

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
GOIÁS
CÂMPUS GOIÂNIA
DEPARTAMENTO DAS ÁREAS ACADÊMICAS III
ÁREA DA CONSTRUÇÃO CIVIL
ENGENHARIA CIVIL

**IMPLEMENTAÇÃO DA LINHA DE BALANÇO COMO
FERRAMENTA DE PLANEJAMENTO E CONTROLE DE UM
EDIFÍCIO RESIDENCIAL EM UMA EMPRESA DE
CONSTRUÇÃO CIVIL: ESTUDO DE CASO**

ARTUR GARCES GOMES

**GOIÂNIA
2026**



INSTITUTO FEDERAL
Goiás

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
SISTEMA INTEGRADO DE BIBLIOTECAS

TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAÇÃO NO REPOSITÓRIO DIGITAL DO IFG - ReDi IFG

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Digital (ReDi IFG), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IFG.

Identificação da Produção Técnico-Científica

- | | |
|--|---|
| ☐ Tese | ☐ Artigo Científico |
| ☐ Dissertação | ☐ Capítulo de Livro |
| ☐ Monografia – Especialização | ☐ Livro |
| ☒ TCC - Graduação | ☐ Trabalho Apresentado em Evento |
| ☐ Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____ | |

Nome Completo do Autor: Artur Garces Gomes

Matrícula: 20181011050219

Título do Trabalho: Implementação da linha de balanço como ferramenta de planejamento e controle de um edifício residencial em uma empresa de construção civil: estudo de caso.

Autorização - Marque uma das opções

1. (x) Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG (acesso aberto);
2. () Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG somente após a data ____/____/____ (Embargo);
3. () Não autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG (acesso restrito).

Ao indicar a opção **2 ou 3**, marque a justificativa:

- () O documento está sujeito a registro de patente.
() O documento pode vir a ser publicado como livro, capítulo de livro ou artigo.
() Outra justificativa: _____

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O/A referido/a autor/a declara que:

- i. o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- ii. obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- iii. cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás.

Goiânia, 12 / 03 / 2026.

Artur Garces Gomes

Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

ARTUR GARCES GOMES

**IMPLEMENTAÇÃO DA LINHA DE BALANÇO COMO
FERRAMENTA DE PLANEJAMENTO E CONTROLE DE UM
EDIFÍCIO RESIDENCIAL EM UMA EMPRESA DE
CONSTRUÇÃO CIVIL: ESTUDO DE CASO**

Trabalho acadêmico apresentado como atividade avaliativa na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Câmpus Goiânia.

Área de concentração da pesquisa: Engenharia – Construção Civil

Professor Orientador: Ms. Glydson Ribeiro Antonelli

Professor Coorientador: Esp. Wesley Pimenta de Menezes

GOIÂNIA

2026

G633i Gomes, Artur Garces.
Implementação da linha de balanço como ferramenta de planejamento e controle de um edifício residencial em uma empresa de construção civil: estudo de caso / Artur Garces Gomes. – Goiânia: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Câmpus Goiânia, 2026.
52 f.: il.

Orientador: Prof. Ms. Glydson Ribeiro Antonelli.
Coorientador: Prof. Esp. Wesley Pimenta de Menezes.

TCC (Trabalho de Conclusão de Curso) – Bacharelado em Engenharia Civil, Departamento de Áreas Acadêmicas III, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Câmpus Goiânia.

1. Construção civil - planejamento e controle. 2. Linha de balanço. 3. Edifício residencial - Goiânia (GO). I. Antonelli, Glydson Ribeiro (orientador). II. Menezes, Wesley Pimenta de (coorientador). III. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Câmpus Goiânia. IV. Título.

CDD 690

ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Na presente data realizou-se a sessão pública de defesa do Trabalho de Conclusão de Curso intitulado **IMPLEMENTAÇÃO DA LINHA DE BALANÇO COMO FERRAMENTA DE PLANEJAMENTO E CONTROLE DE UM EDIFÍCIO RESIDENCIAL EM UMA EMPRESA DE CONSTRUÇÃO CIVIL: ESTUDO DE CASO**, sob orientação de Wesley Pimenta de Menezes, apresentado pelo aluno **Artur Garces Gomes (20181011050219)** do Curso **Bacharelado em Engenharia Civil (Câmpus Goiânia)**. Os trabalhos foram iniciados às **19:14** do dia **12/02/2026** pelo Professor presidente da banca examinadora, constituída pelos seguintes membros:

- **Wesley Pimenta de Menezes** (Presidente)
- **Murilo Ferreira Paranhos** (Examinador Interno)
- **Paulo Francinete Silva Junior** (Examinador Interno)

A banca examinadora, tendo terminado a apresentação do conteúdo do Trabalho de Conclusão de Curso, passou à arguição do candidato. Em seguida, os examinadores reuniram-se para avaliação e deram o parecer final sobre o trabalho apresentado pelo aluno, tendo sido atribuído o seguinte resultado:

☒ [X] Aprovado

☐ [] Reprovado

Nota : 8,1

Observação / Apreciações:

Não houve.

Proclamados os resultados pelo presidente da banca examinadora, foram encerrados os trabalhos e, para constar, eu **Wesley Pimenta de Menezes** lavrei a presente ata que assino juntamente com os demais membros da banca examinadora.

Documento assinado eletronicamente por:

- **Wesley Pimenta de Menezes**, em **12/03/2026 22:17:44** com chave **709339dc1e7a11f19db0005056a537a4**.
- **Paulo Francinete Silva Junior**, em **16/03/2026 21:12:44** com chave **0596cbde219611f1ad44005056a537a4**.
- **Murilo Ferreira Paranhos**, em **13/03/2026 09:14:47** com chave **39fe64ee1ed611f1986a005056a537a4**.

Este documento foi emitido pelo SUAP. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse https://suap.ifg.edu.br/comum/autenticar_documento/ e informe os dados a seguir.

Tipo de Documento: Ata de Projeto Final

Data da Emissão: 16/03/2026

Código de Autenticação: e7fdbba



AGRADECIMENTOS

O resultado desse trabalho reflete não apenas um período acadêmico, mas também a construção de um ser humano ao longo de 27 anos. A partir do momento que pessoas investem esforço e sacrifícios, a vida ganha um significado maior. Sua vida deixa de ser somente sua e corresponde a soma dos valores de todas as vidas envolvidas. Pessoas que se encontram deixam marcas, e essas marcas se perpetuam por gerações.

Por isso, sou imensamente grato a minha mãe e minha madrinha, que nunca mediram esforços para me dar tudo do bom e do melhor dentro de suas limitações. No geral, as várias personalidades existentes na minha família sempre me inspiraram a seguir em frente apesar dos obstáculos, pois todos iniciaram do marco zero e conseguiram prosperar em suas vidas e suas carreiras ao longo do tempo. Por isso, sou grato a todos da minha família que me inspiram desde cedo.

Graças aos esforços dos que me inspiram, tive ótimas oportunidades acadêmicas, o que me trouxe ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás. Nessa instituição, tive a instrução de ótimos professores, e esse contexto de vivência acadêmica impulsionou minha carreira profissional na área de que sempre sonhei. Por isso, sou grato aos professores e demais envolvidos com a atuação do IF's que atuam de forma colaborativa com o progresso social através da educação de qualidade.

Por fim, sempre me mantive fiel às minhas convicções. Elas definem tudo o que sou desde cedo e tudo o que desejo ser daqui para frente. Por isso, sou imensamente grato a Deus, pela oportunidade de viver e dar significado a existência que tenho. Sou grato pela oportunidade de ser grato.

RESUMO

O setor da construção civil enfrenta desafios relacionados à produtividade, ao controle de prazos e à coordenação de equipes, especialmente em obras verticais caracterizadas pela repetitividade de unidades produtivas. Nesse contexto, o planejamento e o controle da produção assumem papel fundamental para a eficiência da execução. Este trabalho tem como objetivo analisar a aplicação da linha de balanço como ferramenta de planejamento e controle da produção em um edifício residencial vertical, por meio de um estudo de caso realizado em uma obra de alto padrão localizada na cidade de Goiânia–GO. A metodologia adotada caracteriza-se como uma pesquisa aplicada, com abordagem qualitativa e quantitativa, estruturada a partir da análise documental, observação em campo e acompanhamento das atividades executivas. A Linha de Balanço foi aplicada na etapa final da obra, com foco nos serviços de acabamento da torre residencial, permitindo a visualização dos ritmos produtivos, a identificação de conflitos entre frentes de trabalho e o suporte à tomada de decisões gerenciais. Os resultados evidenciaram que a utilização da linha de balanço contribuiu para a detecção precoce de desvios, a definição de planos de ação corretivos, a melhoria do fluxo de produção e o planejamento mais eficiente do fluxo de contratações. Conclui-se que a linha de balanço constitui uma ferramenta eficaz para o planejamento e controle de obras verticais, especialmente quando integrada às rotinas gerenciais e aos princípios da construção enxuta.

Palavras-chave: Planejamento de obras, linha de balanço, construção enxuta., controle da produção. obras verticais.

ABSTRACT

The construction industry faces challenges related to productivity, schedule control, and coordination of work crews, especially in high-rise building projects characterized by repetitive production units. In this context, production planning and control play a fundamental role in execution efficiency. This study aims to analyze the application of the line of balance as a production planning and control tool in a vertical residential building through a case study conducted at a high-standard project located in the city of Goiânia-GO. The methodology is classified as applied research, with a qualitative and quantitative approach, based on document analysis, field observation, and monitoring of execution activities. The line of balance was applied to the final stage of the project, focusing on finishing activities of the residential tower, allowing the visualization of production rates, identification of conflicts between work fronts, and support for managerial decision-making. The results showed that the use of the line of balance contributed to early detection of deviations, definition of corrective action plans, improvement of production flow, and more efficient planning of service procurement. It is concluded that the line of balance is an effective tool for planning and controlling vertical construction projects, especially when integrated into managerial routines and aligned with Lean Construction principles.

Keywords: Construction planning, line of balance, lean construction, production control, high-rise buildings.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1: variação do INCC acumulado de janeiro de 2024 a junho de 2025 em relação a variação do IPCA.	9
Figura 2.1: síntese da decomposição da EAP em seis níveis hierárquicos.....	14
Figura 2.2: EAP de uma residência térrea unifamiliar.	15
Figura 2.3: informações do diagrama da linha de balanço.	20
Figura 2.4: curva Tempo x Previsto/Realizado – ganho de tempo.....	21
Figura 2.5: curva de aprendizagem.....	24
Figura 2.6: redução do lead time pelo balanceamento das atividades.....	25
Figura 2.7: integração das atividades de curto, médio e longo prazo.....	25
Figura 3.1: fotografia das fachadas frontal e esquerda do edifício.....	27
Figura 3.2: área da obra e lotes vizinhos diretamente impactados pela obra cercados.	28
Figura 3.3: trecho da linha de balanço entre julho e agosto de 2024.	30
Figura 3.4: trecho da linha de balanço entre julho e agosto de 2024.	31
Figura 3.5: histograma da hierarquia da equipe atuante na obra.	32
Figura 3.6: lista de atividades do mês de janeiro/2024 e do trimestre futuro extraída da linha de balanço.	33
Figura 3.7: previsão de fluxo de contrações futuras.....	33
Figura 3.8: percentual de evolução física acumulada referente ao primeiro semestre de 2023.	34
Figura 3.9: percentual de evolução física mensal referente ao primeiro semestre de 2023.	34
Figura 3.10: tabela de acompanhamento de atividades.	35
Figura 3.11: planejamento semanal.	36
Figura 4.1: trecho da linha de balanço referente aos serviços em andamento no mês de maio.	37
Figura 4.2: planejamento semanal da primeira semana de maio/24.....	39
Figura 4.3: planejamento semanal da terceira semana de julho.	41
Figura 4.4: trecho da linha de balanço dos meses de julho e agosto.	42
Figura 4.5: trecho da linha de balanço filtrada para serviços de marcenaria – etapa inicial. ...	43
Figura 4.6: trecho da linha de balanço filtrada para serviços de marcenaria – reta final.	43

LISTA DE SIGLAS

EAP – Estrutura Analítica do Projeto;

LDB – Linha de Balanço;

PMI – Project Management Institute (Instituto de Gerenciamento de Projetos);

PMBOK – Project Management Body of Knowledge (Guia do Conhecimento em Gerenciamento de Projeto);

SGQ – Sistema de Gestão da Qualidade;

SPDA – Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas;

ENTAC – Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído;

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

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	8
1.1	Justificativa.....	9
1.2	Objetivos Gerais	10
1.3	Objetivos específicos.....	10
1.4	Estrutura do trabalho	10
2.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	11
2.1	Conceitos Iniciais	11
2.2	Benefícios do gerenciamento e planejamento de obras.....	12
2.3	Deficiência das empresas.....	13
2.4	Estrutura analítica do projeto (EAP) e roteiro de planejamento.....	14
2.5	Duração das atividades	16
2.6	Sequenciamento e atividades predecessoras.....	17
2.7	Caminho crítico	18
2.8	Linha de balanço.....	19
2.9	Construção enxuta e linha de balanço	22
3.	METODOLOGIA.....	26
3.1	Caracterização da obra estudada.....	26
3.2	Definição do contexto executivo da obra pela linha de balanço	28
3.3	Apresentação das metas DA OBRA.....	31
4.	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	37
5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	45
	REFERÊNCIAS	47

1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento da Construção Civil acompanha o desenvolvimento tecnológico em todo o mundo. Com o avanço da globalização e da tecnologia, a satisfação dos consumidores torna-se mais complexa. Há maior exigência tanto por qualidade final dos produtos quanto por controle de gastos mais refinado e, dessa forma, a gestão e controle de processos se torna vital, pois é o único meio de garantir lucratividade dentro de prazos cada vez mais arrojados. Informação rápida é um insumo de grande valor (MATTOS, 2010).

Cada vez mais são cobradas dos profissionais da área competências e habilidades que se adequem a um panorama de gerenciamento de obras mais enxuto e produtivo. Por consequência, o processo de planejamento e controle de empreendimentos da construção civil passa a cumprir papel fundamental dentro das organizações. Diversos autores, a exemplo de Mattos (2010), podem comprovar que deficiências no planejamento e no controle estão entre as principais causas da baixa produtividade do setor, de suas elevadas perdas e da baixa qualidade de seus produtos.

Santiago Junior (2002 apud VARGAS, 2009) declara que as empresas de destaque no mercado rotineiramente investem em sistemas de gestão que estão integrados às atividades de suas equipes de engenharia. Isso cria grande competitividade no mercado e proporciona aprimoramento nos processos de produção. Ainda assim, o autor ainda destaca que o setor da construção civil tem uma longa estrada na gestão empresarial em relação a outros segmentos. Dessa forma, a eficiência dos processos de produção se torna um objetivo a ser alcançado pelas construtoras que almejam o aumento da lucratividade e a permanência no mercado (ARAÚJO, 2000).

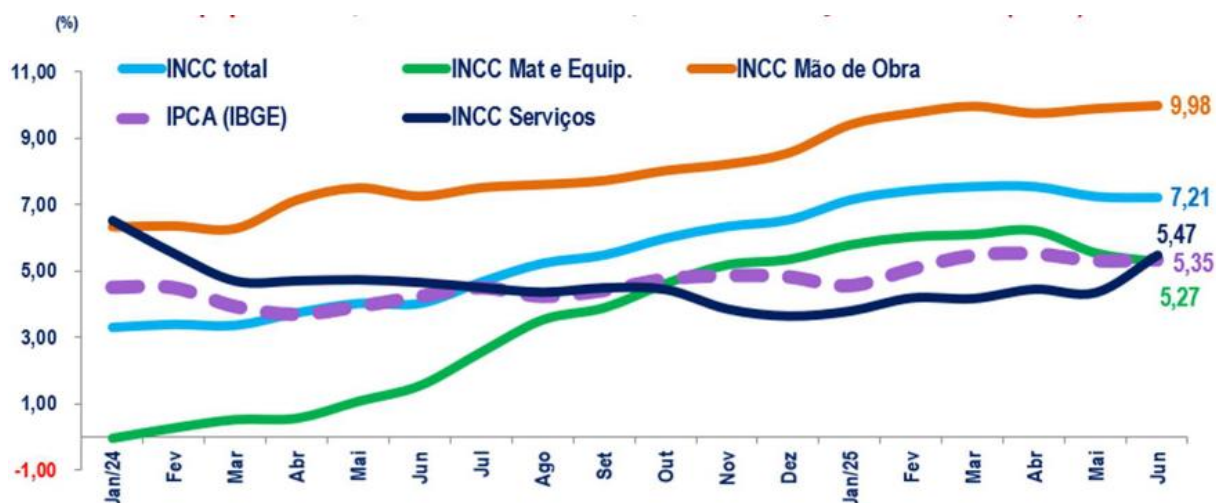
A linha de balanço é elemento gráfico que agrupa informações sobre atividades a serem executadas em uma obra dentro de determinado intervalo de tempo, e como ferramenta de planejamento e controle propõe perspectivas de curto, médio e longo prazo e auxiliam a tomada de decisões mais assertivas por parte dos gestores. Quando alinhada ao conceito do *Lean Construction*, se torna uma técnica que se faz presente não apenas como uma ferramenta, mas também como uma filosofia de produção, um *modus operandi*.

Diante dessas circunstâncias, esse trabalho de conclusão de curso visa explorar os conceitos e as características da linha de balanço, bem como seu impacto em obras com unidades de produção repetitivas e uma breve análise da sua eficácia em circunstâncias de construção sem unidades de produção repetitivas.

1.1 JUSTIFICATIVA

Dados presentes no estudo do desempenho da construção civil no 1º semestre de 2025 promovido pela equipe da economista chefe da Câmara Brasileira da Indústria da Construção, Ieda Vasconcelos (CBIC, 2025), mostram que a redução de custos da construção no Brasil tem se tornado um desafio cada vez maior ao longo do tempo. A Figura 1.1 apresenta uma comparação da variação percentual do Índice Nacional de Custo da Construção (INCC) com a variação do Índice de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA):

Figura 1.1: variação do INCC acumulado de janeiro de 2024 a junho de 2025 em relação a variação do IPCA.



Fonte: FGV e IBGE (2025 apud CBIC, 2025).

O INCC é um indicador econômico que mede os custos de construções habitacionais no Brasil e varia em função de valores de materiais, equipamentos, mão de obra e serviços. Já o IPCA é um indicador diretamente relacionado com o valor da inflação no país e está associado aos valores dos bens de consumo e serviços em áreas urbanas. Os dados da Figura 1.1, mostram que, no período de janeiro de 2024 a junho de 2025, o INCC total atingiu alta de 7,21%, enquanto que o IPCA atingiu o valor de 5,35%, evidenciando que o custo de construção superou a inflação no Brasil. Além disso, o setor da construção civil contribui para o desenvolvimento socioeconômico do país (ARAÚJO, 2000) e a medida dessa contribuição está associada ao impacto no Produto Interno Bruto (PIB) e na geração de empregos (SILVA, 1993 apud ARAÚJO, 2000).

A justificativa para a realização deste trabalho reside na necessidade premente de explorar e compreender a aplicação prática da linha de balanço como ferramenta estratégica no contexto da construção civil. Notoriamente caracterizada por suas complexidades logísticas e desafios de gestão de tempo e recursos, a construção requer abordagens inovadoras para otimizar a eficiência operacional. A linha de balanço, embora reconhecida como uma técnica

promissora, carece de uma análise aprofundada em projetos residenciais específicos (SOUZA; VOLTA; MAGALHÃES, 2014). Portanto, este estudo visa preencher essa lacuna, fornecendo uma investigação detalhada dos benefícios e desafios enfrentados por uma empresa na implementação da linha de balanço em um edifício residencial. Esta pesquisa se propõe a contribuir significativamente para construção do conhecimento existente na gestão de obras na construção civil, oferecendo orientações valiosas para profissionais do setor e acadêmicos interessados na otimização do planejamento e controle em projetos residenciais.

1.2 OBJETIVOS GERAIS

Objetiva-se investigar a implementação da linha de balanço como ferramenta de planejamento e controle em uma empresa de construção civil durante a construção de um edifício residencial em Goiânia.

1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Nesse trabalho objetiva-se:

- Revisar teoria e conceitos sobre a linha de balanço;
- Listar e analisar os benefícios e entraves de sua aplicação;
- Realizar um estudo de caso em uma construtora especializada em obras verticais; identificar lições aprendidas e recomendações para projetos futuros semelhantes;
- Contribuir para o conhecimento acadêmico a respeito da eficácia da linha de balanço na gestão de obras de uma construção residencial.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

No capítulo 1, é apresentada a introdução para fins de contextualização do tema, bem como os objetivos e a motivação do trabalho no contexto da construção civil e do ambiente acadêmico voltado para a formação de profissionais dessa área. O capítulo 2 discorre sobre os principais conceitos relacionados a composição da linha de balanço (LOB) e como as informações do planejamento do cronograma de execução de atividades a curto, médio e longo prazo contribuem para a composição da LDB. No capítulo 3, o objeto de estudo é delimitado, o estágio em que a obra se encontra dentro da linha de balanço e as informações a respeito dos prazos e dos serviços a serem desenvolvidos, bem como ferramentas de gestão desenvolvidas a partir dela para uso no cotidiano da obra. No capítulo 4, procede-se com a análise de resultados e discussões em torno dos dados coletados em campo. No capítulo 5, são feitas as considerações finais a respeito do trabalho e menção a trabalhos futuros a partir deste estudo.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A revisão bibliográfica tem como finalidade consolidar os conceitos teóricos que sustentam a análise da linha de balanço como ferramenta de planejamento e controle da produção em obras verticais. Para isso, são apresentados inicialmente os fundamentos do planejamento e do gerenciamento de obras, destacando-se as limitações das técnicas tradicionais quando aplicadas a empreendimentos com unidades repetitivas. Na sequência, são discutidos os conceitos que estruturam o planejamento da produção, tais como a Estrutura Analítica do Projeto, a definição de durações, o sequenciamento de atividades e o caminho crítico. Por fim, são abordados os princípios do *lean construction* e sua integração com a linha de balanço, formando a base conceitual para a aplicação prática analisada neste estudo.

2.1 CONCEITOS INICIAIS

Dentro dos estudos que envolvem a linha de balanço (LDB), alguns conceitos devem ser definidos para oferecer melhor clareza e uniformidade à compreensão das ideias existentes na literatura. Um dos termos mais presentes nos estudos é o gerenciamento de projetos. Entende-se que um projeto é um conjunto de tarefas e atividades que possuem objetivo, especificações e datas de início e fim bem definidas, limites de financiamento, consomem recursos humanos e não humanos e tem diversas funcionalidades (KERZNER, 2015). Logo o conceito de gerenciamento de projeto é análogo ao gerenciamento de uma obra de edifício vertical, tendo em vista que um empreendimento de construção civil corresponde ao conceito de projeto.

Outro conceito amplamente discutido na literatura relacionada à linha de balanço é o de produtividade, que embora possa ter variações conforme estudos específicos de cada autor, é definida por Araújo (2000) como a razão entre os recursos que entram no processo e os que saem como resultado deste. Associado a produtividade, destaca-se o conceito de controle, que, segundo o *Project Management Institute – PMI* (2021), é a comparação entre o desempenho real e o planejado e engloba a análise do processo e avaliação de alternativas e ações corretivas, se necessário. Complementarmente, o fluxo pode ser definido como “a medida de eficiência do progresso do trabalho em um determinado processo” (PMI, 2021).

O conceito de planejamento também possui papel central nos estudos da linha de balanço e, de acordo com Silvestro (2019), pode ser definido como a função administrativa que define objetivos e as atividades e recursos necessários para atingi-los, dentro do que se considera viável e aceito pela gerência da organização. Para Isatto (2000), planejamento pode ser definido como um processo gerencial que estabelece objetivos e procedimentos necessários

para atingi-los, sendo eficaz somente quando realizado em conjunto com o controle. Assim, pode-se afirmar que planejamento e controle atuam em conjunto no processo executivo da obra.

Esses termos – gerenciamento de projetos, produtividade, controle, fluxo e planejamento – constituem a base conceitual presente na maior parte dos estudos relacionados à linha de balanço, suas aplicações e sua comparação com outras ferramentas de programação e controle de obras. Conceitos mais específicos foram aprofundados ao longo deste trabalho, de acordo com as particularidades observadas no estudo de caso e na discussão teórica.

2.2 BENEFÍCIOS DO GERENCIAMENTO E PLANEJAMENTO DE OBRAS

Sob a ótica ampla do gerenciamento de projetos, Kerzner (2015) enfatiza que o gerenciamento adequado permite a definição clara de responsabilidades funcionais, reduz a necessidade de solicitações frequentes de reporte, estabelece limites de prazo mais precisos e cria metodologias consistentes para análise de compensações entre tempo, custo e escopo. Para o autor, um planejamento estruturado torna possível medir o desempenho real em relação ao planejado, identificar antecipadamente problemas que exigem ações corretivas e aprimorar a capacidade de realizar estimativas confiáveis aplicáveis a projetos futuros. Além disso, possibilita identificar situações em que os objetivos estabelecidos podem ser superados ou, ao contrário, não alcançados, permitindo ajustes tempestivos na condução da obra.

No contexto específico do gerenciamento, o hábito de planejar é fundamental para um gestor, em especial, o gestor de obras. Segundo Mattos (2010), uma série de benefícios são proporcionados pelo planejamento, tais como conhecimento pleno do empreendimento, agilidade na tomada de decisões que, por sua vez, viabiliza a percepção de circunstâncias desfavoráveis para a obra. Além disso, proporciona coerência com orçamento previsto e otimiza a alocação de recursos a serem aplicados. Planejar também propicia uma referência para acompanhamento e cumprimento de metas, bem como promover um caráter de padronização – que reverbera em aprendizagem contínua. O autor atribui ainda ao planejamento a criação de dados históricos por meio da documentação e rastreabilidade, o que confere maior profissionalismo ao processo como um todo.

Ao analisar em conjunto as contribuições de Mattos (2010) e Kerzner (2015), observa-se que os benefícios do planejamento vão além da simples definição de atividades: eles atuam como elementos estruturantes do gerenciamento, reduzindo incertezas, fortalecendo o controle e elevando o nível de previsibilidade do projeto. No contexto da construção civil, essa integração entre gerenciamento e planejamento é determinante para garantir maior eficiência

produtiva, minimizar desperdícios e assegurar que decisões estratégicas sejam tomadas com base em informações confiáveis.

2.3 DEFICIÊNCIA DAS EMPRESAS

Para Mattos (2010), a experiência dos colaboradores de uma empresa não deve ser considerada suficiente para lidar com os desafios impostos pela gestão de uma obra. Ele entende que as deficiências existentes nessa etapa ocorrem de diferentes maneiras, desde o bom planejamento e má execução até a completa improvisação. O planejamento é então um meio para mitigar os obstáculos oriundos da complexidade de um empreendimento. Mattos (2010) define as causas das deficiências de planejamento como sendo:

- Planejamento e controle como atividades de um único setor: essas etapas do gerenciamento são muitas vezes consideradas como responsabilidade exclusiva de um único setor da organização em vez de permear toda a estrutura da empresa, o que causa uma carência de uma base de dados consistente e de um procedimento que garanta a disseminação de informações de forma eficiente para as equipes de campo.
- Descrédito por falta de certeza nos parâmetros: a incerteza é inerente ao processo de construção, e por isso, o planejamento lida com premissas que rotineiramente não se verificam na prática, mas tenta prever, dentro do melhor cenário, o impacto das atividades e incorpora os imprevistos por meio de adaptações e alterações dos planos.
- Planejamento excessivamente informal: para o autor, a informalidade reside no entendimento do planejamento apenas como os comandos imediatos do engenheiro para a equipe de mão de obras, e dessa forma, perde-se o conceito de planejamento como algo sistêmico dentro da organização, com planos de médio e curto prazo que não atendem as demandas da obra.
- Mito do tocador de obras: como a informalidade é comum, a empresa valorizar o engenheiro “tocador de obras” em detrimento do gerente, isto é, favorecer profissionais que tomam decisões rápidas com base apenas em experiência e intuição em detrimento do planejamento formal. Dessa forma, a equipe de engenharia abdica do tempo necessário para o planejamento de ações e providências futuras e dedica mais tempo a solução de problemas imediatos, o que contribui para o aumento dos imprevistos e das consequências que podem surgir em razão das suas ocorrências, como atrasos e desperdícios.

Um bom planejamento contribui de forma significativa para o sucesso do gerenciamento do empreendimento. Logo, de acordo com Kerzner (2015), para que um gerenciamento de um

projeto seja considerado bem sucedido, deve essencialmente atingir os seguintes objetivos: execução concluída dentro do prazo e com custo coerente ao orçamento planejado, que esteja em conformidade com nível de desempenho desejado e que utilize os recursos atribuídos de forma eficaz, atendendo as necessidades do cliente.

2.4 ESTRUTURA ANALÍTICA DO PROJETO (EAP) E ROTEIRO DE PLANEJAMENTO

O planejamento de obras exige a estruturação do empreendimento em partes menores, organizadas e gerenciáveis, de modo a facilitar a compreensão do escopo e a elaboração de estratégias de execução. Essa decomposição sistemática é realizada por meio da Estrutura Analítica do Projeto (EAP), ferramenta amplamente recomendada em padrões internacionais de gerenciamento de projetos, como o PMBOK (PMI, 2021), e essencial para o desenvolvimento do plano de ataque de obras de edifícios verticais.

De acordo com Boiteaux (1985 apud LIMMER, 1996), a EAP consiste em uma divisão natural do projeto, de caráter essencialmente prático, que se realiza levando em conta os produtos finais: bens de consumo, máquinas, equipamentos, informações, serviços, etc, e suas divisões funcionais, ou seja, nada mais é do que uma síntese estrutural do projeto. Limmer (1996) defende que a EAP pode conter qualquer quantidade de níveis de decomposição, sendo recomendável não ultrapassar seis níveis, pois o grau de detalhamento se torna muito complexo e “de tanta árvore não se consegue enxergar a floresta”. Essa condição é reforçada por Kerzner (2015), que descreve como uma forma hierárquica comum a EAP decomposta em seis níveis, conforme mostrada na Figura 2.1:

Figura 2.1: síntese da decomposição da EAP em seis níveis hierárquicos.

Categoria	Nível	Descrição
Níveis gerenciais	1	Empreendimento
	2	Projeto
	3	Sistema construtivo
Níveis técnicos	4	Etapa
	5	Pacote de trabalho
	6	Atividade de apoio

Fonte: Kerzner (2015, adaptado pelo autor)

O nível superior representa o escopo global do empreendimento, enquanto os níveis subsequentes contêm subdivisões progressivas do trabalho, que devem totalizar 100% do escopo do nível imediatamente anterior. Essa estruturação proporciona maior clareza sobre o que deve ser executado, reduz incertezas e minimiza riscos associados a omissões no planejamento (KERZNER, 2015; MATTOS, 2010; PMI, 2021). A Figura 2.2 apresenta um

exemplo de EAP com quatro níveis de uma edificação residencial térrea conforme as características apresentadas:

Figura 2.2: EAP de uma residência térrea unifamiliar.

Atividades	
0	Casa
1	1. Infraestrutura
2	1.1. Escavação
3	1.2. Sapatas
4	2. Superestrutura
5	1.3. Paredes
6	1.3.1. Alvenaria
7	1.3.2. Revestimento
8	1.3.3. Pintura
9	1.4. Cobertura
10	1.4.1. Madeiramento
11	1.4.2. Telhas
12	1.5. Instalações
13	1.5.1. Instalação elétrica
14	1.5.2. Instalação hidráulica

Fonte: Mattos, 2010 (adaptado).

De acordo com Mattos (2010), a EAP deve apresentar princípios fundamentais, tais como ausência de sobreposição entre atividades, garantia de exclusividade entre os itens, mensurabilidade dos pacotes de trabalho e possibilidade de atribuição de responsabilidades específicas. Ademais, sua estruturação deve seguir uma lógica de associação de ideias, e não uma ordem cronológica, uma vez que seu propósito central é a modelagem do escopo, enquanto o sequenciamento temporal será definido nas etapas seguintes do planejamento.

No caso de obras verticais com unidades repetitivas, como edifícios residenciais, a EAP exerce papel estratégico, pois permite definir claramente as unidades de produção (pavimentos-tipo e frentes de trabalho) que servirão como referência para o planejamento do avanço físico e para a definição de ritmos produtivos entre equipes, contribuindo para a padronização dos processos ao longo da obra.

O planejamento propriamente dito consiste na previsão estruturada de como o projeto será conduzido até o alcance de seus objetivos de prazo, custo e qualidade. Conforme apresenta Mattos (2010), o roteiro do planejamento deve contemplar a identificação das atividades, a definição de suas durações e precedências, a elaboração do diagrama de rede, a determinação do caminho crítico e, por fim, a geração do cronograma com cálculo das folgas. Cada uma dessas fases desempenha papel fundamental na organização da produção e no controle posterior do projeto, garantindo coerência e viabilidade ao plano elaborado (KERZNER, 2015).

A identificação das atividades possibilita a decomposição do trabalho em operações específicas e mensuráveis (PMI, 2021). A definição das durações fundamenta-se em produtividade das equipes, métodos construtivos e alocação de recursos (KERZNER, 2015).

Em seguida, o sequenciamento lógico das atividades resulta no diagrama de rede, que permite identificar gargalos e conflitos potenciais ao longo da execução (HARRIS; McCAFFER, 2013). Dessa análise deriva a identificação do caminho crítico, que estabelece a duração mínima do projeto e orienta a priorização do controle gerencial. Com isso, a elaboração do cronograma permite a visualização consolidada do planejamento e das folgas existentes, viabilizando ajustes operacionais e monitoramento contínuo durante a execução.

Entretanto, autores como Ballard e Howell (2000) ressaltam que, em obras com unidades repetitivas, como as verticais, a aplicação exclusiva de técnicas convencionais — como o método do caminho crítico — não é suficiente para assegurar o desempenho desejado, pois não representam visualmente a simultaneidade de frentes nem o equilíbrio necessário entre ritmos de produção. Nesses casos, torna-se imprescindível a adoção de ferramentas específicas, como a Linha de Balanço (LDB), capazes de evidenciar graficamente o fluxo de trabalho ao longo dos pavimentos e antecipar conflitos e interrupções na produção.

Assim, compreender a EAP e o roteiro do planejamento tradicional é fundamental para a aplicação eficaz da linha de balanço, uma vez que ambos fornecem os insumos necessários — como unidades repetitivas, ritmos produtivos e lógica de precedência — para modelar o planejamento em obras verticais. A LDB se apresenta, portanto, como evolução metodológica natural no planejamento e controle de empreendimentos desse tipo, ampliando a eficiência operacional e a previsibilidade do cronograma.

2.5 DURAÇÃO DAS ATIVIDADES

Estabelecer o tempo de execução das atividades no canteiro é importante para definir o prazo de obra. Conforme Mattos (2010), o dimensionamento do prazo de execução de cada atividade é crucial e se for feito desproporcionalmente prejudica o exercício do planejamento e a execução dos serviços. O autor ressaltava ainda que o prazo é uma variável imprevisível e que está sujeita a margem de erro. A duração (número total de períodos de trabalho necessário para finalizar uma atividade ou um componente da estrutura analítica do projeto, expresso em horas, dias ou semanas - PMI, 2021) exerce influência direta sobre diversas variáveis do planejamento, tais como o prazo total do projeto, as datas de início e término das atividades, a identificação das atividades críticas, a definição das folgas disponíveis e as possibilidades de nivelamento de recursos ao longo da execução (Mattos, 2010). Além disso, a correta estimativa da duração permite identificar atividades passíveis de compressão, viabilizando estratégias de aceleração do cronograma quando necessário.

Para Limmer (1996), a EAP facilita o conhecimento de todas as atividades que integram o projeto e está intrinsecamente relacionada com o conceito de duração, que é determinada levando-se em conta o tipo e a quantidade de serviços que compõe, bem como em função da produtividade da mão de obra. STEWART e WYSKIDA (1987 apud LIMMER, 1996) entendem que a EAP (ou EET – Estrutura de Elementos de Trabalho, denominação adotada na literatura antiga) é o primeiro passo para estipular uma estimativa de tempo e, conseqüentemente, de custos. Logo, oferece uma base sólida para determinação da duração das atividades.

Diversos fatores podem influenciar a duração das atividades no canteiro de obras, destacando-se entre eles a experiência da equipe, o grau de conhecimento sobre o serviço a ser executado e o apoio logístico disponível (MATTOS, 2010). Equipes experientes tendem a apresentar maior produtividade e menor variabilidade, ao passo que o grau de conhecimento do serviço ao longo do tempo aumenta a familiaridade com o serviço. Aliado a isso, o apoio logístico é fundamental para eliminar possíveis “gargalos” durante o processo de execução das atividades no canteiro. Dessa forma, a estimativa de duração não deve ser tratada como um valor fixo, mas como um parâmetro que reflete condições reais de produção. Além disso, é importante ressaltar que, segundo Formoso et al (1999), o planejamento de tempo inadequado tende a tornar o processo de produção muito vulnerável a variabilidades e incertezas, que pode resultar em interrupções na linha de produção, mudanças bruscas de ritmos, atrasos, entre outras situações que comprometem o cumprimento de metas.

O tempo total estimado de uma obra pode ser representado de diversas formas, sendo a gráfica uma das mais adotadas, constituindo assim um cronograma (LIMMER, 1996). Em métodos gráficos como a linha de balanço, a correta definição da duração das atividades torna-se ainda mais crítica, pois influencia diretamente o ritmo de produção das equipes e a representação do avanço físico da obra.

2.6 SEQUENCIAMENTO E ATIVIDADES PREDECESSORAS

Sequenciar as atividades é um processo de identificação e documentação das relações de interdependência entre as atividades do projeto (PMI, 2008). Mattos (2010) destaca que é possível estabelecer a dependência entre atividades que podem ou não ser simultâneas, o que permite a criação de uma ferramenta visual do conjunto. Além disso, destaca também que na montagem do planejamento é vital definir quais atividades são predecessoras, isto é, quais atividades devem ser concluídas inicialmente para dar início às atividades sucessoras, que necessariamente dependem direta ou imediatamente.

Nesse cenário, a correta identificação das atividades predecessoras constitui um dos fundamentos para a aplicação eficaz da linha de balanço. A LDB depende da definição precisa da lógica de precedência para representar graficamente o avanço das equipes ao longo do tempo e do espaço. Precedências mal definidas refletem-se no cruzamento indevido das linhas no diagrama, indicando conflitos entre equipes e inviabilizando o fluxo contínuo da produção. Assim, a adequada definição das atividades predecessoras não apenas garante a consistência do cronograma, mas também viabiliza o uso da linha de balanço como ferramenta eficiente de planejamento e controle em obras verticais.

2.7 CAMINHO CRÍTICO

O caminho crítico pode ser entendido como a sequência de atividades que constitui o maior caminho entre o início e o término de um projeto, que determina a menor duração possível das etapas dentro do prazo de conclusão previamente estabelecido (PMI, 2021). Trata-se do conjunto de atividades que condiciona diretamente o prazo final do empreendimento, uma vez que qualquer atraso em uma dessas atividades resulta, inevitavelmente, no atraso do projeto como um todo. Por essa razão, o caminho crítico assume papel central no planejamento e no controle do prazo das obras.

De acordo com Mattos (2010), o caminho crítico é formado pelas atividades de menor folga total, denominadas atividades críticas, e estabelece o prazo global do projeto. Nessas atividades, as datas mais cedo coincidem com as datas mais tarde, evidenciando a inexistência de margem para atrasos sem impacto no cronograma. Em contrapartida, as atividades não críticas apresentam folga total positiva, podendo sofrer atrasos limitados sem afetar o prazo final, desde que essa folga não seja consumida integralmente.

O autor ressalta que características como maior duração, maior custo, maior complexidade de execução ou maior demanda por recursos não são, isoladamente, determinantes para que uma atividade integre o caminho crítico. Uma atividade longa ou onerosa pode não ser crítica se dispuser de folga, enquanto uma atividade aparentemente simples pode tornar-se crítica caso esteja inserida na sequência que define o maior caminho do projeto. Dessa forma, o gerenciamento do prazo deve concentrar-se nas atividades críticas, e não apenas naquelas percebidas intuitivamente como mais relevantes.

Outro aspecto fundamental do caminho crítico refere-se ao comportamento das folgas. A folga total representa o tempo máximo que uma atividade pode atrasar sem alterar o prazo total do projeto, ao passo que a folga livre indica o intervalo de atraso admissível sem afetar o início mais cedo de suas atividades sucessoras (MATTOS, 2010). Quando a folga total de uma

atividade não crítica é consumida, essa atividade passa a integrar o caminho crítico, tornando-se subcrítica à medida que sua margem de atraso se reduz. Assim, o acompanhamento contínuo das folgas é indispensável para evitar alterações indesejadas no caminho crítico ao longo da execução da obra.

No contexto do planejamento e controle de obras, a correta identificação do caminho crítico permite direcionar esforços gerenciais para as atividades que efetivamente condicionam o prazo do empreendimento, contribuindo para decisões mais assertivas quanto à priorização de recursos e à adoção de medidas corretivas. Entretanto, em obras verticais com unidades repetitivas, a aplicação isolada do método do caminho crítico apresenta limitações, uma vez que privilegia a lógica temporal das atividades, sem representar adequadamente a repetitividade espacial e os ritmos de produção das equipes.

Nessas situações, ferramentas complementares, como a linha de balanço, tornam-se fundamentais para ampliar a compreensão do planejamento, permitindo a visualização simultânea do avanço das frentes de trabalho no tempo e no espaço. Assim, embora o caminho crítico permaneça essencial para a análise do prazo global, sua utilização integrada a métodos gráficos voltados à repetitividade contribui para um controle mais eficaz da produção em obras verticais.

2.8 LINHA DE BALANÇO

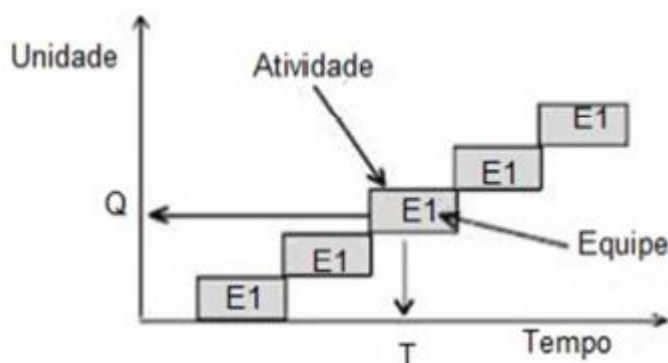
A linha de balanço (LDB), também denominada diagrama tempo–caminho, é uma técnica de planejamento e controle desenvolvida para a gestão de obras caracterizadas pela repetitividade de unidades de produção, como edifícios verticais. Graficamente, a LDB é representada em um plano cartesiano, no qual o tempo é disposto no eixo das abscissas e as unidades de produção no eixo das ordenadas. A inclinação das linhas indica o ritmo de execução das atividades, de modo que inclinações mais acentuadas representam maior produtividade exigida das equipes (MATTOS, 2010).

Teve sua origem na empresa *Goodyear Tire & Rubber Company* em 1941, nos Estados Unidos. Durante a Segunda Guerra Mundial se desenvolveu ainda mais, sendo aplicada no planejamento e controle da produção da Marinha dos Estados Unidos (MATTOS, 2010). Com a derrocada da Segunda Guerra Mundial, o uso da linha de balanço se tornou aplicável em obras residenciais das cidades europeias devastadas pelos conflitos e que careciam urgentemente de restauração (PRADO, 2022 apud SOUZA; VOLTA; MAGALHÃES, 2014). No Brasil, está presente desde a década de 1970. No entanto, ainda apresenta algumas limitações, como a pouca difusão, a falta de conhecimento da ferramenta, a ausência de softwares brasileiros competitivos

que trabalhem com ela, grupos de trabalho especializados em apenas uma atividade, além de uma aplicação que considere que a produtividade é linear, sem levar em conta algumas distorções (SOUZA; VOLTA; MAGALHÃES, 2014).

Diversos autores, a exemplo de Hernandes (2002), Glovacki e Oscar (2024) e Souza, Volta e Magalhães (2014), destacam como principal vantagem da linha de balanço a facilidade de interpretação e de extração de informações relevantes para o gerenciamento da obra. A Figura 2.3 apresenta uma simplificação dos principais componentes de uma linha de balanço. No eixo das abcissas, tem-se a duração das atividades, no eixo das ordenadas, tem-se as unidades de produção, e cada uma delas é composta pela descrição das atividades a serem desenvolvidas e a denominação da equipe de produção:

Figura 2.3: informações do diagrama da linha de balanço.



Fonte: Mendes Junior (1999 apud SOUZA; VOLTA; MAGALHÃES).

Sarraj (1990 apud MOURA; HEINECK, 2014) descrevem que a linha de balanço organiza as atividades sequencialmente a partir das suas unidades de repetição em relação a unidades de tempo preservando produtividade constante. As atividades seguem ritmos de produção constantes do início ao fim e a linha de balanço propõe ao gestor eliminar tempo ocioso entre atividades (MENDES JR.; HEINECK, 1999 apud MOURA; HEINECK, 2014).

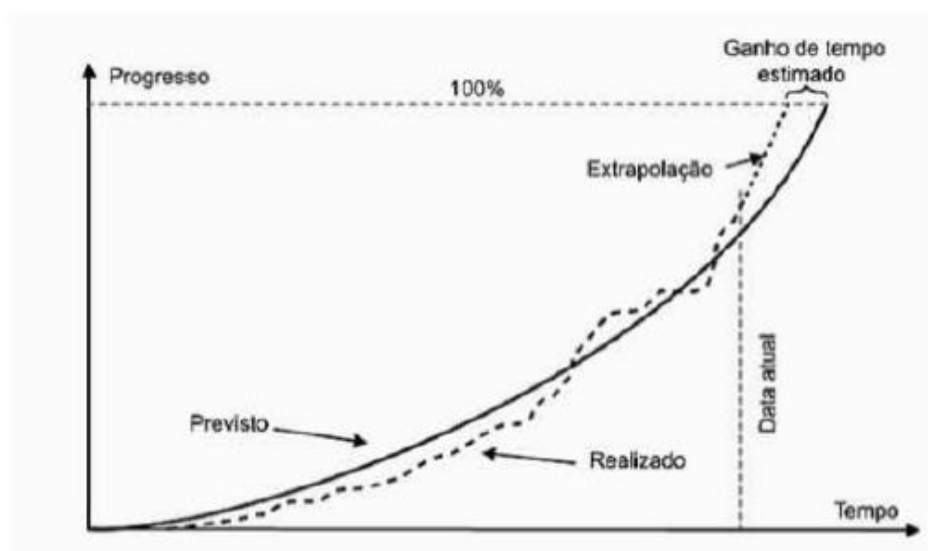
Mendes Júnior (1997 apud VARGAS 2009) entende que o balanceamento da LDB é originado a partir da eliminação de conflitos entre equipes, pela alteração da data de início das atividades ou pela mudança de ritmo regulada pelo dimensionamento da mão de obra e pela eliminação de gargalos, que são problemas no fluxo de produção presentes no andamento da obra. Esse balanceamento estabelece a quantidade de unidades de produção a serem executadas em determinado tempo, isto é, a produtividade, além de reduzir estoques de grandes quantias de materiais e propiciar um planejamento mais preciso da distribuição de equipes ao longo do tempo (VARGAS, 2009).

Tendo em vista que a linha de balanço se comporta graficamente como uma reta e que ela reúne informações de produção prevista e produção realizada, três situações podem ocorrer (MATTOS, 2010):

- Linha do realizado coincidente com a linha do previsto: serviço está em dia;
- Linha do realizado acima da linha do previsto: serviço está adiantado;
- Linha do realizado abaixo da linha do previsto: serviço está atrasado;

Essa ferramenta compõe ótima gestão a vista, é fácil para colocar em prática e aplicar no canteiro. Deve ficar em local visível para toda a equipe. Outra vantagem da linha de balanço, segundo Mattos (2019 apud ANDRADE, 2022) é permitir a comparação da produção prevista com a produção realizada. A partir da linha de balanço concebida na etapa de planejamento, é possível plotar no gráfico os pares ordenados Tempo x Avanço previsto/realizado da obra e avaliar o status de progresso do empreendimento. Na Figura 2.4, temos duas curvas de produção formadas a partir de dois parâmetros: tempo (eixo das abscissas) e evolução física (eixo das ordenadas). Tendo em mente que a equipe de produção de uma obra almeja 100% da execução do empreendimento, nota-se nessa figura um exemplo de análise de dados a respeito do ganho de tempo no processo de execução. Isso se deve ao fato de que a curva Tempo x Realizado acaba em um intervalo menor do que a curva Tempo x Previsto, ou seja, a obra concluiu suas atividades em um período inferior ao que foi estipulado em um cronograma pré-determinado.

Figura 2.4: curva Tempo x Previsto/Realizado – ganho de tempo.



Fonte: Mattos (2019 apud ANDRADE, 2022)

Mas até mesmo levando em consideração a grande quantidade e complexidade de dados que uma obra (e, conseqüentemente, a linha de balanço) pode conter, Moura e Heineck

apresentam uma solução: utilização de gráficos coloridos (ARDITI; ALBULAK, 1986 apud MOURA; HEINECK, 2014) ou formação de células de produção.

Complementando, Losso e Araújo (1995 apud HERTHEL, 2015) mencionam a dificuldade para se trabalhar com serviços sem o caráter repetitivo que a linha de balanço enfrenta e a dificuldade de prever as variáveis influentes no processo construtivo, que é constituído de diversos imprevistos e tem grande dependência do fator humano. Já Ichihara (apud HERTHEL, 2015) alerta para os possíveis danos à saúde mental do trabalhador que ansiedade pela produção pode ocasionar no operário.

Dessa forma, a linha de balanço configura-se como uma ferramenta estratégica para o planejamento e controle de obras verticais com unidades repetitivas, desde que aplicada de maneira criteriosa e integrada a uma gestão sensível às limitações humanas e operacionais do canteiro. Quando corretamente balanceada e monitorada, a LDB amplia a previsibilidade do cronograma, favorece o fluxo contínuo de produção e contribui para um gerenciamento mais eficiente e transparente da obra.

2.9 CONSTRUÇÃO ENXUTA E LINHA DE BALANÇO

Tendo em mente que a linha de balanço é aplicada em construtoras que aderem a filosofia *Lean Construction* (literalmente, construção enxuta), Moura e Heineck (2014) estabelecem que princípios da construção enxuta podem ser aplicados na prática da linha de balanço, tais como visão do ciclo no tempo e no espaço, simplificação das operações, redução da variabilidade, percepção do fluxo de produção, redução do *lead time* e planejamento de curto, médio e longo prazo.

Em relação ao ciclo, os mesmos autores reforçam que é possível simplificar atividades, diminuir o trajeto de informações, reduzir a variabilidade e o desperdício, eliminar as atividades que não agregam valor ao processo, comprimir o tempo de ciclo e realizar lotes pequenos que tendem ao lote unitário e ajudam a preparar os trabalhos no canteiro. Na linha de balanço é possível fazer a projeção das atividades e insumos para definir fluxo de contratação.

Moura e Heineck (2014) apresentam a definição de simplificação das operações como a redução dos componentes do produto ou de etapas no fluxo de materiais, reduzindo desta maneira o percurso que as informações devem percorrer (ISATTO ET AL., 2000; BERNARDES, 2003 apud MOURA; HEINECK, 2014). Quanto maior o número de processos, maior é a tendência de gerar atividades que não agregam valor (ISATTO ET AL., 2000). A simplificação soluciona essa deficiência.

A simplificação das operações pode ser atingida pela “pacotização” do trabalho (MOURA; HEINECK, 2014), isto é, pela criação de unidades de produção que reduz o tempo de externalização do processo produtivo, pois incorpora uma participação mais ativa e rotineira dos fornecedores em atividades que seriam executadas em canteiro. A pacotização do trabalho permite uma sequência e terminalidade dos serviços, e define o caminho crítico e promove o aprendizado da mão de obra.

Uma alternativa para a simplificação é a externalização do processo de produção que acontece quando partes do trabalho são retiradas do canteiro de obra para serem executadas externamente e entregues na obra no momento de montagem (MOURA; HEINECK, 2014). É o que acontece quando a administração da obra delega a etapa de corte e dobra de aço a ser usado na estrutura para a própria empresa fornecedora do material ou quando se opta pela aquisição de elementos pré-moldados. Dessa forma, a gestão reduz o conjunto de atividades a serem desempenhadas pela mão de obra e simplifica as operações.

Outra característica da linha de balanço pode ser observada: Depexe *et al.* (2006 apud MOURA; HEINECK, 2014) relatam que é possível reduzir a variabilidade no processo de produção de edifícios com a prática da linha de balanço, sendo classificada em três esferas: variabilidade nos processos anteriores (fornecedores), variabilidade no próprio processo (execução) e variabilidade na demanda (clientes) (ISATTO *ET AL.*, 2000). A padronização dos ciclos na programação por linha de balanço resolve qualquer desafio relacionado a variabilidade.

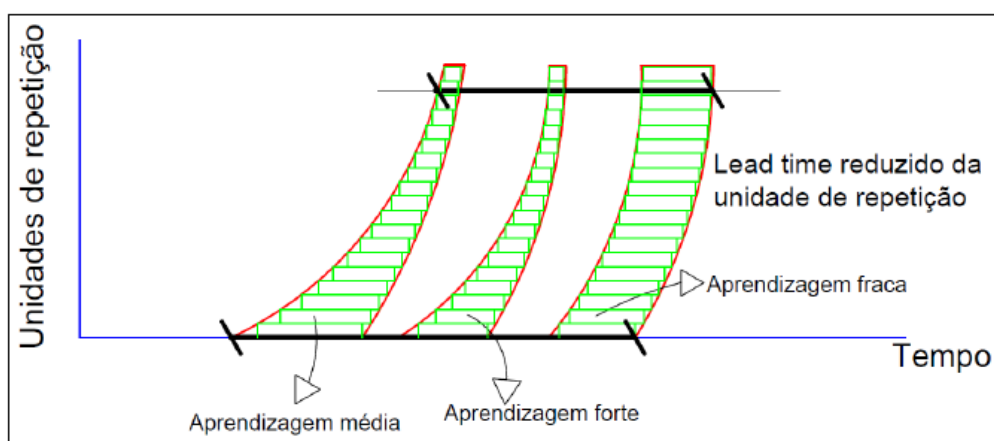
Tendo em mente que a visualização e manutenção do fluxo de atividades no canteiro é uma característica manifesta da construção enxuta, Moura e Heineck (2014) definem fluxo como o movimento contínuo, caracterizado pelo ritmo de ataque às unidades de repetição que na construção enxuta é utilizado como *takt time* (tempo disponível para produção) da atividade. O fluxo contínuo das atividades pode ser mantido pela eliminação das restrições e das atividades que não agregam valor e traz o benefício da transparência no processo, facilitando a detecção de erros, reduzindo consideravelmente a quantidade de inspeções de qualidade (PINHEIRO, 2009) e ajuda a detectar a superposição das atividades.

Um conceito importante que alia *lean construction* e a ferramenta da linha de balanço é o *lead time*, que é o tempo necessário para que todas as atividades ocorram em uma unidade de repetição (PACHECO; HEINECK, 2008 apud MOURA; HEINECK, 2014). O caráter repetitivo da construção juntamente com o efeito aprendizagem fazem com que o tempo de ciclo da atividade na programação por linha de balanço seja comprimido. Quanto menor a

unidade de repetição, maior será o efeito aprendizagem, permitindo a redução do tempo de ciclo (PACHECO; HEINECK, 2008 apud MOURA; HEINECK, 2014).

Na Figura 2.5, é apresentado um gráfico simplificado das características gráficas do *lead time* em função do nível de aprendizagem da equipe de obra. Essa aprendizagem é caracterizada pela redução do intervalo de tempo (eixo das abcissas) necessário para desempenhar atividades repetidas. Cada uma das três curvas dessa figura corresponde a uma atividade específica. É possível notar que a distância no eixo das abcissas entre o início da primeira atividade e o final da última atividade reduz conforme a equipe de produção avança nas unidades de repetição (eixo das ordenadas), o que representa uma redução do *lead time* em função do aprendizado executivo. É importante notar que quanto mais o gráfico de cada atividade tende a afunilar sua área ao longo do tempo, isto é, da base até o topo, maior é a aprendizagem da equipe de produção:

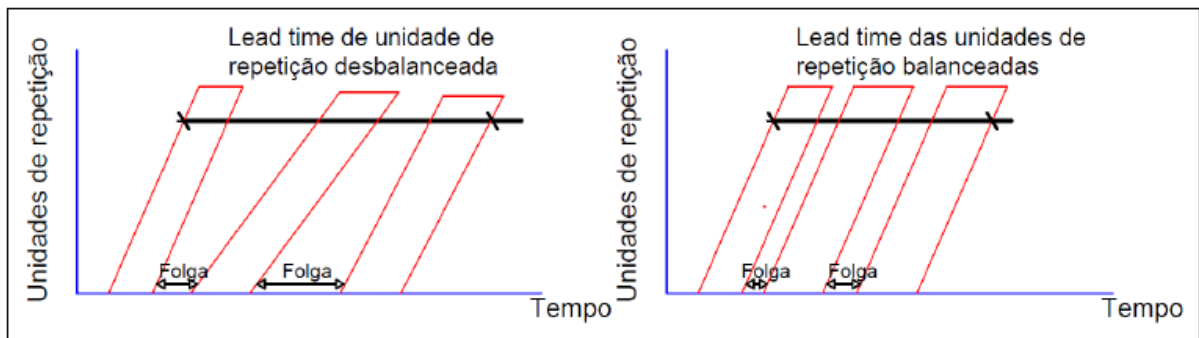
Figura 2.5: curva de aprendizagem.



Fonte: Moura e Heineck, 2014.

Moura e Heineck (2014) estabelecem outro método para reduzir o *lead time* que é o ajuste dos ritmos das atividades e redução dos tempos de folga, alcançado pela adequação e balanceamento da equipe de trabalho. A Figura 2.6 ilustra essa alternativa a partir da comparação de duas linhas de balanço simplificadas: o espaço entre as atividades é menor (folgas mais curtas) e a inclinação dos gráficos das atividades é padronizada (ritmo ajustado) na segunda LDB e apresenta *lead time* menor do que a primeira LDB.

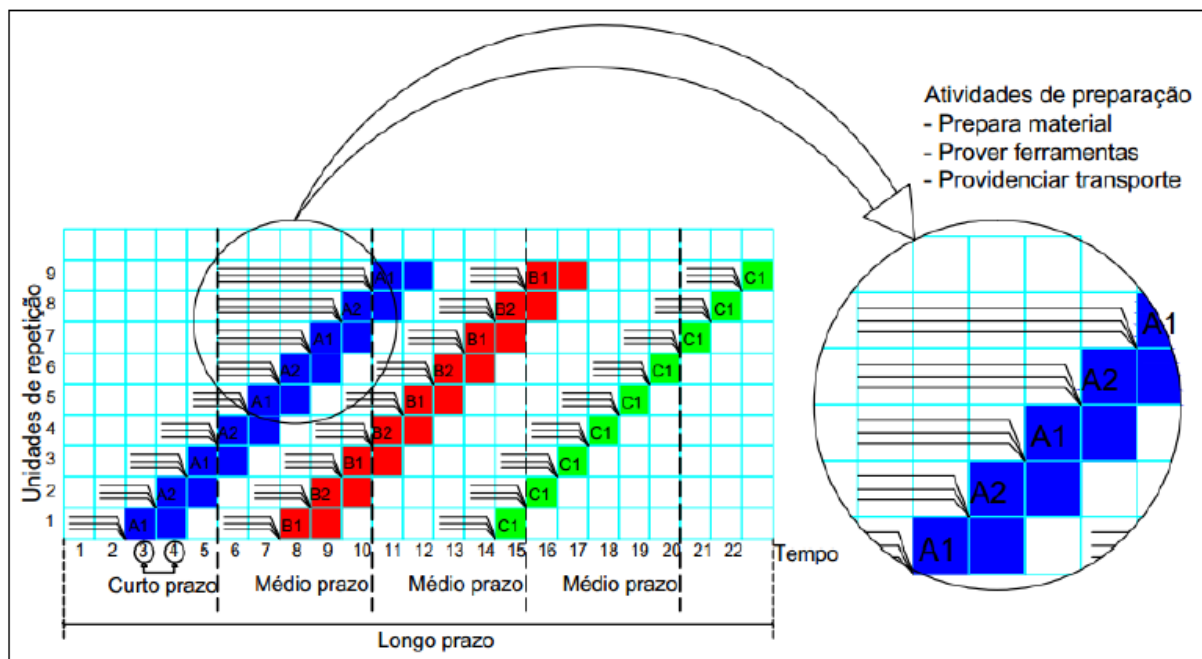
Figura 2.6: redução do lead time pelo balanceamento das atividades.



Fonte: Moura e Heineck, 2014.

De acordo com Moura e Heineck (2014), a linha de balanço é uma ferramenta usada para planejamento de longo, médio e curto prazo. Atividades de preparação podem ser inseridas na programação por linha de balanço, assim como melhorias no fluxo de contratação. A programação de atividades de curto prazo deriva da programação a médio prazo, que por sua vez, é derivada do longo prazo. A Figura 2.7 ilustra a simplificação de uma linha de balanço com detalhamento de informações que podem ser extraídas para planejamento nessas três esferas:

Figura 2.7: integração das atividades de curto, médio e longo prazo.



Fonte: Moura e Heineck, 2014.

3. METODOLOGIA,

Tendo em mente que este trabalho se trata de um estudo de caso, dispõe-se a seguir as informações do objeto de estudo, bem como os dados coletados em campo para análise.

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA OBRA ESTUDADA

A obra se situa no setor Bueno, na cidade de Goiânia. Trata-se de um edifício residencial de alto padrão, com oito pavimentos de área comum, composto por três subsolos, térreo, dois pavimentos de garagem e dois pavimentos de área de lazer e vivência. A torre é composta por trinta e seis pavimentos, sendo que o 3º pavimento contém seis apartamentos, o 4º pavimento contém onze apartamentos sendo que do 5º ao 14º e do 17º ao 24º há doze apartamentos em cada laje, os pavimentos 15º e 16º contém onze apartamento cada um, do 25º ao 35º são oito apartamentos por pavimento e no 36º são três apartamentos, totalizando trezentos e quarenta e seis apartamentos. O ático é composto pelas casas de máquinas dos elevadores, os barriletes e sistema de bombeamento de água fria e incêndio e no último nível localizam-se os reservatórios superiores. O ambiente dos reservatórios inferiores localiza-se no nível abaixo do último subsolo, acima da fundação.

A fachada é bem heterogênea, contendo diversas marquises que ora desempenham função de varanda, ora desempenham função de laje técnica, ora desempenham função de composição estética da fachada. O pé direito estrutural da torre é de 2,96 m, enquanto nos ambientes da área comum esse valor flutua entre 2,74 m e 3,13 m. Possui doze unidades habitacionais do tipo duplex, caracterizadas pela ocupação de dois pavimentos. Além disso, conta com varandas com pé-direito triplo.

O deslocamento vertical se dá por rampas nos estacionamento, escada de emergência que inicia no subsolo e finaliza na cobertura, escadas dos apartamentos duplex e elevadores. São quatro elevadores sociais e um elevador de emergência.

Existem três tipologias de apartamentos:

- Apartamento com duas suítes;
- Apartamento com uma suíte e home office;
- Apartamento estúdio (um ambiente multifuncional);

Os apartamentos possuem sistema de refrigeração via aparelhos de condicionador, alimentação de água fria, de água quente (somente na cobertura), além de fornecimento de energia elétrica e alimentação de gás para fogão. Alguns apartamentos são personalizados e apresentam alterações em modelos de revestimento cerâmico, inclusão de revestimento

cerâmico em lavabo, inclusão de infra de automação de iluminação, instalação de nichos em banheiros, alteração de layout de ambientes ampliando a sala de estar e incluindo sancas e cortineiros.

A estrutura foi executada em concreto armado, a alvenaria é em bloco cerâmico tradicional, forração em gesso acartonado, impermeabilização de área molhadas em argamassa polimérica, acabamento em massa PVA e pintura em tinta PVA. Cada apartamento possui seu quadro de distribuição elétrica.

O empreendimento apresenta todo aparato de sistema de detecção e combate a incêndio, bem como sistema de proteção contra descargas atmosféricas. A Figura 3.1 apresenta a fachada do edifício, na qual percebe-se o seu caráter heterogêneo, o que pode ser um entrave a aplicação da linha de balanço para atividades externas:

Figura 3.1: fotografia das fachadas frontal e esquerda do edifício.



Fonte: autor (2023).

A Figura 3.2 mostra como está situada a obra em sua quadra (demarcação em vermelho). Apresenta residências térreas em suas vizinhanças (demarcação em azul), o que pode configurar

mais um obstáculo para condução regular das atividades externas e correta aplicação da linha de balanço:

Figura 3.2: área da obra e lotes vizinhos diretamente impactados pela obra cercados.



Fonte: Google Maps. Alterado pelo autor.

3.2 DEFINIÇÃO DO CONTEXTO EXECUTIVO DA OBRA PELA LINHA DE BALANÇO

A linha de balanço em estudo corresponde apenas à etapa final da obra, pois é uma revisão com base em uma nova data de entrega estabelecida e com maior enfoque nas atividades pertinentes a etapa de acabamento. O intervalo de tempo de estudo corresponde aos oito primeiros meses de 2024.

As atividades presentes na linha de balanço estudada são:

- Forro de gesso;
- Impermeabilização;
- Revestimento cerâmico – Parede;
- Revestimento cerâmico – Piso;
- Revestimento cerâmico – Tento (elemento em mármore ou granito que separa a área molhada da área molhável no banheiro) e soleiras;
- Massa PVA e primeira demão de tinta;
- Checklist de bancadas;

- Kit porta pronta;
- Miolos e quadros elétricos;
- Desengrosso (remoção de resíduos provenientes das atividades anteriores e limpeza parcial das unidades habitacionais);
- Revestimento cerâmico – Rejunte e proteção;
- Pintura final;
- Acabamentos elétricos;
- Regulagem de portas de alumínio;
- Metais e carenagem;
- Vistoria obras (revisão dos apartamentos desenvolvida pela equipe de obra);
- Vistoria SGQ – Sistema de Gestão da Qualidade (revisão dos apartamentos desenvolvida pelo departamento de gestão da qualidade da construtora);
- Vistoria Clientes (revisão e recebimento do produto final por parte dos futuros moradores);

As atividades da obra estão classificadas em cinco grupos: área comum, torre, hall de elevadores, lazer e vistorias e, devido a isso, foram elaboradas cinco linhas de balanço.

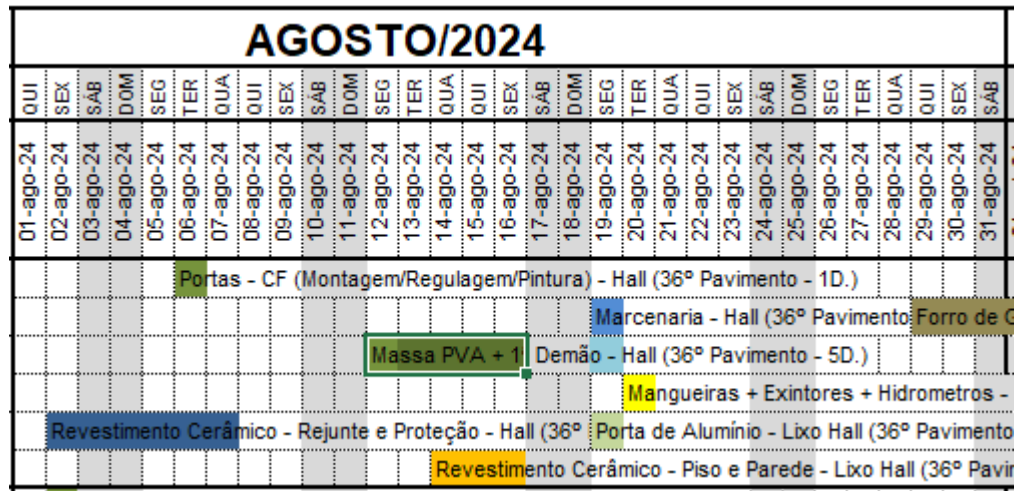
A área comum abrange todas as áreas destinadas a uso comum dos futuros moradores do prédio e de eventuais funcionários, tais como: garagens, subsolos, áreas de controle e manutenção das funcionalidades prediais (subestação, sala do gerador, sala do síndico, guarita, casa de bombas das piscinas, espaço dos reservatórios inferiores e superiores etc.). A torre envolve os pavimentos que abrigam os apartamentos. O hall dos elevadores está presente em todos os pavimentos do prédio e abrange os espaços de circulação e acesso aos apartamentos a partir dos elevadores, bem como acesso aos hidrômetros e medidores de vazão do prédio, além dos componentes elétricos e de voz, dados e imagem. É comum considerar a inclusão da antecâmara do elevador de emergência e a escada de emergência nesse grupo. A área de lazer abrange todos os locais de uso comum para fins recreativos, como piscina, salão de festas, salão de jogos, espaço de churrasqueiras, etc. Por fim, as vistorias são todas as atividades relacionadas ao preparo, inspeção e validação do produto.

Essa classificação ocorre por duas razões: primeiramente, é importante destacar que, embora boa parte de um prédio residencial apresente unidades de produção bem padronizadas, há partes dele que são bem heterogêneas e possuem características físicas, funcionais e estéticas específicas. Logo, estabelecer uma linha de balanço que mantenha suas principais características em circunstâncias que envolvam grupos de produção heterogêneos torna-se um

desafio complexo para se transpor, visto que a funcionalidade da mesma se dá primordialmente pela padronização das unidades. A caráter de exemplo, pode-se comparar o quão distintas são as características físicas de um pavimento destinado ao estacionamento de veículos em relação a um pavimento de áreas de lazer com piscina, salão de jogos, brinquedoteca, salão de festas. Ou ainda, comparar qualquer um desses pavimentos com um pavimento da torre, onde ficam os apartamentos e, até mesmo, com a própria fachada. Em segundo lugar, houve um descompasso na execução dos serviços em relação a certos grupos de produção durante o andamento da obra nas fases anteriores. Por exemplo, nota-se que a data de início da execução da massa PVA nos apartamentos do 36º foi programada para iniciar em 26/07/2024 (Figura 3.3), enquanto a execução da massa PVA do hall do 36º pavimento (Figura 3.4) foi programada para 12/08/2024. Pode-se considerar a mesma situação em relação a pintura final dos apartamentos do 30º pavimento, que foram planejados para a data 09/08/2024, mas a pintura final do hall do 30º pavimento foi estabelecida para a data 22/08/2024.

Figura 3.3: trecho da linha de balanço entre julho e agosto de 2024.

Figura 3.4: trecho da linha de balanço entre julho e agosto de 2024.



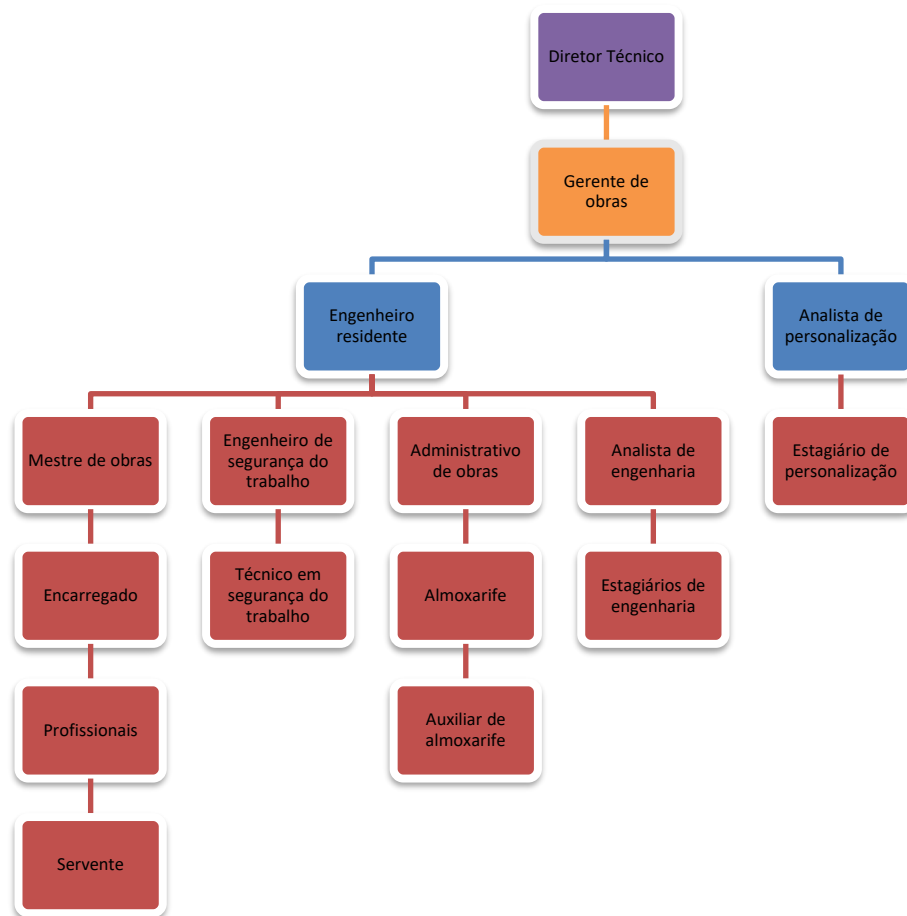
Fonte: empresa em estudo. Alterada pelo autor.

Considerando que a linha de balanço apresenta muitas informações durante um longo período, foi delimitado um intervalo de janeiro de 2023 a setembro de 2024, no qual será analisado o caminho crítico correspondente e planos de ação para manutenção da produção (em caso de produção realizada maior ou igual a produção prevista) ou aumento da produção (em caso de produção realizada inferior a produção prevista). A análise deve abranger, em sua maior parte, os serviços de produção da torre de apartamentos, visto que este grupo de produção apresenta uma característica física extremamente favorável a funcionalidade da linha de balanço, que é a similaridade de uma unidade com a outra, ou seja, a repetição. Eventualmente, algumas informações a respeito de aplicação da linha de balanço das outras áreas do prédio serão incorporados ao longo do estudo para complementar a análise sobre o objeto.

3.3 APRESENTAÇÃO DAS METAS DA OBRA

Dentro do contexto corporativo de uma obra, o trabalho em equipe é vital para o sucesso do empreendimento. Há uma classificação hierárquica dentro da equipe de gerenciamento da obra, também chamada de equipe de engenharia, e dela para com a mão de obra. Para que as partes envolvidas consigam fazer o melhor uso possível das ferramentas de gerenciamento e controle que se encontram a disposição, é necessário entender como se estabelecem os níveis hierárquicos dentro da própria equipe. A Figura 3.5 apresenta um histograma da hierarquia de cargos definida pela corporação:

Figura 3.5: histograma da hierarquia da equipe atuante na obra.



Fonte: empresa estudada. Alterada pelo autor.

Portanto, essas relações hierárquicas são estabelecidas para prestação de contas por parte de um nível hierárquico para seu superior, apresentando cada avanço da produção, déficits e superávits, indicadores, projeções de metas e despesas, e qualquer outro item de interesse gerencial. Definindo mais claramente, o engenheiro residente deve rotineiramente apresentar o desenvolvimento da obra ao longo de determinado intervalo de tempo (estabelecido na corporação da obra em questão com ciclo mensal) para seus gerentes.

Dentro desse contexto, entende-se que a linha de balanço exige acompanhamento e análise diária por parte da equipe de engenharia da obra a fim definir e assegurar o cumprimento das metas, planos de ataque e de ação, bem como desenvolver estratégias de curto, médio e longo prazo para aprimorar a produção no canteiro. A evolução física e financeira é avaliada pela correspondência das frentes de serviço em andamento no canteiro com as atividades previstas na linha de balanço. A Figura 3.6 mostra parte de uma apresentação para reunião gerencial em que são listadas as atividades referentes ao mês de janeiro de 2024 e as previstas para o trimestre seguinte, de acordo com a linha de balanço:

Figura 3.6: lista de atividades do mês de janeiro/2024 e do trimestre futuro extraída da linha de balanço.

Atividades	
Atividades no Mês	Próximas Atividades (Próx. Trim)
- Esgoto aéreo/exaustão: 36° pavto - Talisca superior externa: até 36° pavto - Drywall (Est+1ª Face+2ªFace): 32° a 34° pavto - Eletroduto/caixa elétrica/enfição em parede de gesso acartonado e externa: 32° a 34° pavto - Distribuição hidráulica em parede de gesso acartonado: 32° a 34° pavto - Forro de Gesso: 30° e 31° pavto - Revestimento de parede: 19° ao 22° pavto - Rejunte: 16°ao 18° pavto - Assentamento de piso: 18°ao 21° pavto - Kit porta pronta 10° e 11° pavto - Louças 5° ao 11° pavto - Quadros: 28°ao 33° pavto - Miolos 10° ao 15° pavto - Massa PVA + 1° demão: 26°ao 28° pavto - Fixação de bancadas: 11° ao 15° pavto - Desengrosso 3° e 4° pavto - Pintura final 3° ao 5° pavto - Mármore e Granito: Peitoril, Soleira Varanda - Pintura lajes técnicas - Reboco Externo: Reservatório Superior - Pintura Externa: 1ª etapa (Frontal T-55)	- Rede frigorífera: 36° pavto - Reboco externo Área de lazer - Drywall (Est+1ª Face+2ªFace): 24° e 35° e 36° pavto - Eletroduto/caixa elétrica/enfição em parede de gesso acartonado e externa: 24°, 35° e 36° pavto - Distribuição hidráulica em parede de gesso acartonado: 24° 35° e 36° pavto - Forro de gesso: 24°, 33°, 34°, 35° e 36° pavto - Revestimento parede: 23° ao 36° pavto - Piso cerâmico/soleiras: 22° o 32° pavto - Massa PVA + 1° Demão: 29° ao 34° pavto - Fixação de Bancadas: 16° o 23° pavto - Desengrosso e Limpeza: 5° ao 15° pavto - Kit Porta Pronta: 12° ao 20° pavto - Louças: 12° ao 20° pavto - Quadros: 34° ao 36° pavto - Miolos: 16 ao 20° pavto - Revisão de pedreiro: 10° o 20° pavto - Pintura Final: 6° ao 15° pavto - Acabamento Elétrico: 3 ao 15° pavto - Metais: 3° ao 10° pavto - Limpeza final interna: 3° ao 10° pavto - Vistoria SGQ – 3° ao 10° pavto - Concretagem piso SS3: finalização da 4ª etapa - Pintura externa – Finalização 1ª etapa - Esquadria de Alumínio: Término da 2ª etapa, Início 2ª etapa de instalação de portas.

Fonte: empresa estudada. Alterada pelo autor.

Além disso, tendo em vista o planejamento estratégico a médio e longo prazo, é possível estabelecer o fluxo de contratações de serviços e materiais para assegurar continuidade das atividades da obra. Nessa mesma apresentação, tem-se listadas as contratações determinadas pela linha de balanço e os prazos para concluir o processo de modo a garantir que o início do serviço ocorra dentro das datas pré-estabelecidas. Essa lista é apresentada na Figura 3.7:

Figura 3.7: previsão de fluxo de contratações futuras.

Aquisições e Contratos Futuros
- Automação área comum – Fechado. - Piso emborrachado– Previsão de fechamento 03/24 - Placas de identificação – Previsão de fechamento 03/24 - Luminárias área comum – Previsão de fechamento 03/24 - Marcenaria Shaft's – Previsão de fechamento 02/24 - Brinquedos playground, PetPlace – Previsão 03/24 - Mobiliários e itens fixos (construtora) – Previsão 03/24.

Fonte: Empresa estudada. Alterada pelo autor.

É importante salientar que nesse estágio, a obra já se encontra na etapa final. Todos os serviços pertinentes à conclusão dos apartamentos já têm seus contratos fechados e se encontram em execução. Os contratos futuros citados na Figura 3.7 são referentes à linha de balanço da área comum, mas serve para caráter de exemplificação de como fluxo de contratações dos serviços da torre foi determinado pela linha de balanço.

Outro dado importante a ser apresentado diz respeito ao percentual de evolução física da obra ao longo do tempo. Esse dado é de grande importância para as decisões gerenciais, pois está diretamente relacionado com previsão de entrega do empreendimento. Na Figura 3.8, apresenta-se os percentuais de evolução física prevista e realizada acumulada até o primeiro semestre de 2023 de todos os serviços do empreendimento. Os indicadores que estão na cor vermelha apresentam um déficit de produção do que está sendo executado em relação ao que foi planejado e os indicadores que estão na cor verde apresentam um superávit da execução em relação ao planejamento da linha de balanço:

Figura 3.8: percentual de evolução física acumulada referente ao primeiro semestre de 2023.

Índices	jan/23	fev/23	mar/23	abr/23	mai/23	jun/23
% Previsto Acumulado	43,00%	46,07%	49,73%	52,73%	42,68%	45,76%
% Realizado Acumulado	28,68%	33,08%	35,98%	39,06%	42,68%	46,91%
IFA	0,67	0,72	0,72	0,74	1,00	1,03
Diferença Em %	-14,32%	-13,00%	-13,75%	-13,67%	0,00%	1,15%

Fonte: Empresa estudada. Alterada pelo autor.

Na Figura 3.9, apresenta-se uma tabela com percentual de evolução física mensal prevista e realizada do primeiro semestre de 2023. O significado das cores funciona da mesma forma que na figura anterior:

Figura 3.9: percentual de evolução física mensal referente ao primeiro semestre de 2023.

Índices	jan/23	fev/23	mar/23	abr/23	mai/23	jun/23
% Previsto Acumulado	3,17%	3,07%	3,66%	3,00%	3,55%	4,03%
% Realizado Acumulado	3,34%	4,40%	2,91%	3,08%	3,62%	4,16%
IFM	1,05	1,43	0,79	1,03	1,02	1,03

Fonte: Empresa estudada. Alterada pelo autor.

Como a linha de balanço apresenta um tamanho físico consideravelmente grande para plotar em folhas A4 e apresentações de slides, é comum adotar em reuniões o uso de uma tabela de acompanhamento de serviços executados. A identificação das informações é feita por cores. De verde, são as atividades concluídas e aprovadas. Em amarelo, são as atividades em andamento ou com pendência. E as células não pintadas são as atividades que ainda não iniciaram. A Figura 3.10 mostra o modelo apresentado em reuniões gerenciais:

Figura 3.10: tabela de acompanhamento de atividades.

36											
35											
34											
33											
32											
31											
30											
29											
28											
27											
26											
25											
24											
23											
22											
21											
20											
19											
18											
17											
16											
15											
14											
13											
12											
11											
10											
9											
8											
7											
6											
5											
4											
Lazer											
ATIVIDADES	FORRO DE GESSO	REVESTIMENTO EM PAREDE	PISO CERÂMICO	MASSA PVA E 1ª DEMÃO	BANCADAS	PORTA PRONTA	LOUÇAS	REVISÃO PEDREIRO	PINTURA FINAL	ACABAMENTO ELÉTRICO	METAIS

Fonte: Empresa estudada. Alterada pelo autor.

Em nível de planejamento a curto prazo, a equipe de obra semanalmente executa reuniões de planejamento com o intuito repassar o desenvolvimento das frentes de serviço ao longo da semana. Dessa forma, é possível fragmentar as informações da linha de balanço e tratar cada etapa da linha de produção de forma pontual, mas sem perder a correlação das diferentes atividades do canteiro. Na Figura 3.11, é apresentado um trecho do planejamento semanal da obra estudada. Todos os serviços e prazos de execução são extraídos da linha de balanço e o Engenheiro residente em conjunto com o analista, o mestre de obra e encarregados de cada área definem as metas, dimensionam equipes e estabelecem os planos de ataque, além de detectar possíveis “gargalos” que representariam um entrave a produção diária.

Essa ferramenta é composta por uma coluna inicial que indica os serviços planejados semanalmente conforme linha de balanço. Também são definidas as características produtivas de cada frente, como quantidade de profissionais por equipe, se é terceirizado ou não, local de execução, além das datas de início e fim planejadas e realizadas de cada serviços. O confronto entre planejado e executado é acompanhado diariamente e marcado em cada célula com a cor azul de acordo com os dias da semana. Ainda é reservado um espaço para destacar problemas e observações pertinentes de cada atividade que possam impactar na medição

Figura 3.11: planejamento semanal.

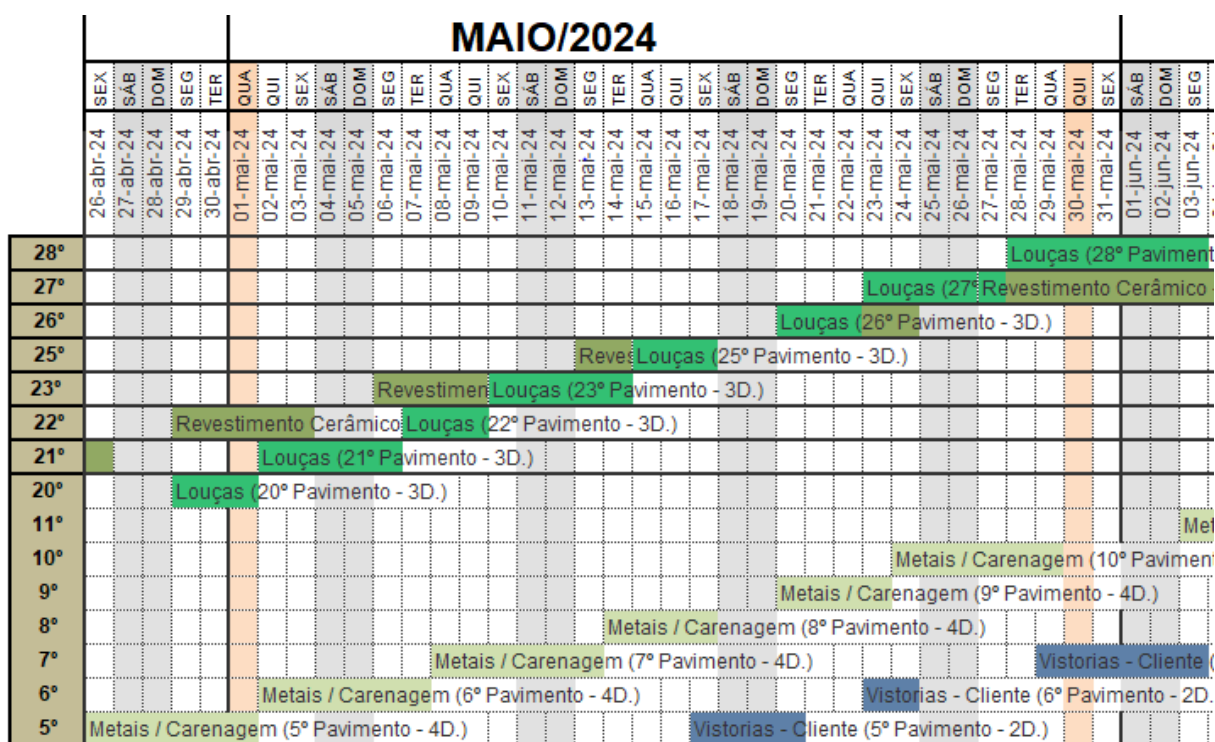
Serviço	Equipe	Local	Quantidade de profissionais	Planejado		Realizado			sex	sáb	dom	28	29	30	31	01	Cumpriu? (S/N)	Problemas/Observações
				Início	Término	Início	Término											
REBOCO EXTERNO	PRÓPRIA	36°	4	15/jan	30/jan	15/jan	30/jan	Planejado									S	
								Executado										
REBOCO EXTERNO	PRÓPRIA	25°	3	22/jan	31/jan	22/jan	30/jan	Planejado									S	
								Executado										
REPARAÇÃO E LIBERAÇÃO FOSSE ELEVADOR	PRÓPRIA	SS3 à CASA DE MÁQUINAS	5	25/jan	16/fev	25/jan		Planejado									S	ATIVIDADE SEGUIR CONFORME PLANEJADA
								Executado										
REBOCO INTERNO	PRÓPRIA	ESCADA SS2 e SS1	2	26/jan	30/jan	26/jan	30/jan	Planejado									S	
								Executado										
REBOCO INTERNO	PRÓPRIA	HALL SS2	2	24/jan	07/fev	24/jan		Planejado									N	
								Executado										
REBOCO INTERNO	PRÓPRIA	VIGAS INVERTIDAS COB	2	25/jan	02/fev	25/jan	02/fev	Planejado									S	
								Executado										

Fonte: empresa estudada. Alterada pelo autor.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

É notório que várias ferramentas são desenvolvidas e utilizadas no contexto gerencial de uma obra de um edifício residencial. E todas essas ferramentas têm seu cerne na linha de balanço. O planejamento semanal é um ótimo exemplo de ferramenta criada a partir das informações da linha de balanço, pois ele permite que se faça um acompanhamento diário das atividades previstas e atividades realizadas. Essa característica garante que os problemas que possam interferir com a linha de produção sejam detectados em intervalos de tempo mais curtos e as lideranças são capazes de tomar decisões mais eficientes. Na Figura 4.1, tem-se um trecho da linha de balanço filtrado preferencialmente para os serviços de louças (cor verde) e metais (cor cinza). No eixo das abcissas, consta os dados de intervalo de tempo e no eixo das ordenadas consta as lajes em que o serviço se situa:

Figura 4.1: trecho da linha de balanço referente aos serviços em andamento no mês de maio.



Fonte: Empresa estudada. Alterada pelo autor.

Nota-se que, pelo planejamento da linha de balanço, a frente de serviço “Louças”, que corresponde a instalação de louças (tanques e bacias sanitárias) dos apartamentos, deve apresentar o cronograma descrito na Tabela 4.1:

Tabela 4.1: cronograma de instalação de louças nos meses de abril, maio e junho.

Pavimento	Data início	Data fim
20º	29/04/2024	01/05/2024
21º	02/05/2024	06/05/2024
22º	07/05/2024	09/05/2024
23º	10/05/2024	14/05/2024
24º	**	**
25º	15/05/2024	17/05/2024
26º	20/05/2024	22/05/2024
27º	23/05/2024	27/05/2024
28º	28/05/2024	03/06/2024

Fonte: Empresa estudada. Alterada pelo autor.

Enquanto isso, a frente de serviço “Metais”, que corresponde a instalação de metais (torneiras, sifões, carenagens e válvulas de cuba) dos apartamentos, deve apresentar o cronograma descrito na Tabela 4.2:

Tabela 4.2: cronograma de instalação de metais nos meses de abril, maio e junho.

Pavimento	Data início	Data fim
5º	26/04/2024	01/05/2024
6º	02/05/2024	07/05/2024
7º	08/05/2024	13/05/2024
8º	14/05/2024	17/05/2024
9º	20/05/2024	23/05/2024
10º	24/05/2024	29/05/2024

Fonte: Empresa estudada. Alterada pelo autor.

Pelo planejamento semanal dos serviços em andamento, temos a situação apresentada na Figura 4.2:

Figura 4.2: planejamento semanal da primeira semana de maio/24.

Serviço	Equipe	Local	Quantidade de profissionais	Planejado		Realizado			03	04	05	06	07	08	09	Cumpriu? (S/N)	Problemas/Observações
				Início	Término	Início	Término										
LOUÇAS	JULIO	19º	2	29/abr	03/mai	29/abr	03/mai	Planejado								S	
								Executado									
LOUÇAS	JULIO	20º	2	06/mai	10/mai	06/mai	09/mai	Planejado								S	
								Executado									
METAIS	JULIO	7º	2	29/abr	03/mai	29/abr	03/mai	Planejado								S	
								Executado									
METAIS	JULIO	8º	2	06/mai	10/mai	06/mai		Planejado								S	ATIVIDADE SEGUE. C/ PLANEJADO.
								Executado									

Fonte: Empresa estudada. Alterada pelo autor.

Ao confrontar os dados das atividades em andamento no planejamento semanal com os dados da linha de balanço (Tabelas 4.1 e 4.2), nota-se que a frente de serviço “Metais”, não apresenta atraso em relação a linha de balanço, enquanto a frente de serviço “Louças” se encontra em atraso, visto que pela linha de balanço da obra esse serviço deveria finalizar o 21º, iniciar e concluir o 22º e iniciar o 23º pavimento tipo. No entanto, nesse estágio a obra estava executando 19º e 20º pavimento. O atraso ocorreu em razão do aumento da demanda de mão de obra que as atividades da área comum demandaram no mês anterior. Como plano de ação, foi acordado com a equipe de mão de obra responsável por esse serviço o pagamento de horas extras e um adicional por cumprimento de metas a fim de aumentar o tempo de produção da equipe e recuperar a medição física atrasada dessa unidade de produção. Na Figura 4.3, é apresentado o planejamento semana da terceira semana de julho.

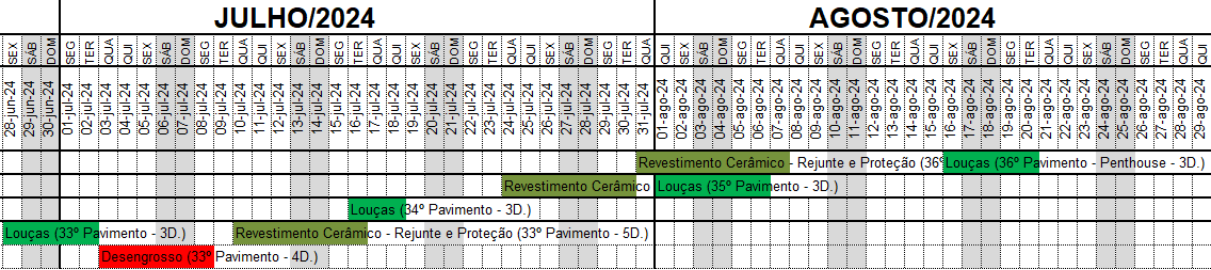
Figura 4.3: planejamento semanal da terceira semana de julho.

Serviço	Equipe	Local	Quantidade de profissionais	Planejado		Realizado			sex	sáb	dom	seg	ter	qua	qui	Cumprir? (S/N)	Problemas/Observações
				Início	Término	Início	Término										
LOUÇAS	EDINALDO	34° AO 36°	2	12/jul	31/jul	12/jul	18/jul	Planejado									
								Executado								S	
METAIS E CARENAGEM	EDINALDO	15° AO 18°	2	12/jul	31/jul	12/jul	19/jul	Planejado									
								Executado								S	

Fonte: empresa estudada. Alterada pelo autor.

Já nesta época, nota-se que a frente de serviço “Louças” não apenas alcançou a meta estabelecida na linha de balanço, mas também ultrapassou o que foi estabelecido nela. A Figura 4.4 mostra a meta que precisava ser atingida conforme planejamento:

Figura 4.4: trecho da linha de balanço dos meses de julho e agosto.



Fonte: Empresa estudada. Alterada pelo autor.

Ao extrair as informações da frente de serviço “Louças” da linha de balanço para a Tabela 4.3, é possível comparar com o planejamento semanal e ver que a obra atingiu um estado de superprodução nesse estágio. Logo, constatou-se que a linha de balanço contribuiu de forma significativa para uma tomada de decisão gerencial que determinou o fluxo de produção e o cumprimento da meta estabelecida para essa atividade.

Tabela 4.3: cronograma de instalação de louças nos meses de julho e agosto.

Pavimento	Data início	Data fim
33°	28/06/2024	02/07/2024
34°	16/07/2024	19/07/2024
35°	01/08/2024	06/08/2024
36°	16/08/2024	20/08/2024

Fonte: Empresa estudada. Alterada pelo autor.

Quanto ao fluxo de contratação, a linha de balanço exerce grande influência nas decisões de contratações de serviços e aquisição de materiais, principalmente no que diz respeito a quando iniciar o processo de contratação de mão de obra por empreita. Na Figura 4.5, temos a data início da instalação da marcenaria nos shafts do empreendimento. Pela linha de balanço, essa frente de serviço iniciou no dia 20/06/2024.

[illegible]

A data de finalização dos serviços de marcenaria, de acordo com a linha de balanço é 19/08/2024, conforme Figura 4.6:

[illegible]

43

Tendo essas datas em mente e sabendo que móveis de marcenaria necessitam de um certo tempo para fabricação, decidiu-se por proceder com a contratação do serviço com certa antecedência e garantir o cumprimento com as datas estabelecidas pela linha de balanço. O contrato de prestação de serviços de instalação de *shafts* de marcenaria foi assinado no dia 13/03/2024 e foi aditivado em 17/05/2024 devido a incompatibilidades de projeto. Ainda assim, o serviço foi iniciado na data 10/06/2024 e finalizou na data 02/08/2024. Portanto, constatou-se um ganho de prazo considerável com a contratação desse serviço a partir de uma análise a médio e longo prazo da linha de balanço.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da pesquisa de campo desenvolvida neste estudo, foi possível constatar que a aplicação adequada da linha de balanço como ferramenta de planejamento e controle da produção em obras verticais contribui de forma significativa para a melhoria do processo decisório durante a condução do empreendimento. Os resultados obtidos demonstram que a linha de balanço permite uma visualização clara e integrada das atividades da obra, abrangendo desde as etapas iniciais até os serviços finais de vistoria e entrega das unidades habitacionais.

Com base nessa visualização, o engenheiro responsável pela obra dispõe de informações consistentes que auxiliam a adoção de estratégias de curto, médio e longo prazo, favorecendo decisões mais assertivas e alinhadas ao ritmo real de produção do canteiro. No curto prazo, a linha de balanço possibilita a extração de informações específicas para a elaboração de ferramentas de acompanhamento com menor poluição visual, voltadas a intervalos reduzidos de tempo. Esse acompanhamento permite a identificação precoce de gargalos produtivos, facilitando a definição de ações corretivas imediatas voltadas à recuperação de atrasos e à manutenção do fluxo de produção.

Em horizontes de médio e longo prazo, a linha de balanço mostrou-se fundamental para o planejamento do fluxo de contratações de serviços e aquisição de materiais. A definição antecipada das datas de início das atividades permite alinhar a mobilização de mão de obra, a contratação de serviços terceirizados e o fornecimento de insumos às necessidades reais da obra, reduzindo riscos de paralisações e interferências entre frentes de trabalho. Além disso, a ferramenta possibilita compreender de forma mais clara as interações entre as atividades ao longo do tempo, favorecendo a elaboração de planos de ataque mais adequados frente às possíveis interferências inerentes ao processo construtivo.

Dessa forma, conclui-se que a linha de balanço se configura como uma ferramenta de gestão relevante e eficaz para obras verticais, ao apoiar a tomada de decisões gerenciais, a definição de estratégias produtivas e o planejamento de contratações. Ademais, sua utilização permite a criação de indicadores de produção que oferecem uma leitura mais precisa e contextualizada do andamento físico da obra.

Como contribuição prática adicional, observou-se que a eficácia da linha de balanço pode ser ampliada por meio de estratégias que reforcem sua utilização como instrumento de gestão à vista. A adoção de recursos visuais, como uma régua temporal móvel associada ao gráfico da linha de balanço pode intensificar a percepção das demandas de médio e longo prazo pela equipe de engenharia, tornando a análise futura parte integrante da rotina gerencial.

No que se refere a estudos futuros, recomenda-se o aprofundamento das pesquisas relacionadas à elaboração e aplicação da linha de balanço em obras prediais, bem como a investigação de como outros setores de construtoras e incorporadoras podem se beneficiar dessa ferramenta, especialmente nas áreas de projetos, compatibilização e suprimentos. Nesse sentido, estudos que integrem a linha de balanço ao *Building Information Modeling* (BIM) apresentam-se como uma perspectiva promissora para o avanço das práticas de gerenciamento de projetos. “Linha de balanço e BIM: uma nova perspectiva de gerenciamento de projetos” poderia ser um ótimo tema de estudo para adentrar neste campo. Além disso, pesquisas voltadas à análise do dimensionamento do caminho crítico em linhas de balanço de edifícios residenciais podem contribuir para o aprimoramento do controle de prazos e da eficiência produtiva em empreendimentos dessa natureza. “Um estudo do dimensionamento do caminho crítico de uma linha de balanço de um edifício residencial: estudo de caso” poderia ser uma interessante abordagem para prosseguir com estudos sobre a importância da linha de balanço.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, Thayná Borges. **Formação de pacotes de trabalho em linhas de balanceamento: um diagnóstico em empresas de construção civil**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2022.
- ARAÚJO, Luís Otávio Concito de. **Método para a previsão e controle da produtividade da mão de obra na execução de fôrmas, armação, concretagem e alvenaria**. 2000. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000. Disponível em: <https://www.teses.usp.br>. Acesso em: 7 out. 2025.
- BALLARD, Glenn; HOWELL, Gregory. **What kind of production is construction?** In: *Proceedings of the 6th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*. Brighton, UK, 2000.
- FORMOSO, Carlos Torres et al. Termo de referência para o processo de planejamento e controle da produção em empresas construtoras. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1999.
- GLOVACKI, Marcelo; OSCAR, Luiz Henrique Costa. **Linha de balanço: aplicações e seus prós e contras para a construção civil**. *Boletim do Gerenciamento*, n. 44. Rio de Janeiro: Escola Politécnica da UFRJ, 2024. Disponível em: <https://nppg.org.br/revistas/boletimdoGerenciamento/issue/view/82>. Acesso em: 7 out. 2025.
- HARRIS, Frank; McCAFFER, Ron. **Modern construction management**. 7. ed. Oxford: Wiley-Blackwell, 2013.
- HERNANDES, Fernando Santos. **Análise da importância do planejamento de obras para contratantes e empresas construtoras**. 2002. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.
- HERTHEL, Ana Beatriz Fernandes. **Análise da viabilidade da aplicação da linha de balanço em obras de edifícios residenciais de João Pessoa – PB: estudo de caso**. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2015.
- CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO (CBIC). **Desempenho da construção civil no 1º semestre de 2025 e perspectivas**. Comitê de Economia. Brasília, 2025.
- ISATTO, Eduardo Luís et al. *Lean construction: diretrizes e ferramentas para controle de perdas na construção civil*. Porto Alegre: SEBRAE/RS, 2000.
- KERZNER, Harold. *Project management: a systems approach to planning, scheduling, and controlling*. 10. ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2015.
- LIMMER, Carl Vicent. *Planejamento, orçamentação e controle de projetos e obras*. 1. ed. Rio de Janeiro: LTC, 1996.
- MATTOS, Aldo Dórea. **Planejamento e controle de obras**. São Paulo: Pini, 2010.

MOURA, Rafael de Sousa Leal Martins; HEINECK, Luiz Fernando Mählmann. **Linha de balanço: síntese dos princípios de produção enxuta aplicados à programação de obras**. In: *Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído (ENTAC)*. Maceió, 2014.

PINHEIRO, Antonio Carlos Ferreira. **Gestão da produção na construção civil**. São Paulo: Pini, 2009.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. **Guia do conhecimento em gerenciamento de projetos (Guia PMBOK®)**. 4. ed. Newtown Square: Project Management Institute, 2008. Disponível em: <https://www.pmi.org>. Acesso em: 7 out. 2025.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. **Guia do conhecimento em gerenciamento de projetos (Guia PMBOK®)**. 7. ed. Newtown Square: Project Management Institute, 2021. Disponível em: <https://www.pmi.org>. Acesso em: 7 out. 2025.

SILVESTRO, Laura. Técnicas de planejamento e gestão da produção da construção civil. Indaial: UNIASSELVI, 2019.

SOUZA, Leonardo Viana Frugoni de; VOLTA, Cláudia Becker; MAGALHÃES, Iara de Araújo. **Aplicação do método da linha de balanço no planejamento e controle de obras com atividades repetitivas**. Salvador: UNIFACS, 2014.

VARGAS, Brenda Horna. **Aplicabilidade do método da linha de balanço em obras industriais: estudo de caso**. 2009. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.