

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
Centro Tecnológico
Departamento de Engenharia Civil

GUSTAVO BELLON CARVALHO
ISABELLE DE VARGAS CAPISTRANO

INTEGRAÇÃO DAS METODOLOGIAS BIM E *LEAN CONSTRUCTION*
NA GESTÃO DE EMPREENDIMENTOS PARA OTIMIZAÇÃO DE
RESULTADOS GERAIS DE PROJETO

VITÓRIA - ES
2024

GUSTAVO BELLON CARVALHO
ISABELLE DE VARGAS CAPISTRANO

**INTEGRAÇÃO DAS METODOLOGIAS BIM E *LEAN CONSTRUCTION*
NA GESTÃO DE EMPREENDIMENTOS PARA OTIMIZAÇÃO DE
RESULTADOS GERAIS DE PROJETO**

Projeto de Graduação apresentado ao
Departamento de Engenharia Civil da
Universidade Federal do Espírito Santo, como
requisito parcial para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Herbert Barbosa Carneiro

VITÓRIA - ES
2024

GUSTAVO BELLON CARVALHO
ISABELLE DE VARGAS CAPISTRANO

**INTEGRAÇÃO DAS METODOLOGIAS BIM E *LEAN CONSTRUCTION* NA
GESTÃO DE EMPREENDIMENTOS PARA OTIMIZAÇÃO DE RESULTADOS
GERAIS DE PROJETO**

Projeto de Graduação apresentado ao
Departamento de Engenharia Civil da
Universidade Federal do Espírito Santo, como
requisito parcial para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Civil.
Orientador: Prof. Herbert Barbosa Carneiro

COMISSÃO EXAMINADORA:

Prof.: Herbert Barbosa Carneiro
Universidade Federal do Espírito Santo
Orientador

Dr. José Roberto Rangel
Universidade Federal do Espírito Santo
Examinador

Eng. Christian Correa Santos
Universidade Santo Amaro
Examinador

Vitória-ES
2024

AGRADECIMENTOS

Agradecemos primeiramente a Deus, que nos concedeu forças suficientes para suportar toda a dificuldade e conseguirmos realizar o curso e nossos sonhos.

Agradecemos também aos nossos familiares e amigos que, de forma direta ou indireta, nos auxiliaram com todo o suporte e compreensão em nossa jornada acadêmica, auxiliando também ao nosso desenvolvimento como pessoas e profissionais.

Expressamos nossa sincera gratidão ao nosso orientador, professor Herbert Barbosa Carneiro, pela orientação dedicada, paciência e incentivo. O seu auxílio foi essencial para a conclusão deste projeto.

Por fim, agradecemos a todos os nossos professores do curso e a Universidade Federal do Espírito Santo, pela oportunidade de crescimento acadêmico e por todo apoio e recurso oferecido.

RESUMO

O setor da construção civil enfrenta grandes desafios, como a gestão ineficaz de projetos, o desperdício de recursos e a falta de integração entre as etapas de planejamento e execução, o que frequentemente resulta em atrasos e problemas orçamentários. Nesse cenário, o uso das metodologias BIM (*Building Information Modeling*) e *Lean Construction* surge como uma solução promissora para melhorar o controle de custos, prazos e recursos, além de elevar a produtividade do setor.

Este trabalho apresenta o desenvolvimento de um modelo de gestão para a construção civil, que combina os princípios do *Lean Construction* e do BIM, com o objetivo de eliminar desperdícios e aumentar a eficiência dos processos. A pesquisa foi motivada pela necessidade de superar as falhas gerenciais comuns no setor, promovendo uma integração mais eficaz entre o planejamento e a execução, e assegurando uma melhor organização dos recursos humanos e financeiros.

O modelo proposto é estruturado em dois estágios principais: o pré-obra, onde são definidas diretrizes estratégicas e realizada a organização com base na Estrutura Analítica do Projeto (EAP), e o estágio de obras, focado no controle operacional e financeiro. Além disso, é utilizada a técnica de gestão baseada em localização (Location-Based Management), que permite organizar e visualizar as atividades por áreas específicas, otimizando o controle do fluxo de trabalho e a alocação de recursos.

A integração com o BIM facilita a extração de quantitativos e a visualização em 3D dos planos, contribuindo para um planejamento mais detalhado, simulação de cenários e monitoramento do progresso da obra. A metodologia Design Science Research (DSR) foi adotada para o desenvolvimento do modelo, gerando uma solução que melhora o controle de custos, prazos e a previsibilidade dos projetos. Ao longo deste trabalho, cada etapa do método de gestão é apresentada com o detalhamento necessário, proporcionando uma compreensão clara das melhores práticas para a execução e controle de obras na construção civil.

Palavras-chave: Construção Civil, BIM, *Lean Construction*, Gestão de Projetos, Design Science Research, Planejamento e Controle, Estrutura Analítica do Projeto, Location-Based Management.

ABSTRACT

The construction industry faces significant challenges, such as ineffective project management, resource wastage, and a lack of integration between planning and execution stages, which often lead to delays and budget overruns. In this context, the use of Building Information Modeling (BIM) and *Lean Construction* methodologies emerges as a promising solution to improve cost, time, and resource control, while also enhancing sector productivity.

This study presents the development of a management model for the construction industry that combines *Lean Construction* principles with BIM, aiming to reduce waste and increase process efficiency. The research was motivated by the need to overcome common managerial failures in the sector, promoting more effective integration between planning and execution, and ensuring better organization of human and financial resources.

The proposed model is structured in two main stages: the pre-construction phase, where strategic guidelines are defined and organized based on the Work Breakdown Structure (WBS), and the construction phase, focused on operational and financial control. Additionally, a Location-Based Management System (LBMS) is used to organize and visualize activities by specific areas, optimizing workflow control and resource allocation.

The integration with BIM facilitates the extraction of quantities and 3D visualization of plans, contributing to more detailed planning, scenario simulation, and project progress monitoring. The Design Science Research (DSR) methodology was adopted for the development of the model, providing a solution that improves cost control, timelines, and project predictability. Throughout this work, each stage of the management method is presented in detail, offering a clear understanding of best practices for construction project execution and control.

Keywords: Construction Industry, BIM, *Lean Construction*, Project Management, Design Science Research, Planning and Control, Work Breakdown Structure, Location-Based Management.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

BIM – *Building Information Modeling* (Modelagem da Informação da Construção)

EAP – Estrutura Analítica do Projeto

ERP – *Enterprise Resource Planning*

LPS – *Last Planner System*

MS Project – *Microsoft Project*

PPC – Percentual de Planos Concluídos

XML – *eXtensible Markup Language*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1-BIM no ciclo de vida do edifício	16
Figura 2-Modelo conceitual das barreiras.....	22
Figura 3-Implementação do BIM no Brasil decreto nº 10.306/2020.....	24
Figura 4-Série histórica do CUB-ES (Dez-19 à Nov-23).....	26
Figura 5-Categorização das atividades do processo construtivo segundo o conceito do Lean Construction.	28
Figura 6-Princípios fundamentais do Lean Construction	29
Figura 7-Fluxograma resumo do modelo de gestão proposto.	34
Figura 8-Descrição dos LOD	40
Figura 9-Etapas de projetos.....	41
Figura 10- Exemplo de EAP padrão baseada em Localização.....	44
Figura 11-Descrição da divisão dos custos	48
Figura 12-Fluxograma da integração entre ferramentas e processos	55
Figura 13-Exemplo formatação de planilha para gestão do médio prazo	66
Figura 14-Exemplo de formatação de planilha para programação semanal...	69
Figura 15-Exemplo de planilha de planejamento semanal preenchida.....	70
Figura 16-Dashboard de informações gerais e Curva S de longo prazo	80
Figura 17-Dashboard de progresso por período e por etapa.....	81
Figura 18-Dashboard de desempenho físico por etapa e sub-etapa	81
Figura 19-Dashboard de desempenho físico por disciplina e principais marcos do projeto	82
Figura 20-Dashboard de planejamento do início de tarefas por semana.....	84
Figura 21- Dashboard de detalhamento das tarefas.....	85
Figura 22-Dashboard de informações gerais de médio prazo	86
Figura 23-Dashboard de visual de gráfico de Gantt das restrições	86
Figura 24-Dashboard de detalhamento de restrições não iniciadas	87
Figura 25- Dashboard de detalhamento de restrições iniciadas	87
Figura 26-Dashboard de detalhamento de restrições iniciadas	87
Figura 27-Dashboard do indicador PPC e PPC por empreiteiro.....	90
Figura 28-Dashboard de PPC versus Aderência física da semana e média por empreiteiro	90
Figura 29-Dashboard de causas de não cumprimento do PPC.....	90
Figura 30- Dashboard de medição semanal	91

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	11
1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO	11
1.2. JUSTIFICATIVA.....	12
1.3. OBJETIVO GERAL	13
1.4. OBJETIVO ESPECÍFICO.....	13
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
2.1. METODOLOGIA BIM	14
2.1.1. <i>Definição de BIM</i>	14
2.1.2. BIM na Construção Civil	15
2.1.3. Dimensões BIM.....	17
2.1.4. Interoperabilidade.....	18
2.1.5. Software	19
2.1.6. Orçamentos.....	21
2.1.7. Barreiras à Implementação do BIM	22
2.1.8. BIM para o Serviço Público	23
2.2. <i>LEAN CONSTRUCTION</i>	25
2.2.1. Análise Crítica do Modelo Tradicional De Gestão de Projetos de Construção Civil.....	25
2.2.2. Conceitos e Princípios Fundamentais do <i>Lean Construction</i>	27
2.2.3. Aplicação do <i>Last Planner System</i> (LPS) como Metodologia de Gestão de Projetos na Construção Civil	30
3 METODOLOGIA DE DESENVOLVIMENTO	32
4 DESENVOLVIMENTO DE MODELO DE GESTÃO APLICADO À CONSTRUÇÃO CIVIL	33
4.1. DELINEAMENTO DOS ESTÁGIOS DE DESENVOLVIMENTO E APLICAÇÃO DA SOLUÇÃO	33
4.1.1. Estágio Pré-Obra	35
4.1.2. Estágio de Obras	37
4.2. ESTÁGIO PRÉ-OBRA: ESTRUTURAÇÃO DOS PARÂMETROS E DESENVOLVIMENTO DE PROJETO, PLANEJAMENTO E ORÇAMENTO	39

4.2.1. Projeto BIM.....	39
4.2.1.1.Requisito Mínimo de “Level of Development” do BIM.....	39
4.2.1.2.Compatibilização de disciplinas de projetos	40
4.2.2. Orçamento e Planejamento	43
4.2.2.1.Integração entre Estrutura Analítica de Projeto (EAP), LPS e Localização...	43
4.2.2.2.Elaboração do orçamento	45
4.2.2.3.Elaboração de cronograma executivo	49
4.2.2.4.Integração das dimensões física e financeira, softwares e controles paralelos.	
52	
4.3. ESTÁGIO DE OBRAS: PROCESSOS E ROTINAS DE APLICAÇÃO DO MÉTODO PARA PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO E GESTÃO DE CUSTOS	56
4.3.1. Visão Geral.....	56
4.3.2. Metodologia	59
4.3.2.1.Gestão do Longo Prazo (<i>MASTERPLAN</i>)	60
4.3.2.2.Gestão do Médio Prazo (<i>LOOKAHEAD PLAN</i>).....	62
4.3.2.3.Gestão do Curto Prazo.....	67
4.3.2.4.Gestão Financeira Integrada	72
5 CONSOLIDAÇÃO DO MÉTODO E ANÁLISE DE RESULTADOS	78
6 CONCLUSÕES FINAIS	94
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	95

1 INTRODUÇÃO

1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO

Nos últimos anos, a construção civil tem passado por uma transformação significativa impulsionada pelo avanço de novas tecnologias e métodos de trabalho, que têm aumentado a eficiência e a qualidade dos empreendimentos. Entre essas inovações, destacam-se o *Building Information Modeling* (BIM) e o *Lean Construction* como soluções importantes para lidar com desafios tradicionais do setor, como desperdícios, falhas de integração e problemas de comunicação entre equipes. Segundo EASTMAN et al. (2011), o BIM oferece uma plataforma de modelagem tridimensional que centraliza as informações do projeto, permitindo uma visão ampla e colaborativa entre as disciplinas envolvidas. Essa abordagem é fundamental para prever incompatibilidades e otimizar o planejamento, reduzindo a margem de erros.

Por sua vez, o *Lean Construction*, inspirado nos princípios da produção enxuta, visa eliminar atividades que não agregam valor e reduzir desperdícios no canteiro de obras (FORMOSO, 2021). A prática do *Last Planner System* (BALLARD, 2000) torna o planejamento mais colaborativo e adaptável, permitindo maior controle sobre prazos e recursos. Como apontado por KOSKELA (1992), o *Lean* reestrutura os processos de produção em fluxos contínuos, o que melhora a eficiência e maximiza o valor entregue ao cliente.

A combinação dessas duas metodologias tem se mostrado extremamente eficaz. Enquanto o BIM oferece uma representação digital detalhada e integrada das etapas do projeto, o *Lean Construction* garante que essas etapas sejam executadas de maneira eficiente, minimizando perdas e maximizando os resultados. SERRADOR E PINTO (2015) destacam que a flexibilidade dessas abordagens é essencial para enfrentar a imprevisibilidade dos projetos, oferecendo soluções mais dinâmicas e adequadas às dificuldades do setor.

Com isso, a integração do BIM e do *Lean Construction* traz mais controle sobre custos e prazos, além de facilitar uma gestão eficiente e colaborativa de obras complexas, o que impacta diretamente no sucesso dos projetos. Diante do constante

avanço tecnológico e da crescente demanda por construções mais ágeis e sustentáveis, essas metodologias são fundamentais para o futuro da construção civil.

1.2. JUSTIFICATIVA

A transformação tecnológica e a crescente demanda por maior eficiência e sustentabilidade na construção civil reforçam a necessidade de metodologias que aprimorem os processos de execução de obras. O setor enfrenta obstáculos como a imprevisibilidade de prazos e custos, a falta de integração entre as equipes envolvidas e o desperdício de materiais, fatores que muitas vezes comprometem o desempenho dos projetos (KNOLSEISEN, 2003).

Diante disso, o uso integrado do *Building Information Modeling* (BIM) e do *Lean Construction* surge como uma solução relevante para melhorar a qualidade dos projetos e reduzir falhas nas diferentes fases de planejamento e execução. De acordo com EASTMAN et al. (2011), o BIM permite uma abordagem colaborativa que facilita a detecção antecipada de incompatibilidades, enquanto o *Lean Construction* se concentra em eliminar atividades que não agregam valor e reduzir desperdícios no canteiro de obras (FORMOSO, 2021).

Este estudo se justifica pela necessidade de integrar essas metodologias, buscando otimizar os resultados nos empreendimentos da construção civil. A combinação entre o BIM, que possibilita uma visão detalhada e controle sobre todas as etapas do projeto, e o *Lean Construction*, que assegura eficiência e maior controle na execução, pode trazer melhorias significativas na gestão de obras, resultando em menor custo, cumprimento de prazos e previsibilidade mais assertiva dos resultados (BALLARD, 2000; SERRADOR; PINTO, 2015).

Além disso, a relevância deste trabalho está ligada à crescente exigência do mercado por soluções mais ágeis e eficientes, em sintonia com o avanço tecnológico global. A implementação dessas metodologias responde às demandas por maior competitividade, produtividade e sustentabilidade no setor, sendo uma abordagem alinhada às necessidades de gestores, empreendedores e profissionais envolvidos em projetos complexos.

1.3. OBJETIVO GERAL

O objetivo deste trabalho é a integração das metodologias BIM e *Lean Construction*, visando a potencialização dos benefícios de ambas, gerando maior otimização dos processos construtivos e garantindo uma melhoria nos resultados.

1.4. OBJETIVO ESPECÍFICO

Realizar um estudo acerca da aplicação das metodologias BIM e *Lean Construction* nos processos de estruturação de empreendimentos imobiliários bem como no gerenciamento da construção para otimização dos resultados gerais do projeto, com foco na garantia de prazos, previsibilidade de custos e atendimento do escopo desejado com qualidade. Para isso, será proposta uma metodologia de gestão, fundamentada nos princípios do BIM e do *Lean Construction*, além de uma análise qualitativa dos resultados esperados com a aplicação desse sistema proposto com o intuito de alcançar melhorias efetivas na gestão das obras além de resultados favoráveis financeiramente.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. METODOLOGIA BIM

2.1.1. Definição de BIM

Building Information Modeling (BIM), em português Modelagem da Informação da Construção, representa um processo avançado baseado na modelação tridimensional inteligente, permitindo a criação e gestão de projetos e edifícios e infraestruturas de formas mais eficientes, econômicas e com menor impacto ambiental (EASTMAN, TEICHOLZ, SACKS, & LISTON, 2011), assim, é mais eficiente.

É importante ressaltar que o BIM não se limita a um programa, software ou produto específico, como apontado por EASTMAN et al. (2014), é um processo integrado, baseado em informações coordenadas e confiáveis, abrangendo todo o ciclo de vida da edificação, desde o projeto até a operação.

Apesar da sua ligação mais direta à arquitetura, os princípios BIM são amplamente aplicados na engenharia, desde a indústria até aos empreiteiros. Tal como afirma FLORIO (2007), o BIM tem potencial transformador através da sua capacidade de fornecer recursos digitais partilhados por todas as partes interessadas ao longo do ciclo de vida de um edifício, desde a concepção inicial até à gestão de projetos, permitindo uma transição de informação entre as fases.

No BIM, além da geometria, contém informações associadas a cada elemento, como características físicas, propriedades materiais, custos, datas de fabricação, datas de instalação, manutenção programada, e outros dados relevantes. Os elementos vão além da simples representação visual, assim são reconhecidos pelo software como protótipos reais de peças de construção. Isso não só permite coletar informações, mas também manipulá-las para criar um banco de dados, avaliar e simular o objeto real a ser construído. O modelo virtual foi desenvolvido de forma colaborativa por designers e outros especialistas relevantes, permitindo atualizações automáticas e troca de informações entre todos os participantes. Particularmente digna de nota é a detecção precoce de interferências entre elementos construtivos durante a implementação, o que reduz significativamente as incompatibilidades. Mesmo considerando as necessidades dos profissionais que utilizam diferentes

softwares, o conceito de interoperabilidade garante leitura e compreensão consistentes das informações entre sistemas (CBIC, 2016).

Conforme observado por EASTMAN et al. (2011), a capacidade de criar digitalmente modelos virtuais que reproduzem fielmente a realidade da construção, proporciona a capacidade de analisar e controlar processos automaticamente, garantindo geometrias precisas e idênticas juntas em modelos virtuais e durante o processo de construção real. Esta abordagem não só melhora a eficiência, mas também agiliza todo o ciclo de vida do projeto, desde a concepção até a entrega e operações.

2.1.2. BIM na Construção Civil

O estudo conduzido por EASTMAN et al. (2014) aborda os usos e benefícios do *Building Information Modeling* (BIM) ao longo das diferentes fases do ciclo de vida de um projeto.

Na fase de pré-construção, são realizados estudos preliminares que determinam a viabilidade do projeto. Os proprietários podem avaliar com relativa certeza se as metas orçamentárias e de cronograma podem ser alcançadas. Nesse estágio, um modelo esquemático é elaborado antes do modelo detalhado da construção, permitindo uma avaliação cuidadosa em relação aos requisitos propostos.

No âmbito do projeto, destacam-se benefícios como a visualização mais precisa e antecipada do projeto, correções automáticas de baixo nível em resposta a alterações, geração automática de desenhos 2D precisos, colaboração antecipada entre disciplinas, verificação facilitada das intenções do projeto, extração de estimativas de custo e incremento da eficiência energética e sustentabilidade.

Para a fase de construção e fabricação, o BIM oferece vantagens como a sincronização entre projeto e planejamento da construção, identificação de erros e omissões antes do início da construção, reação rápida a problemas, utilização do modelo de projeto como base para componentes fabricados, implementação de técnicas de construção enxuta e sincronização da aquisição de materiais com o projeto e a construção.

Na etapa pós-construção (operação), o BIM contribui para melhorar a gestão e operações das edificações, integrando-se a sistemas de operações e gestão de instalações.

Essa abordagem sistemática do BIM ao longo do ciclo de vida do projeto evidencia seu impacto positivo em diversas fases, desde as fases iniciais de planejamento até a operação contínua da construção. A implementação efetiva do BIM, nesse contexto, resulta em benefícios tangíveis, incluindo eficiência aprimorada, redução de custos e maior sustentabilidade. A implementação bem-sucedida do BIM na construção civil requer não apenas a adoção de tecnologias adequadas, mas também mudanças culturais e processuais para maximizar seus benefícios.

Figura 1-BIM no ciclo de vida do edifício



Fonte: Adaptado de Da Costa Tavares Junior, E., 2014

Como destaque, o BIM fornece a parametrização. Este recurso é interessante tendo em vista que permite definir propriedades para utensílios e qualquer alteração feita em uma dessas propriedades será replicada em todos os semelhantes. Isso apresenta muitas alternativas e o que elas significam para o projeto. As características paramétricas também permitem obter informações relevantes, como tabelas de quantidades e volumes de materiais. Um elemento fundamental da tecnologia BIM é a capacidade de localizar informações. Isso permite que a empresa ou o departamento de qualidade do projeto identifique e relate erros de tomada de decisão em áreas específicas. Independentemente da fase do projeto, esses erros podem ser identificados e avaliados individualmente. Esta abordagem ajuda a identificar fatores de risco que variam entre áreas integradas e a classificar com precisão estes fatores

de acordo com os serviços prestados. O BIM vai além da geometria e do formato das peças de construção e inclui características como materiais, custos, cronograma e manutenção.

O BIM fornece uma base de dados centralizada e integrada que facilita o fluxo de informações entre todas as partes interessadas. A modelagem BIM permite que a equipe de projeto e as partes interessadas visualizem o edifício em um ambiente virtual antes da construção, facilitando a identificação de problemas, a tomada de decisões e o planejamento de recursos. Além disso, o BIM permite simulação e análise, como análise estrutural, energética e de sustentabilidade, contribuindo para decisões informadas ao longo do ciclo de vida do projeto. A colaboração é outro aspecto importante apoiado pelo BIM. Com um modelo BIM compartilhado entre todos os intervenientes, incluindo arquitetos, engenheiros, construtores e proprietários, a comunicação será mais eficaz, promovendo uma melhor coordenação entre as diferentes partes.

2.1.3. Dimensões BIM

As dimensões do BIM (*Building Information Modeling*) referem-se ao tipo e aos detalhes das informações digitalizadas do edifício exigidas em um modelo BIM para o processo de construção. As dimensões do BIM evoluíram de dimensões básicas 3D e 4D para dimensões 5D, 6D e 7D mais sofisticadas que devem mudar o futuro da indústria AEC (Arquitetura, Engenharia e Construção). Cada dimensão é explicada abaixo.

- BIM 2D: Esta dimensão representa as informações gráficas dos eixos x e y, resultando em um desenho plano ou não sólido, como plantas, seções e elevações.
- BIM 3D: Esta dimensão adiciona a terceira dimensão (eixo z) ao modelo 2D anterior, fornecendo uma representação virtual 3D da estrutura do edifício, proporcionando uma representação visual detalhada do projeto.
- BIM 4D: Esta dimensão inclui tempo, cronograma, programação e duração do processo de construção. Assim, é relacionada ao planejamento da obra e a visualização da obra em diferentes estágios.

- BIM 5D: Esta dimensão adiciona estimativa de custos e análise de orçamento ao modelo 4D anterior. Isso permite relatórios e orçamentos regulares de custos para garantir ganho de eficiência e que o projeto permaneça dentro dos limites orçamentários.
- BIM 6D: Esta dimensão centra-se na sustentabilidade dos edifícios e na eficiência energética, permitindo análises sustentáveis ao longo do ciclo de vida do projeto, incluindo operação e manutenção.
- BIM 7D: Esta dimensão está relacionada ao gerenciamento de instalações, permitindo que gerentes e proprietários de edifícios rastreiem dados e informações importantes de ativos, relacionado às informações dos elementos de término da obra.
- BIM 8D: Esta dimensão é sobre segurança do local e análise de risco, modelando o canteiro de obra em vista da prevenção de acidentes e tornando possível a análise de riscos para os trabalhadores.
- BIM 9D: Esta dimensão está relacionada à construção industrializada e ao aumento da produtividade através da gestão de ativos. É conhecida como *Lean Construction* (construção enxuta).
- BIM 10D: Esta dimensão visa a industrialização da construção civil, em vista da produtividade e otimização de resultados.

Cada dimensão tem seu próprio propósito e é útil para determinar fatores como custo do projeto, cronograma e sustentabilidade. Ao usar essas dimensões, as equipes de projeto podem tomar decisões mais bem informadas e melhorar a colaboração, levando a projetos de construção mais eficientes.

2.1.4. Interoperabilidade

O processo de projeto possui diversas fases e necessita da participação de diferentes profissionais que precisam trocar informações ao longo do ciclo de vida do projeto. Cada especialidade faz uso de softwares específicos, tornando essencial a interoperabilidade entre eles. A interoperabilidade, conforme definido por EASTMAN et al. (2008), refere-se à capacidade de identificar os dados necessários a serem compartilhados entre aplicativos. Essa abordagem elimina a necessidade de replicar

dados já gerados, facilitando, de maneira automatizada e sem obstáculos, o fluxo de trabalho entre diferentes aplicativos durante o processo de projeto.

Essa troca de dados do BIM ocorre por meio de arquivos baseados em formatos de trocas de dados. Existem quatro principais métodos para essa troca, como destacado por EASTMAN et al. (2008): ligação direta, formato de arquivo de troca proprietário, formatos de trocas de dados de domínio público e formatos de troca de dados baseados em eXtensible Markup Language (XML).

Segundo EASTMAN et al. (2008), os dois principais modelos de dados para a construção civil são o CIMsteel Integration Version 2 (CIS/2) e o Industry Foundation Classes (IFC). O CIS/2 é um formato desenvolvido para projetos de estrutura em aço e na fabricação. O IFC é um formato aberto, neutro e com especificações padronizadas para o BIM, sendo utilizado em todas as fases do projeto, desde o planejamento até o gerenciamento, conforme definido pela International Alliance for Interoperability (2009). Para Fu et al. (2006), o IFC é uma linguagem focada na modelagem do produto e processos da indústria da AEC/FM (Facility Management), sendo o principal instrumento para estabelecer a interoperabilidade dos aplicativos de software na AEC/FM.

BELL e BJØKHAUG (2007) sugerem a combinação do IFC com o IFD e IDM como formato base para edifícios inteligentes. Essas linguagens de comunicação têm possibilitado, de forma gradual, a exploração de ferramentas dentro do BIM capazes de lidar com diversas questões de informação do projeto, como acessibilidade, sustentabilidade, eficiência energética, custeio, acústica, térmica, entre outras (FU et al., 2006).

2.1.5. Software

De acordo com a Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC) em 2016, uma ferramenta é considerada como BIM quando é capaz de atualizar automaticamente todas as vistas e desenhos do modelo após qualquer alteração, possui a capacidade de parametrização e a capacidade de produzir objetos paramétricos. Além disso, uma ferramenta BIM deve possibilitar a colaboração e o compartilhamento do modelo virtual entre as equipes envolvidas em todas as fases da

gestão do empreendimento. É importante destacar que a simples modelagem 3D não é suficiente para caracterizar uma ferramenta como BIM.

Atualmente, diversos fabricantes de software oferecem soluções BIM. Alguns programas amplamente utilizados na fase de projetos incluem:

- Autodesk Revit Architecture:

Segundo a CBIC, o Autodesk Revit Architecture é uma ferramenta concebida para o desenvolvimento de projetos com modelagem BIM. Destaca-se por sua Associação Bidirecional, que atualiza automaticamente revisões e alterações em todo o modelo, reduzindo significativamente erros e omissões. O programa oferece uma interface gráfica intuitiva, sem a necessidade de codificação, para considerações de design e criação de formulários, permitindo ajustes e expressão da intenção detalhada do design.

- Graphisoft Archicad:

O ArchiCAD, conforme mencionado pela CBIC, é um software desenvolvido por uma empresa húngara destinado a arquitetos. Suas funcionalidades incluem cálculo e dimensionamento de estruturas, detalhamento de estruturas de concreto, modelagem 3D e extração de informações de modelos BIM, entre outras características.

- Bentley Structural Modeler:

A Bentley, empresa norte-americana, oferece o Bentley Structural Modeler, autodeclarado líder do mercado de softwares. Suas principais funções incluem modelagem, documentação, visualização e análise de projetos estruturais, conforme destacado pela CBIC.

- SketchUp:

O SketchUp, utilizado por mais de 30 milhões de usuários, é uma ferramenta de modelagem 3D de fácil uso. Conforme a CBIC, seu principal propósito é a realização de estudos conceituais, análises preliminares e visualização volumétrica do projeto.

Essas ferramentas ilustram a diversidade de opções disponíveis para profissionais envolvidos em projetos BIM, cada uma oferecendo características específicas para atender às demandas variadas do processo de construção.

2.1.6. Orçamentos

O mercado atual está passando por transformações significativas com a introdução de ferramentas BIM, as quais têm o potencial de redefinir a abordagem tradicional dos profissionais em relação ao levantamento de quantidades. A automação proporcionada por essas ferramentas simplifica consideravelmente o trabalho desses profissionais, tornando-o mais eficiente, sendo assim uma abordagem inovadora para a gestão financeira e estimativa de custos. Um ponto crucial é a melhoria na precisão das informações, visto que estas são diretamente medidas do modelo digital (SABOL, 2008). No entanto, é importante ressaltar que nem todos os quantitativos podem ser eficientemente levantados por meio de softwares BIM (TABOADA; GARRIDO-LECCA, 2014). Elementos temporários e estruturas do canteiro, por exemplo, não são contemplados nos levantamentos feitos pelo software BIM de modelo 3D (FORGUES et al., 2012).

SANTOS, ANTUNES e BALBINOT (2014) destacam que, ao utilizar BIM para a extração de quantidades, o orçamentista ainda precisará realizar alguns cálculos manualmente, pois há serviços que não podem ser incorporados automaticamente ao modelo. Além disso, é necessário que o projetista escolha a unidade de medida desejada no momento de gerar as tabelas no software BIM. A expectativa é que, por meio do modelo BIM paramétrico, os quantitativos levantados sejam mais precisos e minimizem a ocorrência de erros humanos no processo (MELHADO; PINTO, 2015).

No que diz respeito à comparação de métodos para a extração de quantidades, SANTOS, ANTUNES e BALBINOT (2014) conduziram uma pesquisa comparativa, considerando levantamento manual, uso de software BIM 3D e uso de um software BIM específico para extração de quantidades chamado Autodesk Quantity Takeoff. Os critérios de medição são fundamentais para determinar como um serviço deve ser quantificado (TCPO, 2012). CARDOSO (2014) ressalta a importância da uniformização desses critérios entre orçamentistas que trabalham em um mesmo projeto ou empresa para evitar falta de padrão nas quantidades levantadas. Além de

que com a integração de dados, é possível obter uma visão abrangente e integrada relacionada aos custos, além de possibilitar resoluções mais eficientes e otimizar o planejamento.

Através do BIM, é também realizada não apenas a estimativa de custos, mas também análises e simulações, como análises de viabilidade financeira, projeções de custos ao longo do tempo e avaliações de alternativas de materiais, auxiliando na tomada de decisões.

Os orçamentos no BIM representam uma evolução significativa na gestão financeira de projetos de construção, oferecendo eficiência, precisão e integração de dados ao longo de todo o ciclo de vida do empreendimento.

2.1.7. Barreiras à Implementação do BIM

Apesar dos impactos positivos, a implementação da metodologia BIM possui diversos obstáculos como as questões legais e normativas, resistência a mudanças, além da capacitação de profissionais.

O estudo realizado por ORAEE et al. produziu um modelo das principais barreiras ao fortalecimento da colaboração das equipes de projeto nas redes de construção baseadas em BIM. Nele, as barreiras foram organizadas em cinco categorias e 12 subcategorias, que podem ser observadas na Figura 02. Optou-se por esse modelo por englobar um maior número de barreiras e devido à sua relevância, por ser uma base que auxilia a melhor compreensão dessas barreiras.

Figura 2-Modelo conceitual das barreiras



Fonte: Adaptado de Oraee et al.

Os obstáculos no contexto podem estar vinculados ao ambiente em que o projeto está situado, abrangendo desde o entorno imediato até fatores externos, como o contexto social e industrial que envolve as organizações. A segunda categoria, relacionada aos processos, engloba as ferramentas, recursos e treinamentos indispensáveis para a efetiva colaboração com o BIM, o que possui um custo elevado, especialmente para empresas menores que podem não ter recursos para investir adequadamente.

Na questão da equipe estão associadas à sua composição, aos sistemas de relacionamento e aos papéis desempenhados pelos seus membros. Por sua vez, a categoria de intervenientes aborda as competências, habilidades e conhecimentos dos participantes da equipe de projeto, no qual alguns profissionais podem ser resistentes à mudança. As barreiras relacionadas às tarefas se tratam das características das atividades e demandas.

Além disso, é ressaltado que muitos profissionais e empresas ainda não estão cientes dos benefícios do BIM.

2.1.8. BIM para o Serviço Público

Com o intuito de incentivar a adoção do BIM na indústria de construção civil brasileira, o Governo Federal criou em 2017 o Comitê Estratégico de Implementação do BIM (CE-BIM), composto por representantes de 09 Ministérios e no mesmo ano foi instituído o Grupo de Apoio Técnico (GAT-BIM), bem como 6 grupos específicos para tratar de temas referentes à Regulamentação e Normalização, Infraestrutura Tecnológica, Plataforma BIM, Compras Governamentais, Capacitação de Recursos Humanos e Comunicação. Em 2018, tornou-se Lei no Brasil o uso do BIM por meio do Decreto Federal nº 9.377/2018 (BRASIL, 2018), que instituiu a Estratégia Nacional de Disseminação do BIM (BIM BR) no Brasil. Além disso, foi obtido também o Decreto 10.306/2020, que impõe a utilização obrigatória do BIM para obras públicas dentro de 2028.

Alguns objetivos definidos no BIM BR, são:

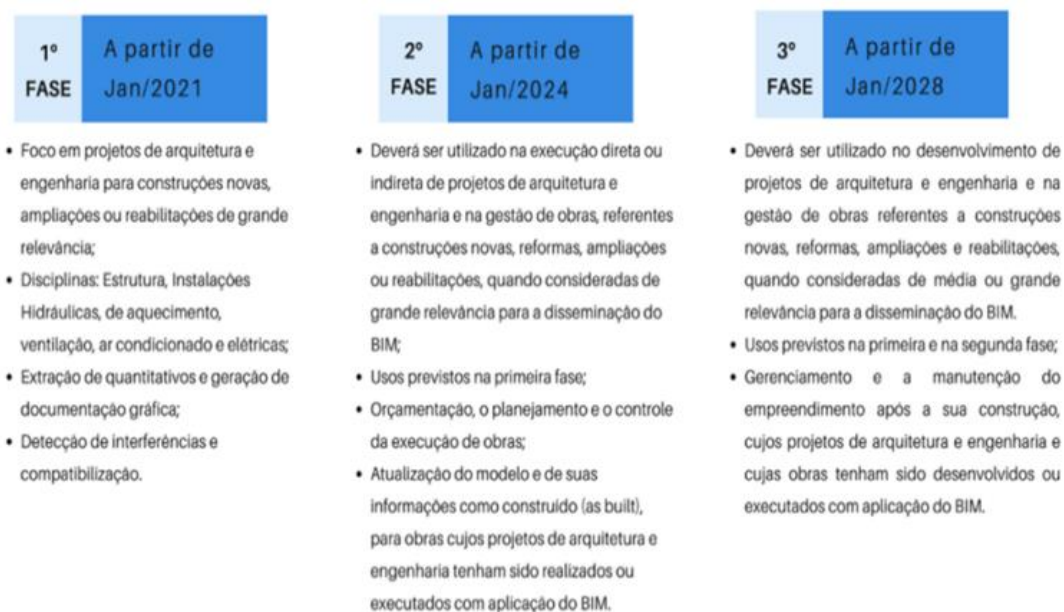
- Difundir a metodologia e seus benefícios;
- Estabelecer condições favoráveis de investimento no setor público e privado;

- Estimular a capacitação na metodologia BIM;
- Determinar diretrizes, normas e protocolos para a utilização do BIM.

Em 2019 foi publicado o Decreto Lei 9.983, que atualiza as disposições sobre a Estratégia Nacional BIM BR e cria uma plataforma para ela e também institui o Comitê Gestor da Estratégia BIM BR.

O Decreto 10.306/2020 estabelece a utilização do *Building Information Modeling* na execução direta ou indireta de obras e serviços de engenharia realizadas pelos órgãos e pelas entidades de administração pública federal. Assim, é obtido a previsão para a implementação obrigatória gradual a partir do ano de 2021 em três fases: A primeira fase a partir de janeiro de 2021, a segunda fase começa a partir de janeiro de 2024 e a terceira fase começa a partir de janeiro de 2028, conforme mostra a Figura 03.

Figura 3-Implementação do BIM no Brasil decreto nº 10.306/2020



Fonte: Adaptado de BULHÕES, 2022

Lei de Licitações 14.133 que aumenta a preferência para contratação de projeto em BIM. No § 3º do art. 19 do Substitutivo, se lê que “nas licitações de obras e serviços de engenharia e arquitetura, sempre que adequada ao objeto da licitação, será preferencialmente adotada a Modelagem da Informação da Construção (*Building Information Modelling* – BIM) ou tecnologias e processos integrados similares ou mais avançados que venham a substituí-la.”

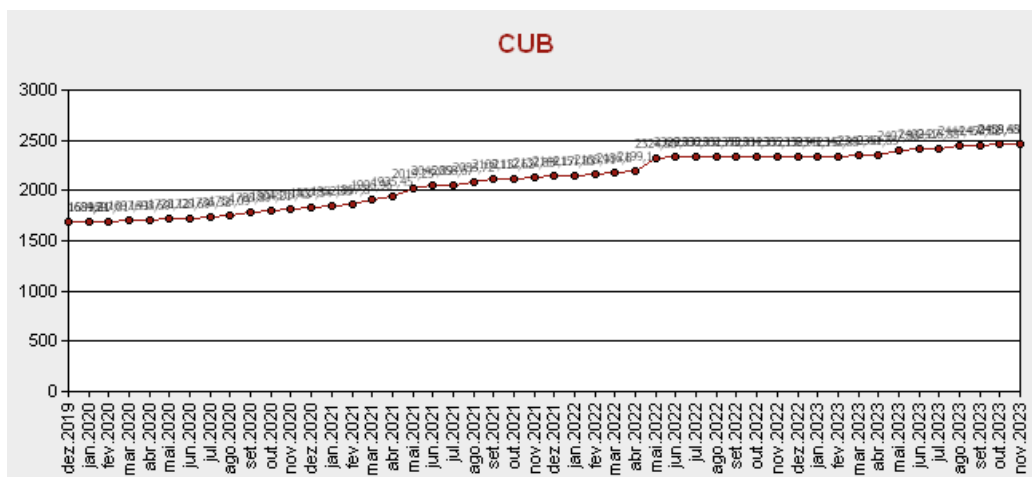
2.2. *LEAN CONSTRUCTION*

2.2.1. **Análise Crítica do Modelo Tradicional De Gestão de Projetos de Construção Civil**

No contexto da construção civil, é notória a importância da implementação de processos de gestão de obras bem definidos, desempenha um papel crucial na busca por controle e previsibilidade de resultados em empreendimentos. Estabelecer procedimentos claros, metas mensuráveis e um plano de execução detalhado permite que as equipes gerenciem eficientemente recursos, prazos e orçamentos. Além disso, a definição precisa dos processos facilita a identificação e mitigação proativa de possíveis riscos e desafios, contribuindo para a minimização de impactos negativos e proporcionam maior probabilidade de entrega bem-sucedida de projetos no prazo e dentro das expectativas.

Em um mercado de constante evolução no que tange métodos construtivos, tecnologias de produção e de controle disponíveis, surgem em contrapartida novos desafios relacionados principalmente à questão humana, de crescente necessidade da formalização da mão de obra e as metas de sustentabilidade na construção, extremamente discutidas na atualidade. Outra problemática que apresenta impacto significativo no setor é o aumento dos custos gerais de insumos e serviços na construção civil nos últimos anos, verificado na figura 04. A série histórica do CUB-ES (Custo unitário básico, índice ponderado do custo de insumos e serviços da construção civil) no período compreendido entre dezembro de 2019 e novembro de 2023, indicam aumento acumulado de 46,15% no custo das construções no estado do Espírito Santo. Os fatores citados como desafios, dentre outros, corroboram para que diversos empreendimentos não atinjam o sucesso esperado para os *stakeholders*, compreendido pelo atingimento das expectativas principalmente nas dimensões custo, prazo e qualidade (IKA, 2009).

Figura 4-Série histórica do CUB-ES (Dez-19 à Nov-23).



Fonte: Adaptado de SINDUSCON-ES, 2023

Dentre as possíveis justificativas para tal fenômeno, diversos autores citam como possibilidade a ineficiência dos modelos tradicionais de gestão. Serrador e Pinto (2015) destacam que a abordagem convencional na gestão de projetos, centrada em planos detalhados e controle rígido, demonstra falhas ao lidar com a imprevisibilidade e a complexidade dos ambientes de projeto modernos. Para KOSKELA e HOWELL (2002), a abordagem tradicional de gestão de empreendimentos tem sido criticada por focar excessivamente na visão de transformação, negligenciando as interdependências e a incerteza.

Segundo FORMOSO (2021), a distinção fundamental entre a filosofia gerencial tradicional e a *Lean Construction* reside principalmente em sua concepção. A mudança crucial no que tange os conceitos de ambas as metodologias está relacionada principalmente à visão sobre os processos vivenciados nos canteiros de obra. O modelo conceitual predominante na construção civil frequentemente define a produção como um conjunto de atividades de conversão, transformando insumos (materiais, informação) em produtos intermediários (por exemplo, alvenaria, estrutura, revestimentos) ou finais (edificação). Esse modelo, denominado de modelo de conversão, implica implicitamente que o processo de conversão pode ser subdividido em sub-processos, cujo esforço de minimização de custos é direcionado independentemente para cada sub-processo.

Tais abordagens não consideram explicitamente as atividades que compõem os fluxos físicos entre as atividades de conversão, como fluxos de materiais e mão de

obra, que ao contrário das atividades de transformação, não agregam valor à construção, porém consomem parcela considerável do tempo da mão de obra empregada, e conseqüentemente recursos financeiros dos *stakeholders*, o que prejudica a eficiência global do sistema de produção. Essas deficiências no modelo de conversão destacam a necessidade de uma abordagem mais holística e eficiente na gestão de processos na construção civil, que é explorada de forma ampla nos modelos de processos baseados no *Lean Construction*.

2.2.2. Conceitos e Princípios Fundamentais do *Lean Construction*

A raiz da filosofia *Lean* remonta ao Sistema Toyota de Produção, desenvolvido por Taiichi Ohno, engenheiro e líder de produção da Toyota após a Segunda Guerra Mundial. Inicialmente reconhecida como um modelo de produção no livro "*The Machine that Changed the World*" de James P. Womack, Daniel T. Jones e Daniel Roos, lançado nos Estados Unidos em 1990, a filosofia *Lean* é fundamentada em princípios voltados para a otimização de processos, a redução de desperdícios e o aprimoramento da qualidade de produtos e serviços. Esses princípios constituem a base da abordagem *Lean*, buscando a eficiência e a eficácia operacional em diversos contextos industriais. Na construção civil, Lauri Koskela foi um dos precursores do movimento, por meio de sua obra "*Application of the new production philosophy in the construction industry*" (1992).

Em contrapartida ao modelo de gestão tradicional, o modelo de Construção enxuta parte do pressuposto de que um processo consiste em um fluxo de materiais, desde a matéria-prima até o produto acabado. Esse processo engloba atividades como transporte, espera, processamento (ou conversão) e inspeção (ISATTO et al., 2000). Nesse contexto, as atividades componentes deste processo são subdivididas em duas categorias relacionadas à sua contribuição para o produto final, neste caso, a construção. São elas, atividades de fluxo e as atividades que agregam valor, as atividades de processamento, apresentadas na figura 05.

Figura 5-Categorização das atividades do processo construtivo segundo o conceito do *Lean Construction*.

Categorias de atividade	Descrição	Exemplo
Atividades de fluxo	Atividades que representam partes do processo construtivo, consomem recursos como tempo e dinheiro, mas não geram como <i>output</i> uma evolução física no processo construtivo.	Transporte de materiais, movimentações de equipamentos no canteiro, inspeção de atividades, retrabalhos, etc.
Atividades de processamento	Atividades que utilizam os <i>inputs</i> (Materiais, mão de obra, equipamentos) e geram <i>outputs</i> físicos na obra, que representam a conclusão de uma etapa do processo construtivo.	Escavações, execução da fundação, estrutura, instalações, acabamentos, etc.

Fonte: Adaptado de Isatto et al. (2000)

Como premissa conceitual, na metodologia Lean, um aspecto fundamental analisado nos processos construtivos é a geração de valor. Este conceito está relacionado diretamente com a satisfação do cliente, de forma que a execução de um processo é considerada geração de valor apenas quando os outputs representam os produtos exigidos pelos clientes, sejam eles internos ou externos. (ISATTO *et al.*, 2000). Como crítica ao modelo de gestão tradicional, para ISATTO *et al.*, (2000), as atividades de fluxo estão implicitamente incorporadas nos itens especificados nos orçamentos tradicionais e nos planos de obra. No entanto, a falta de explicitação dessas atividades dificulta sua identificação e prejudica a eficácia da gestão da produção. Nesse sentido, vale ressaltar também que nem toda atividade de processamento agrega valor à construção, visto que pode haver necessidade de retrabalho em tarefas que não atendem às especificações desejadas.

Outro conceito explorado na metodologia estudada, é o conceito de perda. No *Lean Construction*, este fator está relacionado com o conceito de geração de valor mencionado anteriormente. Nesse sentido, as perdas referem-se à utilização excessiva de recursos de qualquer tipo, como materiais, mão de obra, equipamentos e capital, além da quantidade mínima necessária para atender aos requisitos dos clientes internos e externos. (ISATTO *et al.*, 2000). Entende-se que uma parcela das atividades que não agregam valor são partes necessárias do processo construtivo, visto que são os meios necessários para a execução das tarefas de transformação. É notório, porém, que é possível reduzir ou eliminar uma parcela dessas atividades por meio de mudanças no modelo de trabalho, como introdução de novos métodos ou estratégias. Por isso, na Construção Enxuta, o conceito de perda corresponde ao

consumo de recursos em tarefas que não agregam valor, mas que são passíveis de eliminação ou transformação, visando reduzir seu impacto temporal e financeiro.

Para entendimento da essência do *Lean Construction* e posterior abordagem em outros contextos, na figura 06 a seguir serão compilados os conceitos apresentados e acrescentados novos princípios complementares que serão explorados ao longo deste trabalho, com base nos conceitos introduzidos por KOSKELA (1992) e explorados por ISATTO et al., (2000).

Figura 6-Princípios fundamentais do *Lean Construction*

Princípio	Entendimento resumido	Aplicação e exemplo
Reduzir a proporção de tarefas que não agregam valor.	Reduzir ou eliminar ao máximo os processos que não agregam valor, com o objetivo de reduzir as perdas no processo construtivo.	Necessário mapear as atividades de fluxo desnecessárias ou com consumo excessivo de recursos, e buscar alternativas para sua eliminação ou mitigação. Como exemplo, otimização do layout do estoque de materiais no canteiro para reduzir o tempo empregado no seu transporte até o local da execução.
Decompor a tarefa total em lotes de produção.	Dividir os processos construtivos em partes menores, com escopo definido, para melhor gestão e controle da produção. Impacto positivo no efeito de aprendizagem e aplicação das lições aprendidas nos lotes subsequentes.	Quebra de atividades maiores ou mais complexas em lotes de produção menores e bem definidos ou em partes menores da mesma tarefas, separada por áreas de execução. Como exemplo, a execução da alvenaria de um pavimento em partes menores sequenciadas, organizadas por localização.
Reduzir o trabalho em progresso.	Reduzir o número de frentes de trabalho simultâneas, o que tende a gerar maior organização e controle da produção.	Concentração da produção em um menor número de tarefas simultâneas, realizadas com menor tempo de ciclo. Como exemplo, em uma obra residencial de pavimentos padronizados, concentrar a execução de uma atividade em um único pavimento e avançar sequencialmente nos demais pavimentos.
Redução do tempo de ciclo das atividades.	Redução ao máximo do tempo do ciclo de execução de um lote de atividades, do seu início até sua terminalidade. Está relacionada à necessidade de comprimir o tempo disponível como forma de estimular a eliminação das tarefas de fluxo que não agregam valor.	Estabelecer metas arrojadas de duração das tarefas separadas por lotes, de forma que seja possível elaborar e aplicar processo para aumentar sua eficiência e atingir a meta esperada.
Redução da variabilidade.	Busca pela padronização de processos executivos, com objetivo de facilitar a execução e mitigar as perdas com tarefas que não agregam valor, diretamente proporcionais à variabilidade.	Fundamental a definição de procedimentos de execução padronizados, o que facilita o trabalho das equipes e reduz a probabilidade de interferências na execução, que geram atrasos e perdas. Como exemplo, a utilização de sistemas pré-fabricados possibilita a padronização do método executivo e reduz as incertezas.
Planejamento e controle focado nos processos globais.	O planejamento e controle da execução deve abranger todos os processos inerentes à construção, e não apenas as atividades de processamento. Possibilita maior controle sobre os riscos e incertezas envolvidos no processo construtivo, permite antecipar falhas ocasionadas por processos de fluxo mal executados.	É fundamental o mapeamento contínuo ao longo da obra de todos os subprocessos prévios a realização de uma atividade fim, de forma a antecipar as oportunidades de melhoria ou mesmo mitigar riscos, como possíveis interrupções no fluxo de trabalho ocasionado pelo não cumprimento de um processo intermediário.

Fonte: Adaptado de Isatto et al., (2000) e Koskela, (1992).

2.2.3. Aplicação do *Last Planner System* (LPS) como Metodologia de Gestão de Projetos na Construção Civil

Em vista dos princípios fundamentais do *Lean Construction* apresentados, diversas metodologias de gestão de projetos foram desenvolvidas tendo como base esses conceitos. Dentre as diversas metodologias, o *Last Planner System*, traduzido por “Sistema do último planejador”, representa uma interessante abordagem dos conceitos teóricos do Lean em um contexto prático, em meio aos complexos desafios enfrentados na gestão de obras de construção civil. Esta metodologia de planejamento e controle da produção foi criada como alternativa ao modelo tradicional de gestão e planejamento, na qual o plano é desenvolvido com base no pressuposto de que todos os recursos necessários estarão disponíveis no momento em que se deseja que a atividade inicie (BALLARD, 2000). No LPS, em contrapartida a este modelo, o planejamento e controle da obra é trabalhado em diferentes níveis, ou hierarquias, para que sejam explorados os níveis tático e operacional da gestão de empreendimentos (BALLARD, 2000). São as hierarquias do LPS: Planejamento de longo prazo, planejamento de médio prazo e planejamento de curto prazo.

O planejamento de longo prazo corresponde ao primeiro planejamento a nível tático do projeto, onde é definido o plano mestre do projeto (FORMOSO, 2001). Nesta hierarquia, o planejamento no nível mais alto da organização tende a se concentrar em objetivos e restrições globais que governam todo o projeto, e esses objetivos orientam processos de planejamento em níveis mais baixos (BALLARD, 2000). Nesta fase, portanto, há um baixo grau de detalhamento, devido às incertezas presentes no projeto e no ambiente de construção. Contudo, é importante para definições como os ritmos que deverão ser executados os principais processos de construção, que em conjunto com os dados de orçamento, é capaz de fornecer ao nível estratégico da empresa um fluxo de despesas previsto para o empreendimento (FORMOSO, 2001). Além disso, este planejamento deve ser revisado periodicamente conforme o avanço do projeto, atrasos, ou mudanças estratégicas, de forma que sempre reflita a expectativa verdadeira para o futuro do empreendimento.

O planejamento de médio prazo, também denominado *Look Ahead Planning* (“Planejamento olhado para a frente”), corresponde ao segundo nível de planejamento tático. Nele é realizada a conexão entre os planos estratégicos (Longo prazo) e os

planos operacionais (Curto prazo), e por isso tem um horizonte móvel de tempo analisado, sendo normalmente definido um período frente da data atual do projeto para o planejamento de médio prazo com base na intensidade e velocidade da obra (FORMOSO, 2001). Neste plano, o principal objetivo é trazer as macro tarefas definidas no *Masterplan* para um contexto operacional, ou seja, promover as definições e tratativas necessárias para que as tarefas sejam executadas no momento adequado. Para isso, é realizada a triagem dos pacotes de trabalho contidos no horizonte de tempo analisado, e a partir desta triagem são identificados todos os recursos ou informações necessárias (Projetos, contratações, equipamentos, materiais, etc.) para a realização das tarefas que ainda não estão disponíveis, também denominados “restrições” pela metodologia LPS. A partir deste plano, são estabelecidas ações e seus respectivos responsáveis para que as restrições identificadas sejam tratadas e removidas, e as tarefas do pacote de trabalho analisado se tornem passíveis de execução no curto prazo (FORMOSO, 2001).

O planejamento de curto prazo é o planejamento operacional, responsável por orientar diretamente a execução da obra. Nesta fase, os pacotes de trabalho tratados no médio prazo, são designadas para o período de curto prazo, onde são fracionadas em partes menores, denominadas tarefas. Além disso, para cada tarefa prevista são atribuídos todos os recursos necessários (Mão-de-obra, equipamentos, materiais) e também as informações das tarefas, como: Local, escopo, data e duração previstas, requisitos de qualidade, etc. (FORMOSO, 2001). Um ponto fundamental do planejamento de curto prazo é a o engajamento de toda equipe envolvida, por meio do estabelecimento de metas, que devem ser monitoradas pela análise do Percentual de Pacotes Concluídos (PPC), que representa o quociente entre o total de pacotes concluídos pelo total de pacotes de trabalho planejados (BALLARD, 2000). O foco no comprometimento das equipes pela meta estabelecida para a execução dos pacotes é uma forma de buscar um fluxo de trabalho estável. (BALLARD; HOWELL, 1998).

3 METODOLOGIA DE DESENVOLVIMENTO

Neste estudo, será apresentada uma proposta embasada na revisão bibliográfica realizada, visando o desenvolvimento de um modelo de gestão de projetos específico para o setor da construção civil. O escopo da pesquisa consiste em formular um método que supra as lacunas identificadas nesse segmento, considerando as restrições de recursos humanos e financeiros inerentes a empreendimentos de natureza comercial e residencial. É imprescindível ao abordar a deficiência na gestão de projetos na construção civil, que resulta em atrasos e prejuízos para o setor, a necessidade de conceber um sistema que equilibre o esforço demandado para operação do modelo com os resultados alcançados em níveis estratégicos e operacionais mediante a aplicação deste sistema.

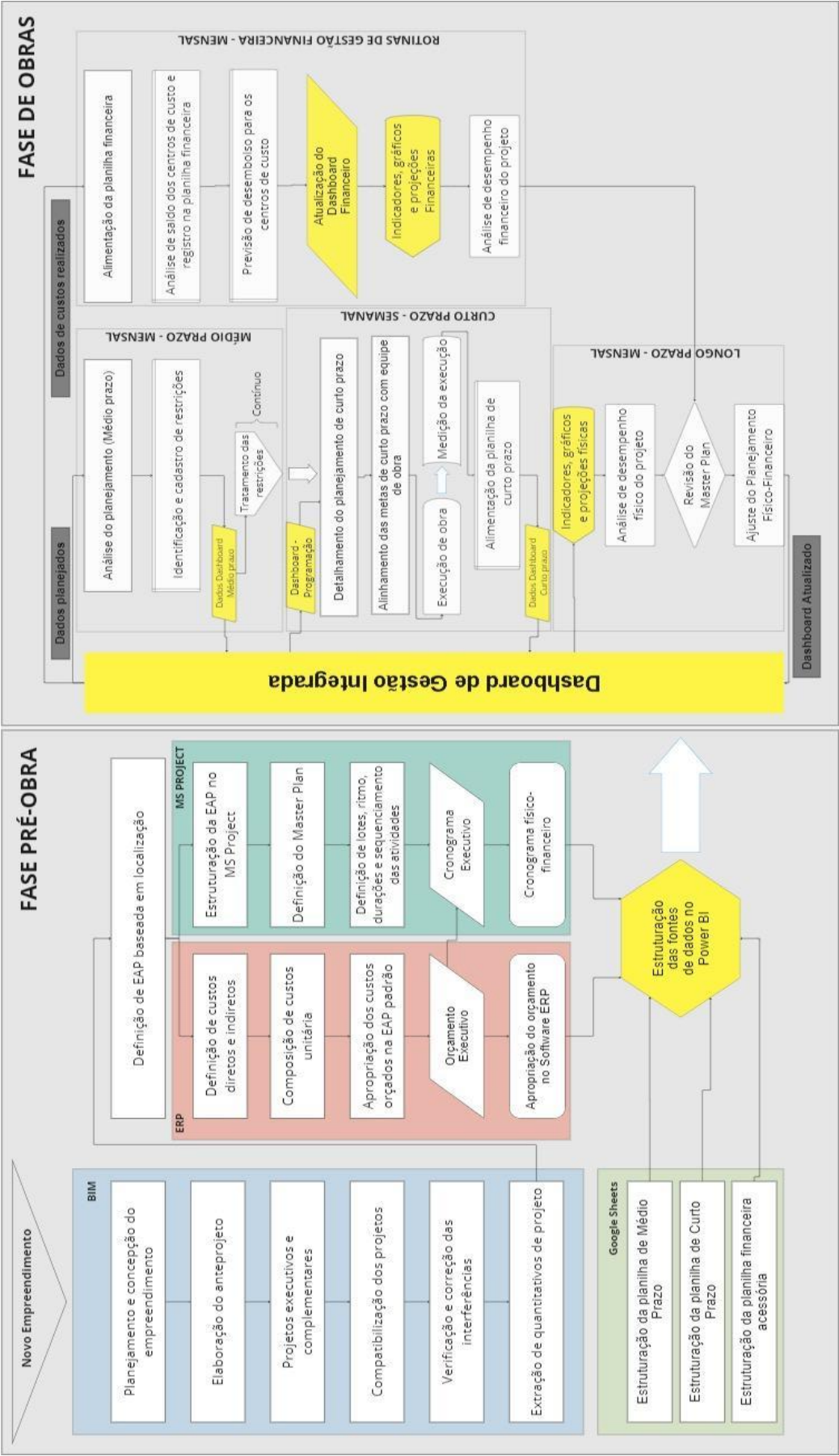
A metodologia aplicada no desenvolvimento desta tese é embasada na abordagem Design Science Research (DSR), que visa desenvolver conceitos de soluções inovadoras, com o propósito de solucionar problemas práticos de maneira fundamentada teoricamente (LUKKA, 2003). Este estudo, de caráter exploratório e qualitativo, propõe o desenvolvimento de um método de gestão do planejamento e do orçamento para obras de construção civil, como solução para o aumento da eficiência geral do setor, integrando as funcionalidades *Building Information Modeling* (BIM) com os princípios da *Lean Construction*, com ênfase na aplicação do *Last Planner System* (LPS). Além disto, no modelo desenvolvido, será proposta a aplicação de ferramentas de *Business Intelligence* para realizar a centralização das informações físicas e financeiras do projeto, o que possibilita análises integradas de desempenho por meio da análise de dados conectados. O método desenvolvido e apresentado tem sua base em três pilares fundamentais: Processos, tecnologia e colaboração entre equipes. Estes pilares serão abordados e explicados ao longo do desenvolvimento da tese para consolidação em um modelo de gestão eficiente, confiável e proativo. Cabe ressaltar que o sistema de gestão proposto foi desenvolvido de maneira teórica, com a utilização de dados não reais criados pelos próprios autores para exemplificação do método, sem a realização de validações empíricas, atendendo assim ao objetivo de explorar e estruturar conceitos e métodos que possam futuramente ser aplicados na prática.

4 DESENVOLVIMENTO DE MODELO DE GESTÃO APLICADO À CONSTRUÇÃO CIVIL

4.1. DELINEAMENTO DOS ESTÁGIOS DE DESENVOLVIMENTO E APLICAÇÃO DA SOLUÇÃO

Neste trabalho, o método de gestão desenvolvido será dividido em dois estágios principais: o estágio pré-obra e o estágio de obras. Essa divisão tem como objetivo estruturar as fases e tarefas do projeto de forma a seguir a sequência temporal lógica do ciclo de vida de um empreendimento na construção civil. Ao abordar cada estágio separadamente, é possível detalhar as atividades e processos específicos de cada fase, assegurando que todos os aspectos críticos do projeto sejam considerados e gerenciados de maneira eficaz. Dessa forma, o trabalho será organizado de modo que cada etapa do método de gestão seja apresentada e discutida com a profundidade necessária, garantindo uma compreensão clara e integrada das práticas recomendadas para a execução e controle de obras de construção civil.

Figura 7-Fluxograma resumo do modelo de gestão proposto.



Fonte: elaborado pelos autores

4.1.1. Estágio Pré-Obra

O estágio pré-obra é uma fase crucial no ciclo de vida de um projeto de construção civil, pois é nela que se delineiam as diretrizes fundamentais para a execução eficiente e o controle eficaz das atividades subsequentes. Neste estágio, são realizados os planejamentos estratégicos que permitirão a coordenação e integração das diferentes disciplinas envolvidas, visando minimizar retrabalhos, otimizar os recursos e assegurar que o projeto seja concluído dentro do prazo e do orçamento estabelecidos.

Uma das principais atividades realizadas neste estágio é a elaboração da Estrutura Analítica do Projeto (EAP). A EAP é uma ferramenta essencial para a organização do escopo do projeto em elementos menores e mais gerenciáveis, facilitando a compreensão e o controle das diferentes etapas de construção. Neste trabalho, a EAP será estruturada com base no sistema de planejamento por localização, uma abordagem que permite a subdivisão do escopo em zonas específicas do projeto, como pavimentos, alas ou blocos. Essa segmentação por localização possibilita uma visualização mais clara do progresso da obra em diferentes áreas e facilita a alocação de recursos e a coordenação das equipes.

Após a definição da EAP, o próximo passo é a elaboração do cronograma executivo de obra, que será desenvolvido seguindo a estrutura da EAP definida. Este cronograma não apenas ordena as atividades ao longo do tempo, mas também integra conceitos da metodologia *Lean Construction*, com ênfase no sistema *Last Planner*. O *Last Planner System* é uma ferramenta de planejamento colaborativo que visa garantir que todas as equipes envolvidas estejam alinhadas quanto aos objetivos e prazos do projeto, promovendo uma cultura de revisão contínua e adaptação do planejamento conforme o avanço da obra. A integração do cronograma com o planejamento por localização assegura que as atividades sejam sequenciadas de maneira lógica e eficiente, minimizando o tempo de inatividade e otimizando o fluxo de trabalho.

Em paralelo ao cronograma, será desenvolvido um orçamento detalhado, dividido em múltiplos níveis para garantir a precisão e o controle dos custos. No primeiro nível, o orçamento será estruturado conforme a localização definida na EAP, permitindo uma visão granular dos custos por área do projeto. O segundo nível do orçamento será subdividido por etapas de obra, correspondendo às principais

disciplinas, como fundações, estruturas, instalações elétricas e hidráulicas, entre outras. Finalmente, o terceiro nível do orçamento detalha os serviços específicos dentro de cada etapa, utilizando composições de custo que refletem os recursos necessários para a execução de cada atividade.

A utilização de uma base comum para a EAP tanto no cronograma quanto no orçamento é fundamental para a integração entre essas duas ferramentas de gestão. Essa integração possibilita a geração de visões e indicadores de avanço físico-financeiro, permitindo que os gestores do projeto acompanhem de forma precisa o progresso das atividades em termos de custo e tempo. Além disso, essa sinergia entre o cronograma e o orçamento facilita a criação de previsões de fluxos de evolução financeira da obra, essenciais para a gestão de caixa e para a tomada de decisões estratégicas ao longo da execução do projeto. Com essa abordagem integrada, é possível desenvolver indicadores de medição de desempenho financeiro da obra, que comparam os valores realizados com o avanço físico-financeiro orçado, fornecendo insights valiosos sobre a eficiência e a saúde financeira do empreendimento. Esses indicadores, por sua vez, permitem a identificação precoce de desvios e a implementação de medidas corretivas para manter o projeto dentro dos parâmetros financeiros e de tempo planejados.

Além disso, será realizada a integração do planejamento e orçamento por meio do *Power BI*, uma ferramenta de *Business Intelligence* que possibilita a criação de dashboards que integram as informações físicas e financeiras do projeto. Essa integração será essencial para gerar informações, indicadores e projeções fundamentais para a análise do desempenho do projeto, possibilitando tomadas de decisão assertivas e eficazes por parte dos *stakeholders*. Para garantir a eficiência desse processo, serão estruturadas automações que permitirão a extração dos dados diretamente do cronograma e das informações financeiras do sistema de gestão utilizado no empreendimento. Dessa forma, será possível manter uma visão atualizada e dinâmica do progresso do projeto, facilitando o monitoramento e o ajuste das estratégias conforme necessário.

Em resumo, o estágio pré-obra constitui a base sobre a qual todo o projeto de construção será executado. Através de um planejamento detalhado e integrado, que combina a EAP baseada em localização, um cronograma otimizado pelo *Last Planner*

System, um orçamento estruturado em múltiplos níveis, o uso avançado do BIM e a integração de dados via *Power BI*, é possível garantir que a obra seja conduzida de forma eficiente, econômica e com alta qualidade. Esta fase é, portanto, determinante para o sucesso do empreendimento, uma vez que permite antecipar e mitigar riscos, assegurando a entrega do projeto conforme o planejado.

4.1.2. Estágio de Obras

O estágio de obras é uma fase decisiva no ciclo de vida de um projeto de construção civil, onde as estratégias delineadas no estágio pré-obra são implementadas, e a execução física do empreendimento toma forma. A complexidade inerente a essa fase exige uma abordagem rigorosa de monitoramento e controle para garantir que o projeto seja entregue dentro dos prazos e custos previstos, mantendo a qualidade esperada. Para atender a esses requisitos, este trabalho propõe a implementação de uma rotina de monitoramento e controle da produção baseada no Sistema *Last Planner*, uma metodologia amplamente reconhecida no âmbito da *Lean Construction* por sua eficácia em gerenciar a variabilidade e aumentar a confiabilidade dos cronogramas de obra.

No Sistema *Last Planner*, o planejamento é estruturado em três níveis principais: plano de longo prazo, plano de médio prazo e plano de curto prazo. Cada um desses planos desempenha um papel específico na coordenação das atividades da obra e na garantia de que as metas de produção sejam atingidas de forma eficiente.

O plano de longo prazo, ou *Masterplan*, é a visão geral do projeto, que abrange todo o horizonte temporal da obra. Ele define as principais fases e marcos do projeto, alinhando as atividades com os objetivos estratégicos do empreendimento. No contexto da metodologia *Last Planner*, o plano de longo prazo é fundamental para a definição das metas e expectativas gerais da obra, estabelecendo um caminho claro a ser seguido. Este plano deve ser estável e servir como uma referência para o ajuste dos planos de médio e curto prazo, mas deve também ser flexível o suficiente para acomodar eventuais mudanças necessárias ao longo da execução.

O plano de médio prazo, frequentemente chamado de *Lookahead Plan*, abrange um período intermediário, geralmente entre três e seis semanas à frente do

cronograma atual. Este plano é mais detalhado que o *Masterplan* e serve para preparar as atividades que serão executadas em curto prazo. No *Last Planner*, o plano de médio prazo é crucial para a identificação de restrições que possam impactar o andamento das atividades futuras. Durante essa fase, os gestores da obra se concentram na eliminação dessas restrições, garantindo que todos os pré-requisitos para a execução das tarefas estejam atendidos. O *Lookahead Plan* atua como um filtro entre o plano de longo prazo e o plano de curto prazo, assegurando que as atividades planejadas sejam viáveis e estejam prontas para execução.

Por fim, o plano de curto prazo, também conhecido como *Weekly Work Plan* ou *Weekly Plan*, é onde ocorre o planejamento detalhado das atividades semanais. No *Last Planner*, esse plano é elaborado com a participação direta das equipes envolvidas na execução, o que promove um compromisso coletivo com as metas estabelecidas. O plano de curto prazo é a base para o monitoramento diário das atividades, onde são realizadas verificações contínuas para assegurar que as tarefas estão sendo concluídas conforme o previsto. A efetividade do plano de curto prazo é medida pelo Percent Plan Complete (PPC), um indicador que reflete o percentual de atividades concluídas dentro do prazo estipulado. A alta confiabilidade do PPC é um dos principais objetivos do *Last Planner*, pois indica um planejamento bem executado e uma execução de obra que segue conforme o planejado.

Além do controle físico da produção, este estágio de obras também abordará o controle financeiro do projeto. Serão propostas rotinas que visam monitorar a aderência ao orçamento da obra, utilizando indicadores e projeções para avaliar o desempenho financeiro em tempo real. O objetivo é proporcionar uma visão integrada do avanço físico e financeiro do projeto, permitindo ajustes rápidos e precisos sempre que necessário. Através do uso de ferramentas como o *Power BI*, que permite a criação de dashboards dinâmicos e interativos, será possível integrar os dados financeiros com o progresso da obra, facilitando a tomada de decisões informadas por parte dos stakeholders.

A implementação dessas rotinas de controle, tanto físicas quanto financeiras, é fundamental para assegurar que o projeto atinja seus objetivos sem desvios significativos. A metodologia *Last Planner*, aliada ao controle financeiro rigoroso, proporciona um framework robusto para a gestão eficiente da produção na construção

civil, garantindo a entrega de um projeto dentro dos padrões de qualidade, prazo e custo previamente estabelecidos.

Este estágio de obras, portanto, não só dá continuidade ao planejamento realizado na fase pré-obra, como também estabelece as bases para o sucesso do empreendimento, através de uma gestão integrada e eficiente dos recursos, pessoas e processos envolvidos.

4.2. ESTÁGIO PRÉ-OBRA: ESTRUTURAÇÃO DOS PARÂMETROS E DESENVOLVIMENTO DE PROJETO, PLANEJAMENTO E ORÇAMENTO

4.2.1. Projeto BIM

4.2.1.1. Requisito Mínimo de “Level of Development” do BIM

O nível de desenvolvimento (Level of Development – LOD) é uma referência para apresentar o nível de confiabilidade e o conteúdo dos modelos BIM nas várias fases do processo de projeto e construção (BIMFORUM, 2016).

Dessa forma, refere-se ao nível de precisão e detalhe das informações representadas em um modelo BIM, que variam ao longo das fases de um projeto.

Cinco níveis de desenvolvimento (100, 200, 300, 400, 500) foram sugeridos pelo American Institute of Architects (AIA). Além disso, o LOD 350 foi adicionado pelo BIMForum (2016). As definições desses níveis, propostos pelo AIA e pelo BIMForum, são descritas na Figura 08.

Figura 8-Descrição dos LOD

LOD 100	os elementos são representados graficamente no modelo de forma genérica, por meio de símbolos ou demais representações aproximadas. Os elementos não são representações geométricas, mas informações agregadas aos objetos do modelo;
LOD 200	os elementos são representados graficamente como um sistema, objeto ou conjunto genérico aproximado, com quantidades, forma, localização e orientação. Os elementos podem ser reconhecidos como os componentes que representam ou como volumes para reserva de espaço;
LOD 300	os elementos são representados graficamente como um sistema, objeto ou conjunto específico, que é preciso em termos de quantidade, forma, localização e orientação;
LOD 350	os elementos do modelo são representados graficamente como um sistema, objeto ou conjunto específico em termos de quantidade, tamanho, forma, localização, orientação e interfaces com outros sistemas construtivos;
LOD 400	os elementos são representados graficamente como um sistema, objeto ou conjunto específico, que é preciso em termos de quantidade, forma, localização e orientação, com detalhamento que permite a fabricação, montagem e obtenção de informação para instalação;
LOD 500	os elementos são representações verificadas <i>in loco</i> , precisos em termos de quantidade, tamanho, forma, localização e orientação. Não há avanço relacionado à um nível superior de informação geométrica ou não geométrica, se comparado ao nível anterior.

Fonte: Adaptado de Natacha Sauer, 2020

A exigência mínima de LOD em projetos BIM depende do tipo de projeto, do estágio de desenvolvimento e das necessidades específicas de cada fase. Conforme destacado pelo BIMForum, é crucial que os níveis de LOD sejam claramente definidos nos planos de execução BIM. Isso assegura que todos os envolvidos no projeto tenham uma compreensão comum sobre as expectativas de detalhe e precisão em cada etapa.

Essas diretrizes e exigências são fundamentais para melhorar a coordenação entre as equipes, garantir que os modelos tenham detalhes suficientes para apoiar decisões críticas e facilitar a comunicação eficaz entre todas as partes interessadas (BIMFORUM, 2016).

Diante disso, para atender as exigências deste modelo, será utilizado o LOD 300.

4.2.1.2. Compatibilização de disciplinas de projetos

Antes da execução de uma obra, a integração dos diversos projetos, como o arquitetônico, estrutural, elétrico e hidráulico, e entre outros, é crucial para evitar problemas que podem resultar em retrabalho, aumento de custos e atrasos no cronograma.

Conforme destaca BRITO (2001), os projetos de engenharia são fundamentais para a materialização das ideias arquitetônicas, estabelecendo as diretrizes técnicas que guiam a execução da obra. No entanto, a compatibilização eficiente desses projetos se torna ainda mais importante, pois qualquer falha nessa fase pode comprometer a qualidade e a segurança da construção.

Dessa forma, RODRIGUEZ e HEINECK (2003) propõe a seguinte divisão para classificação de etapas de projetos:

Figura 9-Etapas de projetos

ETAPAS DE PROJETO (RODRÍGUEZ e HEINECK, 2003)	
ETAPAS	ATIVIDADES
PLANEJAMENTO E CONCEPÇÃO DO EMPREENDIMENTO	Estudo de mercado; Levantamento dos dados do terreno; Elaboração do programa de necessidades.
ESTUDO PRELIMINAR	Estudos preliminares de arquitetura, estrutura, instalações elétricas e hidrossanitárias; Primeira compatibilização de projetos.
ANTEPROJETO	Anteprojetos de arquitetura, estrutura, instalações elétricas e hidrossanitárias; Segunda compatibilização
PROJETOS LEGAIS	Elaboração de projetos legais
PROJETOS EXECUTIVOS	Elaboração de projetos executivos de arquitetura e complementares; Terceira compatibilização
ACOMPANHAMENTO DA EXECUÇÃO E USO	Assistência técnica à obra; Elaboração de projeto "as built"; Acompanhamento do desempenho

Fonte: Adaptado de RODRIGUEZ e HEINECK (2003)

As etapas dos projetos devem ser realizadas de forma colaborativa e compatibilizadas, de forma que a complexidade dos projetos ocorre devido ao grande número de subsistemas, o que impacta em um número maior de interlocutores e quantidade de informações compartilhadas.

Segundo SENA (2012), o BIM permite uma visualização integrada de todos os projetos em um único modelo tridimensional, facilitando a identificação de interferências entre as disciplinas, algo que é muito mais difícil de se realizar com métodos tradicionais, como o CAD 2D. No estudo de caso apresentado por Sena, mais de 90% das interferências foram detectadas automaticamente por ferramentas

BIM, como o Autodesk Navisworks, o que demonstra a eficiência dessa metodologia na compatibilização de projetos.

PINTO E KOVÁCS (2012) ressaltam que a qualidade dos projetos impacta diretamente a durabilidade e funcionalidade da edificação. Nesse sentido, a aplicação do BIM se mostra uma ferramenta que permite que todos os elementos do projeto estejam alinhados e integrados, resultando em uma construção mais segura, eficiente e de alta qualidade.

A compatibilização de disciplinas de projetos facilita a detecção e correção de problemas antes do início da obra e contribui para a realização de construções que atendem aos padrões de segurança, qualidade e eficiência esperados. Integrar essa metodologia ao processo de projeto é fundamental para garantir o sucesso e a sustentabilidade das edificações (BIM Compatibilização).

OLIVEIRA E FREITAS (1997) recomendam a aplicação da abordagem proposta por PICCHI (1993), que sugere a divisão da qualidade do projeto em diferentes etapas:

- Qualidade do programa proposto: Para garantir a qualidade do programa, é fundamental realizar uma pesquisa de mercado adequada, identificar corretamente as necessidades dos clientes e responder rapidamente às mudanças do mercado, entre outros aspectos relevantes.
- Qualidade da solução elaborada: O projeto deve atender ao programa de necessidades, garantindo a adequação estética e funcional, além de buscar a flexibilização para atender diferentes usos. Também é importante observar as normas vigentes e legislações locais, bem como considerar a construtibilidade do projeto.
- Qualidade da documentação do projeto: Está diretamente ligada à clareza das informações, à quantidade adequada de dados disponíveis e à facilidade de consulta. É essencial padronizar a apresentação dos documentos, definir padrões para detalhes construtivos, elaborar projetos de produção que sejam claros e de fácil compreensão para os clientes, desenvolver especificações técnicas para a aquisição de materiais e componentes, e garantir a compatibilização dos documentos técnicos com os do lançamento do empreendimento.

- Qualidade do processo de elaboração do projeto: Esta etapa está intimamente relacionada ao cumprimento de prazos, controle de custos, comunicação eficaz e integração das equipes envolvidas. Para isso, é necessário estabelecer procedimentos de gerenciamento adequados para a utilização do projeto, promover a coordenação entre as diferentes áreas, verificar a compatibilização dos projetos, definir cronogramas de atividades e fluxogramas de processos, e utilizar ferramentas de tecnologia da informação para o controle e arquivamento de documentos, revisões e plantas, entre outras atividades.

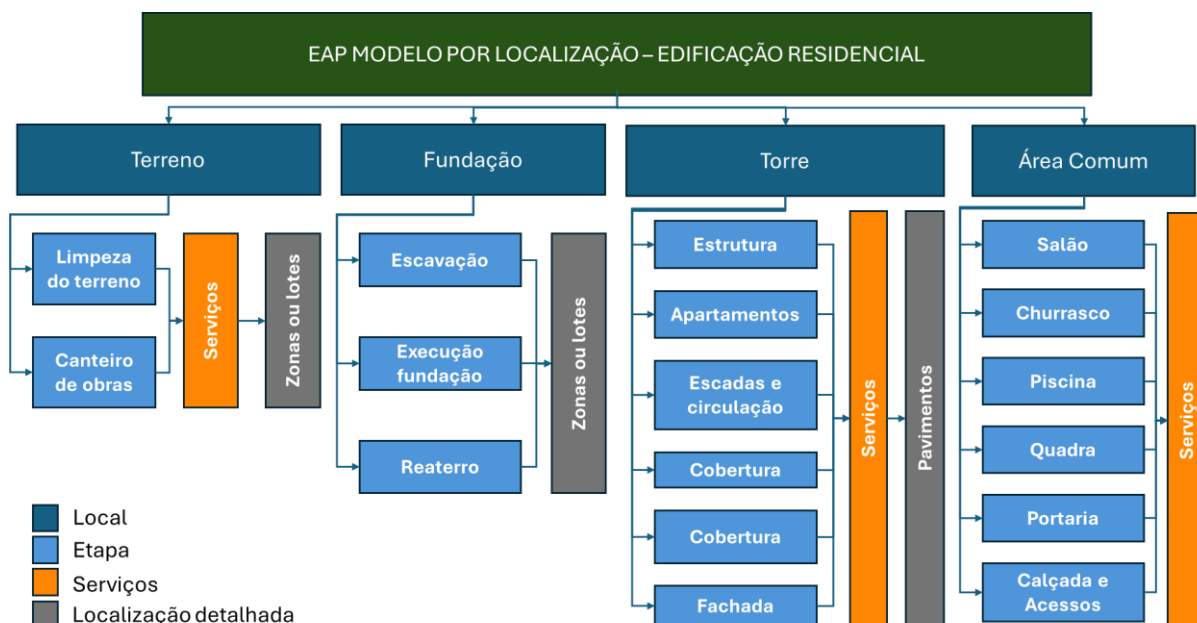
Diante disso, o modelo 3D BIM deve possuir um nível de maturidade elevada e com parâmetros adequados para a extração de quantitativos. Dessa forma, o software escolhido para o projeto 3D é o REVIT.

4.2.2.Orçamento e Planejamento

4.2.2.1. Integração entre Estrutura Analítica de Projeto (EAP), LPS e Localização

A Estrutura Analítica do Projeto (EAP) tem como principal função dividir o projeto em pacotes de trabalho menores, facilitando o planejamento, a execução e o controle. Com o uso da EAP, os pacotes são organizados hierarquicamente, partindo de uma visão geral do projeto até os detalhes mais específicos. Nesse processo, é possível realizar uma subdivisão com base em critérios diversos, como fases do projeto, disciplinas técnicas e, especialmente, por localizações geográficas, como andares ou blocos de uma obra. Esse tipo de divisão é vantajoso, principalmente em obras de maior escala e complexidade, pois permite uma gestão mais eficiente de recursos, prazos e orçamento. A figura 10 a seguir contempla um exemplo de EAP integrada ao sistema de localização.

Figura 10- Exemplo de EAP padrão baseada em Localização



Fonte: elaborado pelos autores

A aplicação da EAP com divisão por localizações, como apontado por SOUZA (2018), facilita o planejamento logístico do projeto, uma vez que as atividades podem ser organizadas em setores específicos, tratadas como subprojetos com orçamentos e cronogramas individualizados. Essa abordagem permite o detalhamento e a visualização de cada setor dentro do modelo tridimensional proporcionado pelo BIM, o que favorece a antecipação de conflitos entre disciplinas e a otimização do uso de materiais. O BIM, nesse contexto, desempenha um papel fundamental ao fornecer dados precisos sobre quantitativos, que podem ser integrados ao planejamento e controle financeiro da obra, tornando o processo de controle de custos mais confiável e transparente.

Nesse sentido, o planejamento e controle da produção são etapas importantes para garantir o sucesso do projeto. Segundo BALLARD e HOWELL (2003), o planejamento eficaz envolve não apenas a previsão de atividades, mas também o acompanhamento constante e a adaptação do cronograma conforme o progresso da obra.

A integração entre a EAP, a divisão por localizações e o *Last Planner System* permite um alinhamento das atividades da obra com o sistema de produção projetado.

De acordo com KOSKELA (1992), o projeto do sistema de produção na construção civil visa otimizar o fluxo de trabalho, eliminando gargalos e desperdícios, princípios que estão diretamente ligados à filosofia Lean. Através do BIM, esse sistema de produção pode ser planejado e visualizado de forma dinâmica, permitindo que ajustes sejam feitos em tempo real e garantindo uma maior coordenação entre as equipes de trabalho. A sinergia entre BIM e *Lean*, exemplificada pelo uso do LPS, resulta em uma obra mais eficiente, onde os fluxos de trabalho são bem coordenados e os materiais são utilizados de forma otimizada, reduzindo tanto o desperdício quanto o tempo ocioso entre as atividades.

Portanto, a integração de todas essas ferramentas e metodologias — EAP, BIM, *Lean Construction* e LPS — é fundamental para alcançar uma gestão eficiente dos projetos de construção. A subdivisão por localizações, aliada ao planejamento colaborativo do LPS e à precisão proporcionada pelo BIM, resulta em uma melhor alocação de recursos, reduzindo desperdícios e aumentando a eficiência da obra. Dessa forma, a integração de BIM e *Lean Construction*, com apoio de técnicas avançadas de planejamento e controle, otimiza a gestão do tempo e dos custos e aumenta a previsibilidade e a qualidade da entrega final do projeto.

4.2.2.2. Elaboração do orçamento

A elaboração do orçamento de uma obra envolve várias etapas, como o levantamento de quantitativos, definição de custos unitários e criação de um cronograma físico-financeiro. Essas etapas são essenciais para garantir o sucesso financeiro do empreendimento, assegurando que todos os custos previstos sejam contabilizados, desde as fases iniciais, como a terraplenagem, até os acabamentos finais.

Uma das fases mais críticas é o levantamento de quantitativos, realizado a partir dos projetos arquitetônicos, estruturais e complementares. Com o uso do BIM, essa tarefa se torna muito mais precisa, já que a modelagem tridimensional permite a extração automática dos quantitativos, minimizando erros e assegurando a exatidão do orçamento. Além disso, quando combinada com o *Lean Construction*, resulta em um controle orçamentário mais eficiente, tendo em vista que elimina atividades que

não agregam valor, reduzindo desperdícios e impactando diretamente os custos da obra.

Com a integração dessas tecnologias, o orçamento executivo – o documento que descreve todos os custos da obra – torna-se dinâmico e flexível, necessitando de atualizações constantes conforme ocorrem alterações nos processos ou no ritmo da obra.

Nesse contexto, o orçamento executivo é estruturado com base nas composições de custos e nos dados extraídos do BIM, permitindo que os gestores façam ajustes contínuos e avaliações preventivas ou corretivas de forma ágil, garantindo maior controle sobre os custos e viabilidade financeira do projeto. Além disso, é necessário que o orçamento executivo tenha como base a EAP definida, de forma que o cronograma e o orçamento sejam integrados continuamente.

A estruturação do orçamento executivo segue uma série de etapas para garantir sua eficácia. Assim, a composição de custos unitários (CCU) é essencial. Nessa fase, são definidos os insumos e calculado o custo por unidade de serviço, de forma que possa garantir que o orçamento reflita a realidade do mercado, atualizando os valores de materiais, equipamentos e mão de obra necessários, e sendo os mesmos separados por localização, etapas e serviços, conforme cronograma executivo.

Dessa forma, tem-se a planilha orçamentária que é dividida em grupos de custos, com base na fonte de extração dos quantitativos. Essa estrutura facilita a integração dos custos com os processos de produção, destacando tanto os custos que dependem do prazo quanto aqueles relacionados às atividades que agregam valor.

Para classificar os custos, visando a clareza na alocação, é realizada a divisão entre os custos diretos que são relacionados às atividades de transformação, como materiais e mão de obra, e os custos indiretos que podem incluir tanto custos da produção quanto custos do negócio, consumidos pela administração central. A *Lean Construction* sendo aplicada, complementa esse processo ao reduzir desperdícios e otimizar processos, resultando em uma diminuição dos custos indiretos e maior eficiência no orçamento.

Visando também a clareza no controle do volume de produção ou vendas, a classificação dos custos é dividida entre fixos e variáveis, sendo os fixos aqueles que permanecem constantes independentemente do volume de produção, e os variáveis relacionados diretamente às quantidades produzidas ou vendidas. Os fixos serão divididos entre início da obra, mensal e término da obra, enquanto as variáveis serão divididos entre tempo ou eventos, quantidades e vendas.

Os grupos de custos relativos às vendas são calculados com base nas projeções de receitas, fundamentais para a elaboração do fluxo de caixa, enquanto os custos variáveis em relação às quantidades são extraídos dos modelos 3D e vinculados aos itens de custo, seguindo critérios de medição e utilizando preços unitários do CCU. Adicionalmente, os custos variáveis em relação ao tempo ou eventos e custos fixos são definidos na integração entre os custos e o planejamento de controle da produção (PCP), vinculando-se à duração do empreendimento e armazenados no banco de dados da construtora.

Nesse aspecto, cada grupo de custos da planilha orçamentária é dividida em subgrupos e itens de custo. Os itens de custo representam os elementos que geram despesas, enquanto os subgrupos têm a função de organizar e hierarquizar essas informações. A planilha orçamentária pode seguir uma estrutura padrão da empresa, servindo de base para a criação de parâmetros nos modelos BIM. Diante disso, sugere-se que os itens de custo das atividades de transformação (como ilustrado na Figura 11, com destaque para os grupos 3, 4 e 5) sejam definidos com base nos processos de produção e nos itens separados de material e mão de obra. O preço dos materiais é derivado das Composições de Custo Unitário (CCU), e as perdas de processo, que já estão consideradas nos coeficientes das CCU, devem ser explicitamente indicadas para facilitar o controle durante a fase de construção.

Figura 11-Descrição da divisão dos custos

Grupos de Custos		Descrição	Classificação		Fonte das informações
			Facilidade de Alocação	Volume de Produção	
1	Projetos	são verbas para elaboração dos diversos projetos e aprovações com os órgãos legais.	Indireto	Fixo	Plano Estratégico
2	Despesas Indiretas	são itens relacionados a impostos, comissões de vendas, assessorias, despesas bancárias, seguros, registros de imóveis, terreno, marketing, rateio das despesas do escritório central que variam de acordo com o nº de unidades do empreendimento, o prazo de execução e vendas	Indireto	Fixo e Variável	Viabilidade
			Negócio		ou Plano Estratégico ou Plano de Longo Prazo da Produção
3	Habitação	Itens de mão de obra e material referente a execução das torres. O custo é variável em relação às quantidades, e os quantitativos são extraídos dos modelos BIM.	Direto	Variável	Modelo BIM 3D
4	Infraestrutura	Itens referentes a material e mão de obra para execução terraplenagem, redes hidrossanitárias, instalações elétricas, bacias de drenagem, castelo d'água, entre outros itens de custos. O custo é variável em relação às quantidades, e alguns quantitativos são extraídos dos modelos BIM.	Direto	Variável	
5	Áreas Comuns	Itens de mão de obra e material referente a execução salão de festa, fitness, piscina, playground, quadra poliesportiva, entre outros. O custo é variável em relação às quantidades, e os quantitativos são extraídos dos modelos BIM.	Direto	Variável	
6	Locação de Equipamentos	Itens referentes a locação ou compra de máquinas e equipamentos para execução da habitação, infraestrutura e equipamentos comunitários. Os custos variáveis em relação ao tempo, os quantitativos são extraídos do plano de longo prazo de acordo com a duração das tarefas.	Direto ou Indireto	Fixo e Variável	Plano de Longo Prazo da Produção
			Produção		
7	Administração da Obra	Itens referentes a equipe administrativa responsável pelo gerenciamento e execução da obra. O custo é estimado de acordo com o prazo de execução adicionada um percentual de encargos sociais, proveniente dos dados históricos da empresa.	Indireto	Fixo	
			Produção		
8	Instalações Provisórias e Consumos Mensais	Itens referentes a implantação do canteiro de obras, consumos mensais do canteiro (água, energia elétrica, material de expediente) e consultorias e testes de qualidade.	indireto	Fixo e Variável	

Fonte: Adaptado de Natacha Sauer (2020)

No planejamento do orçamento, é fundamental incluir também a análise de riscos e contingências, que antecipa imprevistos que possam impactar financeiramente o projeto, como mudanças de projeto ou condições adversas no local de obra. O BIM permite uma análise detalhada de riscos, facilitando a inclusão de margens de contingência para mitigar impactos financeiros de desvios.

Outro passo relevante é a elaboração do cronograma físico-financeiro, que conecta o orçamento ao cronograma de execução da obra de acordo com a EAP definida. Essa integração permite que os gestores monitorem os desembolsos financeiros ao longo do tempo, em sintonia com o avanço das atividades. A utilização do BIM 4D, que integra a dimensão do tempo ao modelo, facilita esse acompanhamento, possibilitando ajustes em tempo real no fluxo de caixa.

Por fim, a divisão do orçamento executivo em grupos de custos, estruturados de acordo com a origem das informações de quantitativos e EAP, permite maior

rastreabilidade e organização. Esse modelo facilita a criação de parâmetros para o controle de custos, integrando-os aos processos produtivos e tornando o orçamento adaptável ao longo da execução da obra.

4.2.2.3. Elaboração de cronograma executivo

Para a definição do cronograma executivo, que corresponde ao planejamento de longo prazo da obra, é essencial integrar o planejamento geral com as etapas estabelecidas na Estrutura Analítica do Projeto (EAP), garantindo a organização por localizações.

Dessa forma, inicialmente deve ser realizado o Projeto do Sistema de Produção (PSP), em que reuniões são feitas incluindo a equipe da obra com o objetivo de desenvolver decisões gerais acerca da obra, tal como o sequenciamento dos processos da unidade repetitiva como um pavimento ou apartamento, datas, etapas da obra, e entre outros diversos detalhes do planejamento no geral.

No cronograma é definida a duração programada das atividades de forma que os prazos estipulados para o projeto sejam respeitados. A definição das durações deve seguir como premissa a necessidade de estabelecimento de um ritmo de execução padronizado para atividades em uma mesma localização, de modo que o fluxo de trabalho das equipes seja organizado para que não haja sobreposição de atividades concorrentes em um mesmo ambiente, e também para evitar que parte da mão de obra fique ociosa caso não haja frente de trabalho disponível. Seguindo esse conceito, no cronograma é inicialmente definida a duração e interdependência das atividades, de forma a estabelecer o fluxo de trabalho organizado, e posteriormente são dimensionadas as equipes de execução para que as atividades sejam realizadas no ritmo proposto e a alocação de recursos seja realizada da maneira mais eficiente.

A EAP baseada em localização divide o projeto em áreas físicas da obra, facilitando o controle e o acompanhamento do progresso. Essa abordagem permite a subdivisão em diferentes níveis hierárquicos: local, etapa, serviço e, quando necessário, o detalhamento dos serviços. No nível mais amplo, a obra é dividida em locais, como zonas, blocos ou setores específicos. Isso permite que cada área tenha

um planejamento distinto, o que facilita a alocação de recursos e o controle de atividades simultâneas.

Dentro de cada local, o projeto é subdividido em etapas, que correspondem às grandes fases da obra, como fundação, estrutura, alvenaria e instalações. Essas etapas organizam o trabalho de forma sequencial e facilitam a coordenação entre as equipes. Cada etapa, por sua vez, é composta por serviços, que são atividades específicas, como a execução de paredes ou a instalação de sistemas hidráulicos. Quando necessário, esses serviços podem ser ainda mais detalhados, permitindo uma visão mais precisa de atividades complexas, como a instalação de sistemas elétricos ou acabamentos finos. Para a criação de um planejamento com um fluxo de trabalho organizado por localização, onde as equipes realizam atividades sequenciadas em um local específico, os serviços devem ser distribuídos em locais detalhados em que há uma repetição dos pacotes de trabalho. Como exemplo, em obras com diversos pavimentos tipo, os pavimentos são definidos como os locais específicos, em que os mesmos pacotes de trabalho são realizados em todos os pavimentos, seguindo uma mesma sequência e ritmo de execução.

Essa estruturação detalhada permite um planejamento mais eficiente, pois assegura que cada atividade seja organizada de forma clara e sequenciada adequadamente, evitando sobreposições indesejadas. O planejamento das atividades também é feito considerando os conceitos da *Lean Construction*, que busca reduzir desperdícios e otimizar os processos por meio de repetição de atividades em diferentes locais da obra.

Além da estruturação detalhada por localização, o *Location-Based Scheduling* (LBS), ou planejamento baseado em localização, organiza o planejamento da obra em uma hierarquia que assegura que as atividades que não possuem dependências físicas possam ocorrer simultaneamente ou em sequência, de acordo com as necessidades do projeto. O nível superior dessa estrutura garante que o cronograma siga uma sequência lógica de construção, enquanto o nível intermediário considera as restrições físicas e o fluxo de produção. O nível mais baixo é voltado para os detalhes de acabamento, possibilitando que diversas atividades sejam realizadas simultaneamente sem que haja interferência entre elas.

No método em questão, utilizaremos o *MS Project* como ferramenta de gestão do cronograma executivo. Este software é amplamente utilizado na construção civil, por sua capacidade de organizar atividades, prazos e recursos de maneira clara e objetiva. O *MS Project* permite a criação de cronogramas detalhados, a visualização de atividades em gráficos de Gantt e a definição de dependências entre tarefas. Isso é essencial em projetos de construção, onde muitas atividades estão interligadas e a necessidade de coordenação é constante. O uso do *MS Project* facilita o controle do progresso da obra em tempo real e a realização de ajustes no cronograma sempre que necessário, proporcionando maior flexibilidade e controle sobre o planejamento.

Outra vantagem significativa do *MS Project* é a possibilidade de integrar o cronograma com o planejamento de recursos e custos. A alocação de mão de obra, materiais e equipamentos pode ser realizada diretamente na plataforma, permitindo uma visão completa do uso dos recursos ao longo do projeto. Isso também facilita o monitoramento do orçamento, garantindo que os gastos planejados estejam alinhados com o progresso físico da obra, evitando sobrecustos e a ociosidade de recursos.

O acompanhamento do cronograma no *MS Project* possibilita a realização de atualizações periódicas, baseadas no progresso real da obra, permitindo a identificação de possíveis atrasos e a correção de desvios antes que impactem de forma significativa o andamento do projeto. Além disso, a ferramenta possibilita a realização de análises de cenários, simulando diferentes estratégias para otimizar o cronograma e garantir o cumprimento dos prazos.

Dessa forma, o cronograma executivo desenvolvido no *MS Project* torna-se uma ferramenta central na gestão do projeto, garantindo o cumprimento das atividades planejadas e o gerenciamento eficiente dos recursos e a otimização dos custos. A organização por localizações, associada ao controle oferecido pelo *MS Project*, promove uma execução mais eficiente da obra e assegura a entrega dentro dos prazos e orçamento estipulados.

Em função das integrações realizadas nesse método entre o cronograma no *MS Project*, o *Power BI* e os demais controles, o cronograma deve ser estruturado e organizado de maneira a possibilitar a identificação das tarefas no momento da importação dos seus dados no *Dashboard*. Para isso, devem ser utilizadas colunas acessórias criadas dentro do *Project*, para detalhamento do local da tarefa, do pacote

de trabalho à qual ela pertence e do responsável pela sua execução. Além disso, a coluna “Id Exclusiva”, criada automaticamente pelo Project, fornece um código de identificação único para cada tarefa do cronograma, que será necessário para a realização de integrações dentro do Dashboard.

4.2.2.4. Integração das dimensões física e financeira, softwares e controles paralelos.

A integração físico-financeira e o uso de diversas ferramentas tecnológicas formam o diferencial inovador da metodologia de gestão apresentada neste trabalho. Essa integração permite que os processos de planejamento, execução e controle sejam otimizados, reduzindo o esforço manual e automatizando boa parte das rotinas operacionais, ao mesmo tempo que proporciona aos gestores dados confiáveis e em tempo real para embasar suas análises e decisões. Com isso, os gestores podem se concentrar em tarefas mais estratégicas, como análise de riscos, tomada de decisões e estabelecimento de planos de ação corretiva, em vez de serem sobrecarregados com rotinas administrativas. O resultado é uma maior eficiência operacional, além de uma gestão mais ágil e proativa, alinhada aos princípios do *Lean Construction*.

No centro dessa proposta está a integração completa entre o cronograma, o orçamento, as planilhas acessórias, o *Software ERP* e o *Power BI*, formando um sistema de gestão automatizado e interligado. O cronograma de execução do projeto, estruturado no *MS Project*, atua como o núcleo do planejamento, conectando-se diretamente ao orçamento da obra e às demais ferramentas de controle. Esse vínculo é facilitado pela ponderação do cronograma pelos custos orçados para cada tarefa. Isso é possível graças à definição, no início do projeto, de uma EAP padrão baseada em localização, aplicada tanto na construção do cronograma quanto no orçamento. O uso dessa estrutura comum permite um rateio assertivo dos custos, o que cria uma base sólida para a integração físico-financeira. Essa integração entre o cronograma e o orçamento permite que as projeções financeiras sejam continuamente atualizadas conforme o avanço físico da obra, otimizando o acompanhamento dos custos em tempo real.

O *Power BI* é o centralizador de toda essa integração, reunindo dados do *MS Project*, planilhas acessórias do *Google Sheets* e o *software ERP*. O *Power BI* é uma

ferramenta de *Business Intelligence* (BI) desenvolvida pela Microsoft, projetada para transformar dados complexos em informações acessíveis e visuais por meio de dashboards dinâmicos e relatórios interativos. Sua principal função é centralizar e apresentar de maneira visual dados de diferentes fontes, integrando informações de sistemas como *MS Project*, *Google Sheets* e ERP de forma automatizada. O *Power BI* permite a conexão com fontes de dados online, sendo capaz de buscar, processar e exibir as informações de forma estruturada e visual, facilitando a tomada de decisões com base em dados em tempo real.

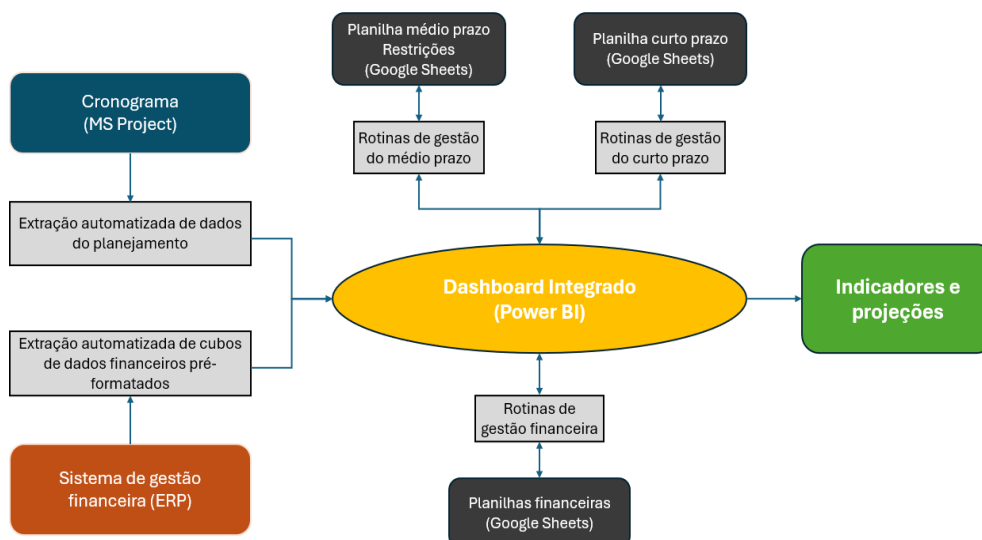
A ferramenta possui funcionalidades que permitem buscar automaticamente dados de fontes situadas online. É necessário, para cada caso, programar e desenvolver internamente na ferramenta as conexões com as fontes de dados, que uma vez estruturadas, podem ser alimentadas de forma automática. Após a alimentação dos dados, é necessário desenvolver dentro da plataforma as métricas para tratamento dos dados, que será realizado de forma automática após sua estruturação. No caso do *Project Web App*, o *Power BI* se conecta à API do Microsoft Project para extrair os dados mais recentes do cronograma, gerando dashboards atualizados com o progresso físico do projeto.

Para as planilhas acessórias do *Google Sheets*, a ferramenta utiliza conectores que possibilitam a extração e atualização automática dos *dashboards* com os dados contidos nas planilhas, garantindo a integração e o processamento em tempo real. Estas planilhas desempenham um papel importante nas rotinas de gestão do médio prazo, para cadastro e monitoramento de restrições, de curto prazo, para registro da programação de atividades do curto prazo e posterior preenchimento com os dados de medição da execução. Além disso, podem ser utilizadas para registrar informações complementares sobre compras e contratações, custos incorridos, análises de saldo de orçamento e previsão de fluxo de desembolso. Mesmo quando não há um *software* ERP disponível, as planilhas oferecem uma solução viável de controle, pois podem ser integradas diretamente ao *Power BI*, permitindo que os dados sejam extraídos e visualizados em tempo real nos dashboards. A principal vantagem dessa abordagem é que o *Power BI* automatiza a coleta e o tratamento dos dados, eliminando a necessidade de inserções manuais e garantindo uma visualização atualizada dos indicadores financeiros.

Já os Softwares ERP (*Enterprise Resource Planning*) são ferramentas de gestão integrada que permitem o controle e a automação de diversos processos empresariais, como compras, finanças, estoque, vendas e projetos. No contexto da construção civil, os ERPs facilitam o gerenciamento de obras, integrando informações de múltiplos setores, como suprimentos, financeiro, recursos humanos e planejamento, em uma única plataforma. Alguns exemplos de sistemas disponíveis no mercado e utilizados por empresas do setor de construção civil são Sienge, SAP e TOTVS. Quando aplicado a sistemas ERP, o *Power BI* pode receber cubos de dados pré-formatados de forma programada dentro do sistema, eliminando a necessidade de entrada manual de informações e garantindo maior confiabilidade nos relatórios financeiros gerados. Assim, ele se torna uma peça-chave para consolidar a gestão físico-financeira, permitindo que os gestores visualizem de maneira clara e objetiva os principais indicadores de desempenho e projeções de custo do projeto.

No fluxograma da Figura 12 abaixo, é possível visualizar de forma sintetizada a integração entre todas as ferramentas juntamente ao fluxo dos processos realizados para alimentação do *Dashboard*. O *Power BI* como centralizador das informações não só recebe os dados das demais ferramentas, como trata os dados recebidos do cronograma e ERP e é utilizado para alimentar as planilhas acessórias em *Google Sheets*, que são utilizadas nas rotinas de gestão de médio prazo, curto prazo e gestão financeira. Após a realização destas rotinas, os dados retroalimentam o *Dashboard* integrado, que é capaz de gerar, com todos os dados agregados, os indicadores e projeções necessárias para uma gestão eficiente do projeto.

Figura 12-Fluxograma da integração entre ferramentas e processos



Fonte: elaborado pelos autores

Na prática, a integração proporciona uma série de benefícios que impactam diretamente o dia a dia da obra. Por exemplo, quando o cronograma no *MS Project* é atualizado, ele é automaticamente carregado no *Power BI*, e os gestores podem identificar desvios de prazo ou realizar análises do desempenho físico do projeto sem precisar esperar por relatórios manuais. Isso permite a identificação imediata de desvios no planejamento e a análise das suas causas, o que auxilia na tomada de decisão para o estabelecimento de planos de ação e ajustes no planejamento, como a reprogramação de atividades com base em dados confiáveis. Da mesma forma, o uso de *dashboards* financeiros, alimentados automaticamente pelo ERP, oferece uma visão clara do status financeiro do projeto, permitindo a identificação de gastos excessivos ou economias em determinados centros de custo.

Obras que não possuem essa integração enfrentam desafios recorrentes, como a necessidade de consolidar dados de diferentes fontes manualmente em relatórios, o que aumenta o risco de erros e inconsistências nas informações. Além disso, a falta de automação exige que os gestores dediquem seu tempo na preparação de relatórios, em vez de se dedicarem à análise estratégica dos dados e indicadores. A metodologia proposta resolve esses problemas ao centralizar todas as informações em um único ambiente, onde os dados são atualizados automaticamente em meio às rotinas de planejamento e gestão financeira e estão sempre disponíveis para análise

em tempo real. Isso não só reduz a margem de erro, mas também otimiza o tempo dos gestores, permitindo que eles se concentrem em tomar decisões mais estratégicas e informadas.

4.3. ESTÁGIO DE OBRAS: PROCESSOS E ROTINAS DE APLICAÇÃO DO MÉTODO PARA PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO E GESTÃO DE CUSTOS

4.3.1. Visão Geral

O método desenvolvido para o planejamento e controle da produção no contexto de obras de construção civil tem como objetivo principal garantir a eficiência dos processos, minimizar desperdícios e otimizar os resultados gerais do projeto. Ele envolve a aplicação de uma rotina colaborativa que integra as diversas áreas responsáveis pelo andamento da obra, desde o planejamento até a execução no canteiro de obras. A principal finalidade dessa metodologia é estabelecer transparência nas atividades, clareza nas responsabilidades de cada setor e promover a comunicação eficaz entre todas as partes envolvidas. Ao adotar este modelo de gestão, busca-se não apenas a organização estrutural do projeto, mas também a criação de compromissos e metas conjuntas entre os setores, gerando um ambiente de trabalho mais alinhado e eficiente, com foco nos resultados finais da obra. Como proposta de modelo universal, ou seja, que pode ser replicado e aplicado em todos os tipos de projetos de construção civil, com suas devidas adaptações, todos os processos, rotinas, setores e dados utilizados serão genéricos, apenas com o intuito de gerar clareza sobre os passos para aplicação desse método em quaisquer projetos.

A rotina colaborativa proposta envolve a participação ativa de diferentes setores estratégicos.

- O Setor de planejamento é um dos pilares fundamentais, sendo responsável pela condução do cronograma e pela execução das rotinas de planejamento. Atuando como “elo” entre todos os setores, o planejamento centraliza as informações do projeto e garante sua disseminação clara e objetiva entre as equipes. Além disso, este setor é o responsável pela promoção da melhoria

contínua, utilizando dados e *feedbacks* coletados ao longo do processo para ajustar o planejamento conforme necessário, sem comprometer o tempo e a eficiência das equipes.

- A Gestão do projeto é encarregada das definições estratégicas, como o estabelecimento de diretrizes gerais, escopo, prazos e metas, além dos parâmetros financeiros. Este setor toma as decisões estratégicas e realiza análises de risco, propondo soluções quando há desvios em relação às metas estabelecidas. A gestão do projeto possui uma visão ampla e gerencial, garantindo que todas as diretrizes sejam seguidas e que o desempenho do projeto esteja alinhado às expectativas da organização.
- A Gestão de obra lida diretamente com a execução das atividades no canteiro, coordenando equipes terceirizadas e a mão de obra própria. Este setor também gerencia o fluxo de trabalho, assegurando que as atividades previstas a serem realizadas sejam passadas de forma clara às equipes de execução e que não possuem pendências, limitações ou restrições que impeçam sua execução, além de buscar a maior eficiência possível dentro do canteiro de obras evitando a sobreposição de equipes ou atividades que tenham interferência entre si. A sua função é garantir que a execução aconteça conforme o planejamento previsto, sem interferências ou retrabalhos que comprometam o prazo, orçamento e a qualidade da obra.
- O setor de Suprimentos também desempenha um papel vital no método de gestão, sendo responsável pelo atendimento das demandas de compras e contratações solicitadas pela Gestão de obra. Sua atuação é essencial para garantir que as aquisições ocorram nos prazos estabelecidos e dentro do orçamento previamente aprovado, assegurando o fornecimento adequado de materiais e serviços ao longo do projeto. Em alguns casos, em obras de menor porte ou corpo técnico de gestão, o trabalho de suprimentos pode ser realizado pela Gestão de obra. Caso isso ocorra, a figura do setor de Suprimentos deve ser desconsiderada, mas suas atribuições deverão ser consideradas como atribuições do setor de Gestão de obras.
- O setor Financeiro assume a responsabilidade pelo registro e controle de todos os custos do projeto. Ele acompanha e classifica os custos incorridos, comprometidos e as projeções de fluxo de caixa, baseando-se nos contratos firmados e nas previsões de contratações.

O método desenvolvido propõe ciclos de planejamento e controle da produção com processos bem definidos do início ao fim de cada ciclo de forma a possibilitar sua aplicação em diferentes projetos e empreendimentos. A duração desses ciclos, no entanto, deverá ser arbitrada conforme o tipo de obra. Para projetos mais curtos e ágeis, como pequenas reformas ou construções rápidas, podem ser necessários ciclos semanais ou até diários, enquanto em obras de maior duração, como grandes empreendimentos imobiliários, ciclos mensais podem ser mais adequados, dado que o planejamento dessas obras frequentemente permite maior flexibilidade. Essa variação permite que o método se adapte à realidade de cada obra, garantindo que o planejamento e o controle sejam realizados de forma contínua e eficiente, independentemente do tamanho ou complexidade do projeto. Essa abordagem flexível de ciclos é corroborada por autores como Ballard e Howell (2004), que destacam a importância da adaptação do planejamento ao contexto de cada projeto.

Para garantir a eficiência da aplicação desse método, diversas ferramentas tecnológicas serão utilizadas. O *MS Project*, por meio do *Project Web App*, será empregado para o controle detalhado do cronograma e a gestão das atividades planejadas. Além disso, o uso de planilhas com acesso online facilitará a atualização e compartilhamento de informações entre as equipes de forma rápida e eficaz. O método também integra o uso de *softwares* ERP, quando disponíveis na construtora, para a gestão de custos do projeto, oferecendo uma visão consolidada das operações e fluxos financeiros. Por fim, o *Power BI* será a plataforma escolhida para sintetizar todos os dados gerados pelas ferramentas anteriores em um único ambiente, com dashboards que fornecem uma visualização clara dos indicadores de desempenho. Isso permitirá aos *stakeholders* acompanhar o andamento do projeto em tempo real e tomar decisões mais assertivas com base em dados consistentes e atualizados.

Esse método colaborativo e baseado em dados garante que todas as partes envolvidas no projeto estejam alinhadas com os objetivos estratégicos e operacionais da obra, promovendo um ambiente de trabalho mais transparente, eficiente e orientado a resultados. Ao integrar planejamento, execução e controle financeiro em uma rotina sistemática, o método permite que o projeto seja gerido de maneira proativa, antecipando problemas e promovendo soluções antes que se tornem impeditivos ao seu sucesso.

4.3.2. Metodologia

Neste tópico, serão apresentadas e detalhadas as rotinas propostas para aplicação do método, com alinhamento ao fluxograma resumo apresentado, bem como será detalhada a aplicação das ferramentas de apoio mencionadas. Para efeito de sistematização do método, ele será dividido em quatro etapas fundamentais, que sintetizam e aplicam conceitos da bibliografia apresentada, em conjunto com soluções e inovações propostas que tem como objetivo possibilitar a aplicação dos conceitos apresentados de forma prática e eficiente.

As etapas são: Gestão do longo prazo (*Masterplan*), que se concentra no planejamento estratégico do projeto, abrangendo toda a sua duração e estabelecendo e revisando continuamente metas e diretrizes gerais; Gestão do médio prazo (*Lookahead Plan*), onde são analisadas e detalhadas as atividades a serem executadas nos períodos subsequentes, garantindo a identificação e eliminação de restrições e a preparação adequada das equipes; Gestão do curto prazo, focada no estabelecimento e comunicação com as equipes de obra da programação das atividades para o ciclo atual bem como pelo controle da execução destas atividades. Por fim, a gestão financeira integrada é a etapa na qual são coletados e atualizados os dados financeiros executados do projeto, que integrados às demais etapas, em especial à etapa de Longo prazo, possibilita monitorar a evolução dos custos do projeto em paralelo ao avanço físico, assegurando a viabilidade financeira do empreendimento e o cumprimento do orçamento.

Cada uma dessas etapas será detalhada a seguir, com a explicação dos processos envolvidos e a definição dos responsáveis pela sua implementação. Para efeito de exemplificação do método de forma mais objetiva, será proposta a aplicação para um empreendimento de edificação residencial, caracterizada como uma obra longa, com cronograma de maior flexibilidade, e portanto, serão considerados ciclos de planejamento de curto prazo semanais, médio prazo mensais e longo prazo mensais. A atualização da gestão financeira integrada terá também ciclo proposto mensal, com competência do primeiro ao último dia do mês.

4.3.2.1. Gestão do Longo Prazo (*MASTERPLAN*)

A gestão do longo prazo, ou *Masterplan*, é a etapa central no processo de planejamento e controle da produção. Nesta fase, no previamente ao início das obras, são estabelecidas as diretrizes estratégicas do empreendimento, que incluem metas claras, prazos definidos e o escopo geral a ser seguido pelas demais etapas. A gestão do longo prazo, no entanto, não se limita a um evento único de definição como o que ocorre antes da obra. O *Masterplan* é dinâmico, e pode ser modificado diversas vezes ao longo do projeto através de decisões estratégicas ou mesmo por conta de desvios e intercorrências verificadas na execução das obras. Por isso, é proposto que mensalmente ocorra uma reunião para análise de desempenho do projeto e revisão do *Masterplan* quando necessário. É nesta etapa que os resultados consolidados das outras fases do projeto serão analisados, revisados e, se necessário, ajustados, garantindo que o planejamento de longo prazo continue coerente com a realidade observada na execução da obra. Portanto, se torna fundamental que o *Dashboard* integrado do projeto seja utilizado como base para todas as análises de performance e indicadores de tendência do projeto, alimentado pelas diversas fontes de dados mencionadas, originadas das demais etapas desse método.

I. SETORES ENVOLVIDOS

- Gestão do Projeto: Responsável pela tomada de decisões estratégicas e pelo acompanhamento da execução do *Masterplan*. Atua como o setor decisor, realizando análises críticas sobre o andamento do projeto e determinando ajustes e revisões necessárias.
- Planejamento: Responsável por fornecer informações precisas e detalhadas à gestão do projeto para tomada de decisões. Ele compila os dados de desempenho gerados nas fases de curto e médio prazo para apresentação à Gestão do projeto, além de ser o responsável por gerenciar o cronograma na ferramenta *MS Project* bem como os demais controles apresentados, de forma que todas as decisões tomadas e alterações sugeridas nesta etapa sejam refletidas no cronograma e demais controles, para utilização nas etapas de curto e médio prazo subsequentes.
- Gestão de Obra: Participa nesta etapa ao reportar ocorrências do canteiro de obras que possam impactar as metas estabelecidas. Além disso, a gestão de

obra recebe feedbacks e novas diretrizes, ajustando suas operações diárias conforme a orientação estratégica definida.

II. PROCESSOS E ROTINAS DE GESTÃO DE LONGO PRAZO

Dentre todas as etapas deste método, a etapa de gestão do longo prazo é a que possui menor sistematização de processos e rotinas, uma vez que consiste em uma análise constante do desempenho do projeto, e pode ou não gerar decisões que impactam no *Masterplan* atual, e demandam ações por parte das outras equipes. No entanto, com o objetivo de compatibilizar prazos e rotinas com as demais etapas, sugere-se que sejam realizadas reuniões mensais, com participação dos setores mencionados, preferencialmente na primeira semana do mês, após a consolidação das rotinas de curto e médio prazo e a atualização da gestão financeira integrada referentes ao mês anterior. Isso se dá com a justificativa de que a reunião terá por objetivo analisar e revisar o desempenho passado do projeto, com o objetivo de avaliar o status do projeto como um todo e garantir que o projeto se mantenha alinhado às metas estabelecidas inicialmente e que o plano estratégico de longo prazo seja monitorado e ajustado conforme necessário.

Nesse sentido, cada reunião nessa etapa representará uma revisão dos ciclos anteriores realizados e a manutenção ou revisão do plano para os próximos ciclos, com comunicação clara para os participantes, que serão responsáveis por realizar as ações necessárias para cumprimento das diretrizes estabelecidas.

Nesta etapa, os indicadores de desempenho representam uma importante base pois fornecem uma visão quantitativa e objetiva do andamento do projeto, permitindo uma análise crítica que subsidia decisões estratégicas. A partir desses indicadores, a gestão do projeto pode verificar o cumprimento das metas estabelecidas, identificar desvios, avaliar riscos e antecipar possíveis impactos no cronograma e no orçamento. No modelo proposto, em função da estrutura dos controles elaborados descrita, e da integração entre planejamento e orçamento, todos os indicadores, projeções e demais dados necessários para o suporte à tomada de decisão terão origem nas rotinas de médio e curto prazo, e na rotina de gestão financeira, através das conexões e integrações realizadas entre as ferramentas *MS Project*, *Google Sheets*, *Software ERP* e *Power BI*, de forma que não é necessário a preparação de relatórios de

gerenciamento manuais para apresentação aos decisores de obra, que por muitas vezes geram esforços desproporcionais para as equipes de obra e de planejamento, e são suscetíveis a manipulação de dados por parte daqueles que os elaboram, com o intuito de mascarar possíveis problemas ou desvios, um fato comum na construção civil.

Em contrapartida, na solução proposta os relatórios são visualizados em forma de Dashboards dinâmicos, atualizados constantemente conforme a realização das demais etapas desse método, que garantem confiabilidade e transparência nos dados, além de exigirem uma governança mais rigorosa nas rotinas e controles. Dessa forma, erros ou falhas na gestão, como a apropriação incorreta de custos, podem ser rapidamente identificados e corrigidos, garantindo maior eficiência no gerenciamento do projeto

III. RESULTADOS ESPERADOS

Ao final de cada ciclo de gestão do longo prazo, espera-se como resultado uma análise completa do andamento do projeto, destacando sucessos e áreas que necessitam de correções. Isso inclui a atualização do *Masterplan*, quando necessário, para refletir mudanças ocorridas no campo, o ajuste de metas e prazos com base nos desvios identificados e o realinhamento das diretrizes para as fases subsequentes, assegurando que o plano de longo prazo permaneça viável. As ações decorrentes dessa análise podem envolver a implementação de medidas corretivas em áreas com desvios significativos, a realocação de recursos ou ajustes nas sequências de atividades para otimizar o fluxo de trabalho, além da redefinição de prazos e metas caso ocorram mudanças relevantes nas condições do projeto. É fundamental, portanto, que ao término dessa fase o setor de Planejamento ajuste todos o cronograma no *MS Project* conforme os alinhamentos realizados, uma vez que essa será a principal fonte de dados para as etapas subsequentes do método proposto neste trabalho.

4.3.2.2. Gestão do Médio Prazo (*LOOKAHEAD PLAN*)

A gestão do médio prazo, ou *Lookahead Plan*, é uma etapa crítica no planejamento e controle da produção, pois conecta o planejamento de longo prazo

com a execução no curto prazo. Nessa fase, são analisadas e detalhadas as atividades previstas para os próximos meses, assegurando que todos os recursos e restrições necessários sejam identificados e tratados a tempo, a fim de garantir a execução eficiente da obra. Essa gestão é realizada por meio de rotinas periódicas, conforme o ciclo de cada empreendimento. Como mencionado, para efeito de exemplificação, no caso da tipologia alvo deste trabalho (edificação residencial) será proposto a realização de uma rotina mensal, em reunião colaborativa que envolva os setores de Planejamento, Gestão de Obras e Suprimentos, cada um com responsabilidades bem definidas. Nesse caso, para compatibilização dos prazos e rotinas com a realização das demais etapas, esta reunião deverá ocorrer idealmente após a reunião mensal com a gestão do projeto, realizada na etapa de Gestão do longo prazo, como mencionado anteriormente. Este fato é de suma importância, uma vez que nesta etapa podem ocorrer mudanças significativas no *Masterplan*, por diversos motivos, que resultem na alteração do planejamento, que por sua vez será analisado nas rotinas de médio prazo. Portanto, para evitar possíveis retrabalhos por mudanças solicitadas no planejamento pela gestão do projeto, é importante que as rotinas de médio prazo ocorram após a consolidação de cada ciclo mensal de revisão do *Masterplan*. Nessa etapa, deverá também ser realizada a adequação do cronograma à sua previsão de execução real pela gestão de obra, com embasamento das diretrizes da gestão do projeto. Isso inclui maior detalhamento do cronograma quando necessário, para refletir de fato o que será executado no canteiro de obras.

O principal objetivo desta etapa é garantir que todas as tarefas previstas para o horizonte de médio prazo, geralmente de 4 a 12 semanas, estejam detalhadas a nível de recursos e restrições. A identificação prévia e remoção das restrições são essenciais para que as atividades possam ser executadas nas datas planejadas, evitando atrasos e interrupções. Além disso, essa etapa permite uma análise proativa do progresso do projeto, antecipando possíveis problemas e ajustando o plano conforme necessário.

I. SETORES ENVOLVIDOS

- Planejamento: O setor de planejamento é responsável por conduzir as reuniões mensais de médio prazo. Além disso, é responsável por manusear as ferramentas utilizadas, como o cronograma no *MS Project* e a planilha de controle de restrições no *Google Sheets*. O planejamento também garante que

todas as informações sejam atualizadas e comunicadas com clareza aos demais setores envolvidos.

- Gestão de Obras: A gestão de obras colabora ativamente na análise das tarefas futuras, detalhando as necessidades de recursos, como materiais, mão de obra, equipamentos e projetos. Durante as reuniões de médio prazo, esse setor informa sobre as condições reais do canteiro de obras e fornece *feedback* sobre a execução, ajudando a ajustar o planejamento para refletir a realidade do campo e solucionar problemas potenciais antes que causem atrasos.
- Suprimentos: O setor de suprimentos tem a responsabilidade de monitorar e garantir que os prazos de aquisição e contratação de recursos necessários sejam cumpridos, removendo as restrições previamente identificadas dentro do tempo estipulado. Durante as reuniões de médio prazo, o setor de suprimentos atualiza o status das compras e contratações, colaborando para que as restrições sejam resolvidas e as atividades futuras possam ser executadas conforme o cronograma estabelecido.

II. PROCESSOS E ROTINAS DE GESTÃO DE MÉDIO PRAZO

A rotina de gestão do médio prazo segue uma sequência de processos que são essenciais para garantir a execução eficiente das atividades planejadas no horizonte de 4 a 12 semanas. Primeiramente, o setor de planejamento inicia a reunião com a revisão do planejamento de médio prazo, que consiste na análise detalhada das atividades previstas para os próximos meses. Durante essa fase, as tarefas planejadas são avaliadas quanto à sua viabilidade no cronograma atual, e se necessário, são promovidos ajustes para refletir as condições reais do canteiro de obras. Esse processo inclui o detalhamento adicional das atividades, considerando as informações mais recentes obtidas no campo, como condições de execução e recursos disponíveis. O *MS Project* é atualizado para garantir que o cronograma reflita as expectativas reais de execução, com a finalidade de alinhar a gestão de obra e garantir que o planejamento reflita de forma precisa o que será realizado nas próximas semanas.

Após essa revisão, o monitoramento das restrições em aberto é realizado. O setor de planejamento verifica com o de suprimentos o status de cada restrição identificada nos ciclos anteriores e avalia o andamento de sua resolução. Nesta fase,

é crucial garantir que as expectativas de prazo para a remoção dessas restrições sejam realistas e que as datas de início das tarefas associadas às restrições sejam revistas conforme necessário. A equipe de suprimentos tem um papel importante nesta etapa, fornecendo atualizações sobre o status de aquisições e contratações, de modo a assegurar que as restrições sejam removidas a tempo. Caso haja atraso na resolução de alguma restrição, o setor de planejamento ajusta o cronograma, garantindo que outras atividades possam ser reprogramadas sem causar impactos significativos no andamento da obra.

O próximo passo envolve a filtragem das tarefas previstas para o horizonte de 4 a 12 semanas. Nessa fase, o Planejamento e a Gestão de obra colaboram para detalhar os recursos necessários para a execução dessas atividades, incluindo materiais, mão de obra, equipamentos e projetos. Com base nas necessidades identificadas, são cadastradas as novas restrições no *Google Sheets*, garantindo que essas informações sejam integradas ao *Power BI* para o monitoramento contínuo. Esse detalhamento é fundamental para garantir que todas as atividades previstas no médio prazo estejam prontas para execução na data prevista, com todos os recursos assegurados e as restrições devidamente eliminadas.

Para efeito de metodologia, os prazos para a resolução de cada restrição deverão ser cadastrados na planilha como “*Lead Time*”. Nesse caso, entende-se *Lead Time* como o prazo, em dias corridos, necessários para se iniciar e concluir a resolução de cada restrição. Esse requisito se dá em função de métricas utilizadas na integração realizada no *Power BI*. Na planilha de controle de restrições no *Google Sheets*, cada restrição é vinculada à sua tarefa relacionada no cronograma por meio da utilização do código único daquela tarefa gerado pelo *MS Project*. Esse vínculo será responsável por tornar os prazos das restrições dinâmicos, sendo adaptados automaticamente dentro do *Dashboard* conforme a data das tarefas variam no cronograma.

Abaixo, um exemplo de como deve ser formatada a planilha para alimentação do *Dashboard* de gestão do médio prazo. A coluna “Código” deve ser preenchida com o Id Exclusivo gerado para a tarefa relacionada à restrição dentro do *MS Project*. Esse código é responsável por relacionar a restrição cadastrada na planilha à tarefa do

cronograma dentro do Dashboard, e com isso, realizar os cálculos da data prevista para início do tratamento da restrição com base no *Lead Time* estabelecido.

Figura 13-Exemplo formatação de planilha para gestão do médio prazo

Item	Código	Tipo de restrição	Descrição	Responsável	Lead Time (Dias corridos)	Status
39	1923	Projeto	Pendente projeto da calçada	Setor de projetos	25	Não iniciado
40	2021	Mão de obra	Contratação da mão de obra para execução do emassamento	Gestão de obra	30	Concluído
41	2021	Material	Compra do material para execução do emassamento	Gestão de obra	30	Concluído
42	1159	Mão de obra	Mobilizar novamente equipe Uniar	Gestão de obra	14	Concluído
43	1613	Mão de obra	Contratação do empreiteiro para execução serralheria	Gestão de obra	28	Não iniciado
44	1155	Mão de obra	Contratação do empreiteiro com material	Gestão de obra	28	Concluído
45	898	Projeto	Projeto da piscina	Gestão de obra	12	Concluído
46	2117	Projeto	Pendente decisão do projeto do cinema	Setor de projetos	5	Concluído
47	1874	Equipamento	Mobilização de equipamento para compactação	Gestão de obra	5	Iniciado
48	1398	Material	Medir bancadas	Gestão de obra	20	Concluído
49	107	Projeto	Definição do revestimento	Setor de projetos	35	Iniciado
50	109	Mão de obra	Contratação do paisagismo - Monitorar entrega do projeto	Gestão de obra	55	Iniciado
51	2098	Projeto	Definição de projeto da infra (Fundação) da academia	Gestão de obra	30	Iniciado
52	1432	Material	Compra de ar-condicionado	Gestão de obra	60	Iniciado

Fonte: elaborado pelos autores

III. RESULTADOS ESPERADOS

A aplicação da rotina de gestão do médio prazo, conforme descrita, resulta em uma série de benefícios significativos para o planejamento e execução da obra. Um dos principais resultados esperados é a remoção proativa das restrições, que permitirá a execução das tarefas de curto prazo conforme o cronograma, evitando atrasos e interrupções no fluxo de trabalho. Ao realizar reuniões mensais que detalham as atividades futuras, é possível garantir que os recursos necessários (materiais, mão de obra, equipamentos e projetos) estejam disponíveis no momento adequado. Essa abordagem contribui para uma maior eficiência e previsibilidade na execução, reduzindo os riscos de imprevistos que possam comprometer o andamento da obra.

Outro resultado inovador desta solução decorre da integração dinâmica entre o *Google Sheets*, o *MS Project* e o *Power BI*, o que promove uma gestão automatizada e altamente eficiente das restrições. A planilha de controle de restrições no *Google Sheets*, quando vinculada ao *MS Project* dentro do Dashboard no *Power BI*, permite que as datas das tarefas no cronograma sejam diretamente refletidas nas datas das restrições cadastradas. Cada restrição é associada a uma tarefa específica do cronograma, e a ferramenta calcula automaticamente os prazos para início e término da resolução das restrições, de acordo com o lead time estabelecido previamente para cada recurso necessário e a data prevista para início da atividade no cronograma.

Assim, quando há uma alteração nas datas das tarefas no cronograma do *MS Project*, o sistema ajusta automaticamente as datas das restrições no dashboard do *Power BI*, proporcionando uma visualização clara e atualizada em tempo real.

Essa integração automatizada garante que o planejamento se torne mais ágil e responsivo, permitindo que as equipes de gestão tomem decisões rápidas e fundamentadas. O *Power BI*, ao apresentar os dados de forma visual e interativa, permite que os gestores identifiquem facilmente os prazos críticos para a resolução das restrições e atuem de maneira proativa para evitar possíveis gargalos. Com essa metodologia, espera-se que a obra possa ser conduzida de forma mais eficaz, com uma visão clara e detalhada dos prazos e recursos, o que permite uma maior capacidade de antecipação de problemas e de tomada de decisões assertivas. O planejamento proativo e a integração das ferramentas possibilitam o acompanhamento contínuo da performance do projeto e a identificação precoce de possíveis desvios, promovendo a melhoria contínua e o cumprimento das metas estabelecidas para o empreendimento.

4.3.2.3. Gestão do Curto Prazo

A gestão do curto prazo é uma etapa essencial para garantir que as atividades previstas no cronograma de médio e longo prazo sejam executadas conforme o planejamento. Realizada em ciclos semanais, essa gestão permite o acompanhamento próximo das tarefas, garantindo a eficiência e o cumprimento das metas estabelecidas. A rotina de curto prazo é dividida em dois momentos distintos: a geração da programação semanal e a medição da execução realizada, garantindo que o ciclo de planejamento seja contínuo e colaborativo, com o envolvimento de todas as partes responsáveis.

I. PROCESSOS, ROTINAS E SETORES ENVOLVIDOS.

A. 1º Momento: Geração da Programação de Curto Prazo.

O primeiro momento da rotina de gestão do curto prazo é a geração da programação semanal, que ocorre logo no início de cada semana. Nessa etapa, o

setor de planejamento utiliza as informações contidas no cronograma do *MS Project* para gerar uma planilha de programação semanal que contenha as tarefas que deverão ser executadas no próximo ciclo de curto prazo. A geração desta planilha é realizada por meio da exportação dentro do Dashboard no *Power BI* das informações no módulo de curto prazo que possui métricas pré-estabelecidas para filtrar automaticamente as tarefas do próximo ciclo a partir da data de status atual do *MS Project*. Esta planilha inclui, de forma automática, colunas detalhadas para cada tarefa, como data de início e término, duração, percentual realizado atual, percentual previsto para o término do ciclo e o responsável.

Após a extração da planilha, o Planejamento, em conjunto com a Gestão de obra, deverá revisar as tarefas e determinar os responsáveis por cada uma, que podem ser subempreiteiros ou encarregados das equipes de produção. Essa definição de responsabilidades é crucial para garantir que as metas de curto prazo sejam claramente comunicadas e atribuídas. Após essa definição, a Gestão de obra repassa as informações diretamente aos responsáveis indicados, reforçando os prazos e metas estabelecidos para a semana.

Os responsáveis indicados, por sua vez, devem comunicar as metas de forma clara às suas equipes, garantindo que todos os envolvidos estejam cientes das metas e prazos estabelecidos, promovendo o engajamento necessário para o cumprimento do planejamento. Esse processo de comunicação é fundamental para evitar falhas na execução e assegurar que a programação semanal seja cumprida de maneira eficiente.

Abaixo, exemplo da planilha que deverá ser formatada para envio da programação semanal à equipe de obra. Os dados da programação semanal podem ser exportados diretamente do Dashboard, e transferidos para o modelo de planilha utilizada.

Figura 14-Exemplo de formatação de planilha para programação semanal

Planejamento Semanal											
Tarefas previstas no planejamento											
Id	Local	Pacote de trabalho	Tarefa	Responsável	Início	Duração	Término	% Real Atual	% Previsto (próxima atual.)	% Real	Causa Desvio Físico
112	Torre A	Acabamentos internos - Térreo	Piso Cerâmico	MO Assentamento	11/09/2024	6	18/09/2024	50%	100%		
115	Torre A	Acabamentos internos - Térreo	Divisor de box	MO Assentamento	11/09/2024	6	18/09/2024	50%	100%		
117	Torre A	Acabamentos internos - 2º Pavimento	Bancadas	MO Bancadas	16/09/2024	5	20/09/2024	0%	100%		
120	Torre A	Acabamentos internos - 2º Pavimento	Rejunte	MO Rejunte	16/09/2024	5	20/09/2024	0%	100%		
189	Torre A	Escadas e circulação - Térreo	Instalações de incêndio	Empreiteiro A	02/09/2024	14	19/09/2024	80%	100%		
208	Torre A	Laje de cobertura	Instalação de reservatórios e equipamentos hidráulicos	Empreiteiro B	09/09/2024	15	27/09/2024	30%	67%		
226	Torre A	Telhado - Nível 2	Fechamento do beiral	Empreiteiro C	16/09/2024	15	04/10/2024	0%	33%		
338	Torre B	Acabamentos internos - 2º Pavimento	Forro de gesso	Empreiteiro C	10/09/2024	8	19/09/2024	40%	100%		
344	Torre B	Acabamentos internos - 2º Pavimento	Divisor de box	MO Assentamento	17/09/2024	10	30/09/2024	0%	40%		
404	Torre B	Escadas e circulação - Térreo	Instalações de incêndio	MO Incêndio	20/09/2024	5	26/09/2024	0%	20%		

Fonte: elaborado pelos autores

B. 2º Momento: Medição da Execução Realizada.

O segundo momento ocorre ao final da semana de trabalho e consiste na medição da execução realizada durante o ciclo de curto prazo. Essa medição é realizada com base na mesma planilha de programação semanal gerada no início do ciclo, e deve envolver todos os participantes da etapa anterior: planejamento, gestão de obra e os responsáveis indicados para cada tarefa. A reunião de medição deve ser colaborativa, curta e objetiva, com o propósito de garantir que a produtividade das equipes não seja comprometida por interrupções longas.

Durante essa reunião, a planilha de programação é preenchida com os percentuais realizados ao final do ciclo, permitindo a análise do progresso das atividades. Se houver não aderência ao planejamento, ou seja, quando as tarefas não são concluídas conforme o previsto, os responsáveis devem reportar quaisquer necessidades de ajustes nos prazos de início ou término das atividades. Essas informações serão utilizadas pelo setor de planejamento para ajustar o cronograma no *MS Project*.

Além disso, a planilha deve registrar as causas dos desvios em relação ao planejado. Esse registro é essencial, pois as informações coletadas são utilizadas para alimentar indicadores de desempenho no *Power BI*, como o *Percent Plan Complete* (PPC) e a aderência ao planejamento, além de fornecer uma visão histórica das causas dos desvios. Esses indicadores são fundamentais para o

acompanhamento contínuo do desempenho do projeto e para a identificação de padrões de falhas que podem ser corrigidos ao longo do processo.

Figura 15-Exemplo de planilha de planejamento semanal preenchida

Planejamento Semanal												
Tarefas previstas no planejamento												
Id	Local	Pacote de trabalho	Tarefa	Responsável	Início	Duração	Término	% Real Atual	% Previsto (próxima atual.)	% Real	Varição	Causa Desvio Físico
112	Torre A	Acabamentos internos - Térreo	Piso Cerâmico	MO Assentamento	11/09/2024	6	18/09/2024	50%	100%	100%	0%	
115	Torre A	Acabamentos internos - Térreo	Divisor de box	MO Assentamento	11/09/2024	6	18/09/2024	50%	100%	100%	0%	
117	Torre A	Acabamentos internos - 2º Pavimento	Bancadas	MO Bancadas	16/09/2024	5	20/09/2024	0%	100%	90%	-10%	Falta mão de obra
120	Torre A	Acabamentos internos - 2º Pavimento	Rejunte	MO Rejunte	16/09/2024	5	20/09/2024	0%	100%	100%	0%	
189	Torre A	Escadas e circulação - Térreo	Instalações de incêndio	Empreiteiro A	02/09/2024	14	19/09/2024	80%	100%	100%	0%	
208	Torre A	Laje de cobertura	Instalação de reservatórios e equipamentos hidráulicos	Empreiteiro B	09/09/2024	15	27/09/2024	30%	67%	0%	-67%	Falha projeto
226	Torre A	Telhado - Nível 2	Fechamento do beiral	Empreiteiro C	16/09/2024	15	04/10/2024	0%	33%	40%	7%	
338	Torre B	Acabamentos internos - 2º Pavimento	Forro de gesso	Empreiteiro C	10/09/2024	8	19/09/2024	40%	100%	90%	-10%	Baixa produtividade
344	Torre B	Acabamentos internos - 2º Pavimento	Divisor de box	MO Assentamento	17/09/2024	10	30/09/2024	0%	40%	100%	60%	
404	Torre B	Escadas e circulação - Térreo	Instalações de incêndio	MO Incêndio	20/09/2024	5	26/09/2024	0%	20%	0%	-20%	Falta material

Fonte: elaborado pelos autores

Como exemplificado na imagem acima, a planilha deve ser preenchida com os valores de percentual realizado acumulado de cada atividade, e para as atividades que apresentaram desvio negativo em relação ao plano estabelecido para a semana, devem ser registradas as causas do desvio. Em paralelo, deve-se atualizar o cronograma conforme a execução das tarefas, para ajuste do planejamento de curto prazo das atividades que terão alterações de datas em relação ao que estava estabelecido no cronograma no início do ciclo de curto prazo. Com a planilha preenchida, é necessário salvá-la em uma pasta online, com identificação da semana medida, para que o *Power BI* possa, por meio das suas automações, importar as informações daquele ciclo e registrá-las no Dashboard de curto prazo, para geração dos indicadores de produtividade.

II. RESULTADOS ESPERADOS

As rotinas de curto prazo são essenciais para o sucesso do projeto, pois representam uma base sólida para o engajamento de todos os participantes através de uma comunicação clara e objetiva das metas e prazos estabelecidos. Ao promover um alinhamento eficaz entre as equipes responsáveis pela execução das atividades, essas rotinas fortalecem o comprometimento com os objetivos semanais, garantindo

que todos compreendam as tarefas a serem realizadas e os resultados esperados. Um ponto relevante a ser destacado é que o engajamento pode ser ainda mais potencializado ao se vincular o cumprimento dessas metas a políticas de bonificação, incentivando as equipes a atingirem altos níveis de produtividade. Esse tipo de incentivo não apenas melhora a performance individual, mas também promove uma maior coesão entre os times e alinhamento com os objetivos gerais do projeto.

Além do aspecto comportamental e de engajamento, os dados coletados durante as rotinas de curto prazo são fundamentais para a geração de indicadores de produtividade, que se tornam a base para a análise de desempenho contínua do projeto. Ao registrar o histórico de causas de desvios no cumprimento das metas estabelecidas, é possível identificar padrões recorrentes que afetam a execução e que, se corrigidos adequadamente, podem melhorar a aderência ao planejamento. A análise desses padrões possibilita a implementação de ações preventivas e corretivas de maneira mais eficiente, promovendo a melhoria contínua dos processos.

Um ponto crucial é que os indicadores de produtividade gerados nesse ciclo permitem uma avaliação crítica da coerência do planejamento futuro. Com base nos níveis de produtividade observados historicamente na obra, é possível verificar se os prazos estabelecidos para atividades semelhantes no médio e longo prazo são realistas. Isso pode levar à necessidade de revisão dos prazos para determinadas tarefas, especialmente quando há um padrão de não cumprimento das metas em tarefas com características similares. Esse ajuste no planejamento é essencial para garantir que os cronogramas reflitam a realidade da execução e que as metas futuras sejam alcançáveis.

Por fim, as rotinas de curto prazo também promovem uma cultura de responsabilidade e prestação de contas entre todos os envolvidos, uma vez que a medição contínua do desempenho torna visíveis os pontos fortes e fracos de cada fase da obra. Essa visibilidade facilita a tomada de decisões assertivas, baseadas em dados concretos e atualizados, garantindo que o projeto se mantenha dentro dos parâmetros de prazo e orçamento estabelecidos, enquanto se busca a melhoria contínua na produtividade e na execução.

4.3.2.4. Gestão Financeira Integrada

I. OBJETIVOS E PREMISSAS

A rotina de gestão financeira em projetos de construção civil, especialmente no contexto da *Lean Construction*, requer dinamismo e flexibilidade, pois o orçamento executivo é uma meta que se ajusta ao longo do tempo conforme mudanças no produto, processos de produção, ritmo e prazo da obra. No método proposto, a gestão financeira será integrada ao planejamento, permitindo uma atualização constante das projeções financeiras do empreendimento, com base nos custos realizados, contratados e nas tendências de mercado. Essas rotinas terão uma frequência mensal, sendo realizadas no início de cada mês, com o objetivo de consolidar os custos incorridos e comprometidos no mês anterior.

O principal objetivo da rotina de gestão financeira é garantir que as projeções financeiras estejam sempre atualizadas e que sejam ajustadas conforme as mudanças no cronograma, nas contratações e nos preços. Dessa forma, é possível antecipar problemas financeiros, realizar ações corretivas e preventivas em tempo hábil, e fornecer informações precisas sobre o desempenho financeiro do projeto, que serão fundamentais para a tomada de decisões estratégicas.

Como premissa para a gestão financeira integrada, durante a fase pré-obra, foi estabelecida uma integração entre o planejamento e o orçamento, o que possibilita uma visão consolidada dos custos de forma dinâmica. As atualizações do cronograma, realizadas no *MS Project*, impactam diretamente as projeções financeiras, uma vez que as atividades futuras e os custos associados são automaticamente recalculados com base nos prazos mais recentes.

O *Power BI* será a ferramenta centralizadora da gestão financeira do projeto, responsável por consolidar e apresentar de maneira clara e visual os indicadores e projeções de desempenho de custos. Sua principal função é transformar dados financeiros complexos em informações acessíveis e compreensíveis, permitindo uma análise objetiva e dinâmica do desempenho econômico do empreendimento. No entanto, a fonte de dados que alimenta o *Power BI* pode variar conforme o nível de recursos técnicos e a infraestrutura disponível em cada obra.

No cenário mais ideal, quando a obra conta com um *Software* ERP integrado, que é utilizado pelos setores de suprimentos e financeiro para o cadastro de compras, contratações e pagamentos ao longo do mês, é possível uma automatização significativa das rotinas de gestão financeira. A integração do ERP com o *Power BI* permite a exportação automática de cubos de dados pré-formatados, contendo todas as informações necessárias para alimentar os *dashboards*. Dessa forma, o *Power BI*, por meio de suas métricas internas e fórmulas estruturadas, realiza o tratamento automatizado dos dados, gerando relatórios financeiros e projeções de custos sem a necessidade de intervenção manual. Isso proporciona uma visualização dinâmica e objetiva dos indicadores financeiros, como desvios orçamentários, tendências de custo final e curvas de desembolso projetadas, permitindo aos gestores uma análise precisa e em tempo real dos custos da obra.

Entretanto, em obras que não dispõem de um *Software* ERP, a atualização dos dados financeiros torna-se mais manual e trabalhosa. Nesse cenário, ao final de cada mês, é necessário que as informações financeiras sejam compiladas em planilhas, seguindo as etapas descritas na rotina de gestão financeira. Embora essa abordagem cumpra o papel de consolidar os dados, ela reduz a confiabilidade dos mesmos, pois aumenta o risco de manipulação de dados e erros humanos durante o preenchimento das planilhas. Além disso, o processo manual pode ser mais demorado e suscetível a falhas, o que compromete a eficiência e a precisão das projeções financeiras no *Power BI*.

Portanto, a utilização de um ERP é altamente recomendada, pois não só automatiza e agiliza a gestão financeira, mas também aumenta a transparência e a confiabilidade dos dados. A integração com o *Power BI* cria um fluxo contínuo de informações financeiras atualizadas, permitindo aos gestores tomarem decisões rápidas e assertivas com base em dados sólidos e em tempo real. Contudo, mesmo em um cenário menos automatizado, onde o processo depende de relatórios manuais, a metodologia proposta garante que a gestão financeira seja estruturada e os principais indicadores estejam disponíveis para análise, ainda que com maior demanda de esforço por parte das equipes envolvidas.

II. METODOLOGIA

A rotina de gestão financeira no contexto deste modelo de gestão visa garantir o acompanhamento contínuo e preciso dos custos do projeto, ajustando projeções financeiras e assegurando que o orçamento esteja sempre atualizado conforme as variações do mercado, das contratações e dos prazos da obra. Essa rotina é realizada mensalmente, consolidando os custos realizados no mês anterior e projetando os desembolsos futuros com base em uma gestão integrada entre planejamento, suprimentos, gestão de obra e financeiro. A seguir, os passos detalhados dessa rotina:

A) 1º Passo: Consolidação dos custos incorridos no mês anterior

O primeiro passo da rotina é a consolidação dos custos incorridos no mês anterior. Esses custos devem ser apropriados, sempre que possível, no nível mais detalhado do orçamento, o que aumenta a rastreabilidade dos valores realizados. Ao consolidar os custos em suas categorias orçamentárias específicas, torna-se mais fácil identificar onde os recursos estão sendo alocados e realizar uma análise detalhada dos desvios entre o valor orçado e o valor efetivamente gasto. Isso também facilita a comparação futura e a geração de indicadores financeiros que ajudarão a equipe a tomar decisões mais informadas ao longo da execução do projeto.

B) 2º Passo: Conversão dos valores financeiros em CUB's e atualização do orçamento

Em seguida, os valores financeiros incorridos no mês anterior são convertidos em CUB's (Custo Unitário Básico), informados pelo órgão Sinduscon do estado onde está localizado o projeto. Esse cálculo é feito dividindo o valor financeiro pago pelo valor do CUB correspondente ao mês de competência. Posteriormente, o saldo do orçamento, também em CUB, é convertido novamente para valores monetários, utilizando o CUB atual. Essa etapa é fundamental para ajustar o orçamento com base nas variações inflacionárias, especialmente em projetos de longa duração. O aumento no custo de insumos e serviços pode impactar significativamente o valor total da obra, e a atualização mensal do orçamento em CUB's garante que o orçamento se mantenha uma base de comparação coerente ao longo do tempo. Assim, o orçamento

revisado reflete as variações econômicas do mercado, mantendo a viabilidade financeira do projeto em um cenário de inflação variável.

C) 3º Passo: Registro e atualização dos custos empenhados

No contexto da *Lean Construction*, os custos empenhados são entendidos como todos os valores já comprometidos dentro do projeto, independentemente de terem sido pagos. Isso inclui notas fiscais emitidas com vencimento futuro, ordens de compra em aberto, contratos firmados com fornecedores e serviços que ainda serão prestados, entre outros. Esses custos são registrados e atualizados no sistema, proporcionando uma visão mais ampla da saúde financeira do projeto. A consideração dos custos empenhados é fundamental para a projeção do custo final da obra, pois permite que a equipe antecipe possíveis desvios no orçamento. Essa abordagem possibilita uma análise mais precisa dos saldos de cada centro de custo, gerando projeções mais acuradas sobre o valor final do projeto, seja em termos de economias potenciais ou de estouros de orçamento.

D) 4º Passo: Análise do cenário financeiro e tendências de custo

A gestão financeira da obra também deve ter um caráter preditivo, e não apenas registrar valores consolidados. Nesse sentido, é necessária uma análise humana do cenário financeiro do projeto, realizada pelos setores de gestão de obra, suprimentos e financeiro. Esses setores devem realizar uma análise detalhada dos saldos de cada centro de custo, comparando os valores empenhados com os valores previstos para as compras e contratações futuras. A partir dessa análise, é possível estimar se os saldos disponíveis são suficientes para cobrir todas as necessidades futuras ou se haverá necessidade de ajustes no orçamento.

Além disso, em situações em que já há economia ou estouro previsto, essa análise deve ser documentada. Para itens que ainda não têm propostas ou cotações firmadas, o saldo orçado é considerado comprometido. O resultado dessa análise é a tendência de custo final do projeto, calculada a partir dos valores pagos, dos custos empenhados e das previsões identificadas. Vale ressaltar que essa projeção é dinâmica, ajustada mensalmente com base nas atualizações do cenário financeiro.

Ela também é suscetível a variações, que podem ocorrer devido a retrabalhos, mudanças de escopo, ou alterações nos contratos.

E) 5º Passo: Projeção do fluxo de desembolso

Um indicador fundamental para a gestão financeira da obra é o fluxo de desembolso projetado, que permite uma visão clara e realista de quando os recursos financeiros serão necessários ao longo do tempo. Embora a curva de evolução econômica do projeto, gerada a partir do vínculo do orçamento de obra ao planejamento físico no *MS Project*, forneça uma visão geral da evolução do projeto em termos físico-financeiros, ela não leva em consideração os valores atualizados de tendência e o regime de caixa das compras e contratações. Assim, cabe às equipes de gestão de obra, suprimentos e financeiro realizarem a distribuição do saldo projetado a desembolsar, considerando os prazos das contratações e o regime de pagamento acordado com fornecedores e prestadores de serviço.

Essa projeção de desembolso é crucial para garantir que a gestão do caixa da obra esteja alinhada com as demandas reais do projeto. Ela permite que a equipe financeira se prepare para os picos de desembolso e antecipe os momentos em que maiores recursos serão necessários, evitando surpresas e garantindo a liquidez necessária para a execução do projeto. Ao ajustar o fluxo de caixa com base nas contratações e nas projeções de pagamento, a obra pode ser gerida de maneira mais eficiente, minimizando o risco de paralisias ou atrasos causados por problemas financeiros. Além disso, esse indicador é fundamental para a simulação de diferentes cenários para o projeto, e a análise de seus possíveis impactos, como por exemplo no caso de uma possível aceleração da obra para antecipação de entrega final, ou uma desaceleração por conta de escassez de recursos financeiros suficientes para sustentar o ritmo de obra. Além disso, pode ser utilizado para uma análise de fluxo de caixa geral do projeto, considerando as saídas de caixa previstas no fluxo de desembolso e realizando o balanço de caixa previsto com base nas projeções de entrada de receita no caixa ao longo do tempo.

III. RESULTADOS ESPERADOS

Espera-se que a implementação dessa rotina de gestão financeira aumente significativamente a precisão das projeções de custo e melhore o controle do orçamento do projeto ao longo do tempo. Ao integrar dados financeiros com o cronograma de execução e automatizar a visualização desses dados, a equipe de gestão terá uma visão clara e atualizada da saúde financeira do projeto, o que possibilitará uma tomada de decisão ágil e baseada em dados reais. Além disso, a utilização de indicadores financeiros permitirá uma análise contínua da eficiência do projeto, facilitando ajustes preventivos e corretivos que garantirão a aderência ao orçamento e o cumprimento das metas financeiras estabelecidas.

5 CONSOLIDAÇÃO DO MÉTODO E ANÁLISE DE RESULTADOS

O método de gestão proposto neste trabalho busca integrar de forma eficiente as rotinas de planejamento físico e financeiro por meio da utilização de ferramentas tecnológicas que permitem a automação e a centralização de dados essenciais para a tomada de decisões estratégicas. Embora o método ainda não tenha sido testado em um ambiente real, as expectativas de resultados qualitativos com a sua aplicação são promissoras, especialmente no que diz respeito à otimização do controle de custos, melhoria na gestão de prazos e aumento da eficiência operacional.

I. RESULTADOS ESPERADOS COM A APLICAÇÃO DO MÉTODO PROPOSTO

A. Redução do esforço manual e aumento da eficiência:

A centralização dos dados financeiros e de planejamento no *Power BI* permite que os processos manuais, que normalmente consomem muito tempo, sejam automatizados. Assim, o tempo que seria gasto consolidando relatórios e atualizando diversas planilhas pode ser utilizado em tarefas mais estratégicas, como a análise de dados, a gestão de riscos e a tomada de decisões preventivas. Apesar de não eliminar completamente as atividades manuais, as atividades necessárias para a aplicação deste método têm como objetivo promover um planejamento proativo da obra, de forma que ocorra uma otimização da produtividade geral das equipes ao realizar análises preditivas do cronograma, elaborar planos de suprimentos por meio da análise de restrições e organizar a programação de curto prazo de forma clara e com metas estabelecidas.

B. Melhoria no controle de custos:

A integração das informações entre o *MS Project*, *Google Sheets* e ERP, através do *Power BI*, permitirá uma visualização contínua do orçamento atualizado. Dessa forma, gestores poderão identificar com mais rapidez os desvios de orçamento e tomar ações corretivas antes que esses desvios afetem o custo total do projeto. O fluxo de desembolso projetado elaborado mensalmente para o projeto com base em dados financeiros reais também será uma ferramenta poderosa para prever a

necessidade de recursos financeiros, ajudando a manter o equilíbrio no fluxo de caixa do projeto.

C. Maior transparência e acompanhamento dos prazos:

Ao integrar o cronograma ao orçamento, a Curva S e outros indicadores de desempenho físico-financeiro serão automaticamente gerados ao longo das rotinas de planejamento e atualizados no dashboard. Isso permitirá que os gestores tenham uma visão clara e em tempo real do andamento do projeto em termos de prazos, tornando mais fácil prever e corrigir possíveis atrasos.

D. Tomada de decisão baseada em dados reais e atualizados:

Um dos maiores benefícios do método é que a maior parte dos indicadores gerados terá origem nos dados coletados continuamente das rotinas de gestão dos diferentes planos de obra (longo, médio, curto prazo e gestão financeira). Esses dados, baseados nas rotinas semanais e mensais do planejamento e da execução, permitem a geração de indicadores com base em dados reais, aumentando a confiabilidade dos mesmos. Ao eliminar a necessidade de relatórios de gerenciamento extensos e periódicos, que demandam grande esforço e apresentam dados potencialmente defasados, o método otimiza a gestão e garante que os gestores possam confiar em informações atualizadas e precisas.

II. DASHBOARDS E INDICADORES

Um dos principais diferenciais do método proposto é a centralização de todos os controles dentro dos *Dashboards* no *Power BI*, que proporciona uma visão integrada e dinâmica de todos os dados gerados ao longo do projeto. Essa abordagem permite que os gestores acompanhem o andamento físico e financeiro da obra em tempo real, facilitando a análise de indicadores-chave, como a evolução do cronograma, as datas marco do projeto, os custos realizados, os desvios orçamentários e o fluxo de desembolso projetado. A interface intuitiva do *Power BI* e

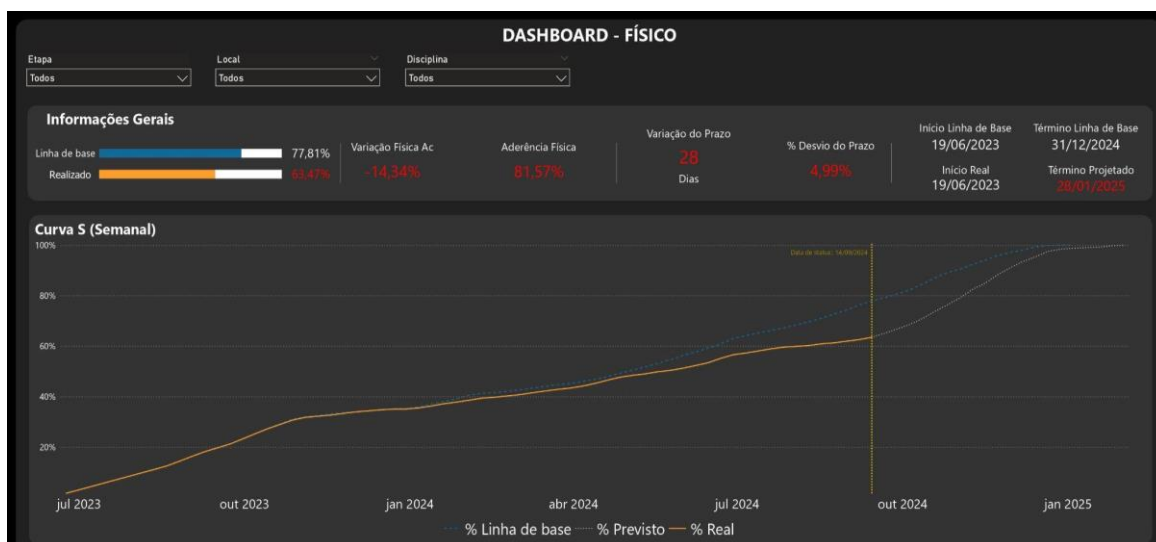
a sua capacidade de consolidar informações de diversas fontes, como *MS Project*, *Google Sheets* e ERP, tornam o acompanhamento do projeto mais dinâmico e confiável, eliminando a necessidade de relatórios manuais e garantindo que as decisões estratégicas sejam baseadas em dados reais e atualizados.

Outro ponto positivo da utilização do *Power BI* é a grande possibilidade de customização dos visuais, dos gráficos, indicadores gerados e informações apresentadas, que podem ser adequados conforme o contexto e as necessidades de cada projeto. Isso permite uma flexibilidade única, onde os dashboards podem ser personalizados para atender às demandas específicas de diferentes obras ou fases do projeto.

A seguir, serão apresentadas visualizações de um dashboard com dados simulados, gerados para a exemplificação do potencial de utilização dos Dashboards, contendo visualizações de gráficos, indicadores e informações consideradas essenciais para uma gestão eficaz no contexto do método proposto. Vale destacar que, além dos indicadores apresentados, o *Power BI* permite a criação de quaisquer outros indicadores desejados, desde que haja uma base de dados confiável para alimentá-los, oferecendo um alto nível de personalização e adequação à realidade do projeto.

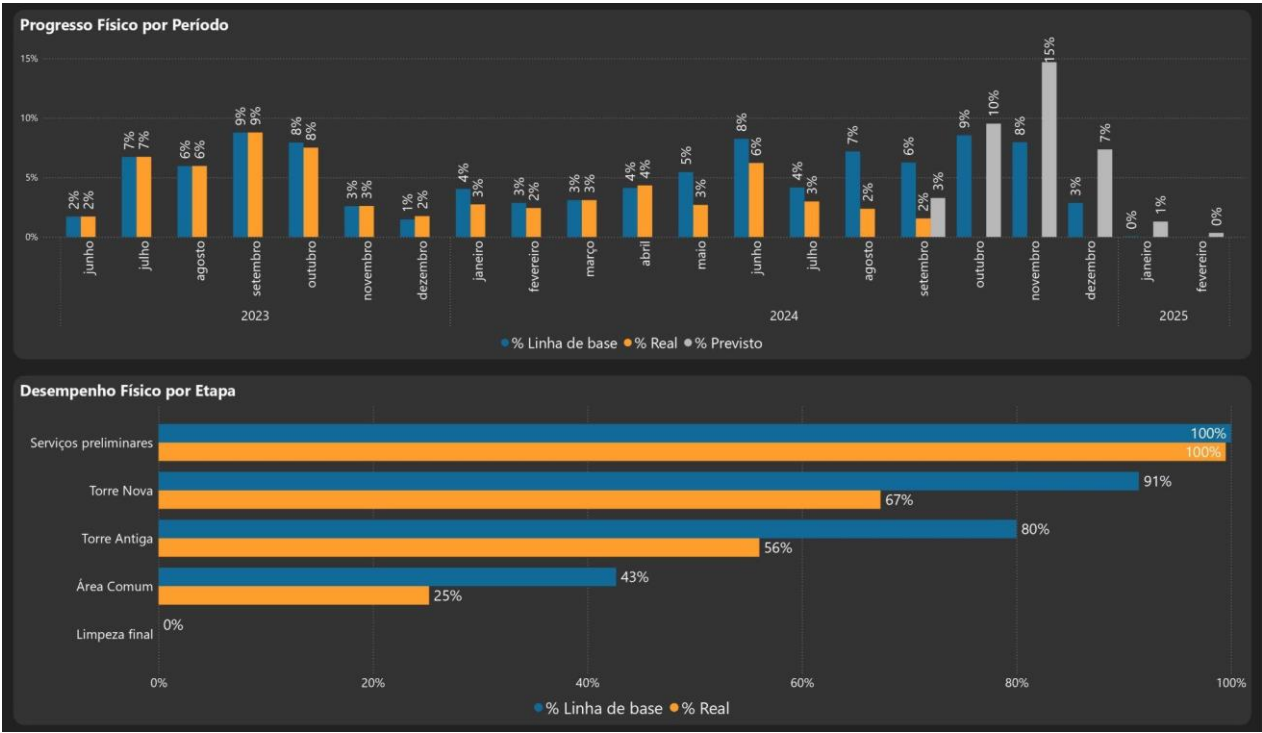
A. Dashboard de longo prazo

Figura 16-Dashboard de informações gerais e Curva S de longo prazo



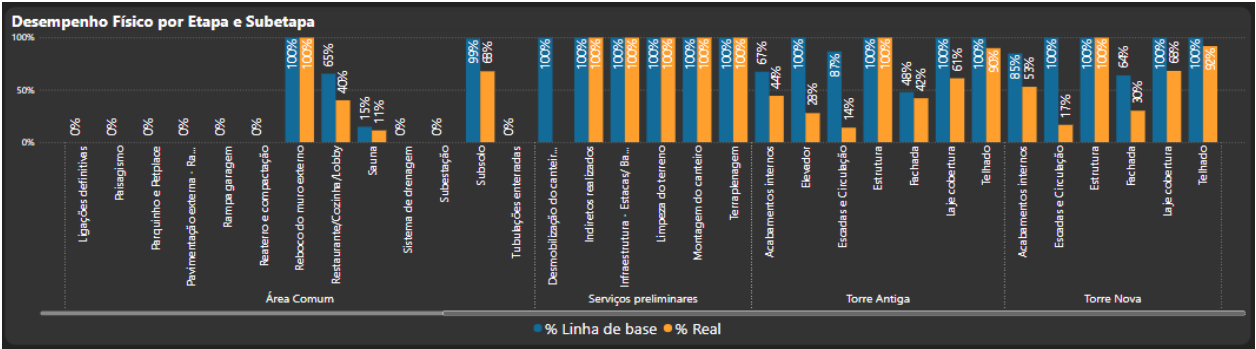
Fonte: elaborado pelos autores

Figura 17-Dashboard de progresso por período e por etapa



Fonte: elaborado pelos autores

Figura 18-Dashboard de desempenho físico por etapa e sub-etapa



Fonte: elaborado pelos autores

Figura 19-Dashboard de desempenho físico por disciplina e principais marcos do projeto



Fonte: elaborado pelos autores

O Dashboard de Longo Prazo é uma das principais ferramentas para acompanhar o desempenho global do projeto ao longo de sua execução. No método proposto, ele centraliza as informações relativas ao planejamento de longo prazo, fornecendo uma visão clara e objetiva sobre o andamento físico-financeiro do projeto, permitindo comparações entre o planejado e o realizado, além de projeções econômicas do projeto, uma vez que o cronograma é ponderado pelo orçamento. Ele é composto por vários indicadores-chave que ajudam na análise estratégica e no controle do progresso das obras, com base em dados contínuos. Abaixo, uma breve explicação dos indicadores e informações deste Dashboard.

- **Informações gerais:** Apresenta de forma resumida as principais informações para a gestão do longo prazo do projeto como um todo. Nele é possível visualizar o avanço real do projeto e o avanço previsto da linha de base para o momento, as datas de início e término previstas e reais do projeto, além de

calcular o percentual de desvio e a variação em dias, indicando o atraso ou a antecipação em relação ao cronograma. Além disso, apresenta a aderência física, um indicador que calcula o percentual de avanço real do projeto sobre o previsto da linha de base para o momento atual, o que é uma métrica para avaliar o desempenho da execução em relação ao planejado inicialmente.

- Curva S (Semanal): Um dos principais indicadores utilizados para a gestão de projetos no âmbito de longo prazo, a curva S é um gráfico comparativo que ilustra o progresso físico-financeiro do projeto, mostrando a evolução real versus o previsto na linha de base, com atualizações semanais, sendo essencial para avaliar a evolução da obra acumulado em cada período de sua execução, o que torna possível analisar a aderência do projeto ao longo do tempo e identificar momentos onde ocorreram descolamentos da curva real com a linha de base estabelecida na definição do *Masterplan*. A partir da análise desta curva, é possível estabelecer planos de ação para adequação da execução às necessidades do projeto.
- Progresso Físico por Período: Apresenta o progresso realizado em comparação com o planejado em cada mês do projeto, o que permite identificar períodos de maior ou menor produção e realizar ajustes operacionais.
- Desempenho por Etapa e Disciplina: Detalha o progresso físico de cada etapa e disciplina do projeto, permitindo que gestores foquem em áreas críticas que precisam de correções imediatas.
- Principais Marcos: Permite acompanhar o status dos grandes marcos do projeto, indicando o cumprimento das metas estabelecidas e a variação em relação ao planejado.

O Dashboard de Longo Prazo oferece uma visão completa e estratégica sobre o projeto. A Curva S e os indicadores de desempenho físico permitem identificar rapidamente onde estão ocorrendo desvios e quais áreas estão impactando negativamente o cronograma. A possibilidade de comparar o realizado com o planejado ao longo do tempo permite que os gestores façam ajustes preventivos,

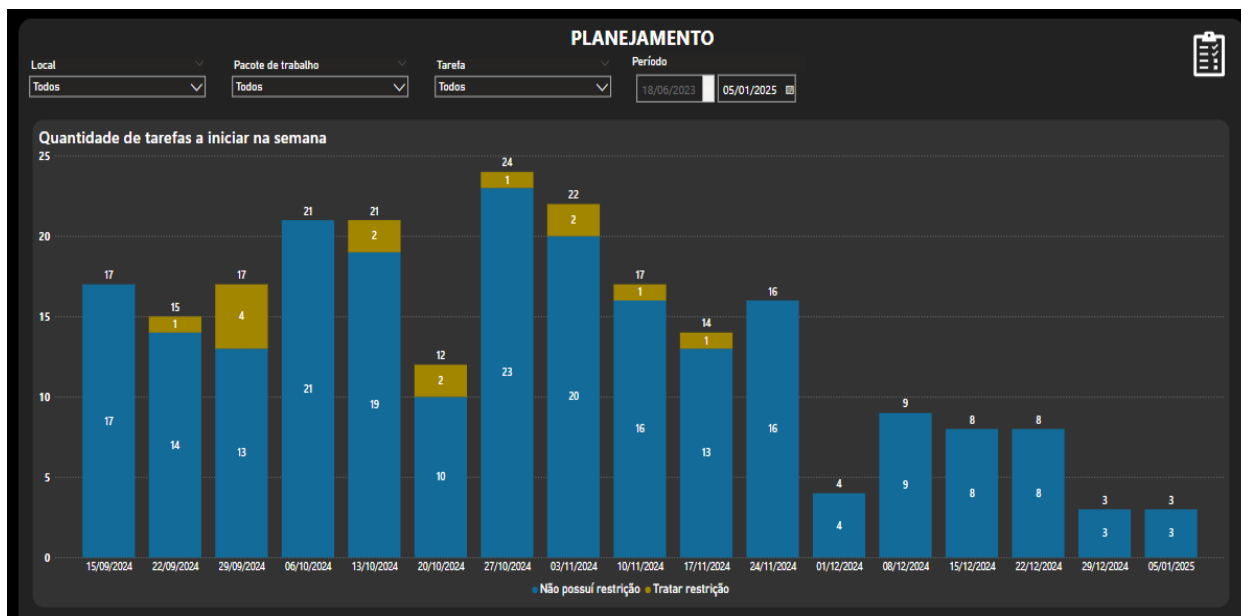
evitando maiores atrasos e garantindo que o projeto se mantenha dentro dos limites de prazo e orçamento.

Além disso, podem ser utilizados filtros dinâmicos dentro dos Dashboards, que ajustam as visualizações e os indicadores para os itens selecionados no filtro, o que permite uma análise mais detalhada de todos os indicadores.

Esse tipo de visualização é particularmente útil em projetos de grande porte e de longa duração, onde pequenos desvios podem se acumular ao longo do tempo e causar impactos significativos.

B. Dashboard de Planejamento

Figura 20-Dashboard de planejamento do início de tarefas por semana



Fonte: elaborado pelos autores

Figura 21- Dashboard de detalhamento das tarefas

Detalhamento das Tarefas										
Código	Id	Local	Pacote de trabalho	Tarefa	Disciplina	Início	Duração	Término	% Real	Restrição
1398	117	Torre A	Acabamentos internos - Bancadas	2º Pavimento	Acabamentos internos	16/09/2024	5	20/09/2024	0%	
1406	120	Torre A	Acabamentos internos - Rejunite	2º Pavimento	Revestimentos internos	16/09/2024	5	20/09/2024	0%	
2237	533	Área Comum	Área de Piscina	Elevação da piscina existente - Fundo	Super-estrutura	16/09/2024	20	11/10/2024	0%	
1295	536	Área Comum	Área de Piscina	Execução da Laje - Nível deck molhado	Infra-Estrutura	16/09/2024	20	11/10/2024	0%	
1294	535	Área Comum	Área de Piscina	Execução da Laje - Nível Prainha	Infra-Estrutura	16/09/2024	20	11/10/2024	0%	
1165	501	Área Comum	Restaurante/Cozinha/Lobby	Instalações exaustão - Dutos	Instalações	16/09/2024	5	20/09/2024	0%	
1878	552	Área Comum	Sauna	Marcação de alvenaria	Alvenaria e vedações	16/09/2024	2	17/09/2024	0%	
898	473	Área Comum	Subsolo	Elevação de alvenaria	Alvenaria e vedações	16/09/2024	5	20/09/2024	0%	
2254	226	Torre A	Telhado - N2	Fechamento do madeiramento	Cobertura	16/09/2024	15	04/10/2024	0%	
2009	344	Torre B	Acabamentos internos - Divisor de box	2º Pavimento	Esquadrias	17/09/2024	10	30/09/2024	0%	
2006	341	Torre B	Acabamentos internos - Piso Cerâmico	2º Pavimento	Revestimentos internos	17/09/2024	10	30/09/2024	0%	
1879	553	Área Comum	Sauna	Ajuste de alvenaria	Alvenaria e vedações	18/09/2024	3	20/09/2024	0%	
2244	418	Torre B	Escadas e circulação - 2º Pavimento	Forro de gesso	Acabamentos internos	19/09/2024	5	25/09/2024	0%	
1173	508	Área Comum	Restaurante/Cozinha/Lobby	Fiação elétrica e lógica	Instalações	19/09/2024	7	27/09/2024	0%	
1170	507	Área Comum	Restaurante/Cozinha/Lobby	Impermeabilização das áreas molhadas	Revestimentos internos	19/09/2024	2	20/09/2024	0%	
2004	339	Torre B	Acabamentos internos - Forro de gesso	Térreo	Revestimentos internos	20/09/2024	7	30/09/2024	0%	
2262	404	Torre B	Escadas e circulação - Térreo	Instalações de incêndio	Instalações	20/09/2024	5	26/09/2024	0%	

Fonte: elaborado pelos autores

O Dashboard de planejamento possui um papel central na gestão das rotinas de médio prazo, pois centraliza as informações extraídas do cronograma de forma visual e objetiva. Dessa forma, é possível que todos com acesso ao Dashboard visualizem de forma organizada o planejamento da obra para as semanas subsequentes. Neste módulo, são apresentadas as tarefas previstas para início em cada semana do projeto, de forma que as equipes responsáveis pela gestão do médio prazo, bem como qualquer outra pessoa necessária, possam visualizar o planejamento futuro da obra, e realizar as rotinas e processos que tornam este método uma gestão proativa do projeto.

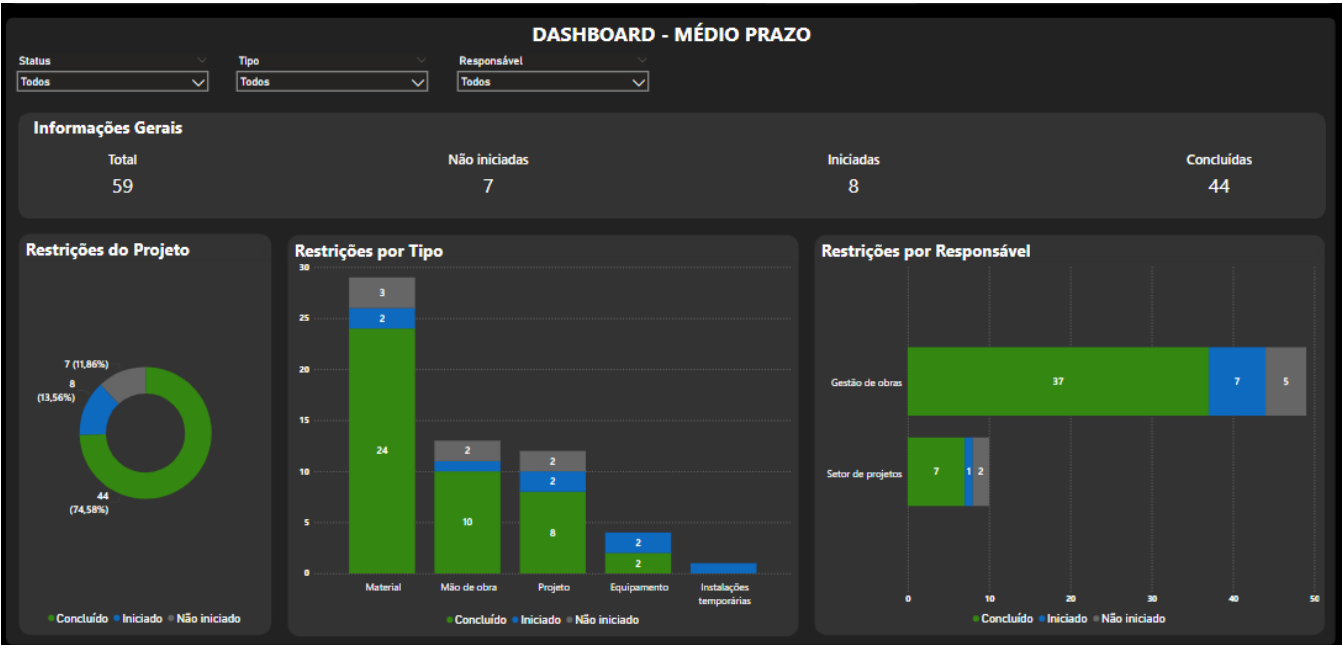
Neste Dashboard, é possível visualizar a quantidade de tarefas previstas para início em cada semana pelo gráfico de “Quantidade de tarefas a iniciar na semana”, além de visualizar quais destas tarefas possuem uma restrição cadastrada. É possível selecionar no gráfico de barras a semana desejada, de forma que a tabela “Detalhamento das tarefas” irá realizar um filtro e apenas as atividades previstas para início na semana selecionada serão visualizadas. Nesta tabela, é possível visualizar informações detalhadas das atividades, como o local, o pacote de trabalho a qual pertence, sua disciplina, bem como as datas de início e término e sua duração.

A coluna “Código”, apresentada nesta tarefa, corresponde ao “Id Exclusiva” da tarefa no *MS Project*, como mencionado no tópico de gestão do médio prazo. Esse código será utilizado para cadastro das restrições na planilha de gestão do médio prazo apresentada. Para maior centralização dos controles, é possível acessar esta planilha por este Dashboard, ao selecionar o ícone de “prancheta” no canto superior

direito do Dashboard. Esta ação irá abrir diretamente a planilha no Google Sheets, e permitir o cadastro das restrições de forma prática e centralizada.

C. Dashboard de médio prazo

Figura 22-Dashboard de informações gerais de médio prazo



Fonte: elaborado pelos autores

Figura 23-Dashboard de visual de gráfico de Gantt das restrições



Fonte: elaborado pelos autores

Figura 24-Dashboard de detalhamento de restrições não iniciadas

Não Iniciado											
Item	Id	Local	Etapas	Tarefa	Tipo de restrição	Descrição da Restrição	Responsável	Início da tarefa	Dias para iniciar o tratamento	Data Início Tratamento	Data limite Tratamento
56	583	Área Comum	Academia	Estrutura metálica do pergolado e cobertura	Mão de obra	Contratação do empreiteiro para execução da estrutura metálica	Gestão de obras	21/10/2024	0	11/09/2024	21/10/2024
55	583	Área Comum	Academia	Estrutura metálica do pergolado e cobertura	Material	Compra do material da estrutura metálica após definição de projeto	Gestão de obras	21/10/2024	0	11/09/2024	21/10/2024
43	180	Torre A	Escadas e circulação - 2º Pavimento	Corrimão	Mão de obra	Contratação do empreiteiro para execução serralheria	Gestão de obras	23/10/2024	5	23/09/2024	21/10/2024
58	165	Torre A	Acabamentos internos - Luminárias	Térreo	Material	Compra das luminárias	Gestão de obras	13/11/2024	6	24/09/2024	13/11/2024
59	153	Torre A	Acabamentos internos - Fechamento de tomadas e interruptores	2º Pavimento	Material	Compra das tampas das tomadas e interruptores	Gestão de obras	16/10/2024	7	25/09/2024	16/10/2024
39	609	Área Comum	Infraestrutura Externa/ Área comum	Calçada externa	Projeto	Pendente projeto da calçada	Sector de projetos	28/10/2024	10	28/09/2024	23/10/2024
57	196	Torre A	Escadas e circulação - Térreo	Fechamento dos shafts	Projeto	Definição do material	Sector de projetos	04/11/2024	27	15/10/2024	04/11/2024

Fonte: elaborado pelos autores

Figura 25- Dashboard de detalhamento de restrições iniciadas

Iniciado											
Item	Id	Local	Etapas	Tarefa	Tipo de restrição	Descrição da Restrição	Responsável	Início da tarefa	Data Início Tratamento	Dias para terminar o tratamento	Data limite Tratamento
49	612	Área Comum	Infraestrutura Externa/ Área comum	Rampa garagem	Projeto	Definição do revestimento	Sector de projetos	30/09/2024	18/08/2024	7	25/09/2024
51	580	Área Comum	Academia	Preparação do terreno	Projeto	Definição de projeto da infra (Fundação) da academia	Gestão de obras	30/09/2024	25/08/2024	10	28/09/2024
54	11	Área Comum	Desmobilização do canteiro existente	Desmobilização do canteiro existente	Instalações temporárias	Ligação de esgoto	Gestão de obras	23/09/2024	01/09/2024	4	22/09/2024
53	610	Área Comum	Infraestrutura Externa/ Área comum	Subestação	Material	Monitorar compra do material da subestação	Gestão de obras	04/11/2024	01/09/2024	45	02/11/2024
35	602	Área Comum	Infraestrutura Externa/ Área comum	Escavação e preparação do terreno	Equipamento	Aluguel das máquinas para escavação	Gestão de obras	30/09/2024	08/09/2024	7	25/09/2024
50	618	Área Comum	Infraestrutura Externa/ Área comum	Paisagismo	Mão de obra	Contratação do paisagismo - Monitorar entrega do projeto	Gestão de obras	19/11/2024	15/09/2024	57	14/11/2024
47	534	Área Comum	Área de Piscina	Reaterro e compactação	Equipamento	Mobilização de equipamento para compactação	Gestão de obras	14/10/2024	06/10/2024	24	12/10/2024

Fonte: elaborado pelos autores

Figura 26-Dashboard de detalhamento de restrições iniciadas

Concluído											
Item	Id	Local	Etapas	Tarefa	Tipo de restrição	Descrição da Restrição	Responsável	Início da tarefa	Data Início Tratamento	Data limite Tratamento	
48	117	Torre A	Acabamentos internos - Bancadas	2º Pavimento	Material	Medir bancadas	Gestão de obras	16/09/2024	25/08/2024	15/09/2024	
21	102	Torre A	Acabamentos internos - Cerâmica de paredes	2º Pavimento	Material	Previsão de entrega da cerâmica 31/05/24	Gestão de obras	17/06/2024	19/05/2024	12/06/2024	
16	93	Torre A	Acabamentos internos - Contramarcos alumínio	Térreo	Material	Cotação e compra dos contramarcos - Entrega prevista 10/06/24	Gestão de obras	24/06/2024	19/05/2024	19/06/2024	
1	93	Torre A	Acabamentos internos - Contramarcos alumínio	Térreo	Projeto	Cotação e compra dos contramarcos - Entrega prevista 10/06/24	Sector de projetos	24/06/2024	19/05/2024	23/06/2024	
37	96	Torre A	Acabamentos internos - Dry-Wall	Térreo	Mão de obra	Fechar com empreiteiro de Dry-wall, forro e fechamento do telhado	Gestão de obras	24/07/2024	14/07/2024	23/07/2024	

Fonte: elaborado pelos autores

O Dashboard de Médio Prazo é uma ferramenta essencial para o acompanhamento das restrições do projeto, fornecendo uma visão detalhada e em tempo real sobre o status das pendências que precisam ser resolvidas para garantir o progresso contínuo da obra. Este dashboard se destaca pela capacidade de monitorar a gestão de restrições, um elemento fundamental dentro da metodologia *Lean Construction*, especialmente no que diz respeito ao *Lookahead Planning*, onde o foco é garantir que as tarefas futuras possam ser executadas sem obstáculos, prevenindo atrasos e aumentando a eficiência na execução. As informações presentes neste Dashboard são importadas de forma automática pelo *Power BI* da planilha de cadastro das restrições apresentadas, que é preenchida nas rotinas de gestão do médio prazo realizadas mensalmente ao longo do projeto.

Os Indicadores gerais de gestão de médio prazo no dashboard fornecem uma visão abrangente do número total de restrições no projeto, categorizadas por status (não iniciado, iniciado, concluído). Gráficos complementares mostram as restrições por tipo e responsável, permitindo identificar os principais desafios enfrentados por cada equipe ou área. Esses indicadores são fundamentais para garantir transparência e eficiência na gestão colaborativa, facilitando o monitoramento e a resolução das pendências que podem impactar o andamento do projeto.

No centro do dashboard, o gráfico de Gantt desempenha um papel crucial no monitoramento das restrições em aberto. No eixo vertical do gráfico, são listadas todas as restrições que ainda não foram resolvidas, enquanto o eixo horizontal exibe as semanas do projeto, permitindo que o gestor visualize o cronograma de resolução de cada restrição ao longo do tempo. No corpo do gráfico, as barras representam cada restrição, com o início e término previstos de sua resolução definidos com base no Lead Time inserido na planilha de restrições. Esse planejamento do Lead Time é essencial, pois ele calcula o tempo necessário para remover a restrição antes do início da tarefa associada no cronograma.

A visualização em formato de Gantt facilita a identificação de restrições críticas, pois permite que os gestores vejam imediatamente quais pendências precisam ser resolvidas para não comprometer o andamento das tarefas previstas no cronograma. Além disso, essa visão integrada ao cronograma auxilia na sincronização entre o

planejamento físico e a gestão de suprimentos e materiais, garantindo que os recursos necessários estejam disponíveis no momento adequado para a execução das tarefas.

Outro elemento importante do dashboard são as listas detalhadas das restrições, organizadas por status: não iniciado, iniciado e concluído. Estas listas permitem uma análise mais profunda de cada restrição, exibindo as datas previstas de início e término de resolução, juntamente com a tarefa do cronograma à qual cada restrição está vinculada, incluindo a data de início planejada dessa tarefa. Essa conexão entre a restrição e a tarefa é fundamental, pois assegura que o planejamento de médio prazo está alinhado com as atividades futuras e que não haverá interrupções no cronograma.

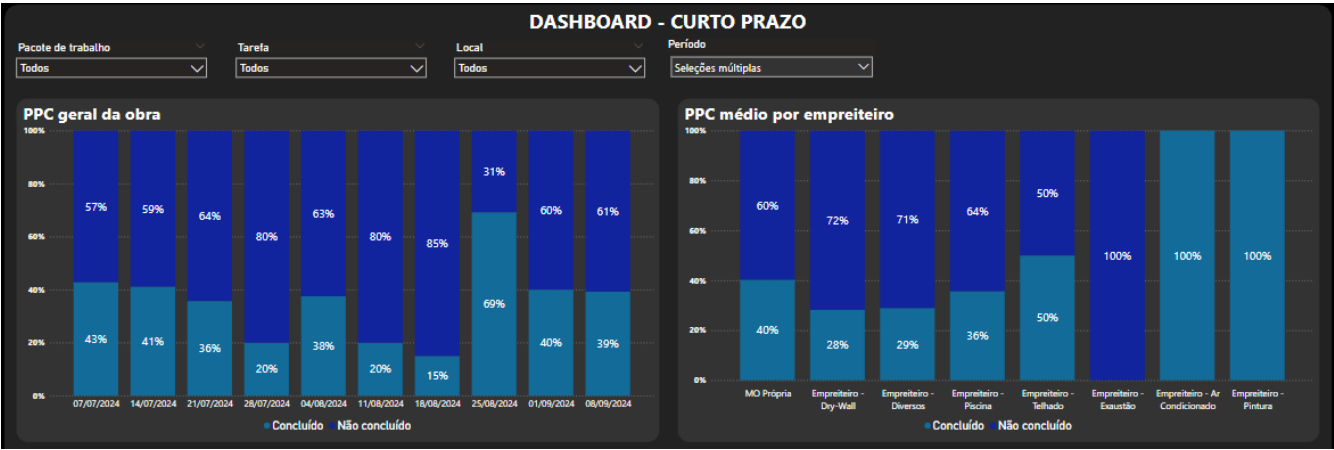
O dashboard também destaca visualmente as restrições cujas datas de início ou vencimento estão próximas, facilitando a identificação de pendências urgentes. Além disso, um ícone acompanha cada restrição, indicando se ela está dentro do prazo ou se há riscos de atraso em sua resolução. Esses alertas são essenciais para que os gestores possam agir proativamente e garantir que as restrições sejam removidas em tempo hábil, evitando que impactem negativamente o cronograma de curto prazo.

O Dashboard de Médio Prazo proporciona uma visão detalhada e em tempo real sobre as restrições do projeto, permitindo que os gestores tenham controle total sobre os obstáculos que precisam ser superados para garantir o cumprimento do cronograma. A integração entre o planejamento das restrições e o Lead Time vinculado ao cronograma físico é um dos aspectos mais valiosos desta ferramenta, pois assegura que as tarefas previstas estarão livres de impedimentos, possibilitando uma execução mais fluida.

Portanto, o Dashboard de Médio Prazo não apenas facilita o controle das restrições, mas também contribui para uma gestão de obra mais proativa e eficiente, alinhada aos princípios do *Lean Construction*, garantindo que o planejamento e a execução estejam sempre sincronizados, minimizando atrasos e maximizando a eficiência operacional.

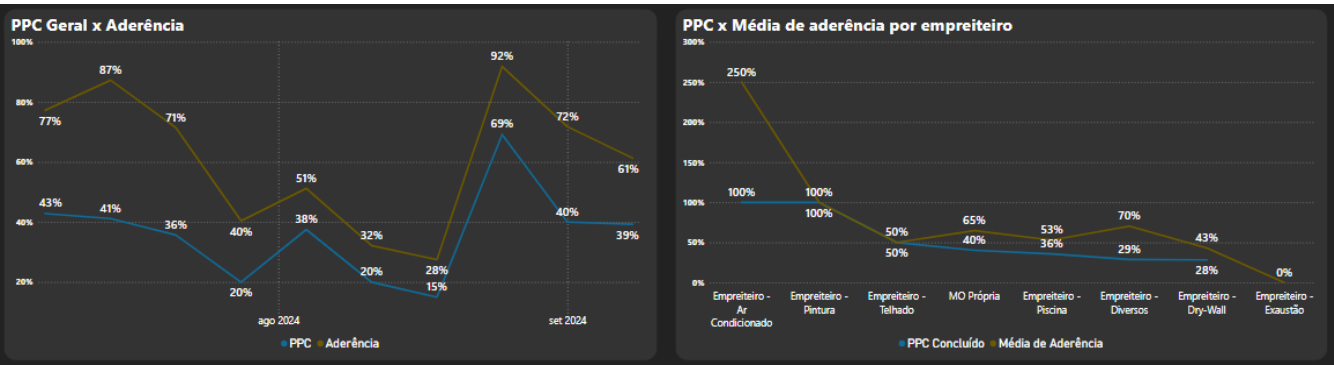
D. Dashboard de curto prazo

Figura 27-Dashboard do indicador PPC e PPC por empreiteiro



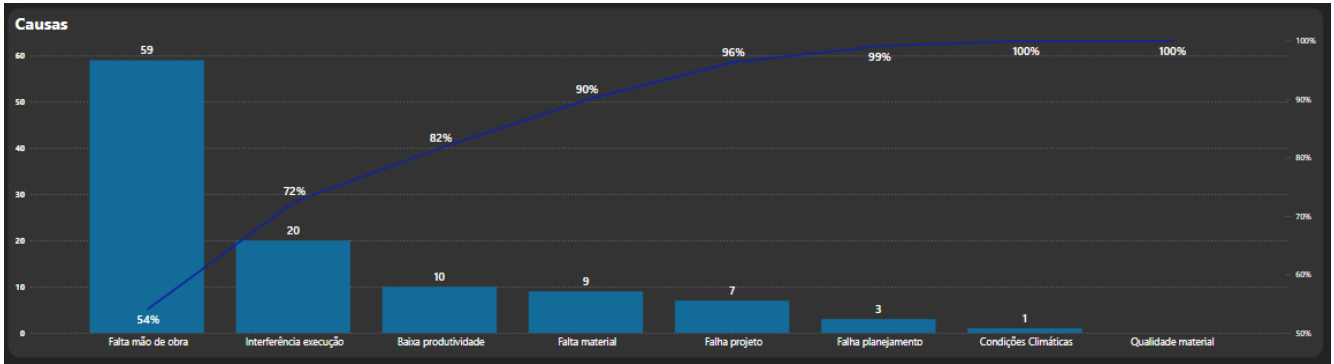
Fonte: elaborado pelos autores

Figura 28-Dashboard de PPC versus Aderência física da semana e média por empreiteiro



Fonte: elaborado pelos autores

Figura 29-Dashboard de causas de não cumprimento do PPC



Fonte: elaborado pelos autores

Figura 30- Dashboard de medição semanal

MEDIÇÃO SEMANAL											
Detalhamento das Tarefas											
Id	Local	Pacote de trabalho	Tarefa	Empreiteiro	Início	Duração	Término	Início real	Término real	% Real Atual	% Previsto (próxima atual)
531	Área Comum	Área de Piscina	Estação elevatória/ Leito de secagem/ Caixa de passagem	Empreiteiro - Diversos	05/08/2024	35	20/09/2024	05/08/2024		70%	100%
175	Torre A	Escadas e circulação - 2º Pavimento	Instalações de incêndio	Empreiteiro - Diversos	02/09/2024	15	20/09/2024	02/09/2024		80%	100%
189	Torre A	Escadas e circulação - Térreo	Instalações de incêndio	Empreiteiro - Diversos	02/09/2024	14	19/09/2024	02/09/2024		80%	100%
338	Torre B	Acabamentos internos - Forro de gesso	2º Pavimento	Empreiteiro - Dry-Wall	10/09/2024	8	19/09/2024	10/09/2024		40%	100%
115	Torre A	Acabamentos internos - Divisor de box	Térreo	MO Própria	11/09/2024	6	18/09/2024	11/09/2024		50%	100%
112	Torre A	Acabamentos internos - Piso Cerâmico	Térreo	MO Própria	11/09/2024	6	18/09/2024	11/09/2024		50%	100%
347	Torre B	Acabamentos internos - Soleira	2º Pavimento	MO Própria	11/09/2024	14	30/09/2024	11/09/2024		30%	57%
176	Torre A	Escadas e circulação - 2º Pavimento	Forro de gesso	Empreiteiro - Dry-Wall	13/09/2024	8	24/09/2024	13/09/2024		33%	75%
190	Torre A	Escadas e circulação - Térreo	Forro de gesso	Empreiteiro - Dry-Wall	13/09/2024	9	25/09/2024	13/09/2024		33%	67%
117	Torre A	Acabamentos internos - Bancadas	2º Pavimento	MO Própria	16/09/2024	5	20/09/2024			0%	100%

Fonte: elaborado pelos autores

O Dashboard de curto prazo é responsável por compilar todos os indicadores principais de produtividade do projeto gerados ao longo da realização das rotinas de gestão do curto prazo propostas. Este relatório é de fundamental importância para a identificação das principais causas de desvios verificados nos indicadores de longo prazo do projeto, uma vez que permite a rastreabilidade dos detalhes de planejamento e execução das atividades previstas para cada semana. As informações originadas do preenchimento da planilha de programação semanal são de crucial importância para a geração dos indicadores de produtividades detalhados, que são ferramentas de análise significativas para possibilitar a definição de planos de ação para potenciais desvios no longo prazo, bem como os demais benefícios mencionados no item de gestão do curto prazo. Alguns dos indicadores propostos para estas análises, como evidenciados nas imagens acima, são os seguintes listados:

- **PPC geral da obra e PPC por empreiteiro:** Estes indicadores permitem a visualização do histórico do percentual de atividades executadas conforme a meta estabelecida para cada semana, e também um retrato histórico do PPC médio de cada empreiteiro. A análise destas informações permite uma avaliação da produtividade da obra como um todo e também de cada empreiteiro ou equipe atuante na obra. Um PPC baixo pode indicar dificuldade das equipes em atingir as metas estabelecidas para a semana no planejamento

de curto prazo, o que cria um alerta para possíveis atrasos futuros decorrentes desta baixa produtividade. Os resultados destas análises podem levar a conclusões que permitam promover ações corretivas na obra quando verificados desvios e impactos significativos no projeto.

- **PPC Geral x Aderência e PPC Geral x média de Aderência por empreiteiro:**

Estes gráficos podem ser utilizados para realizar uma análise comparativa entre o PPC verificado e a aderência da execução de cada semana ou médio por empreiteiro da obra. Uma vez que o PPC representa uma análise objetiva, que sinaliza o cumprimento ou não da meta estabelecida para cada semana, a análise da aderência permite verificar qual o percentual da meta da semana foi atingido. O confronto entre ambos os indicadores pode sinalizar, por exemplo, quando ambos estão em um percentual baixo, que tanto a produção quanto o atingimento das metas estão baixos na obra. No entanto, um PPC baixo confrontado com uma aderência alta em uma mesma semana, pode sinalizar que as equipes estão produziram próximo da meta estabelecida, porém por conta de alguma causa específica não atingiram a meta. Essa análise permite aumentar a confiabilidade nas análises de produtividade, e possibilita o estabelecimento de planos corretivos em caso de baixa produção.

- **Causas:** Este gráfico, alimentado pelas planilhas de curto prazo devidamente preenchidas nas rotinas, permite criar um histórico das principais causas que levaram ao não cumprimento das metas estabelecidas para as semanas. A verificação de um padrão de causas neste indicador pode levar, por exemplo, à identificação de um problema recorrente que reduz a produtividade da obra. Estas informações podem ser utilizadas para a tomada de decisões corretivas em relação a estas causas, para que sejam eliminadas ou mitigadas e não prejudiquem o planejamento futuro.

- **Medição semanal:** A planilha de programação semanal é um dos elementos centrais desse Dashboard Exportada automaticamente do *MS Project*, ela contém informações detalhadas sobre a programação das atividades a serem

executadas na semana, como datas de início e término, duração, percentual previsto de execução na semana, e os responsáveis pelas tarefas. Esses dados são tratados dentro do Power BI, que ajusta e formata a planilha de forma que ela possa ser exportada e enviada para o canteiro de obras.

Após a programação semanal ser preenchida manualmente no campo, a planilha é salva na nuvem e retorna ao sistema. Dessa forma, o *Power BI* atualiza automaticamente os indicadores de curto prazo do dashboard, refletindo o desempenho real das atividades executadas e permitindo uma análise precisa de aderência e produtividade.

6 CONCLUSÕES FINAIS

O presente trabalho mostrou que a integração das metodologias *Building Information Modeling* (BIM) e *Lean Construction* tem o potencial de melhorar de forma expressiva a gestão de empreendimentos na construção civil. A aplicação conjunta dessas abordagens favorece a otimização dos processos, oferecendo maior controle sobre prazos, custos e qualidade dos projetos. Os resultados indicam que a união do BIM, com sua capacidade de centralizar informações e promover a colaboração entre as disciplinas, e o *Lean Construction*, focado na redução de desperdícios e aumento da eficiência, contribui para alcançar melhores resultados nos projetos.

No entanto, ainda existem desafios relacionados à implementação dessas metodologias, como a necessidade de capacitar adequadamente os profissionais e a resistência de algumas empresas, que ainda utilizam métodos tradicionais. Outro aspecto importante é o investimento inicial em tecnologia e treinamento, que pode representar uma dificuldade para pequenas e médias empresas.

Entre as limitações da pesquisa, destaca-se que o estudo teve como base análises qualitativas e revisões bibliográficas, o que restringe a avaliação prática dos resultados em projetos reais. Não foi possível aplicar as metodologias diretamente no campo, o que limita a compreensão dos impactos em diferentes contextos, como obras públicas ou residenciais. Além disso, o foco foi nas vantagens da integração entre BIM e *Lean Construction*, sem explorar de forma detalhada os desafios enfrentados por empresas durante o processo de adoção.

Para trabalhos futuros, recomenda-se a realização de estudos de caso práticos, aplicando a metodologia integrada em projetos de diferentes escalas e setores, o que possibilitará uma análise mais detalhada dos impactos reais. Também seria relevante investigar formas de viabilizar a adoção dessas metodologias por pequenas e médias empresas, buscando soluções que minimizem os obstáculos iniciais. Além disso, futuras pesquisas poderiam explorar o uso de tecnologias complementares, como inteligência artificial, para aprimorar o planejamento e a execução de obras.

Conclui-se, portanto, que a integração do BIM com o *Lean Construction* representa um avanço promissor para a construção civil, capaz de atender às necessidades de eficiência, qualidade e sustentabilidade exigidas pelo setor.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BULHÕES, Ana Graziella Fernandes Nobre. BIM Office: **plataforma web para contratação de projetos de engenharia na modelagem BIM - *building modeling***. 2022. 98f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ciência, Tecnologia e Inovação) - Escola de Ciências e Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2022.

EASTMAN, C; SACKS, R. *A guide to building information modeling for owners, managers, engineers and contractors*. Hoboken, N.J.: John Wiley and Sons Inc., 2011.

EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R.; LISTON, K. *BIM Handbook: a Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors*. New Jersey: John Wiley & Sons, 2008

FLORIO, Wilson. **Contribuições do *Building Information Modeling* no Processo de Projeto em Arquitetura**. In: III ENCONTRO DE TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL, 3, 2007, Porto Alegre. Anais ... Porto Alegre: Integração em Sistemas em Arquitetura, Engenharia e Construção, 2007.

FORMOSO, C. T. **Planejamento e controle da produção em empresas de construção**. Núcleo Orientado para a inovação da edificação. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. [2001].

M. Oraee, M. R. Hosseini, D. J. Edwards, H. Li, E. Papadonikolaki, and D. Cao, **“Collaboration barriers in BIM--based construction networks: A conceptual model”**, *Int. J. Proj. Manag.*, vol. 37, no. 6, pp. 839–854, 2019, doi: 10.1016/j.ijpro-man.2019.05.004

Koskela, L. and Howell, G., (2002), **The Underlying Theory of Project Management is Obsolete**. Proceedings of the PMI Research Conference, 2002. Pg. 293-302.

Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC Dados)
<http://www.cbicdados.com.br/menu/indicadores-economicos-gerais/boletim-estatistico>. Acesso em 21/10/2023

BALLARD, Herman Glenn. ***The last planner system of production control***. 2000. Tese de Doutorado. University of Birmingham.

EASTMAN, Chuck; TELCHOLZ Paul; SACKS Rafael; LISTON Hathleen. Manual de BIM: um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores: Porto Alegre – Bookman, 2014.

FORMOSO, C. T. ***Lean Construction: Princípios Básicos e Exemplos***. Núcleo Orientado para a inovação da edificação. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. [2021].

FU, C. et al. IFC Model View To Support Nd Model Application. **Automation in Construction: ELSEVIER. autcon**. 2006. Disponível em . Acesso em: 14 de out. 2023.

BELL, H.; BJØRKHAUG, L. *A building SMART Ontology e Work and Business in Architecture, Engineering and Constructin*. ECPPM, 2006, 185p.

KOSKELA, Lauri et al. Application of the new production philosophy to construction. Stanford: Stanford university, 1992.

INTERNATIONAL ALLIANCE FOR INTEROPERABILITY. Model – Industry Foundation Classes (IFC). Building Smart. 2008. Disponível em: <http://www.buildingsmart.com/bim> Acesso em 24 de set. de 2023.

MELHADO, S.; PINTO, A. C. **Benefícios e desafios da utilização do BIM para extração de quantitativos**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, 9., ENCONTRO LATINO AMERICANO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, 6., 2015, São Carlos. . Anais... Porto Alegre: ANTAC, 2015. Acesso em: 20 de set. de 2023.

SERRADOR, Pedro; PINTO, Jeffrey K. Does Agile work?—A quantitative analysis of agile project success. **International journal of project management**, v. 33, n. 5, p. 1040-1051, 2015.

SANTOS, Adriana de Paula Lacerda; ANTUNES, Cristiano Eduardo; BALBINOT, Guilherme Bastos. Levantamento de quantitativos de obras: comparação entre o método tradicional e experimentos em tecnologia BIM. *Iberoamerican Journal of Industrial Engineering*, Florianopolis, v. 6, n. 12, p. 134-155, 2014.

SABOL, L. Challenges in cost estimating with Building Information Modeling. IFMA World Workplace. 2008.

ISATTO, Eduardo L.; FORMOSO, Carlos T.; DE CESARE, Cláudia M.; HIROTA, Ercília H. & ALVES, Thaís C. L. **Lean construction: diretrizes e ferramentas para o controle de perdas na construção civil**. Porto Alegre, SEBRAE/RS, 2000. Série SEBRAE Construção Civil, Vol. 5.

FORGUES, D. et al. Rethinking the cost estimating process through 5D BIM: A case study. In: Construction Research Congress 2012: Construction Challenges in a Flat World, 2012, West Lafayette, IN. Proceedings. P.778-786.

IKA, L. A. **Project Success as a Topic in Project Management Journals**. Université du Québec en Outaouais, Gatineau, Québec, Canada. 2009.

Brito, J. D. **Engenharia de Projetos e Construção**. São Paulo: Editora Técnica. 2001.

BERTOLINI, M.; BRAGLIA, M.; FROSOLINI, M. **An Integrated Framework for Maintenance Management**. *International Journal of Project Management*, v. 27, n. 5, p. 585-593, 2009.

PINTO, M. C.; KOVÁCS, G. S. **Gerenciamento da Qualidade na Construção Civil**. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna, 2012.

SENA, T. S. de. **A Aplicação da Metodologia BIM para a Compatibilização de Projetos**. 2012. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2012.

RODRIGUEZ, M. A. A.; HEINECK, L. F. M. **Construtibilidade no processo de projeto de edificações**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, 3., 2003, São Carlos. Anais [...]. São Carlos: [s.n.], 2003.

OLIVEIRA, M.; FREITAS, H. **Melhoria da qualidade da etapa de projeto de obras de edificação: um estudo de caso**. Revista READ, ed. 7, vol. 3, nº 3. Porto Alegre, 1997. Disponível em: <http://read.adm.ufrgs.br/> . Acesso em: 21 de jul. de 2024.