

ANÁLISE DA IMPLANTAÇÃO DA FERRAMENTA LEAN CONSTRUCTION COM ÊNFASE EM TAKT PLANNING EM UM CONDOMÍNIO RESIDENCIAL MULTIFAMILIAR

PEREIRA, Jamille Vitoria Pires¹

BALDUÍNO, Rodrigo Thkatchuka²

RESUMO: Este trabalho aborda a aplicação dos princípios e ferramentas da filosofia *Lean Construction*, com ênfase no sistema *Takt Planning*, na execução de serviços de uma obra residencial multifamiliar. Diante dos desafios enfrentados no setor da construção civil, como atrasos no cronograma e desperdícios, o estudo tem como objetivo verificar a eficácia da metodologia *Lean* para reestruturar processos, recuperar prazos e melhorar a qualidade dos serviços. A pesquisa foi conduzida por meio de um estudo de caso em um empreendimento composto por torres construídas com paredes de concreto. Foram implementadas ferramentas como o *Takt Time*, 5S, linha de balanço e planos de ação específicos, com apoio da gestão da obra. A metodologia utilizada combinou abordagens quantitativas e qualitativas, com coleta de dados por observação direta e aplicação prática das melhorias propostas. Os resultados evidenciam ganhos em produtividade, organização e racionalização dos recursos, contribuindo para a padronização das atividades, redução de perdas e maior eficiência na execução dos serviços.

PALAVRAS-CHAVE: Lean Construction. Takt Planning. Planejamento. Produtividade.

ABSTRACT: This study addresses the application of the principles and tools of the Lean Construction philosophy, with emphasis on the Takt Planning system, in the execution of services for a multifamily residential project. Given the challenges faced in the construction sector, such as schedule delays and waste, the research aims to evaluate the effectiveness of the Lean methodology in restructuring processes, recovering deadlines, and improving service quality. The study was conducted through a case study in a development consisting of towers built with concrete walls. Tools such as Takt Time, 5S, Line of Balance, and specific action plans were implemented with the support of the project management team. The methodology combined quantitative and qualitative approaches, including data collection through direct observation and the practical application of the proposed improvements. The results demonstrate gains in productivity, organization, and resource rationalization, contributing to the standardization of activities, reduction of waste, and increased efficiency in service execution.

KEYWORDS: Lean Construction. Takt Planning. Planning. Productivity.

1 INTRODUÇÃO

A baixa produtividade e os recorrentes atrasos na entrega de edificações continuam sendo um dos maiores desafios da construção civil, especialmente considerando que o canteiro de obras representa uma fonte constante de custos. Conforme destaca Pereira (2012), os atrasos não geram apenas prejuízos diretos, mas também provocam impactos financeiros e comerciais indiretos, como a perda de

¹ Graduanda de Engenharia Civil no Centro Universitário Campo Real. Engc-jamillepereira@camporeal.edu.br

² Graduado em Engenharia Civil. Professor no Centro Universitário do Campo Real. prof_rodrigobalduino@camporeal.edu.br

credibilidade no mercado, dificuldades no fluxo de caixa, cancelamento de contratos e até necessidade de indenizações. Além disso, Mutti et al. (2014) mencionam que os atrasos podem causar efeitos menos perceptíveis, como o aumento no preço dos insumos e materiais, alterando significativamente o custo final da obra em relação ao orçamento inicial. Já Carvalho et al. (2021) enfatizam que as principais causas desses atrasos estão ligadas à deficiência na gestão, seja de suprimentos, de equipes, de projetos ou de fatores climáticos, refletindo de forma mais ampla, a falta de consistência no planejamento.

Assim, um planejamento de obras bem estruturado contribui não apenas para o cumprimento de prazos, mas também para a redução de desperdícios e o aprimoramento do controle executivo. Nesse sentido, torna-se essencial a adoção de metodologias que aprimorem o processo de planejamento e gestão, visto que profissionais que dominam tais práticas têm sua atuação valorizada no mercado (Bedin, 2017). Diante desse cenário, torna-se fundamental a busca por métodos que tornem a execução das obras mais eficiente, previsível e sustentável. A aplicação dessa metodologia à construção civil representa uma adaptação estratégica que, ao focar na eliminação de perdas e na otimização do fluxo de trabalho, pode transformar significativamente os processos de planejamento e execução.

Uma das estratégias adotadas por diversas empresas do setor para elevar sua competitividade e consolidar sua atuação no mercado tem sido a incorporação da filosofia *Lean Construction* (Construção Enxuta) em seus processos, segundo (CAMPOS; AZEVEDO, 2021). A filosofia *Lean Construction* tem sua origem no *Lean Thinking* (pensamento enxuto), conceito desenvolvido por Taiichi Ohno, diretor da Toyota Motor Company, com o objetivo de aprimorar os processos produtivos e eliminar desperdícios, especialmente em um contexto de crise industrial (OHNO, 1997). O Sistema Toyota de Produção baseia-se em uma filosofia que prioriza rapidez no atendimento ao cliente, baixo custo e alta qualidade. Para alcançar esses objetivos, a Toyota estabeleceu dois pilares fundamentais: o *Just in Time*, traduzindo em japonês as palavras significam “no momento certo”, que garante entregas no momento e na quantidade exata, evitando estoques e atrasos, e o *Jidoka*, voltado à melhoria contínua e à eliminação de desperdícios (OLIVEIRA, 2016).

Segundo Ohno (1997), em um processo de fluxo eficiente, as peças certas devem chegar à linha de montagem exatamente no momento e na quantidade necessárias. Quando uma empresa consegue atingir esse nível de sincronização, é

possível operar praticamente sem estoques, o que representa a condição ideal sob a ótica produtiva. O conceito de Just in Time evoluiu para abranger não apenas a eliminação de desperdícios, mas também a criação de um fluxo produtivo equilibrado e contínuo. Assim, sua aplicação permite reduzir estoques, diminuir custos e melhorar a qualidade em comparação aos modelos tradicionais de produção.

Essa abordagem foi consolidada no Sistema Toyota de Produção (TPS), que serviu de base para a adaptação dos princípios enxutos à construção civil, onde os fundamentos do Lean foram introduzidos a partir do trabalho de Lauri Koskela, o Relatório Técnico nº. 72 – *Application of the New Production Philosophy to Construction*, publicado pelo CIFE – *Center for Integrated Facility Engineering*.

Segundo Koskela (1992), uma das principais contribuições da Lean Construction para o setor está na mudança de paradigma quanto à visão do processo produtivo. Em vez de encarar a produção apenas como uma sequência de atividades de conversão, a abordagem enxuta reconhece e valoriza também as atividades de suporte ao fluxo, como transporte de materiais, tempo de espera e inspeções que, muitas vezes são negligenciadas no planejamento convencional, mas que impactam diretamente na eficiência do sistema como um todo.

Segundo Barros (2014), o fluxo contínuo possibilita que os lotes construtivos sejam produzidos de forma encadeada e equilibrada. O autor também destaca que, quanto menor for o tamanho do lote de produção, mais rapidamente as falhas são identificadas, exigindo, por consequência, maior estabilidade nos processos. O principal objetivo da implementação do fluxo contínuo é evitar interrupções e reinícios no processo produtivo. A adoção desse princípio resulta em uma expressiva diminuição dos períodos de inatividade, na eliminação de estoques em processo e na identificação imediata de não conformidades (KOSAKA, 2006). De acordo com Liker (2004), a aplicação do fluxo contínuo pode gerar diversos benefícios ao sistema produtivo, como o aumento da qualidade, maior flexibilidade e redução dos custos relacionados a estoques.

Assim, o *takt time* (TT) está diretamente vinculado à demanda do mercado e ao tempo efetivamente disponível para a produção considerando o período de trabalho descontadas as pausas programadas. Em outras palavras, ele representa o ritmo de produção necessário para atender à demanda do cliente. De forma matemática, o TT é obtido pela divisão do tempo disponível de produção pelo número de unidades que devem ser produzidas. De acordo com Frandson et al. (2013), o Takt

Time Planning (TTP) é um método de planejamento da produção que busca garantir um fluxo contínuo e estável do processo produtivo. Já conforme Vatne e Drevland (2016), essa abordagem tem como finalidade elevar a produtividade, minimizar desperdícios e reduzir os custos de construção. Esses resultados são obtidos por meio da otimização dos pacotes de trabalho e do dimensionamento adequado das equipes para atender ao ritmo de produção planejado.

Espera-se que implantação das metodologias da gestão *lean* com ênfase no Takt Planning possa resultar em reestruturação dos processos, podendo garantir um fluxo contínuo das atividades, aumento da eficiência na logística de materiais e recursos, melhorando a produtividade das equipes, e conseqüentemente o cumprimento de prazos, redução de desperdícios e custos e melhoria na qualidade da construção.

Este trabalho tem objetivo geral verificar a eficácia da aplicação da ferramenta *Takt Planning* da filosofia *Lean Construction* na execução de serviços de uma obra residencial multifamiliar, com foco no planejamento e controle da produção, cumprimento do prazo de entrega e a melhoria na qualidade dos serviços. Sendo como objetivo específico realizar o planejamento tendo como referência o cronograma macro da obra, utilizando a metodologia do *Takt Time Planning*, permitindo que cada etapa seja realizada de forma equilibrada e dentro do tempo planejado.

Além disso, será implementada a ferramenta 5S, composta pelas etapas Seiri (Utilização), Seiton (Organização), Seisō (Limpeza), Seiketsu (Padronização) e Shitsuke (Disciplina), visando organizar o canteiro de obras, reduzir desperdícios e aumentar a eficiência das equipes. De acordo com Costa e Rosa (1999), a ferramenta busca promover melhorias na organização e na limpeza do canteiro de obras, além de estimular uma mudança de mentalidade dos envolvidos quanto à identificação e redução de desperdícios. Será elaborado também um plano de ação para a implementação das melhorias necessárias, garantindo que as mudanças sejam aplicadas de forma estruturada e contínua. Para o acompanhamento do progresso, será utilizada a linha de balanço, ferramenta que permite visualizar e controlar o ritmo de produção das atividades, identificando possíveis desvios e possibilitando ajustes para manter o fluxo planejado.

2 METODOLOGIA

A presente pesquisa caracteriza-se como aplicada, uma vez que teve como finalidade analisar e implementar uma filosofia inovadora voltada ao planejamento e controle de obras. Quanto aos seus objetivos, trata-se de uma pesquisa exploratória, pois busca proporcionar maior familiaridade com o problema e torná-lo mais explícito (GIL, 2008). A abordagem adotada foi quantitativa e qualitativa, permitindo tanto a quantificação de dados por meio de análises objetivas quanto interpretações analíticas mais aprofundadas. A estratégia metodológica escolhida foi o estudo de caso, possibilitando a investigação detalhada de um contexto específico.

Quando se iniciou a pesquisa, a obra encontrava-se em uma fase propícia para a implementação das práticas *lean*: havia concluído a etapa de estruturas de parede de concreto e já estava executando os serviços subsequentes. Esse estágio do cronograma foi considerado oportuno, uma vez que ainda era possível interferir de forma significativa na organização dos processos produtivos, promovendo ajustes e melhorias nos métodos executivos com base nos conceitos de redução de desperdícios, melhoria contínua e valorização do fluxo de trabalho.

O empreendimento analisado neste estudo pertence ao segmento de habitação de interesse econômico, voltado à oferta de unidades residenciais com padrão acessível e boa eficiência construtiva. A obra analisada consiste na construção de um conjunto habitacional composto por 21 torres, das quais 11 pertencem ao primeiro módulo, onde foi realizada a pesquisa (torres P, Q, R, S, T, U, O, M, K, I e G), e 10 localizadas no segundo módulo, na qual o início previsto é em novembro de 2025, assim, o estudo concentra-se exclusivamente no primeiro módulo, que compreende as 11 torres mencionadas. Todas as edificações utilizam o sistema construtivo de paredes de concreto, composto por um pavimento térreo e três pavimentos tipo. Cada pavimento é dividido em duas alas, contendo dois apartamentos em cada ala com 45 m² de área privativa cada apartamento, totalizando quatro apartamentos por pavimento. O térreo de cada torre também possui dois apartamentos com jardim privativo externo com 47 m², totalizando 176 unidades privativas para as 11 torres. O empreendimento não possui subsolo, e as vagas de estacionamento são descobertas, localizadas no entorno das torres.

A figura 1 ilustra um apartamento tipo e figura 2 ilustra um exemplo de apartamento do térreo.

Figura 1 - Apartamento sem área privada



Fonte: Banco de dados da empresa (2023).

Figura 2 – Apartamento com área privada



Fonte: Banco de dados da empresa (2023).

A empresa responsável pela execução da obra, deu início a um programa interno voltado à aplicação dos princípios da filosofia *Lean Construction* em seus processos construtivos. Essa iniciativa teve como principal objetivo promover melhorias no planejamento, controle e execução das atividades nos canteiros de obras, visando o aumento da produtividade, a redução de desperdícios e a padronização de boas práticas organizacionais. A obra em que foi feita a realização deste estudo é ideal por se tratar de um empreendimento com canteiro de obras extenso, dispondo de equipamentos que possibilitaram uma logística de execução eficiente.

A obra em estudo teve seu início em fevereiro de 2023, com prazo contratual de execução estabelecido em 36 meses, tendo como previsão de entrega o mês de fevereiro de 2026. O período de análise deste trabalho abrange, principalmente, as etapas intermediárias da construção, com foco nas atividades relacionadas à fase dos serviços de acabamento.

Dentre os serviços contemplados no escopo da pesquisa, destacam-se as seguintes atividades construtivas, todas fundamentais para a finalização das unidades habitacionais:

Figura 3 – Atividades contempladas no escopo da pesquisa

▾ FASE1-BLOCO - BLOCOS DE UNIDADES PRIVATIVA
▾ ST100 - SERVICOS INTERNOS - TIPOS
▷ CP01 - GUARDA CORPO, JANELA, CHURRASQUEIRA
▷ CP02 - PRUMADAS HIDRÁULICAS
▷ CP03 - RAMAL HIDRÁULICO
▷ CP04 - BUFFER
▷ CP05 - MASSA NIVELADORA
▷ CP06 - DRYWALL
▷ CP07 - IMPERMEABILIZAÇÃO
▷ CP08 - BUFFER
▷ CP09 - AZULEJO & PORCELANATO
▷ CP10 - REJUNTE E PROTEÇÃO
▷ CP11 - PINTURA INTERNA INICIAL
▷ CP12 - BUFFER
▷ CP13 - LIMPEZA INTERNA INICIAL
▷ CP14 - INSPEÇÃO INTERNA INICIAL
▷ CP15 - PORTA & LAMINADO
▷ CP16 - BUFFER
▷ CP17 - INSATAÇÃO ELETRECIDADE
▷ CP18 - PINTURA INTERNA FINAL
▷ CP19 - LOUÇAS E METAIS
▷ CP20 - BUFFER
▷ CP21 - LIMPEZA INTERNA FINAL, INSTALAÇÃO DE GÁS, INSTALAÇÃO LAZER, INSPEÇÃO INTERNA
▷ CP22 - INSPEÇÃO INTERNA E CORREÇÃO INTERNA

Fonte: Banco de dados da empresa (2025).

Segundo Ballard e Howell (2003), o sistema tradicional tende a incorporar buffers ao longo do processo produtivo, inserindo estoques intermediários como forma de proteção contra incertezas. Essas reservas podem envolver informações, produtos, matéria-prima, espaço ou tempo. Diante da dificuldade que empresas de engenharia, arquitetura ou prestadoras de serviços têm em prever a variabilidade ou os riscos presentes em suas atividades, muitas acabam recorrendo à manutenção desses inventários como única alternativa para garantir continuidade e segurança no fluxo de trabalho. No caso deste planejamento, a diretoria adotou que o buffer contemplará a mesma duração das outras células de produção.

2.1 MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR

Segundo Arantes (2008), dentro de uma organização podem ser identificados dois tipos principais de fluxos: o fluxo de projeto, que abrange todas as etapas desde a concepção do produto até sua comercialização, e o fluxo de produção, que envolve o deslocamento de materiais e informações desde os fornecedores até o cliente final. É nesse segundo fluxo que o mapeamento se torna fundamental. A ferramenta de mapeamento do fluxo de valor possibilita uma visão integrada de todas as etapas percorridas pelo produto dentro da empresa, considerando tanto os fluxos físicos quanto os fluxos de informação, permitindo reconhecer pontos que geram desperdícios ou interrupções no processo. De modo geral, o mapeamento do fluxo de valor caracteriza-se por ser uma ferramenta de aplicação relativamente simples, porém extremamente eficaz para aprimorar os processos produtivos, ao evidenciar etapas que podem ser otimizadas e que contribuem para a eliminação de desperdícios.

Esta etapa teve como principal objetivo identificar oportunidades de melhoria relacionadas ao fluxo de pessoas e materiais no canteiro de obras. A intenção foi compreender de que forma as movimentações desnecessárias e os tempos de espera poderiam ser reduzidos, contribuindo assim para o aumento da eficiência operacional. A partir dessa análise, buscou-se avaliar a eficácia do planejamento em vigor na obra e propor ajustes alinhados aos princípios da filosofia *Lean Construction*.

O diagnóstico foi conduzido por meio da coleta de dados diretos, adotando uma abordagem de observação, o pesquisador esteve presente em todo o tempo de observação para coleta de dados. Durante esse tempo, foram registradas informações

relevantes sobre o estágio executivo da obra, os desafios enfrentados durante a execução dos serviços, o planejamento de aquisição de materiais e contratação de mão de obra, bem como o layout do canteiro e a distribuição das equipes por frente de serviço.

A partir das informações levantadas, foi realizada uma reunião com a diretoria da empresa e os demais envolvidos do setor da engenharia, o pesquisador desenvolveu uma proposta inicial de layout do canteiro de obras, modelada em duas dimensões (2D) por meio do software Autocad 2025. O projeto teve como objetivo principal a organização eficiente dos espaços, abrangendo as áreas de vivência, setores de estoque e zonas de descarga, com o objetivo de otimizar o fluxo logístico, melhorar a segurança e aumentar a produtividade no canteiro de obras.

2.2 FERRAMENTA 5S

O objetivo desta etapa foi promover a limpeza, a organização e a padronização dos ambientes de armazenamento e execução dos serviços internos das torres. Antes do início de cada pacote de trabalho, as equipes foram orientadas a manter o ambiente limpo, organizado e funcional diariamente, assegurando que os materiais, ferramentas e espaços de circulação estivessem devidamente dispostos para otimizar o fluxo de trabalho.

Para prevenir o descumprimento dessa rotina e garantir a continuidade das boas práticas, tornou-se obrigatório o esclarecimento desta exigência antes da contratação dos serviços. Além disso, com o objetivo de dar sustentação jurídica e formalizar a responsabilidade das equipes, a manutenção da organização diária foi incorporada como cláusula obrigatória nos contratos de prestação de serviço.

2.3 TAKT PLANNING

Em paralelo ao planejamento do layout e da logística iniciou-se o processo repartição do projeto em etapas, por meio da implantação dos conceitos da metodologia Takt Planning, que se baseia em sistema contínuo que consiste na produção de um item por vez, em que cada “etapa” é transferida diretamente de um processo para o seguinte, sem interrupções no fluxo produtivo (SANTOS, 2019).

2.3.1 Célula de Produção

De acordo com Rother e Harris (2002), uma célula de produção consiste na disposição integrada de pessoas, máquinas, materiais e métodos, de forma que as etapas do processo ocorram de maneira sequencial e próxima, possibilitando o processamento das partes em um fluxo contínuo. Para o planejamento das células de produção foi realizada a identificação das atividades fundamentais para a finalização das unidades habitacionais, considera-se a obra como uma grande célula de produção, composta por diversas estações de trabalho interdependentes e em fluxo contínuo. Dentro dessa grande célula, a empresa buscou dividir a obra em células menores, com o objetivo de controlar melhor cada etapa, sem comprometer o conceito original da ferramenta.

A utilização de células, caracterizada pela organização de materiais e equipamentos conforme uma linha de fluxo que conecta as tarefas, bem como as pessoas responsáveis por sua execução, considerando tempo, espaço e informação. Na construção civil, deriva-se dos expressivos benefícios já consolidados na indústria de manufatura, como a redução de estoques de matéria-prima e de produtos em processo, diminuição dos tempos de atravessamento, menor demanda de mão de obra direta e indireta, além da queda nos índices de retrabalho, atrasos e custos relacionados a ferramentas e à qualidade. Entretanto, a transposição desses princípios para o setor da construção não ocorre de maneira automática, exigindo adaptações específicas para que sua implementação seja efetivamente alcançada em nível pleno (RABELO, 2012).

Pode-se considerar como uma sub célula de produção o processo de obra bruta, uma vez que a empresa optou por contratar uma única empresa para executar cada serviço que integram essa etapa, garantindo coordenação e continuidade no fluxo de trabalho. Depois, por meio dos projetos executivos, foram levantados os quantitativos de materiais para cada serviço, como era um serviço que já estava em execução, foi possível consolidar o consumo que a obra estava tendo com o projeto executivo, se houvesse desvios foi possível identificar, obtendo a validação por apartamento, pavimento e por torre, como mostra na figura 4:

Figura 4 – Planilha com levantamentos de quantitativos

PRUMADAS E INSTALAÇÕES					
Insumos	Unidade	Quantidade P/ APARTAMENTO	Quantidade P/ PAVIMENTO	Quantidade P/ TORRE	Total
ÁGUA FRIA					
REGISTRO DE GAVETA 3/4 DRYWALL	UN	1,00	4,00	16,00	176,00
REGISTRO DE GAVETA 3/4	UN	1,00	4,00	16,00	176,00
REGISTRO DE PRESSÃO 3/4	UN	1,00	4,00	16,00	176,00
ADAPTADOR SOL CURTO COM ROSCA 25X3/4	UN	5,00	20,00	80,00	880,00
VEDA ROSCA	UN	1,00	4,00	16,00	176,00
LUVA C/ BUCHA LATÃO DN 25X3/4 AZUL	UN	1,00	4,00	16,00	176,00
LUVA C/ BUCHA LATÃO DN 25 X 1/2 AZUL	UN	4,00	16,00	64,00	704,00
TE SOL 25	UN	4,00	16,00	64,00	704,00
JOELHO SOL 45° DN 25	UN	4,00	16,00	64,00	704,00
JOELHO SOL 90° DN 25	UN	11,00	44,00	176,00	1936,00
JOELHO AZUL 90 DN 25 X 1/2	UN	1,00	4,00	16,00	176,00
LIXA 80	UN	1,00	4,00	16,00	176,00
ADESIVO	L	0,06	0,25	1,00	11,00
PLUG ROSQUEAVEL DN 1/2	UN	2,00	4,00	16,00	176,00
TUBO SOL DN 25	UN	4,00	16,00	64,00	704,00
ESGOTO					
LUVA ESG DN 50	UN	3,00	12,00	48,00	528,00
LUVA ESG DN 75	UN	3,00	12,00	48,00	528,00
LUVA ESG DN 100	UN	3,00	12,00	48,00	528,00

Fonte: O autor (2025)

Observa-se no planejamento que as tarefas referentes à acabamentos foram divididas em pacotes de serviço, formando a célula dessas atividades. Todas as atividades estão interligadas de forma imediata, ou seja, assim que a execução de um pavimento é concluída, a tarefa subsequente deve estar totalmente preparada para iniciar, com insumos e mão de obra disponíveis, caracterizando a fase de ensaio de recursos. Durante essa fase, também é definido o lote de produção, que corresponde às tarefas que compõem cada pacote de serviço e que precisam ser concluídas para que o fluxo de trabalho continue de forma adequada. Dessa forma, garante-se que a equipe possa avançar para o próximo posto de trabalho sem deixar retrabalhos ou tarefas pendentes, mantendo a continuidade e eficiência do fluxo produtivo.

Após a definição das equipes e do prazo de execução, a principal preocupação é o cumprimento do ciclo de produção. Como a obra possui pavimentos tipo, as equipes realizam tarefas repetitivas, passando de um posto para outro. O controle da célula é feito diretamente no planejamento do MS Project (Figura 5), indicando o momento de compra de materiais e contratação de mão de obra, evitando atrasos e estoques excessivos.

2.3.2 Takt Time

Adotado o ritmo takt time para a execução dos serviços, a quantidade de recursos em cada pacote de trabalho é variada com objetivo de manter a duração dos pacotes de trabalho niveladas ao Takt Time. Como não havia índices de produtividade anteriores, foi estimado as durações do takt time através do cálculo:

$$Takt\ Time = \frac{Tempo\ Disponível\ para\ Produção}{Demanda\ (Unidades\ a\ Produzir)}$$

$$Takt\ Time = \frac{176\ dias}{44\ pavimento} = 4\ dias\ por\ pavimento$$

Foi definido para esta obra um ciclo de quatro dias de trabalho para a execução dos pavimentos, como mostra na figura 5. Dessa forma, os serviços subsequentes devem seguir o mesmo ritmo de execução, garantindo que não ocorram interrupções devido à falta de frentes de serviço ou à descontinuidade causada pela distância entre as etapas.

Figura 5 – Definição da célula de produção e *takt time*.

▲ CP05 - NIVELADORA	176 dias
▲ CP05-BLOCO P	16 dias
CP05-BLOCO P-01PAV	4 dias
CP05-BLOCO P-02PAV	4 dias
CP05-BLOCO P-03PAV	4 dias
CP05-BLOCO P-04PAV	4 dias
▲ CP05-BLOCO Q	16 dias
CP05-BLOCO Q-01PAV	4 dias
CP05-BLOCO Q-02PAV	4 dias
CP05-BLOCO Q-03PAV	4 dias
CP05-BLOCO Q-04PAV	4 dias
▲ CP05-BLOCO R	16 dias
CP05-BLOCO R-01PAV	4 dias
CP05-BLOCO R-02PAV	4 dias
CP05-BLOCO R-03PAV	4 dias
CP05-BLOCO R-04PAV	4 dias
▲ CP05-BLOCO S	16 dias
CP05-BLOCO S-01PAV	4 dias
CP05-BLOCO S-02PAV	4 dias
CP05-BLOCO S-03PAV	4 dias
CP05-BLOCO S-04PAV	4 dias
▲ CP05-BLOCO T	16 dias
CP05-BLOCO T-01PAV	4 dias
CP05-BLOCO T-02PAV	4 dias
CP05-BLOCO T-03PAV	4 dias
CP05-BLOCO T-04PAV	4 dias
▲ CP05-BLOCO U	16 dias
CP05-BLOCO U-01PAV	4 dias
CP05-BLOCO U-02PAV	4 dias

Fonte: Banco de dados da empresa (2025).

Observa-se, no planejamento realizado por meio do MS Project, que a célula de produção é controlada utilizando o takt time. A nomenclatura “CP05” corresponde à célula de produção de número cinco, enquanto “BLOCO P” indica o bloco ao qual a atividade analisada pertence. Em seguida, a identificação “01PAV” representa o pavimento específico ao qual a tarefa se refere, permitindo uma leitura organizada e padronizada da programação.

2.3.3 Linha de balanço

A linha de balanço é uma metodologia de planejamento voltada principalmente para empreendimentos que apresentam atividades repetitivas ao longo de sua execução. Essa técnica utiliza um gráfico bidimensional, no qual o eixo horizontal costuma representar o tempo, enquanto o eixo vertical indica as unidades repetitivas, ou seja, os espaços que se reproduzem diversas vezes dentro da obra. Nesse tipo de representação, define-se o ritmo previsto para cada atividade considerando o volume de trabalho, o desempenho produtivo das equipes e o tamanho dos times envolvidos. Dessa forma, é possível visualizar a sequência e a cadência de execução dos serviços. (PACHECO, 2006).

A linha de balanço foi elaborada com base nos ciclos de produção definidos a partir do planejamento takt time da obra, aliados aos ciclos estabelecidos no planejamento de longo prazo do empreendimento. Esse instrumento funciona como referência para o planejamento semanal das atividades posteriores à etapa de estruturas. Por meio do monitoramento contínuo do progresso desses serviços na linha de balanço, torna-se possível identificar quais atividades estão gerando atrasos em outras frentes de trabalho e, assim, propor ações corretivas imediatas para manter o ritmo de execução.

2.3 FASE DE CONTROLE E ANÁLISE DE DADOS

Nessa etapa, foram levantados os dados de rendimento das equipes, permitindo identificar os impactos das ações *lean* no canteiro de obras. Observou-se, ainda, as alterações ocorridas no planejamento de aquisições de materiais e no controle das metas de produção. Além disso, foram analisadas as dificuldades

encontradas durante a implementação das práticas Lean, bem como as causas que levaram ao não cumprimento de alguns itens estabelecidos no plano de ação.

Os dados de produtividade das equipes foram coletados com base na duração em dias que estava levando para finalizar o pacote de trabalho no pavimento. Cada pacote de trabalho contava com uma equipe, a eficiência das equipes foi medida também através do indicador PPC semanal, é através deste indicador que as restrições ao cumprimento da programação semanal foram detectadas.

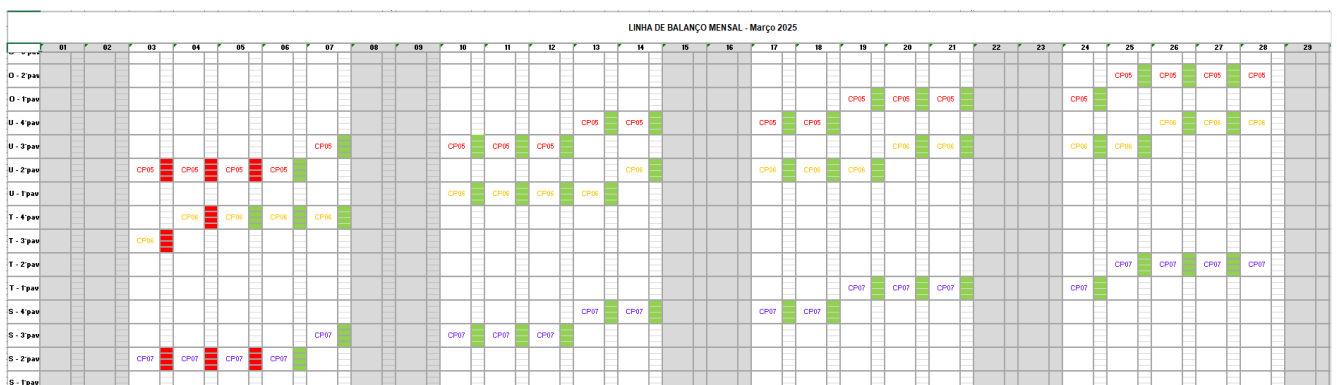
3 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Neste capítulo são apresentados os resultados da implementação das ações Lean na obra estudada, organizados conforme as seguintes fases: diagnóstico, desenvolvimento da proposta *Lean*, aplicação da proposta e controle e análise dos dados. Ressalta-se que, por se tratarem de etapas sequenciais e interdependentes, o resultado obtido em cada fase influenciou diretamente o desempenho e o desenvolvimento da etapa seguinte.

3.1 MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR

A obra em questão, quando foi iniciado o estudo, havia finalizado a estrutura de parede de concreto das torres e os serviços internos já haviam sido iniciados, sendo eles:

Figura 6 – Atividades mostradas com a linha de balanço



Fonte: Banco de dados da empresa (2025).

Na imagem acima é possível analisar o balanço das atividades, todas as equipes atuavam de forma sequencial entre as torres, deslocando-se conforme novas frentes de serviço eram liberadas, assegurando a continuidade do fluxo produtivo. A ausência de um planejamento adequado das frentes de serviço por torre resultou em um descompasso no ritmo de execução dos serviços internos, fazendo com que, em determinados momentos, as equipes fossem excessivamente demandadas, enquanto em outros ficassem ociosas por falta de atividades disponíveis. Essa instabilidade ocasionou remanejamentos frequentes e não programados de mão de obra, realizados geralmente pelo engenheiro responsável pela execução, o que gerava perdas de produtividade e aumento de deslocamentos desnecessários das equipes.

A constante mudança nos postos de trabalho ocasionava, além de alta rotatividade de funcionários, uma redução na qualidade dos serviços executados, resultando em perdas significativas devido à produção de elementos com defeitos. A equipe administrativa também enfrentava dificuldades para cobrar padrões de qualidade, justamente em função da frequente troca de frentes de serviço. Soma-se a isso a falta de treinamento adequado dos encarregados e colaboradores quanto aos procedimentos de execução e recebimento dos serviços, o que agravava ainda mais as falhas de controle e comprometia o desempenho geral da obra.

Além da ausência de um planejamento adequado das frentes de serviço, constatou-se que os materiais necessários para a execução das atividades eram armazenados em apenas duas tendas distribuídas pelo canteiro. Como se tratava de um canteiro de grandes proporções, os colaboradores eram obrigados a percorrer distâncias significativas sempre que precisavam retirar materiais ou ferramentas, seja para iniciar uma nova tarefa ou para dar continuidade ao que já estavam executando. Esse deslocamento constante acabava consumindo tempo produtivo e impactando diretamente o rendimento das equipes.

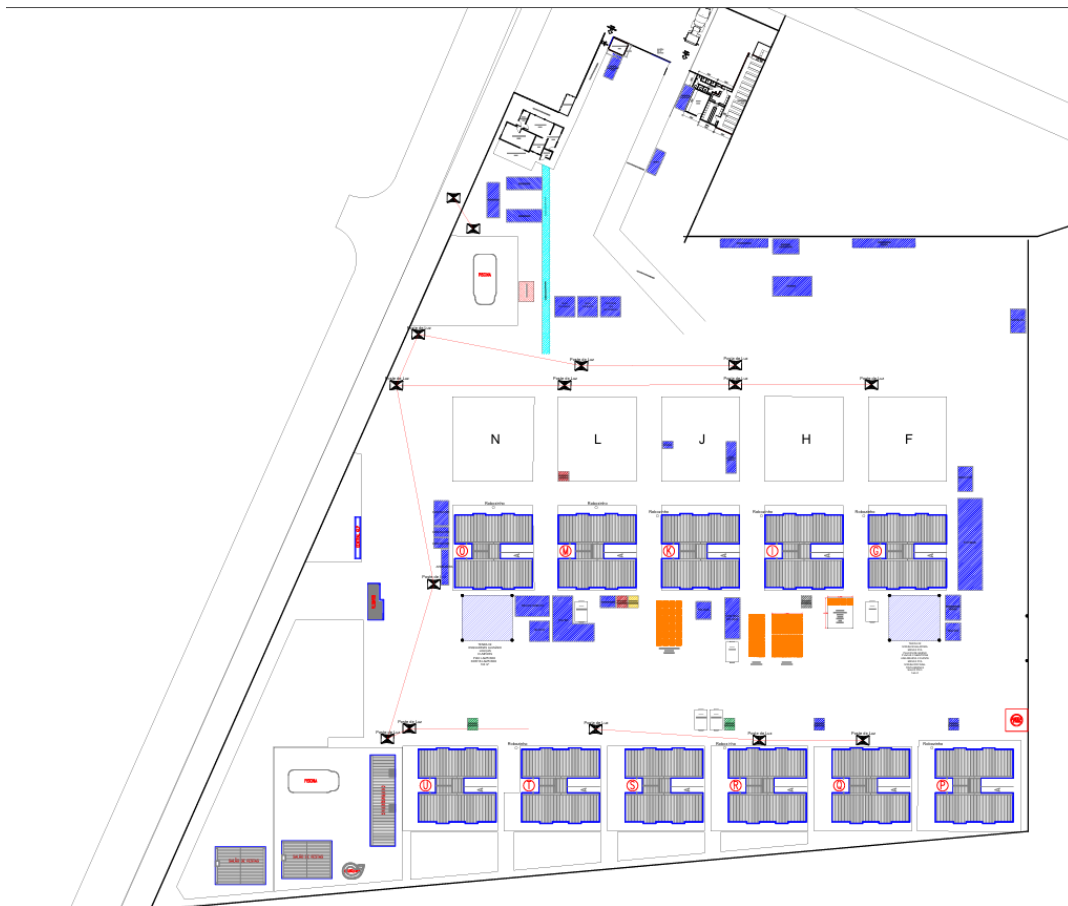
Essa prática resultava não apenas em desperdício de tempo produtivo, mas também em um aumento considerável no deslocamento dos trabalhadores pelo canteiro, caracterizando um evidente desperdício de movimentação. Além disso, como não havia qualquer tipo de rastreamento ou controle do material armazenado dentro das tendas, era comum perder tempo procurando onde cada item havia sido colocado. Outro problema era que o consumo real dos materiais ainda não tinha sido devidamente validado, o que frequentemente gerava compras de última hora para evitar a paralisação das atividades.

3.2 FERRAMENTA 5S

O plano de ação teve como objetivo regularizar e aumentar o ritmo de produção da obra por meio da implementação de medidas integradas, capazes de alcançar o resultado proposto de forma eficiente. As ações foram estruturadas com foco em quatro eixos principais: logística de obra, qualidade, produtividade e abastecimento de materiais.

Em relação à logística de obra, foi proposto um estudo do layout do canteiro com o objetivo de identificar e implementar melhorias que otimizassem a movimentação interna de materiais e pessoas. As alterações buscaram tornar os estoques mais visíveis e organizados, além de facilitar o acesso e o abastecimento das torres, garantindo maior agilidade e eficiência no fluxo de suprimentos, como mostra na figura 5.

Figura 7 – Projeto do canteiro de obras



Fonte: O autor (2025)

A imagem acima conta com o resultado desse processo, que foi a elaboração de um projeto otimizado de canteiro de obras, que promoveu maior envolvimento da equipe no processo de tomada de decisão. Além disso, proporcionou melhor entendimento do projeto, redução de alterações no posicionamento dos equipamentos ao longo das etapas executivas, diminuição no transporte e movimentação de materiais e melhoria no bem-estar dos colaboradores, alcançada por meio de ambientes planejados e organizados.

No que se refere à qualidade na execução dos serviços, propôs-se a realização de treinamentos periódicos para as equipes de produção da obra, encaixados como PES (Procedimento de Execução de Serviços) abordando práticas e normas executivas e critérios de recebimento dos serviços. Adicionalmente, sugeriu-se a realização de reuniões semanais, realizadas toda sexta – feira as 09h da manhã, nas quais o mestre de obras e o engenheiro de execução pudesse reportar problemas encontrados, permitindo que fossem resolvidos de forma colaborativa, com o apoio da administração da obra.

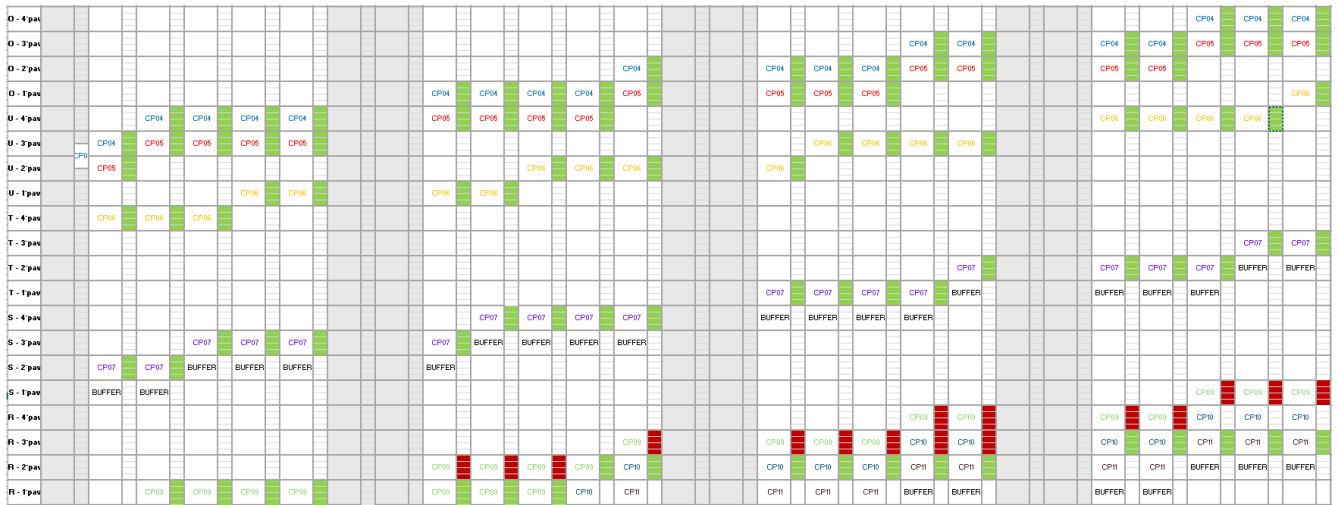
Para aumentar a produtividade da obra, propôs-se a elaboração de um planejamento semanal, contemplando os principais serviços em execução, especialmente aqueles relacionados aos serviços internos das torres.

O abastecimento de materiais passou a ser realizado com base no estudo do layout do canteiro de obras e na programação semanal de produção. Para isso, eram designados dois serventes para auxiliar na separação dos materiais em cada torre, enquanto um caminhão munk era acionado para transportar os materiais previstos no planejamento semanal até os locais próximos à utilização ou aos equipamentos do canteiro, especialmente junto às guias, garantindo agilidade, organização e redução de deslocamentos desnecessários.

3.3 TAKT PLANNING E ANÁLISE DE DADOS

A aplicação da metodologia Lean possibilitou uma análise detalhada referente a ferramenta *Takt Time Planning*, o que permitiu identificar as dificuldades nos processos e as oportunidades de melhorar a gestão das atividades. Analisando os serviços da célula de produção, é possível identificar o serviço no qual não cumpriu os 4 dias por pavimento que constava no planejamento, esse levantamento surgiu através da análise do planejamento de longo, médio e curto prazo.

Figura 8 – Falha na atividade takt com linha de balanço



Fonte: Banco de dados da empresa (2025).

Observando a Linha de Balanço, verificou-se que os pacotes de trabalho vinham apresentando um bom desempenho em relação ao takt time até a etapa correspondente à tarefa CP09 – porcelanato e azulejo, que apresentou dificuldades em cumprir o ciclo de 4 dias por pavimento. Considerando que um dos princípios do takt é ajustar os recursos de modo a garantir que a atividade seja concluída no tempo padronizado, optou-se pela ampliação da mão de obra. Ou seja, quando o processo demanda maior intensidade de trabalho, o aumento de equipes por pavimento é uma alternativa para manter o fluxo contínuo previsto no planejamento.

Diante disso, para a atividade CP09 foi contratada uma equipe adicional com o objetivo de recuperar o atraso e restabelecer o ritmo adequado entre os pavimentos. Além da alocação de mais recursos, intensificou-se o monitoramento da produtividade por meio do Planejamento Semanal de Tarefas, ferramenta utilizada para registrar ocorrências, restrições e dados reais de produção. Esse acompanhamento frequente possibilitou identificar de forma mais precisa os gargalos enfrentados, permitindo avaliar se a estratégia adotada, aumento da equipe seria suficiente para alinhar novamente a execução ao takt definido. A Figura 9 apresenta a planilha utilizada para o planejamento e controle semanal de tarefas, onde pode-se identificar os dados:

Figura 9 – PEO 09 - Planejamento e Controle Semanal de Tarefas

PEO 09 - PLANEJAMENTO E CONTROLE SEMANAL DE TAREFAS				P	77	% PPC												
OBRA: Jardim de Lótus				E	68	88,31%												
Legenda TEMPO: S - Sol / CH - Chuva / NC - Nublado com pancadas de Chuva / N - Nublado																		
ITEM	SERVIÇOS PLANEJADOS PARA SEMANA	EQUIPE	LOCAL DE EXECUÇÃO	TEMPO							OBSERVAÇÕES							
				S	T	Q	S	S	INSPEÇÃO DE SERVIÇOS CONTROLADOS									
				M	S	S	S	S	A	AR		R	NA					
				P	E	T	S	S	S	S	S	S						
1	Prumadas hidráulicas	Alfredo	Torre G - 301, 302, 303, 304	X	X	X	X	X										
2	Prumadas hidráulicas	Alfredo	Torre G - 401					X										
3	Ramais hidráulicos	Jackson	Torre G - 103, 104	X	X													
4	Ramais hidráulicos	Jackson	Torre G - 201, 202, 203					X	X									A2 - FALTA DE MÃO DE OBRA EMPREITADA
5	Massa niveladora	Emerson, Alessandro, Kênio, Alex	Torre I - 401, 402, 403, 404	X	X	X	X	X										
6	Massa niveladora	Emerson, Alessandro, Kênio, Alex	Torre G - 101					X										
7	Drywall	Marcos, Alison	Torre O - 201, 202, 203, 204	X	X	X	X	X										E5 - RETRABALHO
8	Drywall	Marcos, Alison	Torre O - 301					X										
9	Impermeabilização	Roberto	Torre U - 201, 202, 203, 204, 301	X	X	X	X	X										
10	Porcelanato e azulejo	Bismarke, Dionhatan, Sidnei, Diovane	Torre R - 301, 302, 303, 304	X	X	X	X	X										A5 - PRODUÇÃO SUPERESTIMADA
11	Porcelanato e azulejo	Bismarke, Dionhatan, Sidnei, Diovane	Torre R - 401					X										
12	Porcelanato e azulejo	Edson, Brandina	Torre R - 201, 202, 203, 204	X	X	X	X	X										A5 - PRODUÇÃO SUPERESTIMADA
13	Porcelanato e azulejo	Edson, Brandina	Torre S - 101					X										

Fonte: Banco de dados da empresa (2025).

Nesse contexto, o indicador Percentual Planejado Concluído (PPC) passou a ser utilizado como referência central no planejamento de curto prazo, permitindo avaliar com maior precisão a capacidade das equipes em cumprir a programação definida. Observa-se que, mesmo com a contratação de mais uma equipe para tentar atingir o takt estabelecido, a atividade de revestimento cerâmico continuou apresentando baixo desempenho. A análise do planejamento semanal, documento em que são registradas informações reais de produtividade, evidenciou as causas do não cumprimento do tempo previsto.

Constatou-se que a principal limitação estava relacionada à elevada complexidade dos recortes no revestimento dentro dos apartamentos, que demandavam maior tempo de execução e atenção técnica. Além disso, mesmo com o aumento do número de trabalhadores, o espaço físico reduzido no interior das unidades impediu uma organização eficiente da logística interna. Dessa forma, não foi possível manter um fluxo contínuo de produção compatível com o takt de 4 dias por pavimento, comprometendo diretamente o desempenho da atividade e o PPC associado a ela.

Essa atividade acabou se tornando um ponto crítico no cronograma macro e, como efeito colateral, passou a gerar atrasos significativos para o andamento da obra. A atividade subsequente, CP10 – rejunte e proteção, iniciou conforme o planejamento. No entanto, por ser mais rápida que sua predecessora, mesmo com apenas um

trabalhador, passou a ficar sem frente de serviço devido ao não cumprimento do takt da etapa anterior. Com o objetivo de recuperar parte desse atraso, estudou-se a possibilidade de inverter alguns pacotes de trabalho, buscando liberar maior frente de serviço e viabilizar a contratação de novas equipes para a execução do revestimento cerâmico. Entretanto, essa estratégia fez com que o planejamento deixasse de atender aos requisitos do takt planning, uma vez que o sequenciamento previsto e as durações padronizadas das atividades não puderam ser mantidos.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo deste estudo foi avaliar a aplicação do Takt Planning na execução dos serviços internos de um empreendimento. A implementação prática da ferramenta evidenciou os desafios associados ao nivelamento da produção em um ambiente real, especialmente em etapas com alta variabilidade e limitações operacionais.

Embora o planejamento inicial previsse um takt time de quatro dias por pavimento, essa meta não se concretizou. As variações de produtividade das equipes, somadas a restrições logísticas e à complexidade das atividades, inviabilizaram o cumprimento dos ciclos definidos, interrompendo o fluxo contínuo proposto pelo método. Diante desse cenário, tornou-se necessário elaborar um novo planejamento macro com base nas durações reais das atividades, utilizando produtividades compatíveis com o método convencional. Esse reajuste permitiu restabelecer um cronograma factível e alinhado com a capacidade produtiva observada no canteiro.

Conclui-se que o Takt Planning exige um dimensionamento rigoroso do takt time e elevada estabilidade dos processos, condições que não estavam plenamente presentes nesta obra. Ainda assim, a análise proporcionou importante entendimento sobre os limites, requisitos e cuidados necessários para sua aplicação futura. Além disso, as demais ferramentas Lean empregadas, como o mapeamento do fluxo de valor, a implantação da ferramenta 5S e a utilização da linha de balanço para controle de atividades, apresentaram resultados positivos, contribuindo para maior organização, logística e melhor controle do processo construtivo.

Assim, mesmo que o takt não tenha sido plenamente viável neste caso, o estudo demonstrou que a aplicação dos princípios Lean pode gerar melhorias significativas no ambiente produtivo, reforçando a importância de métodos que aumentem a eficiência e reduzam desperdícios na construção civil.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARANTES, Paula. C. F. Gonçalves (2008). **Lean Construction – Filosofia e Metodologias**. Universidade do Porto.

BALLARD, Herman Glenn,; HOWELL, Gregory A. Lean project management. **Building Research & Information**, California, Vol. 31, p.119–133, 2003.

BARROS, J. **Lean Construction & Excelência Operacional**. São Paulo: IOpEx, 2014.

BEDIN, Y. C. M. **Método da Linha de Balanço automatizada por ferramenta computacional: estudo de caso**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil). Universidade Federal de Santa Catarina, 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/177296>. Acesso em: 09 abr. 2025.

CAMPOS, T. V.; AZEVEDO, R. C. **A metodologia lean e a indústria da construção civil: uma revisão sistemática da literatura**. Revista Produção Online, v. 21, n. 2, p. 4173–4195, 2021.

CARVALHO, A. B. et al. **Study on the factors of delay in construction works**. Ambiente Construído, v. 21, n. 3. Porto Alegre, 2021. p. 27-46. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ac/a/LyYDctLTVmgPDRr9xjNGYCP/?format=pdf&lang=en>. Acesso em 09 abr. 2025.

COSTA, M. L. da S.; ROSA, V. L. do N. **Primeiros passos da Qualidade no canteiro de obras 5S no canteiro**. 2. ed. São Paulo: O Nome da Rosa; 1999.94 p.

FRADSON, A., BERGHEDE, K.; TOMMELEIN, I. D. **Takt Time Planning for Construction of Exterior Cladding**. Fortaleza: IGLC, 2013.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008. Disponível em: <https://ayanrafael.com/wp-content/uploads/2011/08/gil-a-c-mc3a9todos-e-tc3a9cnicas-de-pesquisa-social.pdf>. Acesso em 15 jun. 2025.

KOSAKA, G.I. **Jidoka**. 2006. Disponível em: <https://www.lean.org.br/artigos/102/jidoka.aspx>. Acesso em: 05 mai. 2025.

KOSKELA, L. **Application of the new production philosophy to construction**. Stanford, EUA, CIFE, agosto 1992. Technical Report No 72.

LIKER, Jeffrey K. **The Toyota Way: 14 Management Principles From the World's Greatest Manufacturer**. 1. ed. New York: McGraw-Hill, 2004.

MUTTI, C. N. et al. **Prevision of delay in Brazilian residential unit construction contracts**. Journal of Civil Engineering and Architecture, v. 8, n. 1, 2014. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/264979151_Prevision_of_Delay_in_Brazilian_Residential_Unit_Construction_Contracts. Acesso 09 abr. 2025.

OHNO, Taiichi. **O Sistema Toyota de produção: Além da Produção em Larga Escala**. 1. ed. Porto Alegre: Bookman, 1997.

OLIVEIRA, Pablo Lustosa. **Análise dos Sete Desperdícios da produção em um abatedouro de aves**. 2016. Dissertação (Graduação em Engenharia de Produção) Universidade de Brasília. Brasília, DF. 2016.

PACHECO M. T. G., **Redução do tempo de atravessamento através da redução do tempo de ciclo em programação por linha de balanço de edifícios mediante a escolha da unidade de repetição sobre influência da curva de aprendizado: Uma visão enxuta**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Florianópolis, 2006.

PEREIRA, E. S. S. **Fatores associados ao atraso na entrega de edifícios residenciais**. Universidade Federal de Santa Catarina, 2012. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/99496>. Acesso em: 05 abr. 2025.

RABELO, Udinart Prata (2012). **Mini Curso Lean Construction, capítulo 10, ministrado à PET Engenharia civil**. Universidade Federal do Ceará.

ROTHER, M., HARRIS, R. (2002). **Criando fluxo contínuo**. São Paulo, Brasil.

SANTOS, J. M. L. H. **Estudo de caso: avaliação da implementação de fluxo contínuo na construção civil baseada na produção enxuta**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2019.

VATNE, Mats Erick.; DREVLAND, Frode. **Practical Benefits of Using Takt Time Planning: A Case Study In**. Boston, Massachusetts, USA, 2016.