



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL



NATHAN FELIPE MUNDIM RIBEIRO

**GERENCIAMENTO NA CONSTRUÇÃO CIVIL - PLANEJAMENTO E
CONTROLE: ESTUDO DE CASO NO PLANEJAMENTO FÍSICO DE UM
EMPREENDIMENTO IMOBILIÁRIO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

UBERLÂNDIA

2023

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL

NATHAN FELIPE MUNDIM RIBEIRO

**GERENCIAMENTO NA CONSTRUÇÃO CIVIL - PLANEJAMENTO E
CONTROLE: ESTUDO DE CASO NO PLANEJAMENTO FÍSICO DE UM
EMPREENHIMENTO IMOBILIÁRIO**

Artigo apresentado como requisito parcial à conclusão do curso de graduação em Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia Civil (FECIV) da Universidade Federal de Uberlândia (UFU).

Orientador: Prof^a. Dr^a. Livia Borba Agostinho

UBERLÂNDIA

2023

NATHAN FELIPE MUNDIM RIBEIRO

**GERENCIAMENTO NA CONSTRUÇÃO CIVIL - PLANEJAMENTO E
CONTROLE: ESTUDO DE CASO NO PLANEJAMENTO FÍSICO DE UM
EMPREENHIMENTO IMOBILIÁRIO**

Artigo submetido à Faculdade de Engenharia Civil
da Universidade Federal de Uberlândia como parte
dos requisitos necessários para a obtenção do grau
de bacharel em Engenharia Civil.

Uberlândia, 25/05/2023.

Banca Examinadora – Assinaturas

Prof.^a Dr.^a Livia Borba Agostinho

Orientadora

Prof. Dr. Paulo Roberto Cabana Guterres

Examinador Interno

Prof. Dr. Antonio de Paulo Peruzzi

Examinador Interno

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus por ter me dado saúde, sabedoria, determinação e confiança para chegar até esse momento e realizar este trabalho. Obrigado Senhor, por ter me proporcionado todas as bênçãos e me capacitado para seguir esse caminho, guiado pelo Senhor.

Ao meu pai que sempre foi meu companheiro, meu melhor amigo e nunca mediu esforços para que esse objetivo fosse cumprido. Obrigado por ser a minha base, por sempre estar comigo em todos os momentos e por tantas vezes ter se sacrificado para que tudo isso se tornasse possível. O amor e admiração que sinto por você são inexplicáveis.

Aos meus irmãos, Victor Gabriel e Annanda Carla, que sempre estiveram juntos comigo, para superarmos todos os problemas.

Aos meus avós, Edson e Nésia por todas as orações e palavras de apoio. Obrigado por sempre cuidarem da nossa família.

Aos meus amigos, tanto os que me acompanham desde o fundamental quanto os que fiz ao longo da faculdade. Vocês foram essências para que eu chegasse até aqui.

À minha companheira de vida, Ana Carolina, que sempre me apoiou, me ensinou, me encorajou e me sustentou durante toda a faculdade. Obrigado por me dar a alegria de viver ao seu lado, seu companheirismo foi fundamental durante todo esse processo.

Em especial, agradeço à minha mãe, Nélia Carla, que não está mais presente entre nós, mas sei que lá de cima cuidando de mim, com todas as suas forças. Obrigado por todos ensinamentos que me deu durante essa vida, sem você eu não seria nada.

À minha orientadora Livia por ter me dado essa oportunidade e por ter aberto as portas para a realização desse trabalho. Obrigado pela confiança e paciência.

À Universidade Federal de Uberlândia (UFU) e à Faculdade de Engenharia Civil (FECIV) – UFU por todos esses anos de conhecimento e aprendizado, me capacitando para ser um grande profissional

Gerenciamento na Construção Civil – Planejamento e Controle: Estudo de Caso no Planejamento Físico de um Empreendimento Imobiliário.

Nathan Felipe Mundim Ribeiro¹; Livia Borba Agostinho²

¹ Faculdade de Engenharia Civil – FECIV/UFU, Av. João Naves de Ávila, 2121 Campus Santa Mônica – Bloco 1Y - CEP: 38400-902 – Uberlândia – MG – Brasil; e-mail: nathan.ribeiro@ufu.br

² Faculdade de Engenharia Civil – FECIV/UFU, Av. João Naves de Ávila, 2121 Campus Santa Mônica – Bloco 1Y - CEP: 38400-902 – Uberlândia – MG – Brasil; e-mail: liviaborba@ufu.br

RESUMO

Devido à alta competitividade na construção civil, juntamente com a queda de demanda de imóveis, elevação do custo dos materiais e dificuldade de gerar caixa nas construtoras, tornou-se necessário às empresas um gerenciamento para se reduzir custos e prazos, buscando alternativas para assegurar os seus lucros. Existem inúmeras maneiras de executar o gerenciamento de uma obra, mas a arma fundamental é obtendo um bom planejamento das atividades de produção. Nesse cenário, surgiram filosofias gerenciais para aprimorar esse controle; como é o caso da *Lean Construction*, derivado do conceito *Lean Production*. O intuito dessa filosofia é aumentar a produtividade, diminuir custos e controlar as perdas, visando a produção enxuta, pois uma empresa se torna mais competitiva a partir da eficiência do seu sistema de produção. Este trabalho mostrará a aplicação do planejamento de obra em uma construtora e incorporadora em uma obra na cidade de Anápolis, por meio da ferramenta de Linha de Balanço e *Last Planner System*, baseados nos princípios *Lean* na construção.

Palavras-chave: Gerenciamento; Planejamento; Linha de Balanço; *Lean Constuction*, *Last Planner*.

ABSTRACT

Due to the high competitiveness in civil construction, together with the drop in demand for real estate, the increase in materials and the difficulty in generating cash at construction companies, it has become necessary for companies to manage to reduce costs and deadlines, seeking alternatives to ensure their profits. There are countless ways to carry out the management of a work, but the fundamental weapon is obtaining a good planning of the production activities. In this scenario, management philosophies have emerged to improve this control, as is the case with Lean Construction, derived from the Lean Production concept. The purpose of this philosophy is to increase productivity, reduce costs and control losses, aiming at lean production, as a company becomes more competitive based on the efficiency of its production system. This work will show the application of work planning in a construction company and developer in the city of Anápolis, through the Line of Balance tool and Last Planner System, based on Lean principles in construction.

Keywords: Management; Planning; Line of Balance; Lean Construction, Last Planner.

1. INTRODUÇÃO

A construção civil, por muitos anos, se manteve produzindo sem levar em conta questões como planejamento e controle, desperdício de recursos e total de custos da produção. Entretanto, segundo Lorenzon (2008), o desperdício e a baixa produtividade são históricos na Construção Civil; que, com a situação atual de escassez de recursos, obriga as empresas a realizarem modificações para poderem subsistir.

Com isso, nas últimas décadas, as construtoras vêm modernizando seus métodos de gerenciamento, evoluindo conceitos e hábitos construtivos. Segundo Mattos (2019), a falta de planejamento e controle de obra é uma das principais causas da baixa produtividade, das perdas e da menor qualidade da construção. Por isso, ele destaca a importância do planejamento; pois, por meio deste, o responsável adquire conhecimento sobre o empreendimento, podendo prever situações de imprevistos e dar maior eficiência à produção. Além disso, é essencial ter o controle sobre a produção. Assim, torna-se necessário a elaboração de métodos para auxiliar o acompanhamento e monitoramento desse planejamento, para verificar se a execução está ocorrendo de acordo com o planejado.

Nesse contexto, dentre as várias alternativas para inovação do modo de produção da Construção Civil, apresenta-se a Construção Enxuta (*Lean Construction*). Esse método surgiu a partir da Produção Enxuta (*Lean Production*), forma de gestão e organização desenvolvida pela indústria automobilística no Japão na década de 1950, conhecida como Sistema Toyota de Produção. O sistema *Lean Construction* surgiu por meio dos trabalhos do pesquisador Lauri Koskela, em 1992, gerando melhoria na gestão de obras, ajudando a eliminar desperdícios e criando um fluxo de trabalho mais confiável.

De acordo com Isatto et al. (2000), diagnósticos realizados no exterior e no Brasil mostram que a maioria dos problemas de baixa eficiência e qualidade na construção, se originam em problemas gerenciais. A empresa precisa realizar um gerenciamento em que o planejamento satisfaça as necessidades do empreendimento a ser construído e, se ele for monitorado de acordo com a execução dos serviços, as chances de se atingir os objetivos traçados serão maiores. A Construção Civil possui muitas atividades que não geram valor, como transportes desnecessários, retrabalhos, entre outros. O objetivo da

Construção Enxuta é eliminar tudo aquilo que não agrega valor, reduzindo custos e tempo “perdido”, aprimorando a produção e gerando lucro.

Dessa forma, esse artigo tem como objetivo analisar a implantação dos métodos de planejamento de controle do *Lean Construction* dentro do canteiro de obras, identificando como os princípios são aplicados na prática e enfatizando a importância do gerenciamento e controle na Construção Civil.

O trabalho divide-se em cinco capítulos. Os dois primeiros se referem à introdução e a metodologia da pesquisa. O terceiro capítulo aborda os conceitos de planejamento e a origem da Construção Enxuta, mostrando a sua adaptação ao setor da construção e algumas de suas ferramentas de controle. O quarto capítulo diz respeito a um estudo de caso de uma obra na cidade de Anápolis – GO. Nesse capítulo foi estudado o empreendimento e depois analisada a implantação do *Lean Construction* na obra, baseado na teoria de Koskela (1992), aplicando os seus onze princípios da Construção Enxuta e a aplicação de ferramentas do sistema *Lean*. Por fim, o quinto capítulo refere-se à conclusão do presente trabalho, abordando os princípios analisados e sua importância para o controle de um processo construtivo.

2. METODOLOGIA

O presente trabalho é de natureza qualitativa, partindo-se, inicialmente, da análise conceitual de planejamento e controle de produção, e análise histórica e conceitual da *Lean Construction*, até a aplicação dos conceitos do pensamento enxuto em um empreendimento imobiliário.

Primeiramente, realizou-se um estudo da fundamentação teórica do tema, por meio de artigos científicos, teses, livros e outros materiais. Esse referencial teórico tem como principal objetivo dar embasamento teórico sobre teorias mais recentes de planejamento de obras. Além disso, essa etapa teve como objetivo caracterizar e abordar os princípios da Construção Enxuta e seus métodos de aplicação no processo construtivo.

Em seguida, foi feito um estudo de caso analisando a implantação do sistema *Lean Construction* em um empreendimento na cidade de Anápolis – GO, entre os meses de fevereiro e março de 2023. Esse estudo visou entender como era feito o processo de

planejamento da obra anteriormente, qual motivo levou à escolha de implantação da Construção Enxuta e como foi feita a implantação desse sistema, baseada nos onze princípios de Koskela (1992).

Para coletar os dados necessários, foram feitas visitas à obra com registros fotográficos e questionamentos informais ao engenheiro da obra. As visitas foram ferramentas para verificar como é a estrutura organizacional da empresa no canteiro de obras, como são solucionados os problemas mais comuns e como são distribuídas as atividades de planejamento entre os responsáveis do processo construtivo.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 PLANEJAMENTO: DEFINIÇÃO

Para Ventura (2013), o planejamento surgiu para ser um processo de tomada de decisão, que estabelece metas e os meios necessários para atingi-las, evitando a improvisação. O planejamento pode ser definido como uma ferramenta de preparação para a produção, estabelecendo prazos e custos, assim como objetivos para serem alcançados.

De acordo com Silva (2019), planos são necessários para facilitar o processo, gerando eficiência, como redução de custos, redução de prazo e melhor qualidade. O planejamento bem elaborado leva a construtora a aplicar os recursos necessários para executar os objetivos pelos métodos escolhidos, acompanhar o progresso feito, avaliar se as metas estão sendo batidas, identificar as incertezas na execução e realizar as correções necessárias dentro do prazo, aumentando a probabilidade de sucesso nas obras.

Quando a obra possui um planejamento, o responsável por planejar adquire total conhecimento sobre ela, sabendo cada detalhe das suas etapas desde o estudo dos projetos até a determinação do período trabalhável em cada etapa e o que se faz para a realização de cada uma delas (MATTOS, 2019). Prever situações desfavoráveis auxilia o responsável a se prevenir a tempo, adotar medidas preventivas para minimizar os impactos no custo e prazo da obra. Sem esse controle, a situação será vista depois de executada, sendo necessário aplicar medidas corretivas, ocasionando em mais custo e tempo para a sua solução.

Segundo Mattos (2019), o planejamento é importante para:

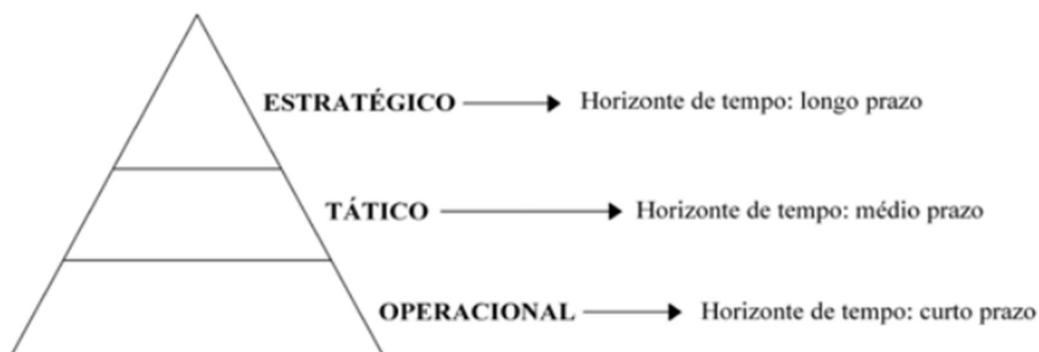
- O pleno conhecimento da obra;
- Previsão de situações desfavoráveis;
- Agilidade nas decisões;
- Melhor relação com o orçamento;
- Otimização da alocação de recursos;
- Referência para o acompanhamento da obra;
- Criação de dados históricos para obras futuras.

3.2 NÍVEIS DE PLANEJAMENTO

Bernardes (2021) aponta que o planejamento é apresentado em duas dimensões: horizontal e vertical. A primeira se trata das etapas em que o processo de planejamento e controle é realizado e, a segunda, se trata de como essas etapas se vinculam aos níveis gerenciais de uma organização.

O mesmo autor diz que o planejamento deve ser dividido em níveis hierárquicos (Figura 1), para melhorar a gerência do negócio e facilitar a transmissão de informações entre aqueles que participam do processo. A hierarquização do planejamento é uma das principais formas de proteger a produção contra os efeitos nocivos da incerteza e variabilidade.

Figura 1 – Divisão hierárquica do planejamento



Fonte: Toffani, 2015.

- Nível estratégico: É o nível onde ocorre o processo de tomada de decisão, em que são definidos métodos e estratégias a serem utilizados no empreendimento. Neste plano é feito o mapeamento dos fatores para definir as metas e prazos de construção. O plano possui foco no longo prazo, se enquadrando com o planejamento horizontal que será citado a seguir.
- Nível tático: Esse nível possui foco no médio prazo, por meio de uma análise mais detalhada das diretrizes do nível estratégico. Ele envolve a seleção e aquisição de recursos que farão parte do empreendimento, verificando se os métodos e estratégias passados são exequíveis ou não, transformando-os em metas e objetivos, para se atingir o prazo estabelecido.
- Nível operacional: Possui foco no planejamento a curto prazo, que define as ações que serão tomadas para atingir as metas do nível tático. Esse nível está relacionado ao dia a dia da obra, envolvendo o detalhamento das atividades a serem realizadas, seus recursos e momento de sua execução. Nesse nível também é estimado o tempo para cada tarefa, em que é possível prever se a atividade está de acordo com o planejado e se a meta será atingida, se enquadrando com a dimensão vertical de planejamento, que também será citada a seguir.

3.3 PLANEJAMENTO VERTICAL

Devido à incerteza e variabilidade presentes no processo construtivo, é necessário que os planos sejam divididos em níveis hierárquicos, preparando os planos em cada nível com um grau de detalhe apropriado Silva (2019).

Muitas pessoas têm a expectativa de eliminar essas incertezas pelos estudos e planos elaborados nas etapas iniciais do empreendimento, mas a incerteza sobre a execução de uma atividade tende a ser maior com o aumento do prazo entre a elaboração do plano e sua execução.

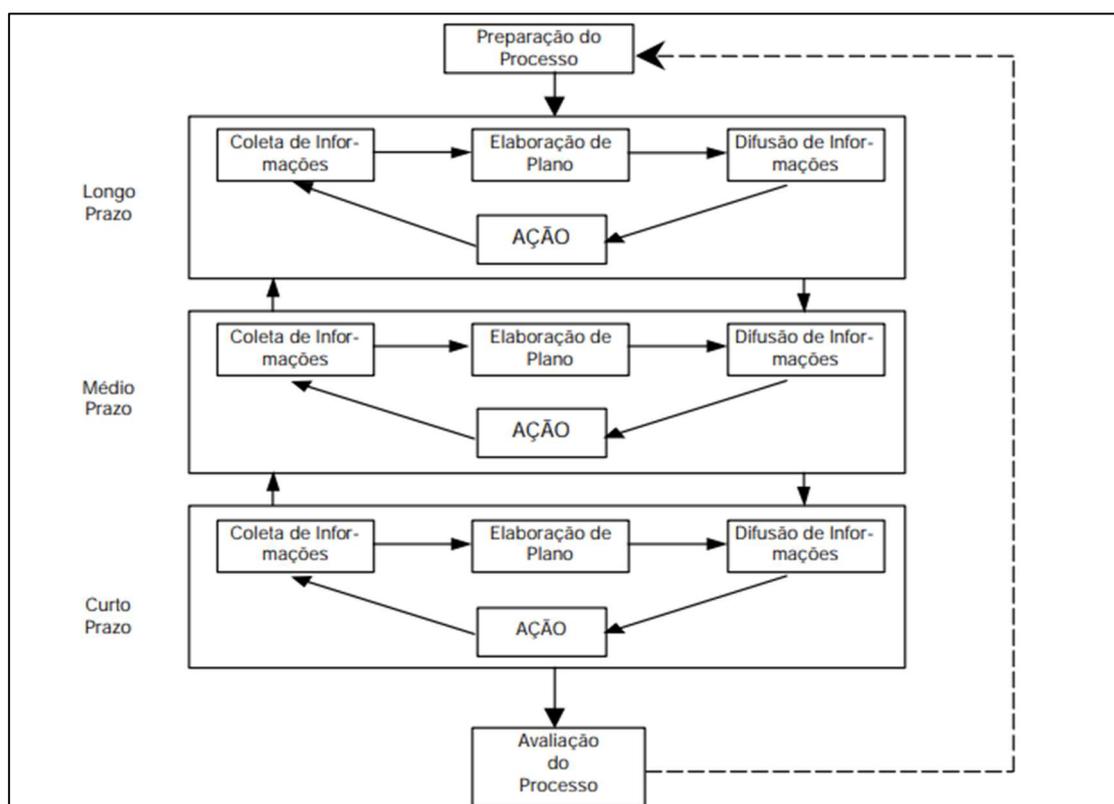
Desse modo, a hierarquização dos níveis de planejamento permite que o processo seja ajustado à medida que os efeitos aparecem, podendo continuar a execução de maneira mais eficiente. Assim, é comum a utilização de planilhas de atividades, por exemplo, para facilitar e ordenar as ações, atividades e mão de obra necessárias para cada processo.

Uma outra forma de lidar com as incertezas é por meio da utilização de *buffers*, que são folgas de tempo no planejamento, que possibilitam que os possíveis atrasos não interfiram no prazo total de execução. As folgas são dimensionadas conforme o grau de incerteza dos planos (Silva, 2019).

Segundo Bernardes (2021), o planejamento vertical se relaciona com os níveis hierárquicos citados no item 3.2: estratégico, tático e operacional. Dessa forma, a dimensão vertical é dividida em três níveis gerenciais: planejamento de longo prazo, englobando o nível estratégico; planejamento de médio prazo, englobando o nível tático; e o planejamento de curto prazo, englobando o nível operacional. Para o sucesso de um planejamento é necessário a interligação dos seus diferentes níveis.

Essa ideia de divisão em prazos é mostrada na Figura 2, os quais serão citados a seguir.

Figura 2 – Hierarquia dos níveis de planejamento



Fonte: Isatto, 2000.

3.3.1 Planejamento de longo prazo (PLP)

Devido ao alto nível de incertezas no ambiente da construção, esse planejamento de longo prazo deve possuir um baixo grau de detalhamento. Esse tipo de planejamento é de extrema importância, pois é necessário para se começar a planejar efetivamente os serviços que darão início ao empreendimento (TOFFANI, 2015). Ele deve englobar todas as atividades que serão executadas, para facilitar a identificação das metas principais da obra.

Dependendo da quantidade de incertezas envolvidas no empreendimento, é necessário atualizar o plano de longo prazo durante a sua execução. Por isso, é importante a elaboração de um plano transparente, que com a ajuda de indicadores, possa ser atualizado sistematicamente, avaliando o cumprimento do prazo do projeto. A utilização da EAP, mencionada no item 3.4, é essencial para facilitar esse processo.

Vários métodos podem ser utilizados para se elaborar o plano mestre, como o diagrama de Gantt, as redes de precedência de atividades e a linha de balanço, que será explicada no item 3.5.1.1. O uso dessas técnicas facilita a definição das metas para dar início aos processos do empreendimento, mas para um nível de detalhamento mais específico dos processos é necessário ter uma visão não tão distante, sendo necessário o planejamento a médio prazo.

3.3.2 Planejamento de médio prazo (PMP)

Com o planejamento a longo prazo é possível traçar as metas que serão buscadas pela empresa, mas para serem traçados planos de ação para cumpri-las, é preciso uma visualização mais estreita das mesmas.

O planejamento a médio prazo, mostrado na Figura 3, faz a vinculação entre o plano mestre (longo prazo) e os planos operacionais (curto prazo), selecionando as informações que deverão ser cumpridas em um futuro próximo e dividindo as atividades para definir os processos executivos. Sendo definido esse nível como planejamento tático ou *Lookahead Planning*. Esse detalhamento possibilita a quantificação dos recursos disponíveis, bem como a identificação das restrições para executar os trabalhos, estabelecendo um período para que a gerência da obra atue sobre elas.

Essas restrições são problemas que irão causar alguma interferência no ritmo de produção, podendo ser uma das razões para o não cumprimento das metas fixadas. Alguns exemplos de restrições são a falta de projeto; a falta de recurso ou material suficiente para a execução de um serviço; ou, a falta de mão de obra para o trabalho. Dessa maneira, a análise para a remoção das restrições é fundamental para a eficácia do planejamento e possibilita o aumento da continuidade das operações no canteiro (BERNARDES, 2021).

Para controlar a remoção dessas restrições, implanta-se o indicador Índice de Remoção de Restrições (IRR), mostrado na equação (1). Segundo Lorenzon (2008), esse indicador consiste no quociente entre a quantidade de restrições para se iniciar um determinado serviço e a quantidade de restrições resolvidas dentro de um determinado tempo.

$$\text{IRR} = \frac{\text{restrições soluci onadas no período}}{\text{tota de restrições no período}} \quad (1)$$

Em sua literatura, Bernardes (2021) ainda citou que o plano de médio prazo pode servir para outros propósitos:

- Modelar o fluxo de trabalho em uma sequência que facilite o cumprimento dos objetivos;
- Auxiliar na identificação da carga de trabalho, determinando a quantidade de mão de obra e recursos para executar a atividade em um determinado prazo;
- Ajustar os recursos disponíveis no empreendimento com o fluxo de trabalho para as atividades;
- Agrupar em “pacotes” as atividades interdependentes, determinadas no planejamento a longo prazo;

3.3.3 Planejamento de curto prazo (PCP)

No planejamento de curto prazo, ou operacional, são traçadas as tarefas que serão executadas em um menor prazo, um dia, uma semana ou uma quinzena. Esse planejamento é de extrema importância, pois tem relação direta com os outros níveis. Assim, um atraso no curto prazo gera o mesmo efeito no médio e longo prazo.

Esse nível de planejamento busca proteger a produção contra as incertezas que podem surgir ao longo da execução da obra (CASTRO, 2017). Essa proteção se trata da elaboração de metas passíveis de serem atingidas, que passam por uma análise do cumprimento dos seus requisitos e das razões que impediram as tarefas de serem executadas.

A Figura 4 mostra um exemplo de planilha para esse planejamento a curto prazo. Ela divide as atividades que serão executadas ao longo da semana e a quantidade de mão de obra necessária para a execução das mesmas. A planilha também mostra uma coluna para a confirmação da execução do serviço, outra para informar o motivo pelo qual ele não foi executado e um indicador denominado Porcentagem do Planejamento Concluído (PPC), calculado pela razão do que foi realizado pelo total planejado.

Figura 4 – Exemplo de planilha para plano de curto prazo

LISTA DE TAREFAS SEMANAIS								
Semana: <u>21/07 a 25/07</u>				Mestre: <i>Alberi</i> Engenheiro: <i>Carlos</i>				
Tarefa	S	T	Q	Q	S	S	OK	Problemas
Colocação das fôrmas do 4º pavimento	6	6	6	6			X	OK!
Desformar 2º pavimento		4	4	4	4		X	OK!
Alvenaria área 1 do 1º pavimento			3	3	3			Faltou Material
PPC = $2/3 = 66.67\%$								
Tarefas Reservas:								
<ul style="list-style-type: none"> • Preparação das armaduras das vigas do 4º pavimento • Colocação da armadura das vigas no 4º pavimento 								

Fonte: Bernardes, 2021.

Castro (2021) ainda cita que para definir a possibilidade de execução de uma tarefa no prazo planejado é preciso que sejam analisados alguns requisitos:

- Definição: as tarefas devem ser suficientemente especificadas para se definir a quantidade de mão de obra e material a ser necessários, garantindo que ela possa ser executada no prazo planejado;
- Disponibilidade: todos os recursos necessários devem estar disponíveis para uso quando solicitados;
- Sequenciamento: os trabalhos devem ser definidos de forma sequencial, para garantir a continuidade das atividades da construção;
- Tamanho: as metas devem ser determinadas correspondendo com a capacidade de produção da equipe;
- Aprendizagem: é importante a análise das atividades executadas e não executadas ao longo das semanas, para se definir ações corretivas para os serviços não cumpridos e identificar possíveis erros no planejamento.

Uma boa análise desses requisitos torna o planejamento a curto prazo exequível, causando menos desvios no planejamento a médio prazo (*Lookahead*).

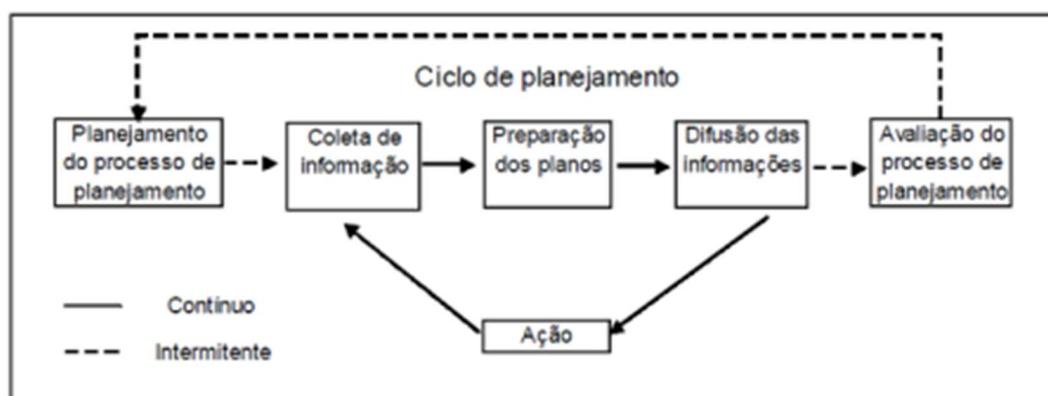
O planejamento neste nível deve ter forte ênfase no engajamento das equipes com as metas definidas. Esse engajamento pode ser obtido por meio de reuniões semanais,

dentro da própria obra, para avaliação das equipes quanto ao cumprimento das metas e para o planejamento do próximo período.

3.4 PLANEJAMENTO HORIZONTAL

O planejamento horizontal é a dimensão em que são tomadas as decisões estratégicas para a empresa. Nesse sentido, Bernardes (2021) salienta que essa dimensão pode ser compreendida por meio de um processo que envolve cinco etapas, mostradas na Figura 5.

Figura 5 – As cinco fases do ciclo de planejamento

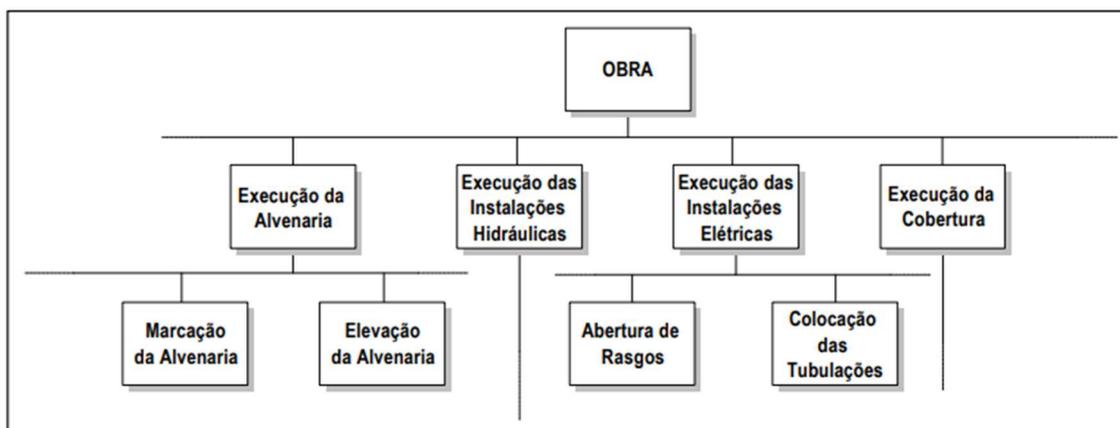


Fonte: Bernardes, 2021.

A primeira fase é o “Planejamento do Processo de Planejamento”. Nessa fase, são tomadas decisões importantes ao horizonte do planejamento e frequência do replanejamento, que são o período entre preparação do plano e sua realização. Nesta etapa são determinados os planos necessários para o processo e as técnicas mais apropriadas para a construção, analisando as características da obra e escolhendo os níveis de planejamento, que foram discutidos no planejamento vertical, no item 3.3.

Uma forma de se vincular de forma hierarquizada essas metas dos planos adotados para o planejamento da obra é por meio da ferramenta da *Work Breakdown Structure* (WBS), denominada por LIMMER (1997) “Estrutura Analítica de Projeto – EAP”, mostrada na Figura 6.

Figura 6 – Exemplo de uma EAP



Fonte: Bernardes, 2021.

Mattos (2019) define EAP como uma estrutura de decomposição hierárquica da obra em subsistemas, voltada à entrega das atividades que precisam ser executadas, divididas em pacotes de trabalho, onde cada item representa um detalhamento do item anterior. Essa decomposição auxilia as construtoras a visualizarem todas as fases da obra, estando diretamente ligada ao cronograma e ao orçamento da obra, servindo como uma ferramenta de controle e gerenciamento da mesma.

A próxima fase é a “Coleta de Informação”. Nessa fase são feitas as coletas de dados necessários para se realizar o planejamento. Essas informações costumam ser contratos, plantas, análise das condições do canteiro, tecnologia a ser usada na construção, especificações técnicas e metas a serem estabelecidas para o processo. Essa coleta busca a redução da incerteza de informações dentro do processo construtivo e, após iniciada a construção, esse processo continua, visando o consumo de recursos e as metas batidas durante a obra.

A etapa de “Preparação dos Planos”, geralmente, é a que recebe maior atenção dos responsáveis do planejamento, na qual é feito o plano da obra, baseado nas informações coletadas nas fases anteriores. Por isso, deve-se realizar uma análise crítica para as técnicas que serão aplicadas no planejamento, como o diagrama de redes, Linha de Balanço, *Last Planner System* etc. Bernardes (2021) diz que para quaisquer das técnicas utilizadas na preparação dos planos, elas devem ser hierarquizadas pelos níveis de planejamento, pois cada nível possui uma função específica no processo, principalmente voltado à disposição de recursos na obra.

Após a tomada de decisões, inicia-se a etapa “Difusão das informações”, em que são repassadas as decisões tomadas, visando serem cumpridas e executadas, conforme planejado. Assim, essas informações devem ser preparadas de acordo com a necessidade das pessoas que irão utilizá-las, ficando a cargo do responsável pelo planejamento identificar aquelas favoráveis ao seu processo (BERNARDES,2021).

Interligada com as fases “Difusão das informações” e “Coleta de informação” existe a “Ação”, a qual é responsável pelo controle e monitoramento da produção, feitos pelo gerente da obra. Bernardes (2021) aponta que o controle e monitoramento são necessários para ter atenção a três tipos de riscos:

- Risco conceitual – causado pela má formulação de um problema;
- Risco administrativo – causado por uma falha da administração ao impor a solução de algum problema;
- Risco ambiental – causado por uma mudança ambiental não prevista.

A construção passa por várias situações inesperadas, mesmo após a elaboração de seu plano e quando o mesmo está em execução. Por meio da atenção a esses riscos, o responsável pelo planejamento pode minimizar os seus efeitos nocivos.

A última fase é a “Avaliação do Processo de Planejamento”, é feita a avaliação do processo, aprendendo lições para serem utilizadas em projetos futuros (BERNARDES, 2021). Essa avaliação pode ser feita pela análise das decisões tomadas e pelo uso de indicadores, relacionando os custos orçados e executados, por exemplo. Essa fase ocorre durante a construção, retroalimentando o processo.

3.5 CONSTRUÇÃO ENXUTA

O sistema de gestão *Lean Construction* (Construção Enxuta) foi desenvolvido a partir de premissas do Sistema Toyota de Produção, que surgiu na década de 50 no Japão. O objetivo desse modelo era sanar a baixa eficiência, melhorar os níveis de produção e diminuir os seus custos, mas visando o aumento da qualidade do produto final.

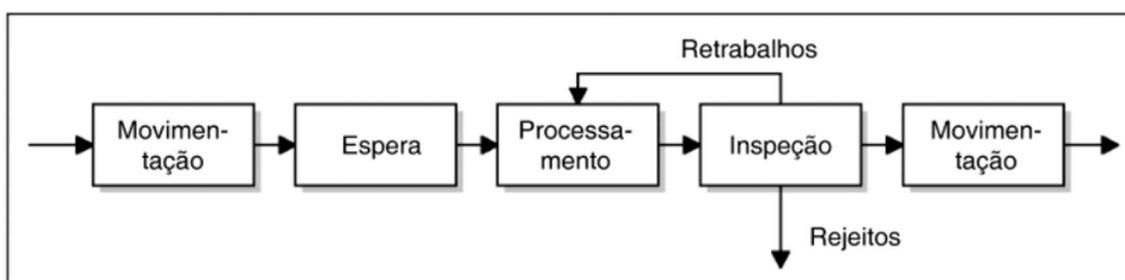
A partir dos anos 90, começaram a surgir os trabalhos voltados ao *Lean Construction*, tendo como marco principal o trabalho “*Application of the new production philosophy in the construction industry*” por Koskela (1992), quando nasceram os onze princípios para aplicação da Construção Enxuta na construção.

Koskela (1992), afirma que a Construção Enxuta procura enxergar a produção sob três pontos de vista: conversão, fluxo e valor. Na conversão, o objetivo é aumentar o campo de visão, são as etapas de orçamentos e planos da obra, visando a conversão da matéria prima em produto. No fluxo, o objetivo é eliminar as perdas durante o processo. O gerenciamento das atividades de fluxo é essencial no aumento dos índices de desempenho da produção, porque ele permite enxergar as causas de desvios dos planos, facilitando as tomadas de decisão no processo. No valor, o objetivo é alcançar o maior valor possível para o cliente, dando atenção para modelagem, estruturação, controle e melhorias da produção.

Segundo Deschamps (2015), a *Lean Construction* é uma filosofia que possui a visão de aumentar a produtividade e reduzir os custos, e com ela, surgiram vários métodos para entender os problemas da construção e melhorar os seus processos. Existem muitas atividades conhecidas por não gerar valor na construção, como retrabalhos, perdas em movimentações e transportes desnecessários, entre outros.

Segundo Lorenzon (2008), a produção é um fluxo de materiais e informações desde a matéria-prima até o produto final. Dentro desse fluxo, o material pode estar sendo processado, inspecionado, movimentado ou estar em espera (Figura 7). O processamento representa a conversão do material no sistema de produção. Já a inspeção, a movimentação e a espera, são denominadas atividades de fluxo, por não agregarem valor ao produto final.

Figura 7 – Fluxo de materiais



Fonte: Bernardes, 2021.

Esses fluxos são caracterizados por tempo, custo e valor, e, na maioria dos casos, somente as atividades de processamento geram valor ao produto. As atividades improdutivas são as que representam perdas no processo, como retrabalhos e funcionários parado por falta de material ou informação (FORMOSO, 2009).

O principal objetivo dessa filosofia é agregar valor ao produto, visando a satisfação do cliente e a eficiência da produção. Essa ideia é garantida por meio da diminuição dessas atividades improdutivas, além de transparência nos processos, redução de custos, maior qualidade e fluxo contínuo da produção (DESCHAMPS, 2015).

Em seu trabalho, Koskela (1992) apresenta onze princípios que definem esta forma de planejamento e controle, visando atender aos quesitos prazo, qualidade e custos. São eles:

- Reduzir as atividades que não agregam valor: todo processo é composto por atividades de conversão e de fluxo. Esse princípio visa identificar as atividades que não agregam valor ao cliente e diminuí-las ou eliminá-las, pois mesmo consumindo recurso, tempo ou espaço, elas não contribuem para atender aos requisitos do cliente.
- Aumentar o valor do produto considerando as necessidades do cliente: o cliente pode ser a próxima etapa no processo de construção (interno) ou o consumidor final (externo). Assim, é preciso analisar e identificar os requisitos dos clientes interno e externo, por meio de mapas e estudos do processo, para gerar valor ao produto.
- Reduzir a variabilidade: para Bernardes (2021), um produto uniforme é melhor aceito pelo cliente, um dos principais motivos para a redução da variabilidade. Existem vários tipos de variabilidade, como variabilidade nos processos anteriores (blocos fornecidos com diferenças nas características, dimensões etc.), variabilidade do próprio processo (tempo de execução de uma atividade etc.), variabilidade da demanda (novas solicitações dos clientes etc.). Essa variabilidade pode aumentar a quantidade de atividades que não agregam valor e, por meio de processos de controle e planejamento, podem ser reduzidas.
- Reduzir o tempo de ciclo da produção: o tempo de ciclo é definido com o somatório dos períodos de tempo necessários para se produzir um produto (movimentação, processamento, espera e inspeção). Esse princípio busca diminuir

o tempo do ciclo, reduzindo ou eliminando o tempo de espera e a necessidade de inspeção, proporcionando uma entrega mais rápida do produto.

- Simplificar pela redução do número de etapas: quanto mais etapas o processo construtivo tiver, mais ele tende a ter mais atividades que não agregam valor. Dessa forma, reduzir o número de passos elimina atividades que não agregam valor (KOSKELA, 1992). Um bom planejamento do processo e o uso de mão de obra polivalente podem auxiliar nessa redução.
- Aumentar a flexibilidade na execução do produto: este princípio se trata da possibilidade de se alterar as características do produto, se adequando aos requisitos dos clientes e sem aumentar significativamente o seu custo. O uso de tecnologias construtivas mais ajustáveis e de equipes polivalentes facilitam essa customização do produto.
- Aumentar a transparência do processo: um processo de produção sem transparência reduz a visibilidade dos problemas, aumentando a possibilidade de erros. Segundo (DESCHAMPS, 2015), a identificação desses problemas é facilitada por dispositivos e indicadores que contribuem para uma melhor análise das informações.
- Focar o controle no processo global: para Lorenzon (2008), o processo de produção pode passar por vários níveis organizacionais, podendo ir além dos limites da empresa, envolvendo clientes e fornecedores. É importante um controle levando em consideração o processo como um todo, não focando apenas nas etapas, possuindo alguém responsável pelo todo e equipes auto gerenciáveis, propiciando um melhor controle. Todos os processos devem ser medidos e controlados, até mesmo aqueles mais complexos.
- Introduzir melhoria contínua no processo: segundo Lorenzon (2008), a melhoria contínua pode ser aplicada por meio do estabelecimento de metas, como redução de estoque e apresentação de propostas para atingi-las. Estimular os trabalhadores a utilizarem as boas práticas, visando diminuir o desperdício e agregar valor é uma boa alternativa para essa melhoria. É importante a aplicação de premiações pelo cumprimento dessas metas, recompensando e desafiando os funcionários para seu desenvolvimento.
- Manter o equilíbrio entre melhorias nos fluxos e nas conversões: as melhorias de fluxo e conversões estão relacionadas. Fluxos melhor gerenciados favorecem a

introdução de novas tecnologias e diminuem a necessidade de capacidade de produção nas atividades de conversão, diminuindo a necessidade de investimentos. A introdução de novas tecnologias nas atividades de conversão pode trazer menos variabilidade, beneficiando os fluxos. Por isso, é necessário que exista um equilíbrio entre essas atividades.

- ***Benchmarking***: traçar metas e ações para atingi-las comparando com os melhores resultados de processos semelhantes. Esse princípio pode ser usado como uma referência motivacional, verificando resultados de empresas fortes no mercado, consideradas líderes, e analisando seus pontos fortes e fracos para que podem servir de aprendizado, por meio de ajustes e adaptações para o processo da sua empresa.

3.5.1 Ferramentas de planejamento

Para que as tarefas aconteçam de acordo com o planejado, o engenheiro civil precisa ter o auxílio de técnicas e ferramentas que possibilitam a execução do planejamento da obra. Essas ferramentas são utilizadas para a avaliação do desempenho da produção ao longo do tempo, comparando ações e resultados planejados e ocorridos.

Entre essas ferramentas, pode-se citar: Pert/CPM (Técnica de Avaliação e Revisão de Projetos / Método do Caminho Crítico), Cronograma de barras (Gantt) e Linha de Balanço (LOB). Neste trabalho, serão abordadas as técnicas de Linha de Balanço e *Last Planner System*.

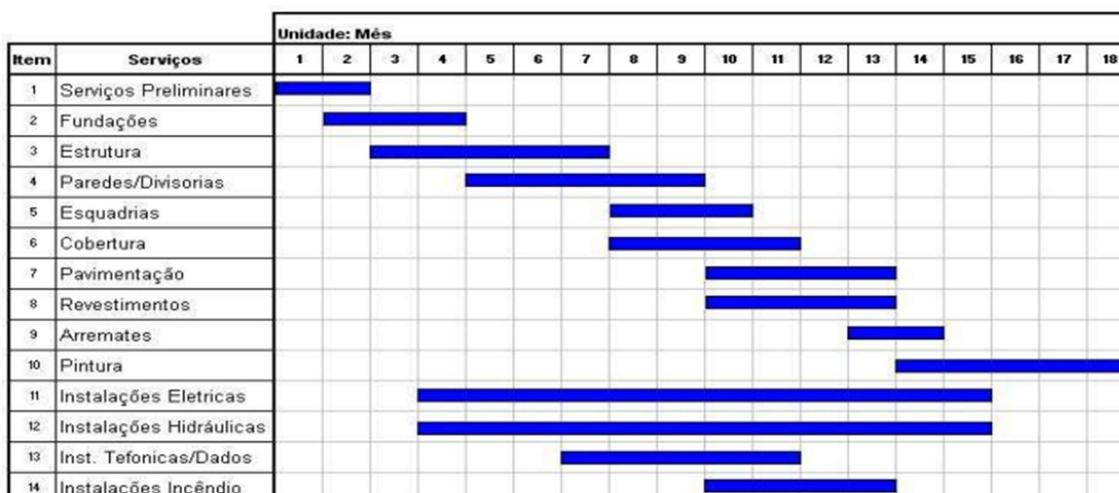
3.5.1.1 Linha da Balanço (LOB)

A Linha de Balanço (LOB) é uma ferramenta de planejamento e controle, mais indicada para projetos que possuem atividades repetitivas e que serão executadas por um longo período, como conjuntos habitacionais e edifícios com múltiplos pavimentos. Esta técnica é uma das mais conhecidas e executadas nos projetos de construções lineares.

Essa metodologia é utilizada para planejamento de longo prazo, determinada a partir do ritmo de fornecimento de materiais e processos concluídos necessários para a produção de uma unidade completa. O número de unidades de produção concluídas num certo instante se refere ao ritmo de produção, assegurando a continuidade dos serviços e dando maior garantia do prazo de finalização da obra.

O Diagrama de Linha de Balanço pode ser facilmente comparado com o Gráfico de Gantt (Figura 9). Esse gráfico foi desenvolvido pelo norte-americano Henry Gantt e é a ferramenta de controle mais utilizada na construção civil. No Gráfico de Gantt, no eixo vertical, cada barra representa uma atividade e o eixo horizontal apresenta a escala de tempo.

Figura 9 – Gráfico de Gantt



Fonte: Oliveira, 2013.

Comparando os dois métodos citados, a Linha de Balanço pode ser mais eficaz no processo de construções repetitivas, pois possibilita a análise do ritmo de qualquer processo, podendo prever conflitos de produção e balancear a velocidade de execução, permitindo táticas de produção. Entretanto, essa técnica se limita à produção linear, de ritmos constantes durante todo o processo, dificultando a programação de serviços não repetitivos.

3.5.1.2 *Last Planner System (LPS)*

O sistema *Last Planner* é uma ferramenta de planejamento e controle da produção no nível operacional, desenvolvido por Glenn Ballard e Howell, em 1994. O sistema tem como objetivo formalizar o plano de curto prazo, por meio da diminuição da variabilidade do fluxo de trabalho. A intenção desse sistema nada mais é que avaliar a eficácia do planejamento operacional e apontar as causas do não cumprimento das atividades planejadas.

A ênfase, portanto, não é de otimizar o uso dos recursos, diferente das demais ferramentas apresentadas, mas sim executar a obra dentro do prazo e sequência planejados, aumentando a confiabilidade da produção. Essa confiabilidade evita a ocorrência de desvios que interferem na execução das atividades, como a falta de material ou mão de obra, e proporciona uma maior expectativa de conclusão da obra dentro do prazo previamente programado.

Como mostrado na Figura 10, o *Last Planner* é feito em uma planilha, através de reuniões tipicamente semanais, analisando os seguintes elementos:

- O que e onde: determina-se as tarefas a serem executadas e o local de execução;
- Quem: define-se a equipe responsável por cada atividade;
- Quando: aponta os dias em que a tarefa será executada;
- Avaliação da eficácia: assinala-se se a tarefa planejada na semana foi concluída;
- Por que: registra a causa das atividades que não foram concluídas.

Figura 10 – Planilha exemplo do *Last Planner System*

Planejamento de Curto Prazo								PPC=	%
Obra:	Semana:								
Tarefa	Equipe	S	T	Q	Q	S	S	OK?	Causas
Revestimento interno ap. 203		x	x	x	x				
Revestimento do quarto de solteiro						x	x		
Revestimento interno ap.202		x	x	x	x	x	x		
Reserva	Alvenaria de circulação do 4º pavimento								
	Revestimento do quarto de casal do ap. 204								

Fonte: Nascimento, 2017.

Dentro da planilha é utilizado o indicador PPC (Percentual do Planejamento Concluído), que indica a eficácia do planejamento para toda a obra ou para cada equipe individualmente. O PPC, mostrado na equação (2), mostra uma relação entre a quantidade de tarefas concluídas e a quantidade de tarefas planejadas dentro daquele período. Assim, este indicador gera uma porcentagem em cima do planejamento, gerando uma preocupação aos responsáveis e motivando um melhor desempenho em cima das metas.

$$PPC = \frac{n^{\circ} \text{ de tarefas } 100\% \text{ concluídas}}{n^{\circ} \text{ de tarefas planejadas}} \times 100\% \quad (2)$$

4. ESTUDO DE CASO

4.1 APRESENTAÇÃO DA OBRA

A construtora do empreendimento estudado atua no mercado da construção civil e foi fundada no ano de 1981 na cidade de Uberlândia – MG, contando hoje com empreendimentos em vários estados do país, como São Paulo, Rio de Janeiro, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul e Goiás.

O empreendimento em questão, detalhados nas Figuras 11 e 12, que está localizado na cidade de Anápolis – GO, é um condomínio horizontal formado por 275 casas térreas, em um terreno com área total de 96.945,00 m². Todas as unidades são idênticas, com 56,40 m² de área, além de guarita de 75,75 m², academia de 98,60 m² e salão de festas de 121,00 m², totalizando 15.805,35 m² de área construída. Cada casa possui dois dormitórios, sendo um suíte, sala de estar/jantar, banheiro social, área de serviço e varanda frontal. O condomínio possui infraestrutura completa e área de lazer com piscina adulta, piscina infantil, deck molhado, *playground*, *pet place*, quadra poliesportiva, salão de festas e academia.

Figura 11 – Fachada da casa



Fonte: Construtora do empreendimento, 2023.

Figura 12 – Implantação do empreendimento



Fonte: Construtora do empreendimento, 2023.

4.2 PROCESSOS DO PLANEJAMENTO FÍSICO

Esse tópico irá apresentar como foi executado o planejamento inicial da obra estudada, que a princípio não foi utilizada a técnica *Lean Construction*, mas devido à falta de controle da execução do empreendimento e à duas trocas de gestão da obra, decidiu-se a implantação desse método para auxiliar no cumprimento do seu cronograma.

4.2.1 Definição do prazo de execução da obra

Primeiramente, foi definido o cronograma de prazo de execução da obra pelo Coordenador de Planejamento e Custo da construtora. A elaboração do cronograma baseou-se em experiências de empreendimentos anteriores, além do anteprojeto e seguindo o roteiro sugerido por Mattos (2019) em sua literatura:

- Identificação das atividades: essa etapa é responsável por determinar as atividades que irão integrar o planejamento da obra, que é melhor determinada com o uso da Estrutura Analítica de Projeto (EAP), como citado no item 3.4. A EAP foi elaborada pelo setor de Planejamento, através da análise dos projetos do empreendimento e detalhando os serviços que serão executados;
- Definição das durações: é quando se determina o tempo necessário para a execução de cada atividade da EAP. Essa duração depende da produtividade, da quantidade de serviços e de mão de obra alocada. Esse levantamento quantitativo de materiais e serviços foi feito por orçamentistas contratados pela empresa, que realizam todos os levantamentos, baseados nos projetos, para a elaboração do orçamento da obra, que após finalizado passa pela validação do Coordenador de Planejamento e Custo. Com esse quantitativo em mãos, o setor de planejamento define as durações de cada serviço baseado nas produtividades já aplicadas em outros empreendimentos da empresa;
- Definição da precedência: é utilizada para a definição da sequência construtiva, estabelecendo as relações entre os serviços e o local onde irão ocorrer. Para execução dessa etapa, o setor de Planejamento baseou-se na EAP concluída e definiu a sequência que a obra deveria seguir;

- **Montagem do diagrama de rede:** representação gráfica da sequência lógica das atividades, feita pelo engenheiro de planejamento da empresa, facilitando a visualização da inter-relação entre elas para auxiliar na elaboração do cronograma da obra;
- **Identificação do caminho crítico:** o caminho crítico é a sequência de atividades que produz o tempo mais longo do projeto, analisado pelo próprio engenheiro que elaborou o diagrama de rede, utilizado para determinação do prazo final da obra;
- **Utilização de buffers:** são utilizadas folgas, para se obter um gerenciamento das incertezas e variáveis presentes no processo construtivo. Essas folgas foram definidas pelo engenheiro de planejamento, se baseando nas produtividades já utilizadas em outras obras da empresa;
- **Cronograma:** é o produto final da elaboração do planejamento, apresentando a posição de cada atividade ao longo do tempo. Para a determinação do cronograma da obra em questão, utilizou-se o método do Gráfico de Gantt, citado no item 3.5.1.1, como está representado na Figura 13.

Figura 13 – Parte do cronograma inicial da obra

Grupo	Unidade	Quantidade Cronograma	Mês 6	Mês 7	Mês 8	Mês 9
Locação da obra	uh	275				
Teraplanagem e/ou platô	uh	275				
Muro de fechamento do condomínio	porcentagem	100	6,25	6,25	6,25	
Fundação - radier	uh	275	8	8	8	8
Esgoto sanitário - isométricos e prumadas	uh	275	8	8	8	8
Impermeabilização do perímetro das paredes	uh	275	8	8	8	8
Caixas de inspeção - perímetro das casas	uh	275	8	8	8	8
Paredes, lojas e muros de divisão - fôrma de alumínio	uh	275	0	2	8	8
Platibanda	uh	275	8	2	8	8
Água fria - isométrico e prumadas	uh	275	8	2	8	8
Check list fôrma	uh	275	8	2	8	8
Elétrica - guia e enfição	uh	275	8	8	2	8
Estucamento interno e chapisco rolado	uh	275	8	8	8	2
Instalação de pontos de ancoragem	uh	275	0	2	8	8
Estrutura Metálica - Gradeamento	uh	275	8	8	2	8
Cobertura com telhas, calhas, rufos e pingadeira	uh	275	8	8	8	2
Lixamento e regularização da superfície	uh	275	8	8	8	2
Nivelamento com argamassa e/ou textura	uh	275	8	8	8	8
Aplicação de selador e textura externa	uh	275				
Água fria - barmite e caixa d'água	uh	275	8	2	8	8
Teste Hidráulico - estanqueidade tubulação	uh	275	8	8	2	8
Impermeabilização do peitoril/janela	uh	275	8	8	8	2

Fonte: Construtora do empreendimento, 2023.

O cronograma foi feito através do *software* Excel®, ferramenta bastante utilizada pela empresa, que possui cursos e capacitações para os funcionários aprenderem a utilizá-la. Ele foi elaborado pelo engenheiro de planejamento da empresa, que após finalizado, passa pela aprovação do Coordenador de Planejamento e Custo e do Diretor Técnico da empresa, para depois ser repassado ao engenheiro da obra.

Para a sua execução, utilizou-se uma produtividade que foi baseada em dados históricos executados em outras obras da empresa, dando um bom entendimento para o

planejamento a longo prazo da construção. Ele foi feito buscando reduzir o tempo ocioso entre as atividades e visando uma execução mais rápida e eficaz.

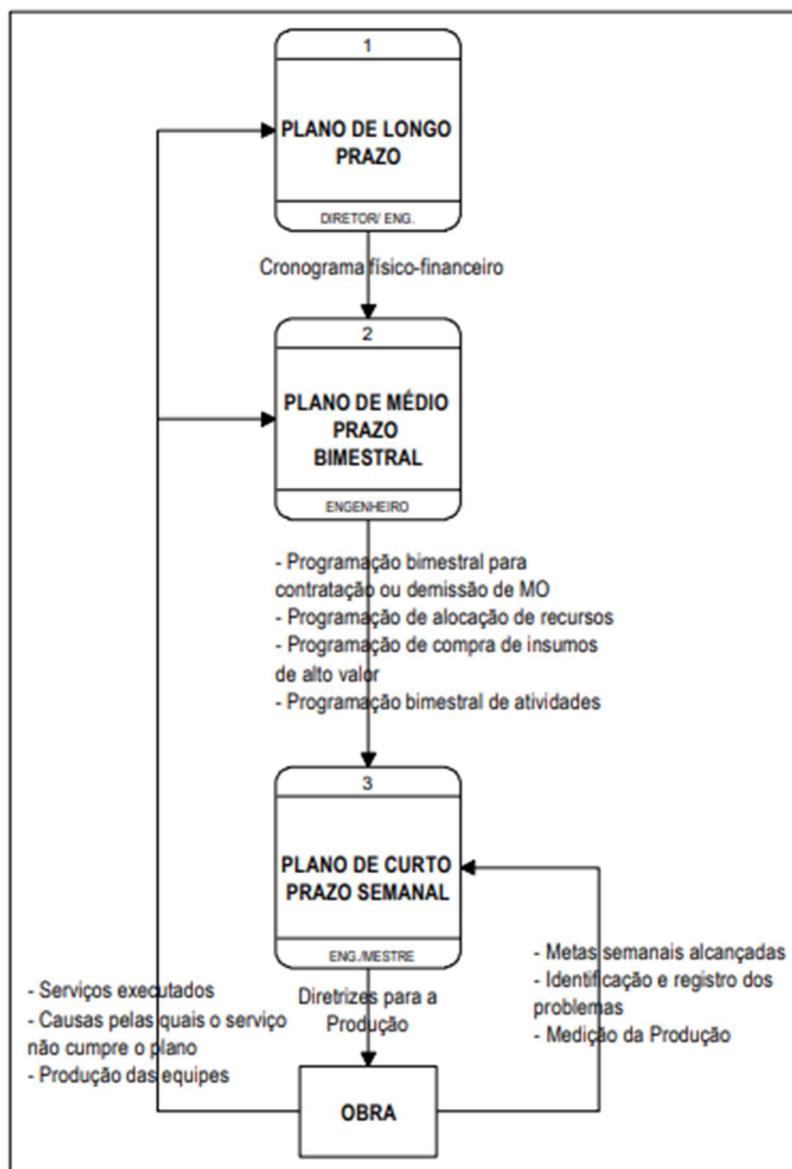
Contudo, não haviam planejamentos de médio e curto prazo, não fornecendo uma análise mais detalhada da execução das atividades. Isso causava um descontrole na execução de serviços e na compra de materiais, não solucionando as restrições para iniciar as atividades e gerando atraso na obra. Além disso, adversidades como a troca de gestão da obra e imprevistos durante o processo de execução geraram preocupação na empresa, que percebeu a necessidade da aplicação de um método de controle do planejamento da obra, o *Lean Construction*, baseado nos onze princípios determinados por Koskela (1992).

Esse método foi escolhido por se tratar de uma forma de produção que visa, principalmente, aumentar a eficiência do processo de execução e aumentar o valor e qualidade do produto final ao cliente, o que é essencial para uma empresa que possui diversas obras e busca terminá-las cada vez mais rápido, mantendo a qualidade do produto.

4.2.2 Identificação do estado atual do empreendimento

Para o início da aplicação desse método, considerou-se um modelo do processo de planejamento e controle a ser seguido baseado na literatura de Bernardes (2021), estruturado de acordo com a Figura 14.

Figura 14 – Modelo de Planejamento



Fonte: Bernardes, 2021.

Para aplicação desse modelo, foi necessário o apoio do engenheiro da obra, do supervisor de obras da regional de Anápolis e do setor de Planejamento da empresa, que auxiliam neste gerenciamento. Visando uma aplicação mais simples e objetiva, imprimiu-se os quadros da Linha de Balanço, do Planejamento a Médio Prazo, do Planejamento a Curto Prazo e do controle de problemas, colocando-os na sala de reuniões da obra, ficando visível para todos os colaboradores da obra.

A Linha de Balanço esboça o plano de ataque da obra, apresentando todos os pacotes de trabalho a serem analisados e executados. O quadro de Planejamento a Médio

Prazo traz o detalhamento dos serviços da Linha de Balanço para o período de dois meses, retratando uma melhor visão sobre as metas que devem ser atingidas para seguir o planejamento a longo prazo.

O quadro de Planejamento de Curto Prazo é utilizado para realizar o controle diário do que é produzido por cada serviço, analisando a sua evolução em cima da meta semanal que foi detalhada no médio prazo e apontando os problemas que apareceram nas atividades dentro do quadro de controle de problemas.

Como a Linha de Balanço é um quadro grande, que contempla todos os serviços da obra e passa por poucas alterações ao longo do tempo, ela foi disposta em uma parede separada, como será visto no item 4.2.2.1. Já os quadros de controle de médio e curto prazo, que possuem alterações frequentes e possuem os preenchimentos interligados, foram dispostos lado a lado, como exibido na Figura 15.

Figura 15 – Local de planejamento da obra



Fonte: Construtora do empreendimento, 2023.

De acordo com o modelo da Figura 14, o processo é iniciado com o plano de longo prazo, que foi executado baseado no cronograma físico, feito no início da obra. Assim,

foi necessário determinar a realidade da obra, considerando aquilo que já foi realizado e elaborar um novo planejamento a longo prazo daqueles serviços que ainda precisam ser executados.

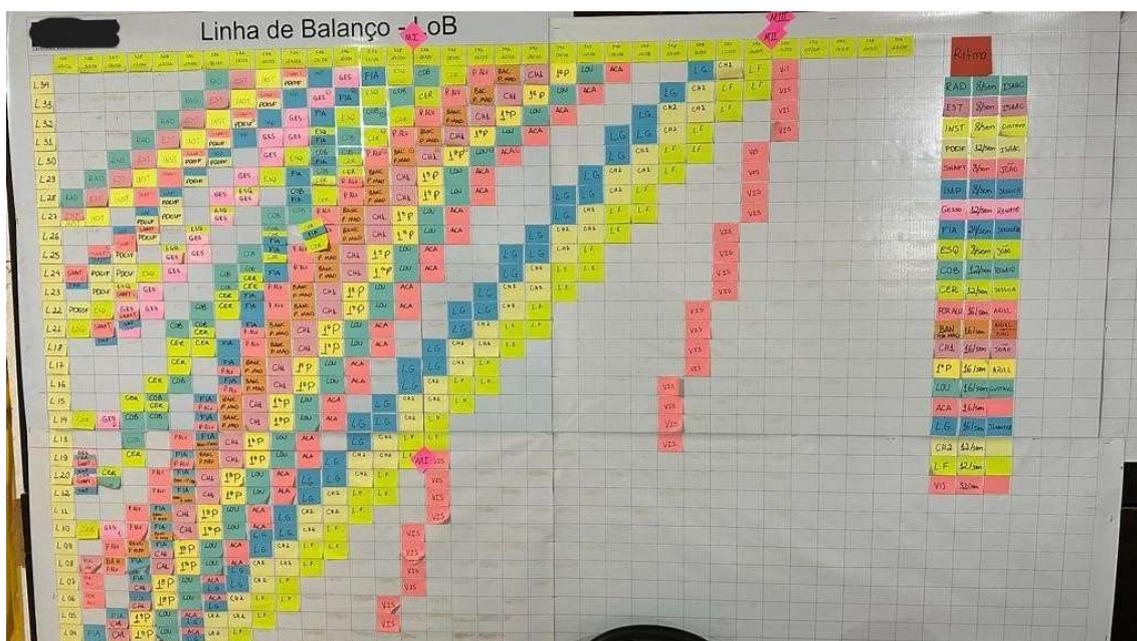
Com o decorrer da obra, o cronograma deve ser atualizado periodicamente, identificando-se os serviços que estão sendo executados, as causas que levaram as metas a não serem alcançadas e o percentual das atividades executadas. Isso é melhor visto no plano de médio prazo, que visa detalhar as metas estipuladas pelo cronograma dentro de um período de dois meses. Essa análise permite aos gestores da obra visualizarem o quanto deve produzir em cada serviço ao longo das semanas, programar quando contratar ou demitir mão de obra, alocar recursos e comprar materiais no momento certo.

Visando analisar o andamento dessas metas, foi elaborado um plano de curto prazo semanal, que possibilita analisar a produtividade diária de cada empresa e identificar os problemas que não estão permitindo que as metas sejam cumpridas.

4.2.2.1 Planejamento de longo prazo (PLP)

Para esse planejamento, optou-se pela Linha de Balanço (Figura 16). Esse método é considerado vantajoso quando se trata de projetos de construção repetitiva em que se mantém um ritmo do processo (LORENZON, 2008).

Figura 16 – Linha de Balanço do empreendimento



Fonte: Construtora do empreendimento, 2023.

A Linha de Balanço foi elaborada por meio da colagem de papéis coloridos, relacionando a quantidade em função do tempo, pela representação gráfica de retas em um sistema de eixos cartesianos. O eixo vertical contém a unidade que se repete, nesse caso as casas do condomínio, e o horizontal representa o instante de tempo em que essas unidades serão produzidas, nesse caso cada coluna representou uma semana. Cada reta colorida representa um pacote de serviço e a sua inclinação representa o ritmo de execução de cada atividade.

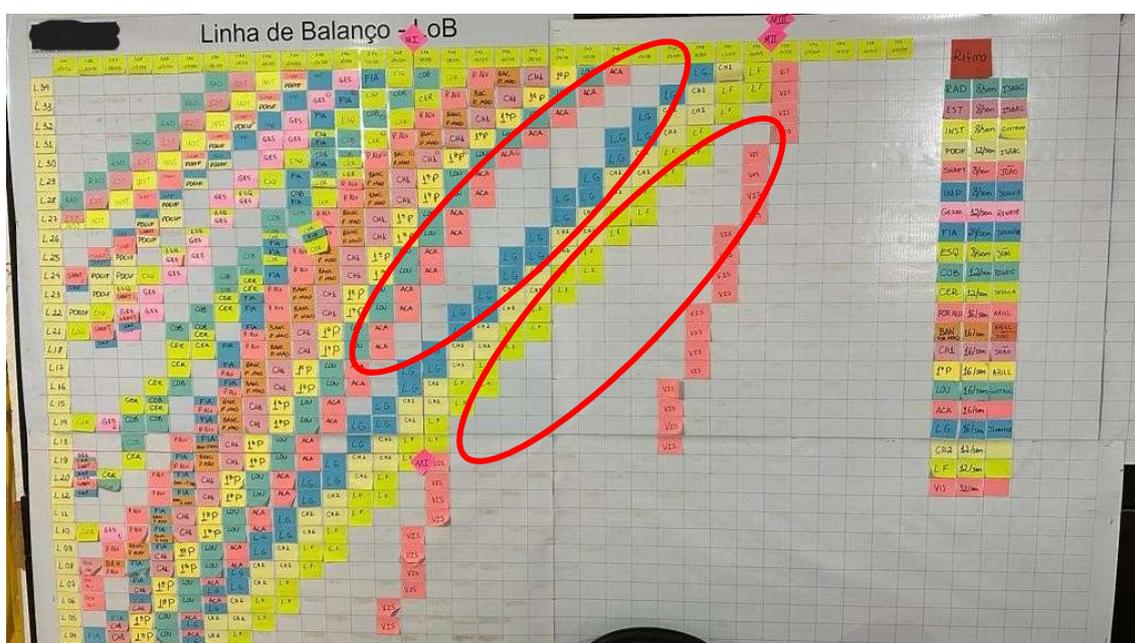
Para executá-la, primeiramente analisou-se a data de entrega do empreendimento ao cliente final, que já havia sido definida, pois a obra já se encontrava em andamento. Em seguida, levantou-se as características do projeto base e os dados de produtividade informados pela empresa, para alocarem os pacotes de trabalho. Optou-se por sua montagem física, por meio da colagem de papéis coloridos, no lugar da montagem virtual, por meio de uma planilha. Esse método foi utilizado para melhorar a troca de informação com todos da obra, permitindo que qualquer um acompanhe o andamento da obra, facilitando o seu aprendizado e execução.

Nessa Linha de Balanço, observa-se que foram lançados os pacotes de trabalho de forma linear, balanceados entre si, seguindo o mesmo ritmo de produção, iniciando-os de baixo para cima e assegurando a inexistência de bolsões de tempo (*buffers*), permitindo

o sequenciamento das atividades pelas unidades de repetição. Esse balanceamento permitiu definir quantas unidades estarão concluídas em um determinado de tempo, possibilitando melhorar a programação das equipes, melhorar o aproveitamento do material e minimizar as interrupções do trabalho de alguma equipe, dando melhor continuidade ao fluxo produtivo.

Na Figura 17, observa-se através dos círculos vermelhos que se impõem pequenos *buffers* entre as últimas atividades. Esses *buffers* são folgas de tempo determinadas na Linha de Balanço para flexibilizar a produção caso algum imprevisto aconteça. Isso é importante pois se algum pacote de trabalho não seguir com o programado, essa folga dá um prazo para solucionar o problema e não causar um atraso em todo o processo.

Figura 17 – *Buffers* na Linha de Balanço



Fonte: Construtora do empreendimento, 2023.

Antes de aplicar o método de linha de balanço, era possível ver o prazo que cada serviço teria duração, mas não era claramente visível o seu ritmo de execução. Assim, a aplicação da linha de balanço foi importante para a obra conseguir gerenciar o seu ritmo de produção, acompanhando a inclinação de cada reta e podendo acelerar ou atrasar cada serviço, à medida em que as retas vão se aproximando ou se afastando. Diante disso, caso as atividades se cruzem, a Linha de Balanço permite observar isso e aumentar o ritmo daquela produção mais lenta ou diminuir a produção daquela mais rápida.

Por trazer essa melhor visão dos ritmos e sequenciamento da produção dos serviços, esse método foi visto de forma bastante positiva pela obra. Dessa maneira, a obra seguiu com a Linha de Balanço como sua nova forma de planejamento a longo prazo. Através de análises mensais, o andamento da obra é acompanhado pelo setor de Planejamento da empresa, comparando o que está sendo executado com o que foi planejado, para ver se ela está conseguindo cumprir com o novo plano.

4.2.2.2 Planejamento de médio prazo (PMP)

Esse tipo de planejamento possui o papel de vincular o planejamento de longo prazo com o de curto prazo, retirando da Linha de Balanço um período de dois meses para serem mais detalhados, como mostrado na Figura 18. Esse controle é feito por meio de reuniões semanais entre o engenheiro e a parte administrativa da obra, composta por estagiários, auxiliares e encarregados da obra. Coube ao engenheiro determinar cada um desses como responsáveis pelas atividades a serem executadas, submetendo-os a auxiliar o engenheiro na gestão de materiais e mão de obra, para cumprir com o ritmo determinado para cada serviço.

Um dos principais objetivos desse plano é a identificação das restrições existentes no processo construtivo, possibilitando a elaboração de ações para removê-las e garantindo uma melhor confiança para o planejamento de curto prazo (BERNARDES, 2021). As restrições são identificadas por meio de reuniões quinzenais na obra, elaborando uma planilha utilizando o *software* Excel® (Figura 19) onde são apontados os serviços, a categoria da restrição, o plano para a sua solução, o responsável pela mesma e a data limite para a sua remoção.

Figura 19 – Planilha de Remoção de Restrições

Plano de Ação de Remoção de Restrições 2023							
SERVIÇO	CATEGORIA RESTRIÇÃO	AÇÃO	RESPONSÁVEL	DATA NECESSÁRIA PARA REMOÇÃO	DATA DA REMOÇÃO DA RESTRIÇÃO	PRAZO DA CONCLUSÃO	STATUS
ACABAMENTOS	Falta de finalização da frente antecedente	Garantir entrega de canoplas	Isaac	24/03/2023	23/03/2023	1	Remoção no Prazo
Telhado	Falta de finalização da frente antecedente	Contratar mão de obra de Buzinote	Ariel	31/03/2023	31/03/2023	0	Remoção no Prazo
Telhado	Falta de finalização da frente antecedente	Fazer levantamento de telha	João Vitor	30/03/2023	31/03/2023	-1	Remoção Atrasada
Telhado	Material	Requisição de telha	João Vitor	30/03/2023	31/03/2023	-1	Remoção Atrasada
Bacia Sanitaria	Material	Fazer levantamento de parafusos de Bacia Sanitaria	Ariel	30/03/2023	30/03/2023	0	Remoção no Prazo
Textura	Material	Requisição de textura e selador	Jennifer	30/03/2023	29/03/2023	1	Remoção no Prazo
Hidraulico	Material	Requisição de tubo de 25mm para hidraulica externa	Jennifer	30/03/2023	30/03/2023	0	Remoção no Prazo
Portas e Esquadrias	Logistica/Espaço	Retirada de material da casa 25 e 27	Ariel/João	29/03/2023	30/03/2023	-1	Remoção Atrasada
Check List II	Mão-de-Obra	Contratar mão de obra	Edmar	03/04/2023	02/04/2023	1	Remoção no Prazo
ELETRICA	Mão-de-Obra	Equipe de montagem de postes fazer conferencia de serviço	Edmar	31/03/2023	31/03/2023	0	Remoção no Prazo
ELETRICA	Material	Fazer requisição do cabo de alimentação do quadro elétrico	Jennifer	30/03/2023	31/03/2023	-1	Remoção Atrasada
Muro de fôrma	Material	Fazer requisição de tela do muro de divisa do Módulo III	Victor	28/03/2023	27/03/2023	1	Remoção no Prazo

Fonte: Construtora do empreendimento, 2023.

Por meio dessa análise de restrições a obra conseguiu analisar, de forma antecipada, todos os requisitos necessários para dar início a cada atividade dentro do seu determinado prazo. Antes da implementação das metodologias de planejamento e controle a obra sofria com a falta de materiais e de mão de obra para dar início aos serviços no prazo correto, mas não conseguia ter esse controle, pois antes não havia uma forma organizada de identificação dessas restrições.

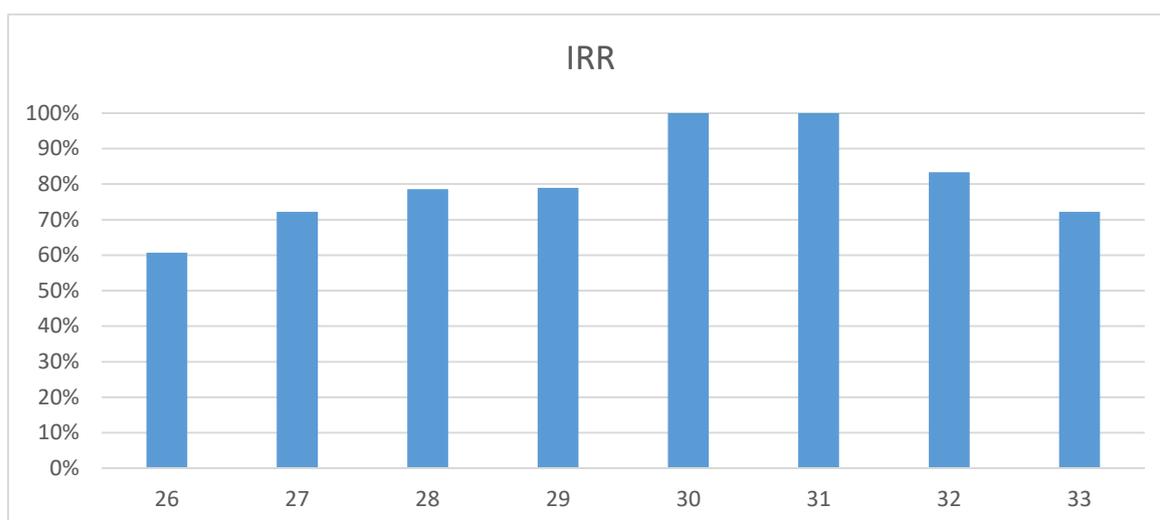
Essa planilha é composta pela identificação do serviço que possui a restrição, a categoria em que ela se encaixa (ex.: falta de mão de obra), a possível solução para esse problema, seu responsável, as datas em que a restrição precisa ser removida e que ela foi efetivamente removida, o prazo para a sua conclusão e seu status, apontando se ela foi removida dentro do prazo ou atrasada.

Esse método de controle é muito importante para a obra, pois permite a distribuição dos serviços no momento certo e a programação de contratações de mão de obra e pedidos de materiais. Além disso, distribui responsabilidades para diversos

profissionais, delegando as tarefas. Entretanto, é de responsabilidade do engenheiro a elaboração do planejamento de médio prazo, junto ao setor de planejamento, e a definição dos responsáveis por cada atividades.

Como mostrado na Figura 19, a planilha de remoção de restrições é fundamental para o planejamento de médio prazo, pois ela permite entender os problemas existentes para dar início aos serviços futuros e planejar as soluções dos mesmos. Assim, para acompanhar se a obra está realmente buscando solucionar esses problemas, foi aplicado o Índice de Remoção de Restrições (IRR), calculado de acordo com a equação (1), que se trata do quociente entre o total de restrições para iniciar um determinado serviço e a quantidade de restrições solucionadas dentro de um espaço de tempo. Esse indicador aponta o percentual de restrições solucionadas dentro de cada semana, como evidencia o Gráfico 1.

Gráfico 1 – IRR das semanas 26 a 33



Fonte: Construtora do empreendimento, 2023.

Por meio do Gráfico 1, observa-se uma melhora no IRR da semana 26 até a semana 31, mas uma piora nas semanas 32 e 33. Essa melhora mostra que entre as semanas 26 e 31, a obra conseguiu aumentar a quantidade de restrições removidas dentro de cada semana, conseguindo atingir 100% nas semanas 30 e 31. Todavia, nas semanas 32 e 33 houve uma queda desse percentual, apontando que a obra não está conseguindo remover todas as restrições apontadas. Isso aconteceu por conta da saída repentina de uma empresa de pintura, tendo dificuldade para encontrar outra para substituir e pelo atraso na

entrega de dois materiais, piso e portas de madeira, o que não permitiram o início do serviço dentro do prazo.

Esse indicador é importante para que o engenheiro consiga acompanhar como está o andamento da sua obra, se os responsáveis por cada atividade estão sendo capazes de manter o ritmo do processo. Ainda, esse indicador é discutido nas reuniões quinzenais entre a obra, o setor de Planejamento, o supervisor de obras de Anápolis e o diretor de obras da empresa, para que sejam apontados os motivos pelos quais as restrições não foram removidas e as possíveis soluções a serem tomadas. A presença do diretor de obras é fundamental para dar direcionamentos para a obra, por se tratar de uma pessoa mais experiente.

Como a empresa possui a compra de materiais centralizada no setor de Suprimentos, é de extrema importância a organização dos pedidos dos materiais. Esse setor possui janelas de compras de 15 em 15 dias e o prazo pré-determinado para negociação de cada um dos materiais, como é exibido na Figura 20. A figura divide os materiais de acordo com a sua família (argamassa, barra de aço etc). Para fechar negócio com o fornecedor, o setor de Suprimentos tem o prazo de 15 dias, apontado na segunda coluna, a terceira coluna traz o prazo de entrega estipulado para cada família de material. Já a última coluna faz a soma do prazo de negociação com o prazo de entrega, trazendo o tempo total que o material leva para chegar à obra.

Tendo em vista todos esses prazos, é necessário ter um ótimo controle de quando a obra vai precisar do material para fazer o seu pedido no momento certo, já prevendo prazos para negociação e entrega do material na obra. O planejamento a médio prazo é responsável por esse controle com melhor exatidão.

Figura 20 – Prazo para fechamento de materiais

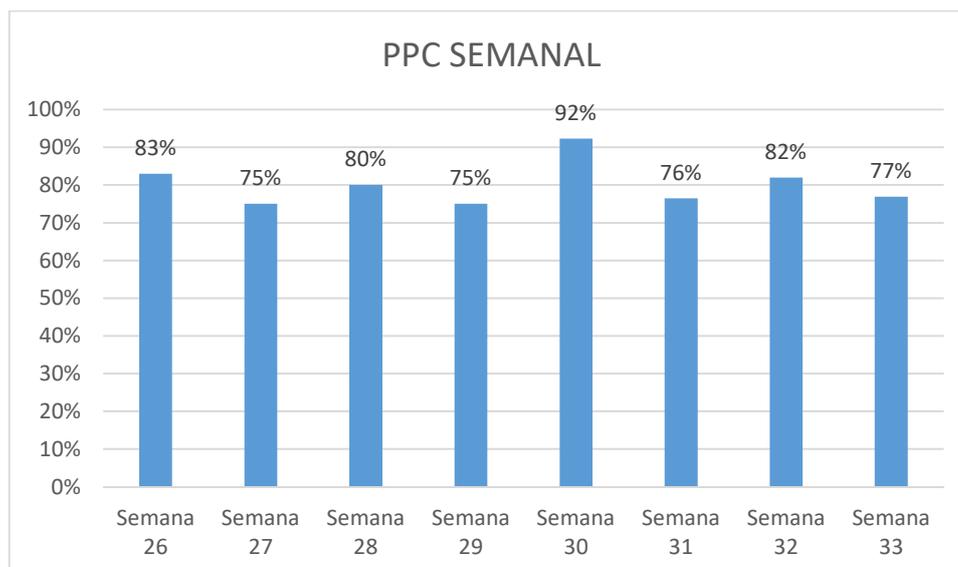
PRAZO DE ENTREGAS DE MATERIAIS				
CÓDIGO	CLASSE DE MATERIAL	GERAÇÃO DA ORDEM DE COMPRA [dias corridos]	TEMPO DE ENTREGA [dias corridos]	TEMPO TOTAL (Tempo de gerar OC + Tempo de entregar) [dias]
2	Aditivos em geral/fibras para concreto	15	30	45
4	Argamassa e rejunte	15	10	25
1	Barra de Aço, tela, treliça, prego e arame galvanizado	15	30	45
5	Bloco de concreto	15	20	35
7	Disjuntores	15	30	45
9	Esquadrias de alumínio/esquadria de vidro (porta de vidro...)	15	45	60
13	Fios e cabos	15	35	50
14	Gesso pega lenta	15	20	35
10	Gradeamento metálico (estrutura telhado, rufos, calhas)	15	35	50
17	Interruptores e tomadas	15	25	40
18	Kit porta pronta	15	45	60
19	Louças sanitárias	15	30	45
20	Madeiras/madeirite	15	20	35
29	Materiais para drywall/shaft	15	30	45

Fonte: Construtora do empreendimento, 2023.

4.2.2.3 Planejamento de curto prazo (PCP)

Assim como já determinado no planejamento de médio prazo, cada pacote de serviço possui as suas metas semanais a serem batidas, para cumprirem com o cronograma elaborado. Dessa forma, o planejamento a curto prazo, por meio da ideia do *Last Planner System*, visa obter o controle semanal desses serviços, alocando as equipes responsáveis por cada tarefa e acompanhando as suas evoluções durante a semana. O *Last Planner System* é importante para facilitar a comunicação entre os envolvidos no processo (FORMOSO, 2009).

A Figura 21 traz o modelo de planejamento de curto prazo utilizado pela obra e na Figura 22 está representado o quadro do PCP, preenchido na primeira semana de abril de 2023, que se encontra na sala de planejamento da obra e o seu preenchimento é feito pelos estagiários e auxiliares de engenharia responsáveis pelos serviços. Analisando as duas imagens, observa-se que no quadro, a obra preenche cada serviço que deve ser efetivado durante a semana, o local onde está planejado que ele seja executado, o número da empresa executora, a quantidade total prevista para a semana e, ao longo de cada dia, é preenchida a quantidade realizada de cada serviço. Assim, ao fim de cada semana é feita



Fonte: Construtora do empreendimento, 2023.

No Gráfico 2, pode-se observar o PPC desenvolvido durante as semanas 26 a 33. Anteriormente, a obra não tinha um planejamento de curto prazo e não fazia esse controle de produção diário e semanal de cada atividade. Essa falta de acompanhamento não permitia à obra analisar corretamente o ritmo de produção das equipes, não controlando de perto o atraso semanal, que ia se acumulando no decorrer do médio e longo prazo. Esse planejamento de curto prazo permite que a obra acompanhe o quanto as equipes estão produzindo por serviço e tome as medidas necessárias para atrasar ou acelerar a produção, para cumprir com aquilo que foi planejado.

Pelo mesmo gráfico, observa-se também que, devido à grande quantidade de atividades sendo executadas ao mesmo tempo e a sua complexidade, há uma variação do PPC ao longo das semanas. Pode-se ver também que em nenhuma semana a meta de 100% foi atingida, sendo assim, em nenhuma semana a obra realizou a quantidade total de atividades que foram planejadas.

Essa dificuldade de atingir a meta de produção é um ponto bastante cobrado durante as reuniões, pois em nenhum momento a obra conseguiu atingir a sua produção ideal. Contudo, por ser uma ferramenta nova aplicada na obra, que não possuía a implantação da Construção Enxuta, a construtora estabeleceu a meta de PPC de 80% por semana. Em 4 das 8 semanas analisadas, a obra conseguiu cumprir com essa meta estipulada e nas outras 4 que não conseguiu, manteve o seu percentual bem próximo do exigido, observando-se que a obra está conseguindo evoluir de acordo com o esperado

pela empresa, tendo em vista que é uma ferramenta nova que estava sendo implementada e que estava passando por um processo de adaptação de toda a equipe.

5. CONCLUSÃO

Com os tempos de grande competitividade entre as empresas e constantes mudanças no cenário socioeconômico, político e tecnológico, as construtoras estão buscando mais velocidade na sua produção, sem perder a sua qualidade. Esse trabalho possibilitou a análise da aplicação de metodologias de planejamento e controle dentro de um empreendimento na cidade de Anápolis através da filosofia *Lean Construction*, observando a sua eficiência quanto ao aumento do controle da produção.

Baseado na filosofia da Construção Enxuta, os responsáveis buscaram identificar a metodologia que seria melhor aplicada, satisfazendo as necessidades da empresa e do empreendimento. Nesse estudo de caso, por se tratar de uma obra com serviços repetitivos, utilizou-se a aplicação da Linha de Balanço (LOB) e do *Last Planner System* (LPS), que são técnicas que teriam maior eficiência para esse controle.

A aplicação da Linha de Balanço foi um processo mais demorado, por demandar uma detalhada análise da realidade da obra, para prever uma boa produtividade e cumprir com o prazo estipulado de entrega do empreendimento. Esse método teve bastante sucesso, pois a obra já possuía um cronograma inicial que seguia a ideia do gráfico de Gantt, que é parecido com a Linha de Balanço. Com esse novo método de planejamento de longo prazo, a obra conseguiu acompanhar a evolução da sua obra junto com o ritmo de produção dos serviços, facilitando a visualização da realidade da obra.

A aplicação do *Last Planner System*, por sua vez, foi um pouco mais difícil, pois a obra não tinha o hábito de reuniões semanais para esse controle e o estabelecimento de metas para os responsáveis por cada serviço. Entretanto, apesar da dificuldade inicial da sua aplicabilidade, essa técnica se mostrou bastante eficiente. Por meio dela, foi possível tirar a responsabilidade diretamente do engenheiro e direcioná-la aos demais profissionais, deixando-os responsáveis por cada serviço e cabendo ao engenheiro apenas o monitoramento das tarefas.

É importante dizer também sobre a importância da implantação do planejamento de médio prazo, técnica que não existia anteriormente na obra. Essa ferramenta fez a união entre a Linha de Balanço e o controle semanal, auxiliando na alocação de mão de obra e de materiais no momento certo para cada atividade. Ainda, como a empresa possui as compras centralizadas no setor de Suprimentos, esse planejamento também foi

importante para esse controle de compras de materiais no momento certo, evitando vários atrasos que, sem esse controle, poderiam ocorrer.

Além disso, a técnica de aplicação de forma visual, por meio do uso de quadros e papéis coloridos, facilitou o entendimento do processo e garantiu que todos os responsáveis sempre estivessem cientes da situação da obra, da forma como ela deveria produzir e das metas a serem batidas. O uso do *software* Excel® também foi de extrema importância nesse processo, pois por meio dele o engenheiro e os responsáveis da obra conseguem preencher planilhas com os dados fornecidos pelas ferramentas e gerar os indicadores da obra, que são passados para o setor de Planejamento e os supervisores da empresa.

Por fim, conclui-se que um bom planejamento e controle são essenciais para garantir um bom gerenciamento de uma construção. Pode-se afirmar que os métodos utilizados para os planejamentos de longo, médio e curto prazo se apresentam eficazes no controle de produção da obra e também na análise dos problemas que acontecem durante o processo. A aplicação dessas ferramentas e o uso de *softwares* contribuem para esse processo, proporcionando uma melhor clareza das informações para todos.

Todavia, o apoio dos superiores da empresa, nesse caso do setor de Planejamento, do supervisor de obras e do diretor de obras da empresa, foi essencial para essa aplicação. Esse gerenciamento sobre a obra auxiliou na obtenção de mão de obra, que costuma ser um dos maiores problemas na construção civil e no controle da qualidade de produção, buscando de fato a verdadeira ideologia *Lean Construction*, que é a aceleração do processo construtivo, mas sem perder a qualidade do seu produto final.

REFERÊNCIAS

BERNARDES, Maurício Moreira e Silva. **Planejamento e controle da produção para empresas de construção civil**. 2. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2021. Livros. (1 recurso online). ISBN 9788521637424. Disponível em: <https://www.sistemas.ufu.br/biblioteca-gateway/minhabiblioteca/9788521637424>. Acesso em: 29 dez. 2022.

LORENZON, Itamar Aparecido. **A medição de desempenho na construção enxuta: estudos de caso**. São Carlos: Universidade Federal de São Carlos, 2008.

BALLARD, G. 2000. **The Last Planner System of Production Control**. PhD Dissertation, Dept. of Civil Engineering, University of Birmingham, Birmingham, UK, June.

BALLARD, G. **Lookahead planning: The Missing Link in Production Control**. 1997. 14 f. Proceedings of the 5th Annual Conference of the International Group for Lean Construction – Griffith University, Gold Coast, Austrália, 1997.

LAUFER, A.; TUCKER, R. L. **Is Construction Planning Really Doing its Job? A critical examination of focus, role and process**. Construction Management and Economics. 3^a ed. London: Routledge, 1987. Volume 5, 266 p.

VENTURINI, Juliana Sanches. **Proposta de ações baseadas nos 11 princípios Lean Construction para implantação em um canteiro de obras de Santa Maria**. 2015. Disponível em: http://coral.ufsm.br/engcivil/images/PDF/1_2015/TCC_JULIANA%20SANCHES%20VENTURINI.pdf. Acesso em: 07 mar. 2023.

VENTURA, Ana Carolina Vieira. **Planejamento estratégico em empresas de engenharia civil contratadas para o projeto do COMPERJ**. Dissertação de Pós-graduação, engenharia civil. Niterói 2013. Disponível em: < http://poscivil.sites.uff.br/wp-content/uploads/sites/461/2018/10/dissertacao_-_ana_carolina_ventura.pdf>. Acesso em: 15 mar. 2023.

BERNARDES, Maurício Moreira e Silva. Planejamento e controle da produção para empresas de construção civil. 2. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2021. eBooks Assinatura. (1 recurso online). ISBN 9788521637424. Disponível em: <https://www.sistemas.ufu.br/biblioteca-gateway/minhabiblioteca/9788521637424>. Acesso em: 27 abr. 2023.

KOSKELA, L. (1992) - Application of the New Production Philosophy to Construction. Tech. Report No 72, CIFE, Stanford Univ., CA. KOSKELA, L. (1999) - We need a theory of construction. Berkeley-Stanford CE&M Workshop. Defining a Research Agenda for AEC.

FORMOSO, Carlos Torres. Lean Construction: princípios básicos e exemplos. Disponível em: <https://leanconstruction.wordpress.com/2009/01/19/lean-constructionprincípios-basi-cos-e-exemplos/>. Acesso em: 29 abr. 2023.

TOFFANI, Victor José. GERENCIAMENTO NA CONSTRUÇÃO CIVIL - PLANEJAMENTO E CONTROLE: ESTUDO DE CASO NO PLANEJAMENTO FÍSICO DE UM EMPREENDIMENTO IMOBILIÁRIO. 2015. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/124277>. Acesso em: 29 abr. 2023.

SILVA, Bianca Mirelly. ANÁLISE DOS MODELOS DE PLANEJAMENTO DE OBRAS: ESTUDO DE CASO EM UMA EMPRESA DE GRANDE PORTE. **UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO**, [S. l.], p. 1-47, 13 mar. 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufersa.edu.br/handle/prefix/2478>. Acesso em: 30 abr. 2023.

ISATTO, E. L.; FORMOSO, C. T.; CESARE, C. M.; HIROTA, E. H.; ALVES, T. C. L. Lean Construction: Diretrizes e ferramentas para o controle de perdas na construção civil. 5. ed. Porto Alegre: SEBRAE, abril 2000. 183 p

RUBRICH, L. An Introduction to Lean Construction: Applying Lean to Construction Organizations and Processes. WCM Associates LLC, 2012.

CASTRO, C. L. Aplicação e controle da técnica da Linha de Balanço no planejamento de obra vertical. Universidade Federal de Goiás, p, 1-85, dez. 2017. Disponível em:

<https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/140/o/AGUARDAR_2019_1_-_APLICA%C3%87%C3%83O_E_CONTROLE_DA_T%C3%89CNICA_DA_LINHA_DE_BALAN%C3%87O_NO_PLANEJAMENTO_DE_OBRA_VERTICAL.pdf>.

Acesso em: 30 abr. 2023.

DESCHAMPS, Ramon Roberto. Melhoria sistêmica do planejamento e controle de uma construtora em nível tático-estratégico utilizando conceitos da Lean Construction. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal de Santa Catarina.

OLIVEIRA, Érikson Ricardo Marques de. Metodologia de implantação da construção enxuta: estudo de caso em construtora de porte médio. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2013.

NASCIMENTO, A. H.; REINALDO, P. A. Planejamento de obra utilizando conceitos da lean construction: estudo de caso. Universidade do Sul de Santa Catarina, p. 1-75, nov.2017. Disponível em:

<<https://repositorio.animaeducacao.com.br/handle/ANIMA/4582>>. Acesso em: 01 mai. 2023.

FRY, Fred L.; STONER, Charles F. Business plans: Two major types. **Journal of Small Business Management (pre-1986)**, v. 23, n. 000001, p. 1, 1985.