega do projeto.

O prazo de conclusão da montagem de peças pré-fabricas do prédio principal (setor 1 e 2), inicialmente estabelecido para dia 31/08/2022, foi prorrogado para 16/09/2022, seguindo os mesmos critérios da metodologia *Lean*, adotados pela Construtora X.

Destaca-se que a nova data estipulada foi alcançada com êxito, conforme evidenciado no percentual de planejamento concluído, nas imagens demonstradas a seguir. Assim, evidenciando a eficácia das medidas corretivas adotadas e a relevância do novo planejamento estratégico.

Figura 16: Percentual de Planejamento Concluído – Entrega do Prédio Principal

IDENTIFICAÇÃO DO PROJETO										
								19/09/2022 a 23/09/22		
Data de atualização: 26/09/2022										
#	Cód. EAP	Atividade	Planejado			Realizado		Avanço Realizado (%)	Status	Observação
			Início	Término	Avanço Planejado (%)	Início	Término			
1		Montagem de blocos	30/03/22	20/05/22	100,00%	30/03/22	12/08/22	100,00%	●	
2		Montagem de baldrames	30/03/22	26/08/22	100,00%	30/03/22		98,61%	●	Faltam 2 baldrames não montadas para entrada do aterro no piso do térreo
3		Montagem de pilares	11/04/22	26/08/22	100,00%	11/04/22	16/09/22	100,00%	●	
4		Montagem de vigas	18/04/22	16/09/22	100,00%	18/04/22	22/09/22	100,00%	●	
5		Montagem de vigas escada	23/05/22	29/07/22	100,00%	13/06/22	28/08/22	100,00%	●	
6		Montagem de lajes	25/04/22	16/09/22	100,00%	25/04/22	16/09/22	100,00%	●	
7		Montagem de escadas	25/04/22	26/08/22	100,00%	25/04/22	02/09/22	100,00%	●	
8		Montagem de painéis elevador	10/06/22	08/07/22	100,00%	22/06/22	22/07/22	100,00%	●	
9		Montagem de painéis escada	18/04/22	19/08/22	100,00%	18/04/22	16/09/22	100,00%	●	
10		Montagem de painéis laje	25/04/22	12/08/22	100,00%	25/04/22	16/09/22	100,00%	●	

Fonte: Construtora X (2022).

5.1.1 Análise crítica sobre o estudo de caso

É possível constatar que a metodologia adotada pela Construtora X, não alcançou plenamente o êxito esperado, e um dos motivos constatados é a condição climática adversas que impediram a execução da obra ou de atrasos na fabricação e logística de envio de peças. No entanto, ressalta-se que o controle rigoroso do planejamento e a busca incessante pela melhora contínua estão intrinsecamente enraizados na abordagem da construtora. Esta constante disposição em identificar, analisar e aprimorar processos demonstra um compromisso genuíno com a excelência operacional e a entrega de resultados de alta qualidade.

6. CONCLUSÃO

A aplicação da metodologia *Lean Construction* demonstrou ser uma abordagem eficaz para otimizar os processos de montagem de pré-fabricados na construção civil. Esse estudo de caso permitiu avaliar os impactos da implementação de conceitos como *Takt-Time*, Percentual de Planejamento Concluído (PPC) e Linha de Balanço no gerenciamento das atividades.

Durante o desenvolvimento deste, ficou evidente que o setor da construção civil ainda mantém processos arcaicos e desatualizados, prejudicando a eficiência operacional e a otimização de recursos. No entanto, a abordagem *Lean Construction* apresenta-se uma alternativa promissora para lidar com a realidade.

A aplicação prática dos princípios Lean neste estudo de caso demonstrou que é possível o alcance das metas estabelecida e resultados positivos. A definição e utilização do *Takt-Time*, por exemplo, permitiu estabelecer um ritmo adequado de produção, alinhar os fluxos e envolver os envolvidos no comprometimento com os objetivos.

Além disso, o acompanhamento do Percentual de Planejamento Concluído (PPC) e a utilização da ferramenta linha de balanço possibilitaram um melhor controle e monitoramento das atividades, identificando os desvios e oportunidade de melhoria durante a execução da obra.

Portanto, conclui-se que a filosofia *Lean Construction*, com seu foco na eliminação de desperdícios e na otimização de processos, apresenta-se como uma metodologia de gestão eficaz para a indústria da construção civil. Sua aplicação no sistema de montagem de pré-fabricados demonstrou ser capaz de aumentar a eficiência, melhorar a qualidade e impulsionar a produtividade, aspectos fundamentais para o setor enfrentar os desafios atuais e manter sua competitividade no mercado.

6.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Com base nos resultados e observações deste estudo de caso sobre a aplicação da metodologia *Lean Construction* na montagem de pré-fabricados, algumas direções para futuros trabalhos são recomendadas. Sugere-se o acompanhamento contínuo da aplicação da metodologia *Lean*, analisando prazos e

investigando se a eficiência e a produtividade continuam a melhorar ou se estabilizam com o tempo. Além disso, é essencial desenvolver estratégias de mitigação que permitam a continuidade da execução da obra sob diferentes condições climáticas.

Outra área de foco é a otimização da logística e da cadeia de suprimentos de peças pré-fabricadas, visando melhorias na coordenação e a pontualidade nas entregas, evitando atrasos.

Adicionalmente, recomenda-se investigar a integração da metodologia Lean com tecnologias avançadas, como o BIM (Building Information Modeling), no contexto específico da montagem de pré-fabricados. Dessa forma, avaliando como essas tecnologias podem melhorar ainda mais o controle e a eficiência dos processos.

Por fim, é importante realizar estudos comparativos com outros projetos que não utilizem a metodologia *Lean*, comparando os resultados em termo de eficiência, produtividade, qualidade e redução de desperdícios, para destacar os benefícios desta. Essas sugestões visam aprofundar o entendimento e a eficácia da metodologia *Lean Construction* na montagem de pré-fabricados. Sendo que a implementação dessas direções futuras poderá contribuir significativamente para evolução contínua e a excelência operacional no setor da construção civil.

REFERÊNCIAS

ANTUNES, J.; ALVAREZ, R.; PELLEGRIN, I; KLIPPEL, M.; BORTOLOTTI, P. **Sistemas de produção: conceitos e práticas para projeto e gestão da produção enxuta**. Porto Alegre: Bookman, 2008. 326 p.

AKKARI, A.M.P. **Interligação entre o planejamento de longo, médio e curto prazo com o uso do pacote computacional MS Project**. Porto Alegre: UFRGS, 2000.

BALLARD G. **The Last Planner System of Production Control**. Berkeley, California, 2000.

BATTISTI, Patricia Stafusa Sala et al. **O uso da tecnologia no tratamento estatístico em pesquisas na área de secretariado executivo**. Revista Capital Científico-Eletrônica (RCCe)-ISSN 2177-4153, v. 13, n. 1, p. 77-94, 2015.

COSTA B. **Estudo sobre os ganhos obtidos com a adoção do Last Planner System aplicado ao planejamento e controle na construção de uma hidrelétrica de grande porte**. UFRJ Escola Politécnica, Rio de Janeiro, 2017

DESCHAMPS, Ramon R. **Melhoria sistemática do planejamento e controle de uma construtora em nível tático-estratégico utilizado conceitos do lean construction**. TCC de Engenharia de Produção. UFSC.2015.

ERNEST & YOUNG. **Estudo sobre a produtividade na construção civil: desafios e tendências no Brasil**, 2014.

FRANDSON, A., BERGHEDE, K, K. & TOMMELEIN, I. D. 2013. **Takt Time Planning for Construction of Exterior Cladding**. *21th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, 527-536.

GONÇALVES W. **Utilização de técnicas Lean e Just in Time na Gestão de Empreendimentos e Obras**. Dissertação, Universidade técnica de Lisboa, Portugal, 2009.

GHINATO, P. **Fundamentos do Sistema Toyota de produção**. 2000.

KOSKELA, L. (1992). Relatório Técnico 72 – Aplicação da Nova Filosofia de Produção à construção. Helsinque, Centro de Pesquisa Técnica da Finlândia.

LIKER, J. K. **O modelo Toyota: 14 Princípios de gestão do maior fabricante do mundo**. 1 ed. Porto Alegre, 2005.

MATTOS, A. D. **Planejamento e Controle de Obras**. São Paulo, Pini, 2010.

MOURA, Artur. **Planejando com lean construction: diretrizes para implementação da construção enxuta em obras**. 2015. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

KOSKELA L.; **Application of the new production philosophy to construction**. Technical Report. Finland VTT Building Techlogy. Finland, 1992.

LUTZ, JD; HALPIN, D. W. Analisando operações de construção linear usando simulação e linha de equilíbrio. Registro de Pesquisa de Transporte, n. 1351, pág. 48-56, 1992.

HOWELL, G. **What is Lean Construction**. In: Annual Conference of the Internacional Group for Lean Construction, 7., 1999, Berkeley.

MOREIRA, M.; BERNARDES S. **Planejamento e controle da produção para empresas de construção civil**. Rio de Janeiro, 2012.

MOREIRA, M.; BERNARDES S. **Planejamento e controle da produção para empresas de construção civil**. Rio de Janeiro, 2012. <https://seer.upf.br/index.php/ser/article/view/2329>. Acesso: 07/06/2024.

OHNO T. O Sistema Toyota de produção – Além da produção em Larga Escala. São Paulo, 1997.

OLIVEIRA, L. V.; BONATO, S. V.; CASSEL, R. A.; CATEN, C. S. T. **Utilização do conceito de gargalos em uma linha de produção - uma análise da interpretação do conceito**. Anais do XXXV Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2015.

OLIVEIRA, E. H. **Lean Construction: O Princípio do TAKT**. Mogi das Cruzes, SP: Editora Bookess, 2018.

PACHECO J. **Caminhos para a inclusão: um guia para o aprimoramento da equipe escolar**. Porto Alegre: Artmed. 2006.

PICCHI F. **Oportunidades da aplicação do Lean Thinking na construção**. Ambiente Construído, v. 3, n. 1, p 7-23. Porto Alegre, 2003.

PICCHI F. **Lean Principles and the construction main flows**. Brington UK, 2000.

ROCHA, J. C. **Precarização do trabalho e risco de acidentes na construção civil: um estudo com base na Análise Coletiva do Trabalho (ACT)**. *Revista de Administração de Empresas*. 2004.

SHINGO S. **O sistema Toyota de Produção – Do ponto de vista da Engenharia de Produção**. Porto Alegre, 1996.

VENTURI J.; **Propostas de ações baseadas nos 11 princípios Lean Construction para implantação em um canteiro de obras em Santa Maria**. Trabalho de conclusão de curso. Santa Maria, 2015.

SINAPI, **Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil**. Disponível em: <https://www.caixa.gov.br/poder-publico/modernizacao-gestao/sinapi/Paginas/default.aspx>. Acesso em: 10, marc. 2023

SOUTO, Rodrigo da Silveira. **Aplicação de princípios e conceitos do Sistema Toyota de Produção em uma etapa construtiva de uma empresa de construção civil**. 2000.

SINDUSCON-SC.; **Produtividade na construção**. Santa Catarina, 2022. Relatório técnico.

SHARMA, A. & MOODY, P. E. **A máquina perfeita**. São Paulo: Prentice Hall, 2003.

SOINI, Mika; LESKELÄ, Ilkka; SEPPÄNEN, Olli. **Implementação de sistema de agendamento e controle de projetos baseado em linha de equilíbrio em uma grande construtora**. In: Anais da 12ª Conferência Anual do Grupo Internacional para Construção Enxuta. 2004.

VARGAS, Brenda Horna. **Aplicabilidade do Método da Linha de Balanço em obras industriais: estudo de caso para a Obra Industrial**. Revista da Graduação, v. 2, n. 2, 2009.

WOOD, Jr., T. **Fordismo, Toyotismo e Volvismo: os caminhos da indústria em busca do tempo perdido**. *Revista de Administração de Empresas*, 2001.