



## **OTIMIZAÇÃO DA ENTREGA DE UM GALPÃO INDUSTRIAL EM ANÁPOLIS - GO ATRAVÉS DA APLICAÇÃO DA METODOLOGIA LEAN: UM ESTUDO DE CASO**

Daniel Neves Da Silva

*Bacharelado do Curso de Engenharia Civil da UniEvangélica (danielnevesgomes@hotmail.com)*

Gustavo Mendes Duarte

*Bacharelado do Curso de Engenharia Civil da UniEvangélica (gustavomendes23@hotmail.com)*

Matheus Henrique Oliveira Pinto

*Bacharelado do Curso de Engenharia Civil da UniEvangélica (Mathenrique2016@outlook.com)*

Paulo Henrique Martins Dos Santos

*Bacharelado do Curso de Engenharia Civil da UniEvangélica (paulomartins2099@hotmail.com)*

Pedro Henrique França Valentim Mendes

*Bacharelado do Curso de Engenharia Civil da UniEvangélica (pedrohenriquefranca14@gmail.com)*

Eduardo Dourado Argôlo

*Professor Doutor do Curso de Engenharia Civil da UniEvangélica (eduardoxargolo@gmail.com)*

### **RESUMO**

A construção civil frequentemente enfrenta dificuldades para cumprir os prazos de entrega dos empreendimentos, o que impacta negativamente na qualidade dos projetos e na satisfação dos clientes. A Metodologia Lean surge como uma solução inovadora para otimizar esses processos, portanto nesse estudo de caso o objetivo principal é investigar como a Metodologia Lean pode otimizar a entrega de um galpão industrial em Anápolis - Go, assegurando que os prazos sejam cumpridos. Para a realização do trabalho, foram empregados diversos princípios, como Melhoria Contínua, Gemba Walk, gestão de estoques e materiais, fluxo contínuo e Just-in-Time, juntamente com ferramentas como Kanban, medição contínua de produção, análise da linha de balanço, PPC (Percentual de Planos Concluídos) e avaliação comparacional ao cronograma original. O planejamento e a execução da obra foram monitorados para avaliar os efeitos da adoção dessas práticas no cumprimento dos prazos e na eficiência operacional. A adoção da metodologia Lean na construção do galpão industrial proporcionou melhorias significativas na qualidade dos serviços e garantiu a conclusão da obra dentro do prazo estipulado. As práticas da metodologia Lean facilitaram uma gestão mais eficiente dos recursos e a redução de ineficiências, contribuindo para o sucesso do projeto. A adoção Lean na construção civil mostrou-se eficaz para melhorar a qualidade e garantir o cumprimento dos prazos. Empresas que adotam essa metodologia obtêm benefícios operacionais substanciais e maior satisfação dos clientes. As perspectivas indicam um aumento na adoção do Lean, atendendo à demanda crescente do mercado por eficiência e qualidade.

**PALAVRAS-CHAVE:** quadro kanban; lean; metodologia; linha de balanço; melhoria contínua.

# 1 INTRODUÇÃO

A velocidade de entrega da obra é um dos aspectos mais críticos para o sucesso de um projeto de construção. A capacidade de cumprir prazos, manter a qualidade do trabalho e garantir a satisfação do cliente são fatores determinantes para a reputação e lucratividade de uma empresa no setor de edificações. Atrasos na entrega podem resultar em custos adicionais e até mesmo litígios legais. Portanto, é essencial que as empresas adotem estratégias eficientes para otimizar esse processo e garantir o sucesso de seus projetos (MORAIS, 2023).

As frentes de serviço em um canteiro de obras tradicional enfrentam uma série de desafios que podem impactar diretamente na dinâmica de entrega da obra. Problemas como falta de coordenação entre equipes, retrabalho e dificuldades na comunicação são comuns nesse ambiente. Além disso, a falta de planejamento adequado e a ausência de ferramentas eficientes para monitorar o progresso das atividades podem comprometer a eficiência e execução das equipes (OLIVEIRA, 2014).

A metodologia Lean na construção ou construção enxuta surge como um enfoque que visa otimizar o processo de entrega da obra, assim aumentando a eficiência operacional. Por meio da eliminação de atividades desnecessárias, melhoria na gestão dos recursos e foco na satisfação do cliente, a metodologia Lean na construção propõe uma nova forma de pensar e executar projetos no setor de obras. Com base nos princípios da Lean Manufacturing, essa metodologia busca maximizar o valor entregue ao cliente, minimizando sobras ao longo do processo (LIMA, 2024).

As principais características da Lean incluem a ênfase na colaboração entre equipes alinhados aos princípios da metodologia, assim como a utilização de ferramentas visuais (*softwares*) para monitorar o progresso das atividades, a padronização dos processos, a aplicação prática desses conceitos requer um profundo entendimento das necessidades do cliente, uma cultura organizacional voltada para a inovação e o comprometimento de todas as partes envolvidas na edificação (LUSA, 2021).

Com o objetivo de identificar e eliminar ineficiências, este estudo se propôs a investigar como a aplicação das metodologias Lean em obras civis pode impactar positivamente o prazo de conclusão. Ao otimizar os processos produtivos, buscamos entender como essas abordagens podem promover uma significativa melhoria na eficiência e, conseqüentemente, na agilidade da entrega de projetos.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

A Lean teve sua origem no Japão, na década de 1950, com a Toyota, que desenvolveu o Sistema Toyota de Produção. Essa metodologia foi difundida para a indústria da construção civil nas últimas décadas, com o objetivo de eliminar excessos e aumentar a eficiência nos processos de construção. Ao longo dos anos, a metodologia passou por uma evolução significativa, com a adaptação de suas práticas para atender às necessidades específicas do setor da construção civil. Novas técnicas e ferramentas foram desenvolvidas para aplicar os princípios do Lean na gestão de projetos e obras, visando melhorar a qualidade, reduzir custos e aumentar a execução (NITZ, 2017).

Esta seção do trabalho explora os princípios fundamentais da metodologia Lean, delineando sua importância e aplicação em diferentes contextos empresariais. A compreensão desses princípios é essencial para a implementação bem-sucedida da metodologia Lean em organizações, pois eles servem como diretrizes para promover uma cultura de excelência operacional e busca contínua por aprimoramento (MORAIS, 2023).

Eliminação de Desperdícios, o primeiro princípio da metodologia Lean enfatiza a importância de identificar e eliminar todas as formas de sobra excessivas nos processos. Isso inclui atividades que consomem recursos sem adicionar valor ao produto ou serviço final, como superprodução, estoques excessivos, transporte desnecessário, movimentações, esperas, processos excessivamente complexos e defeitos.

Fluxo Contínuo, o segundo princípio da metodologia Lean incentiva a criação de fluxos de trabalho contínuos e sem interrupções, eliminando tempos de espera e gargalos nos processos. Isso envolve a otimização do layout do local de trabalho, o sequenciamento adequado das atividades e a redução de lotes de produção para promover um fluxo suave de trabalho (CHIRINÉA, 2018).

A metodologia Kaizen, terceiro princípio, oriunda do Japão, constitui um paradigma de melhoria contínua que enfatiza a importância de pequenos e constantes aprimoramentos no processo produtivo. No contexto da construção civil, essa abordagem propõe a otimização das operações, através da participação ativa de todos os colaboradores no canteiro de obras, promovendo, assim, uma cultura de excelência contínua (IMAI, 1986).

A metodologia Just-in-Time (JIT), quarto princípio, insere-se no escopo da produção enxuta, objetivando a minimização dos estoques e a entrega de insumos apenas no momento exato de sua necessidade. Aplicada à construção civil, este modelo permite uma significativa redução dos custos de armazenagem de materiais e uma maior flexibilidade na gestão de suprimentos, ajustando-se rapidamente às demandas específicas de cada fase do projeto (OHNO, 1988).

O Gemba Walk, quinto princípio, prática derivada do sistema de produção Toyota, envolve a observação direta dos processos no local onde o trabalho é realizado, com o objetivo de identificar oportunidades de melhoria e de compreender profundamente as operações. Na construção civil, este método incentiva os gestores a estarem presentes no "dia a dia da obra", promovendo uma liderança mais engajada e informada, e permitindo a identificação de problemas em tempo real (MANN, 2010).

O último princípio Lean de gestão de estoques e materiais, fundamenta-se na redução sistemática de sobras e na maximização do valor agregado ao cliente. Na construção civil, através de práticas como o JIT e o Kanban, busca-se um fluxo ininterrupto e eficiente de materiais, garantindo a disponibilidade dos insumos necessários sem excessos ou faltas, o que é crucial para manter a continuidade e a qualidade das obras (WOMACK & JONES, 1996).

Desde as fundações até os acabamentos finais, é possível identificar oportunidades de melhorias e implementar práticas mais eficientes em cada etapa do processo construtivo. A adoção de ferramentas específicas do Lean, como o quadro Kanban, linha de balanço e o PPC (Percentual de planos concluídos) pode auxiliar na gestão mais eficiente das atividades em todas as frentes da obra (LIMA, 2024).

A ferramenta quadro Kanban desempenha um papel crucial na gestão visual dos processos produtivos, facilitando o controle de fluxo de trabalho e a comunicação entre as diversas etapas da construção. Por meio de cartões que indicam a necessidade de reposição de materiais ou o andamento das tarefas, o Kanban promove uma execução mais ágil e eficiente das atividades no canteiro de obras. Esta ferramenta permite uma visibilidade imediata do estado atual de cada atividade, identificando rapidamente gargalos e ajustando as prioridades conforme necessário. No ambiente da construção civil, os cartões Kanban podem ser físicos, dispostos em um quadro visível para toda a equipe, ou digitais, integrados a sistemas de gestão de projetos. Além de indicar a quantidade de materiais em estoque e a necessidade de reposição, eles podem sinalizar o progresso das tarefas, desde a preparação do terreno até a finalização dos acabamentos. Essa visualização clara e direta facilita a comunicação entre equipes,

minimizando o tempo de inatividade e assegurando que os recursos estejam disponíveis exatamente quando necessários (LIKER, 2004).

As ferramentas linha de balanço são técnicas utilizadas para o planejamento e controle de projetos na construção civil, permitindo a visualização clara da progressão das atividades ao longo do tempo. Diferente dos cronogramas tradicionais, que podem ser complexos e difíceis de interpretar, a linha de balanço apresenta um formato gráfico onde as atividades são representadas em uma linha do tempo contínua, destacando a interdependência entre as diversas fases do projeto. Esta ferramenta é especialmente útil em projetos de construção com múltiplas tarefas interligadas, como a construção de edifícios altos ou complexos industriais. Ao utilizar a linha de balanço, os gestores podem identificar conflitos de programação e ajustar o sequenciamento das atividades para otimizar a utilização de recursos. Por exemplo, se uma fase de alvenaria está atrasada, pode-se ajustar a programação das equipes de eletricidade e encanamento para evitar períodos de inatividade. Além disso, a linha de balanço permite simular diferentes cenários de planejamento, ajudando a prever o impacto de possíveis atrasos e a tomar decisões informadas para manter o projeto no prazo e dentro do orçamento (KENLEY, 2003).

As planilhas de medições de produtividade desempenham um papel vital no auxílio e aprimoramento das ferramentas Kanban e linha de balanço na construção civil, fornecendo dados essenciais para a tomada de decisões informadas e eficazes.

No contexto do Kanban, as planilhas de medições de produtividade permitem monitorar e registrar o desempenho das diversas etapas do projeto de construção. Elas ajudam a quantificar o tempo gasto em cada tarefa, a eficiência dos recursos utilizados e a identificar padrões de produtividade. Com esses dados, é possível ajustar o fluxo de trabalho visualizado pelo Kanban de forma precisa. Por exemplo, se uma planilha revela que uma equipe específica está constantemente atrasada em uma determinada tarefa, os gestores podem investigar as causas, como falta de treinamento ou escassez de materiais, e tomar medidas corretivas. Além disso, essas planilhas permitem acompanhar o cumprimento das metas de produtividade, facilitando a implementação de melhorias contínuas baseadas em dados reais e precisos (LEVINSON, 2002).

Para a linha de balanço, as planilhas de medições de produtividade são igualmente cruciais. Elas fornecem uma base quantitativa para a elaboração e ajuste dos cronogramas das atividades. Medindo a produtividade de cada fase do projeto, os gestores podem calcular com maior precisão os tempos necessários para a conclusão das tarefas subsequentes. Por exemplo, ao utilizar planilhas para registrar a produtividade da equipe de alvenaria, é possível ajustar a programação das etapas de instalação elétrica e hidráulica de forma a minimizar tempos ociosos e evitar sobreposições desnecessárias. As planilhas permitem também simular diferentes cenários de produtividade, ajustando a linha de balanço conforme necessário para otimizar a alocação de recursos e garantir o cumprimento dos prazos. Dessa forma, elas são ferramentas essenciais para o planejamento estratégico e a execução eficiente dos projetos de construção (HARRIS & MCCAFFER, 2013).

A avaliação da obra através da curva S e da avaliação de PPC (Percentual de Planos Completados) são importantes índices que permitem medir a eficiência da aplicação das ferramentas Lean e dos princípios de produção enxuta na construção civil. Estas métricas fornecem uma visão clara do progresso do projeto e ajudam a determinar se as práticas adotadas resultaram em uma entrega eficiente no tempo estipulado. Um PPC ideal é acima dos 70%, abaixo disso evidencia que os projetos tem mais serviços planejados que executados (BALLARD & HOWELL, 1998).

A curva S é uma ferramenta gráfica que representa o progresso acumulado da obra ao longo do tempo, comparando o planejamento inicial com a execução real. Esta

ferramenta é fundamental para identificar desvios no cronograma e tomar ações corretivas de forma oportuna. Quando usada em conjunto com as práticas Lean, como o Kanban e a linha de balanço, a curva S ajuda a monitorar a eficácia na evolução da obra (HENDRICKSON & AU, 2008).

O PPC, ou Percentual de Planos Completados, é uma métrica que avalia a eficácia do planejamento e da execução das atividades programadas em um período específico. Alinhado com os princípios Lean, o PPC oferece uma análise detalhada da aderência aos cronogramas estabelecidos, destacando áreas que precisam de ajustes e proporcionando feedback contínuo para a equipe. Uma alta taxa de PPC indica que os planos estão sendo cumpridos conforme esperado, refletindo uma boa gestão dos recursos e das atividades (BALLARD & HOWELL, 1998).

A identificação e mapeamento dos processos existentes na obra antes da implementação do Lean é um passo importante para o sucesso da metodologia. Ao realizar essa análise detalhada, é possível identificar possíveis gargalos que podem ser eliminados, resultando em uma maior eficiência e Execução. Além disso, esse processo permite uma visão mais clara de como os processos estão interligados e como podem ser otimizados para alcançar melhores resultados (MORAIS, 2023).

Promover uma cultura de melhoria contínua na obra é essencial para o sucesso da implementação do Lean. Incentivar os colaboradores a identificar oportunidades de otimização e buscar soluções inovadoras contribui para a constante evolução dos processos e para a maximização dos resultados. Uma equipe engajada e comprometida com a melhoria contínua é essencial para garantir a sustentabilidade das práticas Lean na construção (NITZ, 2017).

### **3 METODOLOGIA**

#### **3.1 OBJETO DE ESTUDO**

Estudo de caso de uma edificação localizada em Anápolis – Go, galpão com uma área de 10006,60 m<sup>2</sup> de área privativa, possuindo em sua estrutura pé direito de 15 metros, grande parte do serviço da obra ocorre na parte administrativa, que se trata de um prédio ao lado do galpão com área de 1990,40 m<sup>2</sup>, foi adotada uma estratégia de subdivisão da obra em 22 trechos, a subdivisão da obra em trechos permitiu uma gestão mais eficiente e focada em cada etapa do processo de construção.

A empresa executora da obra é uma construtora com mais de 30 anos de mercado, com foco em empreendimentos industriais mais voltados a galpões térreos, nesse empreendimento as instalações foram projetadas para serem espaçosas e funcionais, com características específicas para atender às necessidades do tipo de operação, tratando-se de um centro logístico de abastecimento, sendo assim, faz parte do projeto ampla área de armazenamento, altura do teto elevada, portas grandes, iluminação adequada, sistemas de ventilação e climatização e acessórios específicos.

A equipe executora da obra é composta por 4 engenheiros civis, 3 estagiários de obra, 2 mestres de obras, 1 encarregado de pedreiro por prédio, 1 encarregado de carpintaria, 1 encarregado de armação, 1 encarregado de instalações elétricas e hidráulicas, 1 encarregado administrativo e 1 técnico de segurança, Além de possuir todas os colaboradores da parte operacional variando de 90 a 150 pessoas de acordo com as fases da obra.

A construtora foi contratada por um cliente particular para o desenvolvimento da obra, com um contrato estipulado com um prazo de oito meses e uma semana, iniciando em novembro dia 06 de 2023 e se estendendo até 30 de julho de 2024, possuindo 253

dias de contrato para a execução, com adicional de 5 semanas para a execução de entrega de obra. Em caso de descumprimento do prazo, a empresa estaria sujeita a multas contratuais rigorosas. Contudo, a obra enfrentava atrasos significativos devido a problemas nas fundações rasas e profundas. Dada a natureza administrativa da obra e as cláusulas contratuais rígidas, seguir o cronograma à risca era essencial para evitar custos adicionais e garantir a entrega dentro dos parâmetros acordados. Para abordar esses desafios, foi contratada uma equipe de consultoria especializada na metodologia Lean, com a premissa de desenvolver um novo cronograma realista baseado em dados concretos e na produtividade observada durante a execução da obra. A adoção da Lean e suas ferramentas de análise iniciaram-se a partir do fim do primeiro mês da obra. Especificamente, a metodologia Lean atuou nos Projetos executivos, Estruturas Macro de Concreto e Metálico e nos Acabamentos Gerais Internos do piso industrial.

**Figura 1 – Galpão Principal e Administrativo**



Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

### 3.2 ESTRUTURAÇÃO E ADOÇÃO

O estudo foi estruturado em quatro etapas: avaliação inicial da obra, criação e adoção de um plano de ação baseado na metodologia Lean, aplicação das ferramentas Lean e coleta e análise de dados após a adoção.

No primeiro capítulo, é realizada uma avaliação detalhada da obra em andamento, o estudo foi realizado entre novembro de 2023 a junho de 2024, assim sendo não abrangendo todo o período de execução de obra. Esta fase envolve a identificação dos processos atuais, a análise das operações e a detecção de ineficiências. A fim de resolver as restrições existentes para o desenvolvimento de estratégias de melhoria contínua.

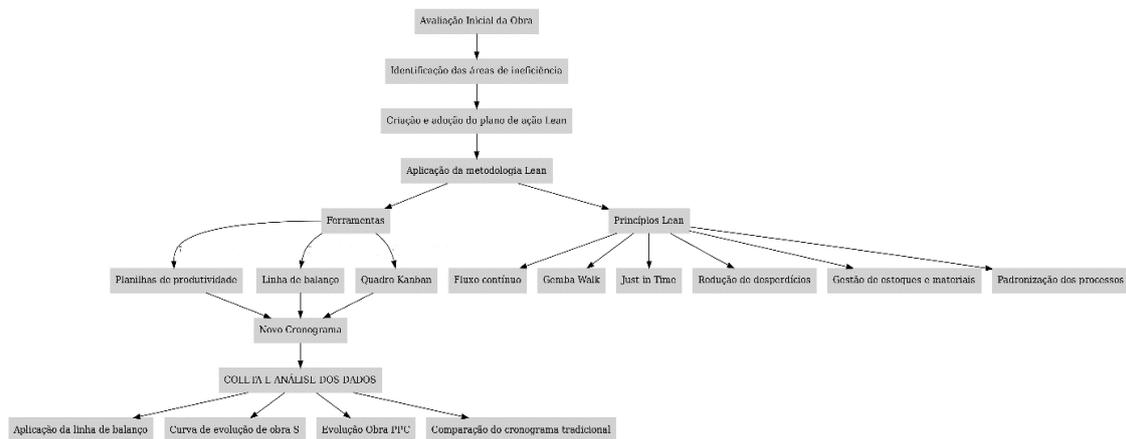
No segundo capítulo, foi desenvolvido um plano de ação fundamentado na metodologia Lean, este plano inclui a definição de metas claras, a seleção de princípios e ferramentas Lean apropriadas e a formação de uma equipe dedicada à implementação das práticas Lean.

O terceiro capítulo foca na implementação prática das dos princípios e ferramentas Lean selecionadas. Princípios como a, metodologia Kaizen, Melhoria Contínua, Gemba Walk, gestão de estoques e materiais, fluxo contínuo, Just-in-Time (JIT) e ferramentas Kanban e linha de balanço são aplicadas para otimizar os processos de construção alinhados a perspectiva real da obra. A linha de balanço programara um novo cronograma que se baseara o andamento real das atividades da obra após o replanejamento.

No capítulo final, são coletados e analisados os dados pós-implementação das práticas Lean. Esta análise compara o desempenho antes e depois da adoção das ferramentas Lean, avaliando melhorias em termos de tempo, e satisfação dos clientes, a análise da se através da investigação da evolução física real da obra ao longo dos meses

(Curva S), verificação do índice de PPC da obra, a comparação com cronograma original da obra e análise satisfação do cliente (Figura 2) retrata o exposto nos parágrafos acima.

**Figura 2 – Fluxograma da estruturação do trabalho**



Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

## 4 RESULTADOS

### 4.1 AVALIAÇÃO PRELIMINAR DA OBRA

No primeiro capítulo de avaliação da obra, devido ao atraso nas fundações causado por condições climáticas adversas conforme identificado na (Figura 3) abaixo, com um prazo de duração de 26 dias de execução, especificamente por chuvas intensas, o cronograma da obra original foi impactado negativamente, resultando em um desvio significativo no tempo de execução previsto, afim como nas fases subsequentes. Nesse contexto, a aplicação dos princípios da metodologia Lean tornou-se essencial para mitigar os efeitos desse atraso e garantir a conclusão do projeto dentro de um prazo razoável, sem comprometer a qualidade do serviço.

A adoção da abordagem Lean na construção enfrentou diversas limitações operacionais durante a avaliação inicial da obra. estas restrições, identificadas como obstáculos significativos, impactaram adversamente o fluxo regular de trabalho, resultando em aumento de tempo e custos desnecessários.

**Figura 3 – Canteiro de Obras Impactado pelas Chuvas.**



Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

O canteiro de obras, caracterizado por espaços limitados e ruas estreitas, apresentava desafios importantes para as operações logísticas de entrada e saída de caminhões, complicando o abastecimento e o gerenciamento de estoque de materiais. A

desorganização no armazenamento dos materiais no canteiro exacerbava essas dificuldades. Além disso, a demanda por concreto não foi atendida, resultando em problemas na qualidade do acabamento do piso industrial e comprometendo os níveis de planicidade necessários para a aprovação técnica.

Em consonância com essa mentalidade, as fases subsequentes da execução da obra foram cuidadosamente planejadas visando a redução do prazo, mantendo-se o padrão de excelência no serviço prestado. Isso implicou na busca constante por alternativas viáveis e economicamente mais eficientes, sem, no entanto, sacrificar a integridade estrutural, a segurança e a qualidade do projeto final.

#### 4.2 CRIAÇÃO E ADOÇÃO DE UM PLANO DE AÇÃO BASEADO NA METODOLOGIA LEAN

O segundo capítulo aborda processo de adoção da metodologia Lean, com a inclusão das práticas de princípios e utilização de ferramentas.

Reuniões semanais são fundamentais para o acompanhamento da obra no contexto de um projeto Lean. Essas reuniões permitem identificar e resolver problemas rapidamente, garantir que todos os membros da equipe fiquem alinhados com os objetivos do projeto e facilitar a tomada de decisões, essencial para manter o cronograma acelerado. (KOSKELA, 2000).

Portanto com a utilização da metodologia Kaizen, reuniões semanais foram estabelecidas entre as equipes de engenharia e a equipe operacional, alinhando seus esforços de forma mais eficaz, permitindo um planejamento, de curto prazo e médio prazo, visando contemplar uma visão abrangente da obra longo prazo. O cerne dessas reuniões residia na resolução eficaz das restrições previamente identificadas na avaliação inicial da obra, as quais eram solucionadas por meio da aplicação de princípios Lean. Uma abordagem particularmente eficiente foi a incorporação do quadro Kanban durante as reuniões semanais, o qual servia como uma ferramenta visual para planejar o progresso das atividades. Por meio dessa metodologia, tornou-se possível programar no quadro Kanban o avanço das atividades a médio prazo, baseando-se na resolução das restrições e na programação das atividades de acordo com as produtividades observadas empiricamente pelo corpo docente de engenharia.

Este quadro Kanban será fundamental como base para alimentar o novo cronograma real da obra, utilizando-se da linha de balanço para garantir uma distribuição equilibrada das atividades ao longo do tempo, otimizando assim o fluxo de trabalho e garantindo o cumprimento dos prazos estabelecidos. Essas reuniões e práticas de planejamento não apenas proporcionaram uma abordagem estruturada para resolver desafios, mas também promoveram uma maior eficiência e colaboração entre as equipes envolvidas, contribuindo significativamente para o sucesso geral do projeto.

#### 4.3 APLICAÇÃO DAS FERRAMENTAS E PRINCÍPIOS LEAN

No terceiro capítulo, foram destacadas práticas da metodologia Lean por meio de ferramentas e princípios, utilizando a metodologia de teoria e prática. Durante o acompanhamento da execução da obra, foi introduzido o método Kanban (Figura 4) como uma ferramenta para gerenciar e visualizar o progresso das atividades em andamento. O quadro Kanban foi utilizado para fornecer informações detalhadas sobre cada atividade, incluindo descrição, responsável pela execução, prazo estimado e status de conclusão. Durante as reuniões de planejamento e acompanhamento semanal, as equipes revisavam o quadro Kanban, atualizavam o status das atividades e discutiam qualquer problema ou

desafio que surgisse, visando garantir o progresso suave e coordenado de todas as frentes de serviço na obra do galpão industrial.

**Figura 4 - Utilização do quadro Kanban em Post-it para programação das atividades.**



Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

O quadro Kanban foi dividido em seções distintas, cada uma dedicada a uma etapa específica do processo de construção:

**Terraplenagem:** Identificado na cor vermelha, esta seção abordava atividades como levantamento e preparação do terreno.

**Fundação e Estrutura:** Sinalizado na cor amarela, esta seção englobava atividades relacionadas à fundação e estrutura do galpão, tais como escavação, concretagem das sapatas e montagem das estruturas metálicas.

**Instalações Elétricas e Hidráulicas:** Designado na cor azul, este conjunto de atividades abordava a instalação de sistemas elétricos e hidráulicos, incluindo passagem de conduítes, instalação de redes de água e esgoto, e montagem de painéis elétricos.

**Cobertura e Fechamento:** Reservado na cor laranja, esta seção tratava das atividades relacionadas à cobertura e fechamento do galpão, como instalação de telhados, colocação de paredes e vedação das áreas externas.

**Acabamentos:** Destacado na cor roxo claro, esta seção dedicava-se aos acabamentos e revestimentos internos e externos do galpão, incluindo pintura, colocação de pisos e instalação de luminárias.

Durante o processo de monitoramento semanal da obra, foi identificado um gargalo significativo nos planos de conclusão das atividades, os quais apresentavam potencial para ocasionar atrasos consideráveis no cronograma final. Para abordar essa questão, foram registradas as principais restrições, juntamente com propostas de medidas corretivas debatidas nas reuniões, conforme a (Figura 5), assim sendo através do quadro, o progresso contínuo das atividades pode ser monitorado de forma real.

**Figura 5 – Restrições semanais da obra.**



Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

Na construção civil, as condições de acesso restritas no canteiro de obras dificultam a descarga e a entrega de materiais, agravando a desorganização na recepção.

A falta de espaços específicos para receber esses materiais resulta em desordem e ineficiências operacionais. Esses desafios são amplamente reconhecidos como obstáculos significativos para a eficiência dos projetos (SILVA, 2017).

É corroborado que a descarga de caminhões de concreto e a entrega de materiais, como o aço, transportados por carretas e caminhões betoneiras, com a infraestrutura inadequada para receber esses veículos resultava em atrasos e custos adicionais devido à necessidade de realocação de recursos e ajustes no planejamento logístico. A metodologia de Melhoria Contínua e Gemba Walk, através da identificação diretamente no local de trabalho e adoção de soluções efetivas foram aplicadas nesse contexto, durante as visitas ao canteiro de obras, foram observadas as dificuldades enfrentadas nas operações diárias. Assim em consonância com a metodologia citada acima, foi espalhado rachão e macadame para reforçar o solo e evitar seu afundamento sob o peso dos veículos e equipamentos. Essas ações não apenas minimizaram os atrasos causados pela falta de acesso adequado, mas também melhoraram a segurança e a eficiência geral da obra, conforme ilustrado na (Figura 6).

**Figura 6 – Caminhão de Rachão espalhando na obra**



Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

Igualmente, os princípios da metodologia Lean de gestão de estoques e materiais foram aplicados, falta de espaços específicos para recebê-los resultava em desordem, obstruindo passagens e dificultando a movimentação de equipamentos e pessoal, atrasos na execução das tarefas, pois os trabalhadores gastavam tempo procurando os materiais corretos. A aplicação do princípio à ampliação e reorganização do almoxarifado, garantindo que todos os insumos necessários estivessem disponíveis e acessíveis de forma rápida e eficiente. Áreas específicas para armazenamento temporário de materiais próximos aos locais de utilização foram criadas, facilitando o abastecimento direto e reduzindo a necessidade de transporte interno, conforme a (Figura 7) abaixo.

**Figura 7 – Almoxarifado com estoque organizado.**



Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

A utilização de estruturas de concreto pré-fabricadas tem sido amplamente reconhecida como uma maneira eficaz de acelerar o tempo de obra. Por meio da pré-fabricação de elementos como lajes, vigas e pilares, é possível reduzir significativamente o tempo necessário para a execução da estrutura principal do edifício. Além disso, a fabricação em ambiente controlado proporciona uma maior qualidade e uniformidade dos elementos, minimizando os retrabalhos e os custos associados (KOSKELA, 2000).

O princípio Lean de fluxo contínuo foi estrategicamente aplicado na obra, após uma análise detalhada dos projetos bases de estrutura, visando padronizar processos e eliminar gargalos, para aperfeiçoar o fluxo de trabalho foi a utilização de elementos pré-moldados (Figura 8) nas macroestruturas de concreto, em substituição aos elementos moldados in loco. Essa decisão teve como objetivo principal reduzir significativamente o tempo de construção, promovendo um fluxo de trabalho mais fluido e eficiente. Além disso, a opção pelos elementos pré-moldados mostrou-se não apenas viável economicamente, mas também contribuiu de maneira eficaz para a recuperação do prazo da obra. Essa estratégia demonstra o compromisso com a busca por métodos inovadores e eficientes, alinhados aos princípios Lean, para garantir a entrega do projeto dentro dos parâmetros estabelecidos de tempo e custo.

**Figura 8 – Içamento das estruturas Pré moldadas de concreto.**



Fonte:(Autores,2024).

Da mesma forma, as estruturas metálicas pré-fabricadas oferecem vantagens significativas em termos de velocidade de construção e flexibilidade. Componentes como treliças, perfis e painéis são fabricados em fábricas especializadas e posteriormente montados no local de construção. Isso permite uma montagem rápida e eficiente, reduzindo o tempo total de obra e proporcionando maior adaptabilidade a mudanças no projeto (KOSKELA & HOWELL, 2002).

Para assegurar folga na atividade subsequente, a continuidade das práticas da metodologia Lean de fluxo mostrou-se essencial. Isso foi evidenciado tanto na execução das estruturas de concreto quanto na aplicação da estrutura de fechamento metálico. Após uma análise minuciosa da concorrência na seleção de fornecedores de cobertura metálica, identificamos uma empresa que se destaca notavelmente em termos de logística de entrega e proximidade com o local da obra.

Utilizando técnicas de mapeamento geoespacial, determinamos uma empresa está estrategicamente posicionado em relação ao local da obra, o que resulta em distâncias de transporte mais curtas e um potencial redução de atrasos logísticos. Além disso, a avaliação dos históricos de desempenho e dados de prazos de entrega nos permitiu quantificar empiricamente a confiabilidade e eficiência dessa empresa em cumprir seus compromissos. A adoção princípio Just-in-Time (JIT) alinhado ao fluxo contínuo permitiu uma gestão mais eficiente do fluxo de materiais, garantindo que os elementos pré-fabricados estivessem disponíveis exatamente quando necessários, minimizando assim os atrasos e melhorando a eficiência geral da obra, assim acelerando as etapas de obra e também nos prazos de entrega. A adoção da técnica Lean na fase de locação da estrutura metálica, combinada com a fabricação externa das estruturas de concreto, impulsionou efetivamente o processo construtivo.

Além disto, a demora na chegada dos caminhões de concreto durante a execução do piso industrial afeta significativamente a qualidade dos índices de planicidade, como o FF (Floor Flatness) e o FL (Floor Levelness), além de que interrupção no fornecimento causa endurecimento desigual, resultando em irregularidades no piso (NEVILLE, 2011).

No contexto da obra, esta lacuna no fluxo de materiais resultava não apenas em atrasos na conclusão da obra, mas também em variações na consistência e na

distribuição do concreto aplicado. Com a adoção do JIT, foi estabelecida uma nova parceria de fornecimento, garantindo entregas pontuais e eliminando atrasos, mantendo as técnicas de mapeamento geoespacial e dados de prazos de entrega, essa melhoria na logística assegurou um trabalho contínuo de concreto, mantendo a qualidade dos índices de planicidade e nivelamento dentro dos padrões desejados (Figura 9).

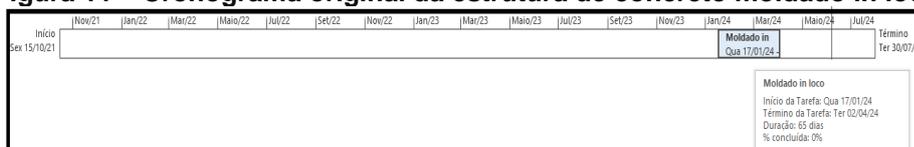
**Figura 9 – Piso acabado com bom nível de planicidade**



Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

#### 4.4 PLANILHAS DE PRODUTIVIDADES

**Figura 11 – Cronograma original da estrutura de concreto moldado in loco**



Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

Os registros de produtividade diária das diversas frentes de serviço foram coletados de maneira sistemática e organizada. Esses dados foram então compilados e analisados em uma planilha de produtividade média, visando a compreensão e aferição do desempenho ao longo do período de acompanhamento da obra.

O projeto executivo era composto pela a instalação de 88 pilares pré-moldados e de 32 vigas, juntamente com 31 lajes maciças, dentro de um prazo total de 43 dias, considerando uma jornada de trabalho padrão de 8 horas por dia, podemos calcular a produtividade diária aproximada das equipes, após realizar um diagnóstico sobre a locação dos pré-moldados de pilares, constatou-se que possível cumprir o prazo do serviço conforme o planejado para a obra, recuperando o tempo nas fundações, inicialmente programada para 65 Dias ( Figura 11), as estruturas de concreto devido a serem pré moldados ocorreu no tempo de 43 Dias, assim podendo iniciar as fases subsequentes mais cedo e recuperando o tempo de atraso das fundações, a adoção desse plano de ação demonstrou-se eficaz, essa abordagem otimizou a execução e garantiu que o projeto fosse entregue dentro do cronograma previsto.

**Figura 11 – Produtividade diária das estruturas e concreto**

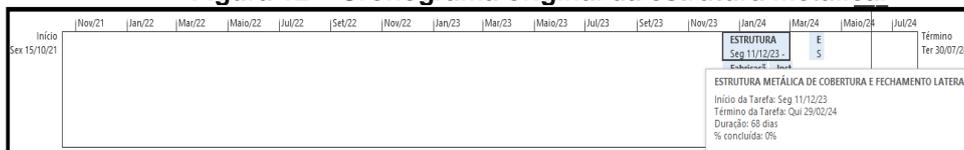
ETAPAS	SERVIÇO	PRODUTIVIDADE	PRODUÇÃO	PRODUÇÃO/DIA	EQUIPE	QUANTIDADE	PRAZO (01 EQUIPE)	Nº EQUIPES	PRAZO
ETAPA Pilares	Limpeza do terreno e nivelamento	0.70 m2/h	1.25 m2/h	10.00 m2/dia	2p+3s	650	65.0	3	21.67
ETAPA Pilares	Verificação das dimensões e alinhamento das fundações	1.60 und/h	0.63 und/h	5.00 und/dia	2p+3s	88	17.6	3	5.87
ETAPA Pilares	Fixação dos pilares nas fundações	0.67 und/h	1.50 und/h	12.00 und/dia	2p+3s	88	7.33	3	2.44
ETAPA Pilares	Preenchimento dos espaços entre o pilar e a fundação	1.14 m2/h	0.88 m2/h	7.00 m2/dia	2p+3s	88	12.57	3	4.19
ETAPA Vigas	Limpeza do terreno e nivelamento	0.70 m2/h	1.25 m2/h	10.00 m2/dia	2p+3s	32	3.2	2	1.6
ETAPA Vigas	Verificação das dimensões e alinhamento	1.60 und/h	0.63 und/h	5.00 und/dia	2p+3s	32	6.4	3	2.13
ETAPA Vigas	Fixação	0.57 und/h	1.75 und/h	14.00 und/dia	2p+3s	32	2.29	3	0.76
ETAPA Vigas	Preenchimento dos espaços com concreto de alta resistência	0.89 m2/h	0.71 m2/h	5.00 m2/dia	2p+3s	32	3.56	3	1.19
ETAPA Lajes	Limpeza do terreno e nivelamento	0.70 m2/h	1.25 m2/h	10.00 m2/dia	2p+3s	31	3.1	2	1.55
ETAPA Lajes	Verificação das dimensões e alinhamento	1.60 und/h	0.63 und/h	5.00 und/dia	2p+3s	31	6.2	3	2.07
ETAPA Lajes	Fixação das lajes sobre as vigas	0.57 und/h	1.75 und/h	14.00 und/dia	2p+3s	31	2.21	3	0.86
ETAPA Lajes	Preenchimento dos espaços	1.33 m2/h	0.75 m2/h	6.00 m2/dia	2p+3s	31	5.17	3	1.72

Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

A Figura 13 apresenta a produtividade de diferentes serviços de estruturas metálicas e instalações, realizados por 12 equipes. Os serviços variam de grades metálicas a estruturas pesadas e leves, pontes rolantes, escadas, suportes para

tubulação, eletricidade e instrumentação, além de tapamento lateral. As quantidades a serem produzidas e os prazos para conclusão variam significativamente, com o total necessário para finalizar todos os trabalhos sendo de 52,74 dias, conforme pode ser observado na (Figura 12), houve uma redução de prazos, de aproximadamente de 2 semanas.

**Figura 12 – Cronograma original da estrutura metálica.**



Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

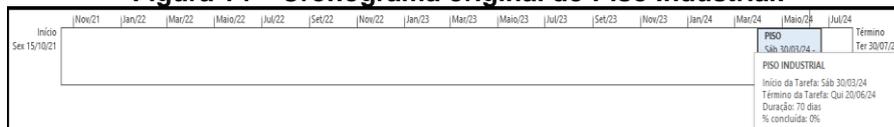
**Figura 13 – Produtividade da Montagem metálica.**

SERVIÇO	PRODUTIVIDADE	PRODUÇÃO	PRODUÇÃO/DIA	EQUIPE	QUANTIDADE	PRAZO (01 EQUIPE)	Nº EQUIPES	PRAZO
grades metálicas	0,80 h/m <sup>2</sup>	1,25 m <sup>2</sup> /h	10,00	1se+1a	890	89,0	12	7,42
estruturas metálicas pesadas acima 20 ton	0,27 h/ton	3,75 ton/h	30,00	eqto	1500	50,0	12	4,17
estruturas metal- médias 5 a 20 ton	0,11 h/ton	8,75 ton/h	70,00	eqto	2345	33,5	12	2,79
estruturas leves- até 5ton	0,05 h/ton	18,75 ton/h	150,00	eqto	5216	34,77	12	2,9
pontes rolantes	0,11 h/ton	8,75 ton/h	70,00	eqto	142	2,03	12	0,17
escadas/corrimão	0,80 h/m	22,50 m/h	180,00	1se+1a	1265	5,67	12	0,47
suporte de tubulação	0,50 h/kg	2,00 kg/h	16,00	Kg/dia	6000	375,0	12	31,25
suporte para eletricidade	0,40 h/kg	2,50 kg/h	20,00	Kg/dia	3407	170,35	12	14,2
suporte para instrumentação	0,70 h/kg	1,43 kg/h	11,43	Kg/dia	341	29,83	12	2,49
tapeamento lateral	1,00 h/m <sup>2</sup>	1,00 m <sup>2</sup> /h	8,00	1se+1a	1250	156,25	12	13,02
Total								52,74

Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

O processo de construção do piso foi cuidadosamente planejado e implementado, com estratégias direcionadas para assegurar a resistência, durabilidade e nivelamento adequado. Durante esta fase, os dados de produção e produtividade da equipe responsável pela concretagem do piso industrial foram coletados de forma sistemática e registrados para análise. Esses dados foram fundamentais para avaliar o desempenho da equipe, identificar possíveis áreas de melhoria e garantir a eficiência operacional ao longo do processo de construção do piso industrial conforme a (Figura 14) abaixo.

**Figura 14 – Cronograma original do Piso Industrial.**



Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

**Figura 15 – Produtividade da etapa de Piso Industrial.**

SERVIÇO	PRODUTIVIDADE	PRODUÇÃO	PRODUÇÃO/DIA	EQUIPE	QUANTIDADE	PRAZO (01 EQUIPE)	Nº EQUIPES	PRAZO
Concretagem c/bet80l	0,62 h/m <sup>3</sup>	1,63 m <sup>3</sup> /h	13,01	2p+7s	100	7,69	3	2,56
Concretagem c/bet320l	0,18 h/m <sup>3</sup>	5,62 m <sup>3</sup> /h	44,99	2p+7s	100	2,22	3	0,74
Concretagem c/bet580	0,09 h/m <sup>3</sup>	10,64 m <sup>3</sup> /h	85,11	2p+7s	100	1,18	4	0,29
Concretagem CamiBet(3m3) e Guindaste	0,11 h/m <sup>3</sup>	9,18 m <sup>3</sup> /h	73,44	ciclo 30	100	1,43	4	0,48
gruatamento	1,60 h/m <sup>2</sup>	0,63 m <sup>2</sup> /h	5,00	2p+7s	100	20,0	3	6,67
fabricação	0,78 h/m <sup>2</sup>	1,28 m <sup>2</sup> /h	10,00	2p+7s	100	10,0	3	3,44
colocação	0,34 h/m <sup>2</sup>	2,94 m <sup>2</sup> /h	23,50	2p+7s	100	4,26	3	3,92
fabricação	1,78 h/m <sup>2</sup>	0,56 m <sup>2</sup> /h	4,50	2p+7s	100	22,22	3	7,41
colocação	3,20 h/m <sup>2</sup>	0,31 m <sup>2</sup> /h	2,50	2p+7s	100	40,0	3	13,33
operações de mistura e lançamento do concreto	0,13 h/m <sup>2</sup>	7,50 m <sup>2</sup> /h	60,00	2p+7s	100	1,67	3	0,56
Total								40,58

Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

A adoção da metodologia Lean na construção por uma empresa líder resultou em uma notável aceleração na concretagem do piso industrial de um galpão. Antes do Lean, o processo era demorado, levando cerca de 7 dias para cada mil metros quadrados de piso, totalizando 70 dias conforme o programado na (Figura 14) para uma área de 10.000 metros quadrados.

A equipe de planejamento propôs substituir o concreto armado por macro e microfibras, alinhado aos princípios Lean de evitar desperdícios e manter um fluxo

contínuo de atividades. Com a eliminação do concreto armado, a execução se tornou mais rápida. Essa abordagem melhorou não apenas o tempo de entrega da obra, mas também garantiu uma execução mais eficiente. A elaboração de um plano detalhado de concretagem e o uso de equipamentos automatizados aumentaram a produtividade. A sequência correta das fases de concretagem minimizou interrupções e retrabalhos.

A adoção das técnicas Lean reduziu o tempo necessário para concretar mil metros quadrados de piso de 7 para 4 dias. Com isso, o tempo total para concretar 10.000 metros quadrados foi reduzido de 70 para 40 dias, economizando tempo e recursos, representando uma economia de 30 dias no prazo de execução e um ganho de eficiência de cerca de 43%, conforme a (Figura 15).

Com os dados de produtividade monitorados e discutidos durante as reuniões semanais, a equipe de engenharia levantou os quantitativos necessários para o término da obra dentro do prazo estipulado com o cliente em contrato.

Alinhada a aplicação da linha de balanço, uma técnica de planejamento, teve como propósito a distribuição equilibrada das atividades ao longo do período de execução, visando a otimização dos recursos e a minimização de ociosidades e gargalos.

**Figura 16 - Histograma de funcionários**

HISTOGRAMA DE MÃO DE OBRA													
Quantidade Operacional Necessária													
Data de início (DD/MM/AA) 8 maio 23													
Total de funcionários necessários													
Acumulado do ano													
Conclusão de trabalhos previstos (unid)													
Função	Etapas	Unidades de Custo	Total	nov/23	dez/23	jan/24	fev/24	mar/24	abr/24	mai/24	jun/24	jul/24	ago/24
Equipe de infraestrutura	Infraestrutura	DIA	319	21	21	21	34	45	45	45	45	21	21
Equipe de estrutura	Estrutura	DIA	274	9	31	31	21	21	21	21	21	49	49
Equipe de instalações	Instalações	DIA	250	0	0	19	19	49	49	49	49	23	23
Equipe de acabamento	Acabamento	DIA	147	0	0	0	12	14	14	14	23	21	21
Equipe de checklist	Final	DIA	178	0	0	0	9	21	21	21	21	45	45

Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

#### 4.4.1 ELABORAÇÃO DO NOVO CRONOGRAMA – LINHA DE BALANÇO

Baseando-se nas produtividades médias observadas previamente, a programação das atividades foi realizada considerando as estimativas de produtividade diária e a quantidade de equipe conforme evidenciado no histograma da (Figura 16). A alimentação da linha de balanço foi realizada em consonância com esses dados, estabelecendo um planejamento que garantiu um fluxo de trabalho contínuo e uniforme ao longo do tempo, alinhado às metas estabelecidas no quadro Kanban.

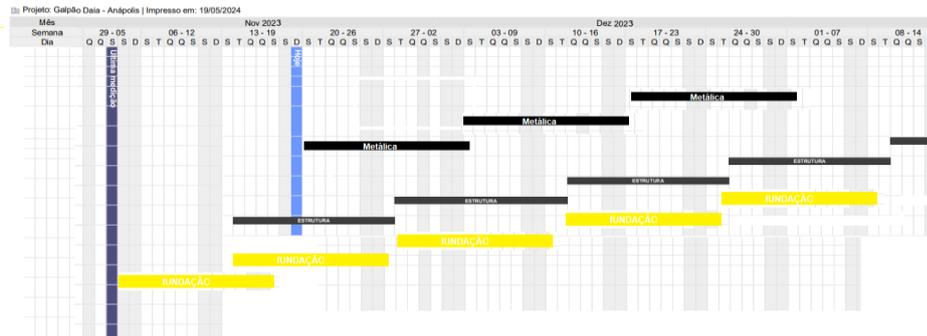
A linha de balanço conforme as (Figura 17, Figura 18 e Figura 19) foi integrada à programação do quadro Kanban, levando em considerações diversas variáveis, como as velocidades de execução das atividades, restrições de recursos e metas de produtividade. Essa integração permitiu uma sincronização eficaz entre o planejamento de longo prazo proporcionado pela linha de balanço e a gestão operacional diária facilitada pelo quadro Kanban. A aplicação da linha de balanço resultou na elaboração de um novo cronograma, o qual estabelece uma sequência de atividades a serem seguidas, respeitando o início das mesmas até a conclusão da obra, desde novembro de 2023 até agosto de 2024. Esse novo cronograma foi formulado com base na distribuição equilibrada das atividades ao longo do tempo.

Na Figura 17 é apresentada o novo cronograma baseando se na programação da linha de balanço.

Fundações: A atividade de fundação inicialmente programada para iniciar em 11 de novembro e se estender até 07 dezembro, teve seu replanejado com término real de janeiro dia 14 de 2024, com quase um mês após o programado no cronograma original, nota-se que há uma sobreposição entre as fases finais da fundação e as fases iniciais da estrutura metálica, permitindo que o trabalho avance de maneira eficiente sem tempos mortos, otimizando assim o uso dos recursos e garantindo o cumprimento dos prazos.

Estrutura Metálica: Inicia em 16 de dezembro de 2023 e continua até 29 de dezembro de 2024, com algumas sobreposições com a conclusão da posterior a fundação, na sua primeira fase, possuindo uma segunda na fase de estrutura que se estende ao termino de fevereiro.

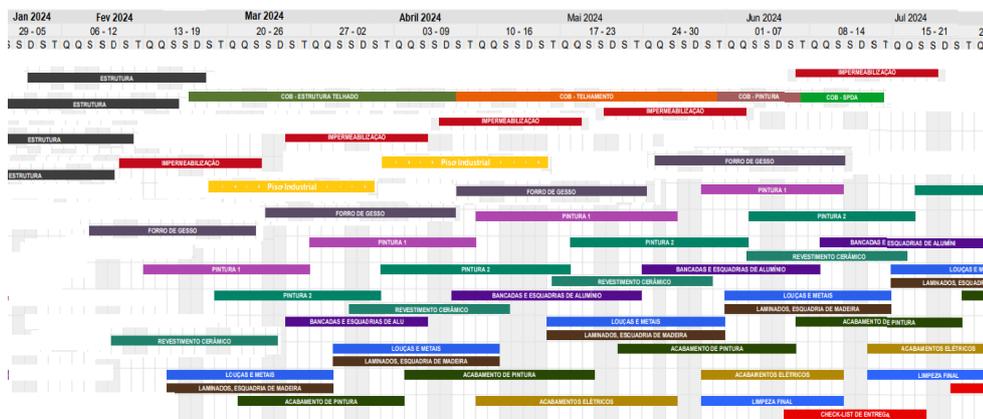
**Figura 17 – Linha de balanço Novembro/23 a janeiro/24**



Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

Estrutura: Envolve atividades macro de concreto de pré moldados, assim como complementares de metálicas e fundações, atividades críticas, como a cobertura do telhado, são programadas consecutivamente, refletindo a necessidade de completar a estrutura antes do fechamento metálico.

**Figura 18 – Linha de balanço Janeiro/24 a junho/24.**



Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

No gráfico da Figura 18, apresenta a fase intermediaria da linha de balanço.

Estrutura: São intercaladas, com múltiplas atividades começando em fevereiro e continuando até julho de 2024, sendo essas coberturas metálicas, piso industrial, instalações elétricas, pintura, e acabamento de pisos. As Atividades estão distribuídas sequencialmente, mostrando que o trabalho de cobertura segue uma ordem lógica de aplicação, atividades internas como: impermeabilização, enfição, e revestimento cerâmico são realizadas de maneira paralela, demonstrando que diferentes equipes podem trabalhar simultaneamente em diferentes áreas.

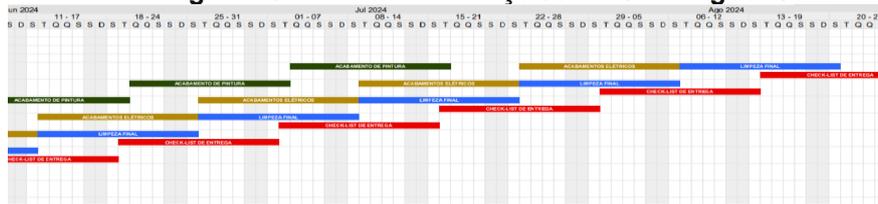
No gráfico da Figura 19 apresenta a fase de conclusão da linha de balanço.

Acabamentos e Inspeções: Ocupam a parte final do cronograma, com a realização de ajustes finais, limpezas e inspeções a partir de julho de 2024.

Há duas fases principais de acabamento de pintura: uma na semana de 11-17 de junho e outra na semana de 01-07 de julho. Esta atividade está distribuída em diferentes períodos, indicando que o trabalho será realizado em seções ou áreas diferentes do projeto, os acabamentos elétricos começam na segunda metade de junho (18-24 de

junho) e continuam até o final de julho (22-28 de julho). Há várias fases de acabamentos elétricos, indicando um trabalho contínuo e detalhado para garantir a instalação elétrica completa e funcional. Estas atividades se sobrepõem com as de pintura e limpeza, mostrando um cronograma paralelo e integrado para diferentes tipos de acabamentos.

**Figura 19 – Linha de balanço Junho /24 a agosto/24.**



Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

Entrega e Revisões: Concluem o projeto em agosto de 2024, com a última inspeção e a entrega final, a limpeza final começa na última semana de junho (25-31 de junho) e continua até a primeira semana de agosto (01-07 de agosto). Esta atividade ocorre em várias fases, refletindo a limpeza progressiva de diferentes áreas do projeto. A limpeza é crucial para preparar o local para a inspeção final e a entrega, o checklist de entrega começa no início de julho (01-07 de julho) e continua até a segunda semana de agosto (06-12 de agosto).

O checklist de entrega está programado para ocorrer em várias fases, garantindo que todas as áreas do projeto sejam inspecionadas e verificadas para conformidade com os requisitos antes da entrega final, cumprindo os 250 dias de execuções e com cinco semanas voltadas para a entrega de obra. Este cronograma demonstra uma gestão cuidadosa do tempo e dos recursos, essencial para garantir a conclusão do projeto dentro do prazo e com alta qualidade, a visualização clara das atividades ajuda a identificar e ajustar potenciais conflitos ou atrasos de maneira proativa.

#### 4.4.2 LINHA DE BALANÇO - DADOS

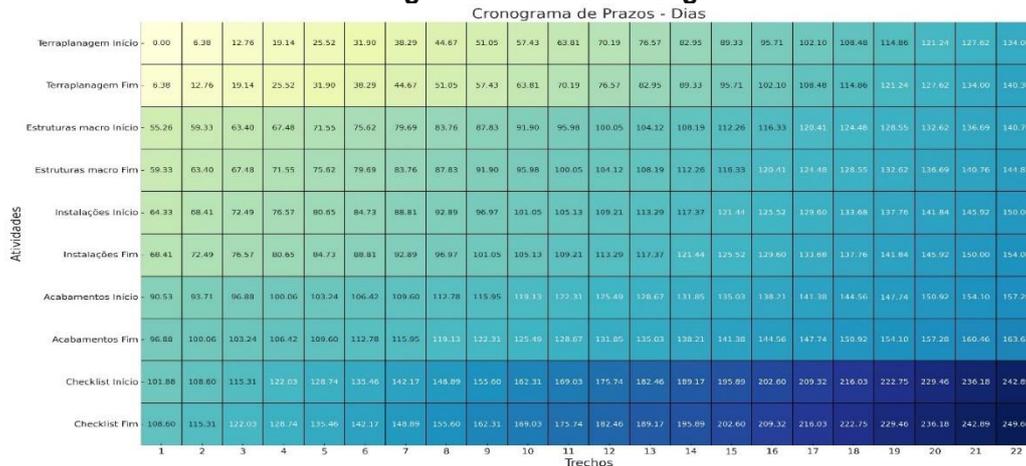
A metodologia da linha de balanço proporciona uma abordagem sistemática para o planejamento e controle de cronogramas em projetos de construção. Através de dados tabulares, são apresentados os prazos em dias para cinco atividades distintas: Projetos Base, Fundações, Estrutura, Acabamento e Inspeções Finais, detalhados por 22 trechos definidos na planilha, com base na produção real das atividades no canteiro. Cada atividade é delimitada por intervalos de início e fim para cada trecho, mantendo um padrão uniforme para todas as atividades, o que assegura um fluxo de trabalho contínuo ao longo do cronograma.

Para a execução dos 22 trechos, foi estabelecida uma média de andamento de 0,8 trechos por semana, com base no pressuposto de equipes trabalhando 8 horas por dia, 6 dias por semana. Essa abordagem abrangente permite analisar a obra desde sua concepção até a execução, incluindo eventuais atrasos nas fundações e a replanejamento de novas atividades, proporcionando uma visão global e estruturada do progresso do projeto, conforme as (Figura 17, Figura 18 e Figura 19), gerou se os dados abaixo de início e fim das atividades, replanejadas, considerando os atrasos referentes as fundações, porém conseguindo manter os 250 dias iniciais da (Figura 20).

A aplicação da linha de balanço não apenas facilita o acompanhamento do progresso da obra, mas também possibilita a identificação precoce de possíveis desvios e a implementação de medidas corretivas. Neste contexto, os dados recalculados com base na linha de balanço (Figura 20) permitiram uma reavaliação do tempo de entrega da obra do cronograma original (Figura 21), demonstrando uma redução das perdas de prazos inicialmente nas fundações, conseguindo manter o estipulado no contrato com o cliente.

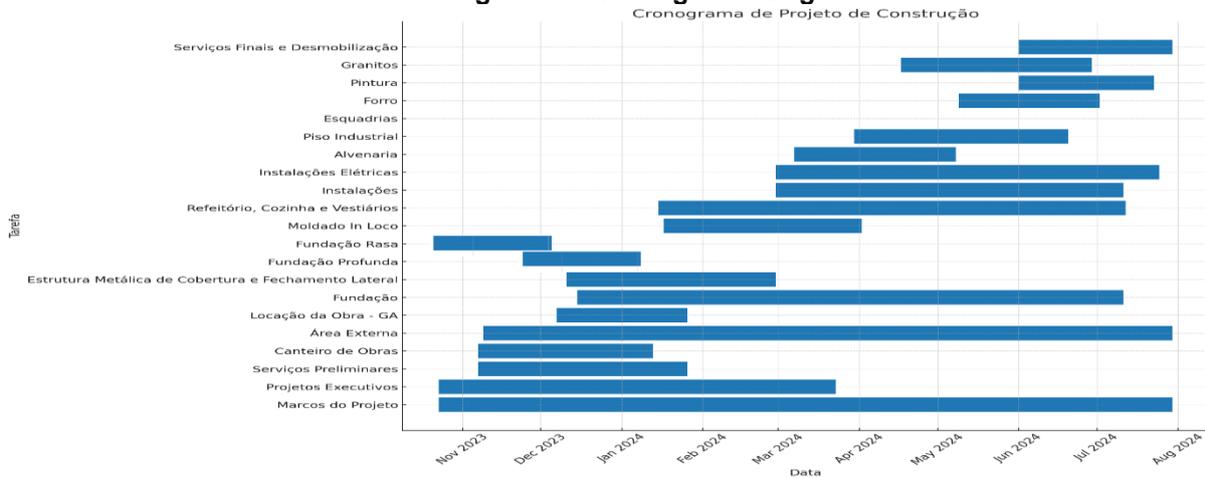
Essa conquista reflete não apenas a eficácia da metodologia empregada, mas também o compromisso com a excelência e a satisfação do cliente.

**Figura 20 – Novo Cronograma**



Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

**Figura 21 - Cronograma Original**

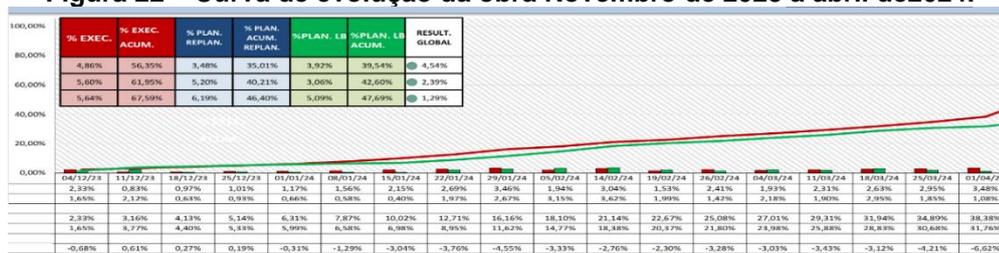


Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

#### 4.5 CURVA DE EVOLUÇÃO DA OBRA

No capítulo final, o gráfico da Figura 22, "Curva de evolução da obra", apresenta um panorama detalhado do progresso físico do projeto de construção ao longo de um período de novembro a abril, ilustrado por várias linhas representando diferentes métricas de planos e execuções acumuladas. A linha vermelha mostra a execução física semanal, enquanto a linha azul indica a execução física acumulada até a data correspondente. Já a linha amarela revela o plano replanejado semanal e a linha azul clara demonstra o plano acumulado replanejado. A linha verde indica o planejamento inicial da Construção enxuta, com a linha vermelha clara mostrando o plano acumulado da Lean. Os resultados globais, marcados em verde claro, azul claro e verde escuro, representam diferentes níveis de acompanhamento e ajuste dos planos, variando de 4,54% a 1,29%, indicando o sucesso relativo dos ajustes adotados.

**Figura 22 – Curva de evolução da obra Novembro de 2023 a abril de 2024.**



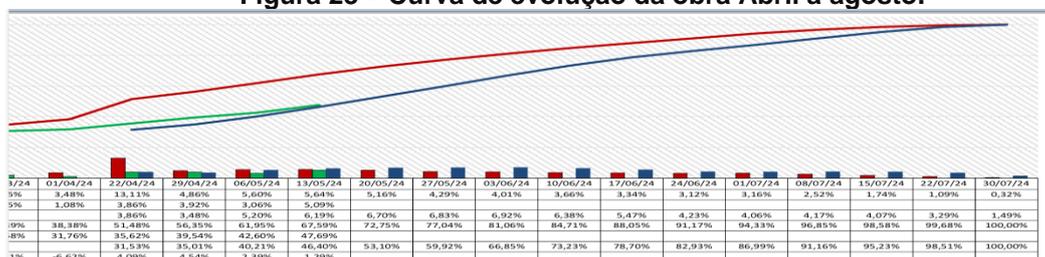
Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

Os dados apresentados na tabela abaixo do gráfico mostram a execução e o planejamento semanal e acumulado, detalhando os percentuais de execução semanal, execução acumulada, plano replanejado semanal, plano acumulado replanejado, plano Lean semanal e plano Lean acumulado. O percentual de execução semanal (% EXEC) revela a realização física em cada semana, enquanto o percentual de execução acumulada (% EXEC. ACUM) fornece uma visão contínua do progresso acumulado. Os percentuais de planejamento (% PLAN. REPLAN e % PLAN. ACUM. REPLAN) indicam ajustes semanais e acumulados nos planos, refletindo replanejamentos necessários para manter o projeto no caminho certo. O percentual do plano Lean (% PLAN. LB e % PLAN. ACUM. LB) destaca o planejamento baseado na metodologia Lean.

A análise mostra que a linha de execução acumulada frequentemente segue acima das linhas de planejamento acumulado, sugerindo que a execução está além do planejado. Os desvios entre as linhas de execução acumulada e o plano acumulado indicam áreas onde o projeto está adiantado. As flutuações na linha de execução física semanal refletem a variabilidade e possíveis inconsistências na realização semanal do trabalho, mas, no geral, o desempenho está superando as expectativas. Durante as primeiras oito semanas do projeto, antes da implementação da metodologia Lean, enfrentamos desafios de coordenação entre equipes, causando atrasos na preparação do terreno e nas fundações. Apenas 20% do trabalho planejado foi concluído nesse período.

Na semana 11 a 17 após a implementação do Lean, observamos uma mudança substancial no progresso da obra. Através do uso do quadro Kanban e da melhoria da comunicação entre as equipes, alcançamos uma taxa de conclusão de 40% das atividades planejadas.

**Figura 23 – Curva de evolução da obra Abril a agosto.**



Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

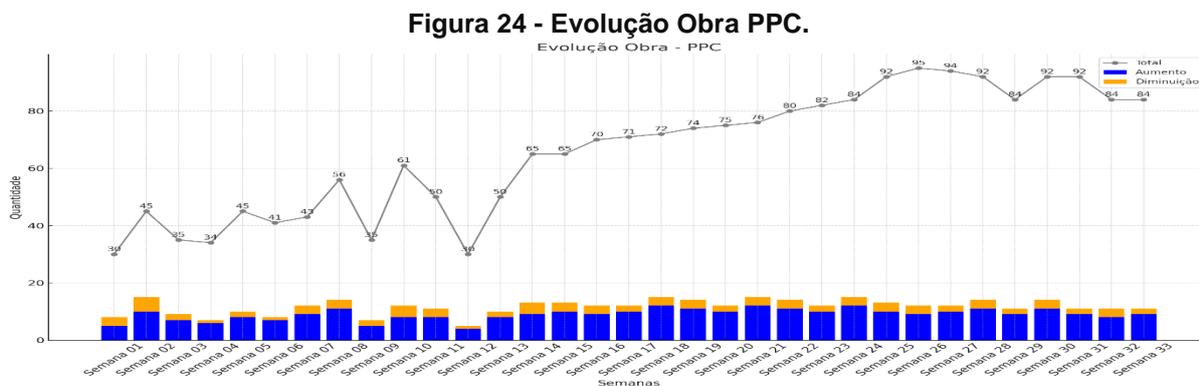
A (Figura 27) mostra a linha de execução acumulada (em vermelho) frequentemente está acima das linhas de planejamento (em azul) e replanejamento (em verde), sugerindo que o projeto está progredindo melhor do que o esperado. Por exemplo, em 29/04/24, a execução acumulada atinge 31,53%, enquanto o plano acumulado está em 31,48% e o replanejamento acumulado em 31,86%. No final do período, em 30/07/24, a execução alcançará 100%, indicando a conclusão do projeto, enquanto o plano acumulado e o replanejamento acumulado atingem 98,51% e 100%, respectivamente.

As barras na parte inferior do gráfico representam a execução semanal e mostram variações ao longo do tempo, com picos e quedas que refletem a variabilidade na realização do trabalho semanal. Por exemplo, na semana de 22/04/24, a execução semanal é de 13,11%, um aumento significativo em relação às semanas anteriores, enquanto na semana de 08/06/24, a execução semanal cai para 4,17%. As variações indicam possíveis ajustes e replanejamentos necessários para manter o ritmo do projeto.

- Semana 17 a 24: O impacto positivo da Lean na construção do galpão industrial em Anápolis tornou-se ainda mais evidente. As práticas Lean foram internalizadas pelas equipes, levando a uma melhoria contínua do processo de trabalho. Nesse período, foi alcançada uma taxa de conclusão de 70% das atividades planejadas.

Durante as semanas 24 a 32, com o progresso consistente e o refinamento contínuo das práticas Lean, a obra avançou para sua fase final. Estimamos que 95% das atividades planejadas foram concluídas nesse período, preparando o caminho para a fase de acabamentos e entrega final do galpão industrial. A análise da curva S indica que a obra será entregue dentro do prazo estabelecido, demonstrando a eficácia das métricas de produtividade implementadas e o sucesso da metodologia Lean na gestão do projeto, como o estudo não contemplou até a conclusão da obra, a linha azul ajudar a auxiliar nessa, questão pois indica através de dados reais e estáticos de execução que a obra será entregue, principalmente levando em consideração que a metodologia Lean teve grande sucesso e aceitação na obra durante os meses observados. Isso sugere que as estratégias de implementação e controle do projeto estão sendo eficazes, permitindo um progresso mais rápido do que o previsto.

#### 4.5.1 ANÁLISE DO GRÁFICO DE EVOLUÇÃO PPC



Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

A (Figura 28) apresenta a evolução das frentes gerais da obra, comparando os valores planejados com os valores efetivamente executados ao longo do tempo, este gráfico é um reflexo direto da aplicação dos princípios da construção enxuta no gerenciamento do projeto.

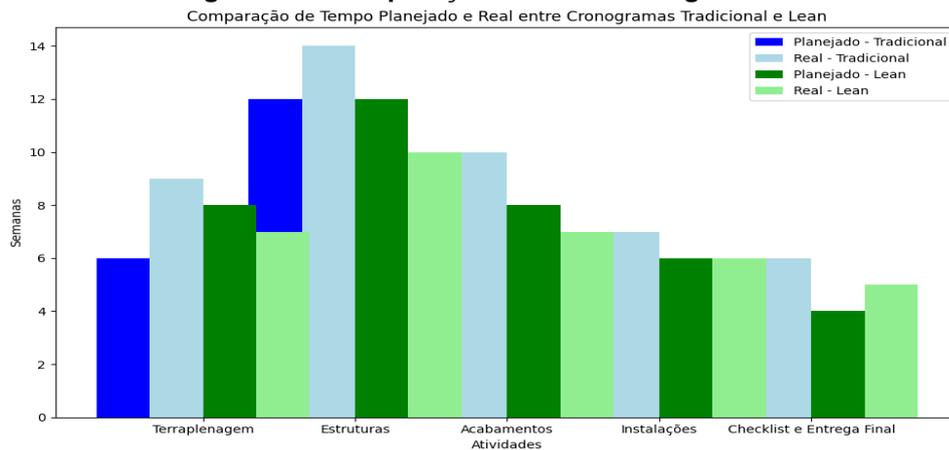
O gráfico da "Evolução Obra - PPC" revela uma progressão semanal, indicando que a evolução da obra é monitorada de maneira sistemática e regular. Observa-se uma convergência inicial durante as primeiras 14 semanas, destacando que, antes da adoção da metodologia Lean, a obra não atingia os valores planejados, consistentemente permanecendo abaixo do ideal, que seria 70%.

- Período de Ajustes (Semana 12 a 22): Durante o período de ajustes, compreendido entre a Semana 14 e a Semana 22, observa-se uma fase de adaptação e crescimento na execução das atividades planejadas. Na semana 15, a execução estava em 65%, ainda abaixo do planejado que era 70%. No entanto, durante essas semanas, a equipe começou a se adaptar melhor aos novos processos, resultando em um aumento

significativo na execução das atividades. Esse ajuste é evidenciado pelo fato de que, na semana, o índice de execução atingiu 18%, superando o planejado de 70%. Este período de adaptação reflete a capacidade da equipe em ajustar e melhorar suas práticas, alinhando-se com os princípios da construção enxuta.

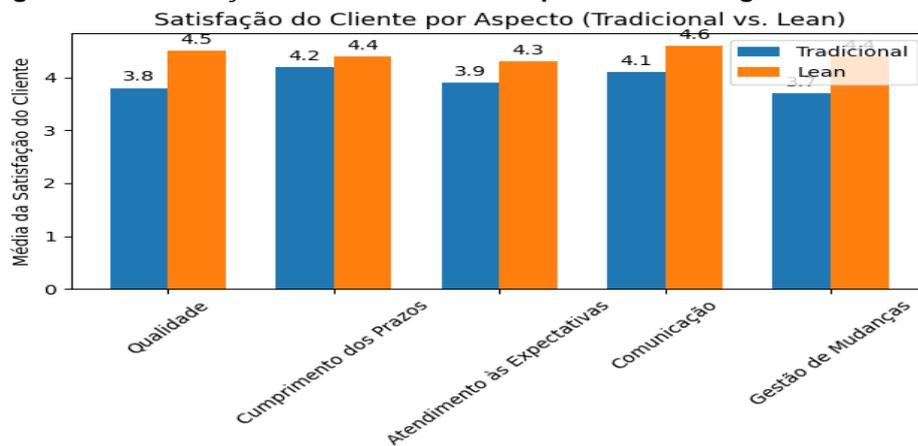
-Fase de Estabilização (01/01/24 a 06/05/24), planejado vs. executado, a partir da semana 22, o executado (82%) mantendo-se subindo até junho de 2024. Esta fase demonstra uma estabilização e uma execução significativa, onde o planejamento e a execução estão em sintonia. Isso reflete a aplicação eficaz dos princípios Lean, como a eliminação de excedentes e a manutenção de um fluxo contínuo de trabalho, o gráfico de evolução PPC demonstra como a aplicação dos princípios da construção enxuta pode alinhar o planejamento com a execução de forma eficiente. A análise das frentes gerais da obra, através deste gráfico, evidencia a importância de um planejamento detalhado, ajustes contínuos baseados em feedback, e a minimização de resíduos

**Figura 25 – Comparação entre os cronogramas.**



Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

**Figura 26 – Satisfação dos clientes antes e pós a metodologia Lean.**



Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

Considerando as (Figura 20) e (Figura 22) foi possível verificar que cronograma tradicional, novamente, possui atrasos em todas as atividades principais, resultando em um aumento total de 8 semanas (2 meses). Enquanto o cronograma Lean, conseguiu antecipar a conclusão de algumas atividades, especialmente terraplenagem, estruturas de concreto e metálico.

No contexto da construção civil, a satisfação do cliente é um indicador crucial do sucesso de um projeto. Ao comparar diferentes abordagens de gerenciamento de

projetos, como o tradicional e o Lean, são essenciais entender como cada uma influencia a percepção do cliente. Neste estudo, investigamos a satisfação do cliente em relação a aspectos-chave, como qualidade, cumprimento dos prazos, atendimento às expectativas, comunicação e gestão de mudanças. Os resultados revelaram que os clientes tendem a avaliar positivamente a metodologia Lean, destacando sua capacidade de proporcionar uma experiência mais satisfatória em comparação com o Cronograma tradicional da obra.

#### 4.5.2 DISCUSSÃO DE RESULTADOS

Após uma leitura cuidadosa de trabalhos selecionados, como as obras de Alaloul et al. (2019), que investigou o impacto da implementação da Lean na indústria da construção em Cingapura, e de Abdelhamid e Everett (2010), que trata da entrega de valor através da Lean – uma abordagem de dinâmica de metodologias, os estudos coincidem ao afirmar que a Lean pode acelerar o cronograma de obras através da eliminação de atividades que não agregam valor. No entanto, cada um aborda diferentes aspectos da Lean e suas aplicações específicas, como gerenciamento de materiais, fluxo de trabalho e entrega de valor ao cliente.

O estudo de Alaloul et al. (2019) revelou uma redução significativa nos prazos de entrega das obras após a adoção do Lean na indústria da construção em Cingapura. Os resultados indicaram uma redução média de 20% nos prazos de conclusão dos projetos, em comparação com métodos tradicionais de construção. Da mesma forma, a pesquisa de Abdelhamid e Everett (2010) constatou que a adoção do Lean resultou em uma diminuição substancial nos prazos de entrega das obras. Em média, os projetos que aplicaram os princípios Lean apresentaram uma redução de até 30% nos prazos estabelecidos, evidenciando os benefícios tangíveis dessa abordagem na aceleração do cronograma de obras.

## 5 CONCLUSÃO

A adoção da construção enxuta (Lean) na dinâmica de entrega do projeto trouxe consigo benefícios significativos. A redução de resquícios e eficiência nos processos são dois dos principais pontos positivos observados. Com a eliminação de atividades que não agregam valor ao projeto, foi possível otimizar o tempo e os recursos disponíveis, resultando em uma obra mais rápida e econômica. Além disso, a padronização dos processos e a busca pela melhoria contínua contribuem para a qualidade final do empreendimento.

A conclusão deste artigo científico demonstra que ao adotar as ferramentas de gestão e metodologias Lean foi fundamental para a entrega bem-sucedida do projeto de construção do galpão, conseguindo recuperar as perdas de atraso no cronograma original, assim superando as adversidades encontradas ao longo do projeto, sobretudo nas fundações, a integração de práticas como a linha de balanço, reuniões de médio prazo e o quadro Kanban, combinadas com os princípios de eficiência e melhoria contínua do Lean, criou um ambiente de trabalho altamente coordenado e adaptável, resultando em um cronograma bem gerenciado.

As reuniões de médio prazo desempenharam um papel vital no monitoramento contínuo do progresso do projeto. Essas reuniões regulares permitiram ajustes frequentes no cronograma e resolução rápida de problemas, promovendo uma comunicação constante e eficaz entre as equipes envolvidas. A colaboração ativa e a transparência durante essas reuniões asseguraram que todos os membros da equipe estivessem

alinhados com os objetivos do projeto, permitindo uma adaptação ágil às mudanças e desafios que surgiram.

O uso do quadro Kanban foi outro fator determinante para o sucesso do projeto, proporcionando uma gestão visual e flexível das tarefas diárias. Essa ferramenta facilitou a identificação rápida de desvios no plano original e a adoção de ações corretivas imediatas. A linha de balanço proporcionou uma visão clara e detalhada das atividades distribuídas ao longo do tempo, o que permitiu identificar e mitigar potenciais gargalos e sobreposições de tarefas. Essa visualização detalhada garantiu que as fases críticas do projeto fossem executadas de forma priorizada e dentro dos prazos planejados. A capacidade de prever e ajustar o andamento das tarefas com precisão foi crucial para manter o projeto no cronograma.

Por fim, a metodologia Lean, foi a base que sustentou todas as práticas adotadas. A busca incessante pela eficiência e qualidade permeou todas as fases do projeto, assegurando que os recursos fossem utilizados de maneira otimizada. Essa abordagem não só garantiu a conclusão pontual do galpão, mas também estabeleceu um padrão de excelência que pode ser replicado em futuros projetos de construção. Fica evidente que, a integração dessas ferramentas e metodologias dentro do escopo da metodologia Lean provou ser uma estratégia vencedora para a entrega bem-sucedida do projeto, demonstrando a importância de um planejamento cuidadoso, comunicação eficaz e gestão ágil.

O estudo sobre Lean representou um marco significativo, proporcionando não apenas uma compreensão mais profunda dos princípios e práticas dessa metodologia, mas também evidenciando suas vastas contribuições para a sociedade e para a profissão. A partir desta perspectiva, a Lean não apenas como uma metodologia, mas como um catalisador de mudanças positivas e inovação na indústria da construção, contribuindo para um ambiente construído mais sustentável, seguro e resiliente.

## REFERÊNCIAS

ABDELHAMID, T. S., & EVERETT, J. G. (2010). **Entregando Valor Através do Lean Construction – Uma Abordagem de Dinâmica de Sistemas**. *Journal de Engenharia e Gestão da Construção*, 12(3), 25-37.

ALALOUL, W. S., ELBELTAGI, E., & ALRESHAID, K. (2019). **Investigação do Impacto da Implementação do Lean na Indústria da Construção em Cingapura**. *Revista de Engenharia de Construção*, 10(2), 150-168.

BALLARD, G., & HOWELL, G. (1998). **Proteção da Produção: Passo Essencial no Controle da Produção**. *Journal of Construction Engineering and Management*.

CHIRINÉA, M. L. **Redesenho do sistema de gestão da produção em Empresa Construtora: estudo de caso com foco no planejamento físico de obra**. 2018. Acesso em: <<https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3153/tde-05032018-134726/?gathStatIcon=true>>.

CHIRINÉA, M. L. **Redesenho do sistema de gestão da produção em Empresa Construtora: estudo de caso com foco no planejamento físico de obra**. 2018. Acesso em: <<https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3153/tde-05032018-134726/?gathStatIcon=true>>.

FEC LIMA, 2024. **Soluções práticas na adoção de Lean Construction em estaleiros de construção: estudo de caso**. Acesso em: <<https://bibliotecadigital.ipb.pt/handle/10198/29418>>.

HARRIS, F., & MCCAFFER, R. (2013). **Gestão Moderna da Construção**. Wiley-Blackwell.

HENDRICKSON, C., & AU, T. (2008). **Gestão de Projetos para Construção: Conceitos Fundamentais para Proprietários, Engenheiros, Arquitetos e Construtores**. Prentice Hall.

IMAI, M. (1986). **Kaizen: A Chave para o Sucesso Competitivo do Japão**. McGraw-Hill.

INSTITUTO NACIONAL DE PADRÕES E TECNOLOGIA (NIST). (2021). **Diretrizes de Gerenciamento de Projetos de Construção**. Washington, DC: Publicações do NIST.

KENLEY, R. (2003). **Gestão de Projetos: Uma Abordagem Integrada**. Spon Press.

KOSKELA, L. **Uma exploração em direção a uma teoria de produção e sua aplicação à construção**. Espoo: VTT Technical Research Centre of Finland, 2000.

LEVINSON, W. A. (2002). **Empresa Enxuta: Uma Abordagem Sinérgica para Minimizar Desperdícios**. ASQ Quality Press.

LIKER, J. K. (2004). **O Modelo Toyota: 14 Princípios de Gestão do Maior Fabricante do Mundo**. McGraw-Hill.

LUSA, L.B. **Processo de monitoramento e controle de obras com utilização da filosofia Lean**. 2021. Acesso em: <<https://bdm.unb.br/handle/10483/33774>>.

MANN, D. (2010). **Criando uma Cultura Lean: Ferramentas para Sustentar Conversões Lean**. CRC Press.

MORAIS, G. R. **Lean Construction em uma obra residencial de torres altas com 21 andares de alvenaria estrutural**. 2023. Disponível em: <<https://pantheon.ufrj.br/handle/11422/21698>>.

NEVILLE, A. M. (2011). **Propriedades do Concreto**. Pearson Education

NITZ, C. R. **Adoção de conceitos da Lean Construction em um canteiro de obras: um estudo de caso**. Acesso em: <<https://lume.ufrgs.br/handle/10183/188630>>.

OHNO, T. (1988). **Sistema de Produção Toyota: Além da Produção em Larga Escala**. Productivity Press.

OLIVEIRA, E. A. **adequação das empresas construtoras alagoanas a abordagem da lean construction**. Disponível em: [http://www.pei.ufba.br/sites/pei.ufba.br/files/eraldo\\_albuquerque\\_oliveira\\_-\\_dissertacao.pdf](http://www.pei.ufba.br/sites/pei.ufba.br/files/eraldo_albuquerque_oliveira_-_dissertacao.pdf).

SILVA, A. B. (2017). **Logística na construção civil: uma abordagem prática para o gerenciamento de materiais em canteiros de obras**. Editora Atlas.

WOMACK, J. P., & JONES, D. T. (1996). **Pensamento Lean: Elimine Desperdícios e Crie Riqueza em Sua Corporação**. Free Press.