



UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAPÁ
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS - DCET
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

Deborah Barcessat Neves

Linha de Balanço: Avanços Físicos do Planejamento em Obra Vertical

Macapá/AP

2025

Deborah Barcessat Neves

LINHA DE BALANÇO: AVANÇOS FÍSICOS DO PLANEJAMENTO EM OBRA
VERTICAL

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao curso de Engenharia Civil, no Campus Macapá da Universidade Federal do Amapá, como requisito para obtenção do título de Bacharela em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Jamil José Salim Neto.

Macapá/AP

2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Biblioteca Central/UNIFAP-Macapá-AP
Elaborado por Cristina Fernandes – CRB-2 / 1569

N518l Neves, Deborah Barcessat.
Linha de balanço: avanços físicos do planejamento em obra vertical / Deborah Barcessat
Neves. - Macapá, 2025.
1 recurso eletrônico.
122 f.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal do Amapá,
Coordenação do Curso de Engenharia Civil, Macapá, 2025.
Orientador: Prof. Dr. Jamil José Salim Neto.
Coorientador: .

Modo de acesso: World Wide Web.
Formato de arquivo: Portable Document Format (PDF).

1. Linha de Balanço. 2. Planejamento. 3. Cronograma. I. Salim Neto, Jamil José, orientador.
II. Universidade Federal do Amapá. III. Título.

CDD 23. ed. – 692.5

DEBORAH BARCESSAT NEVES

**LINHA DE BALANÇO: AVANÇOS FÍSICOS DO PLANEJAMENTO EM OBRA
VERTICAL**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do título de Bacharela em Engenharia Civil e aprovado em sua forma final.

Macapá, 14 de abril de 2025

Coordenação do Curso

Banca examinadora

Prof. Dr. Jamil José Salim Neto
Universidade Federal do Amapá (Orientador)

Prof. Me. Adenilson Costa de Oliveira
Universidade Federal do Amapá

Prof. Me. Heldio José Carneiro de Souza
Universidade Federal do Amapá

Prof. Me. Luis Henrique Rambo
Universidade Federal do Amapá

Macapá, 2025.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar minha profunda gratidão a todos que contribuíram para a realização desta monografia. Em primeiro lugar, agradeço a **Deus** pela saúde, pelas bênçãos e oportunidade me guiando em cada etapa desta jornada acadêmica.

Um agradecimento especial à minha família, em particular a minha mãe **Alcilene Maria Barcessat Vaz** e meu irmão **Rudah Barcessat Neves** que sempre acreditaram em mim e me apoiaram em todas as etapas da minha jornada acadêmica. Sem o amor e o suporte de vocês, nada disso seria possível. Vocês foram minhas maiores motivações nos momentos de dificuldade e alicerce para alcançar o fim desta jornada.

Agradeço ao meu orientador, Prof. Dr. **Jamil José Salim Neto**, pela orientação, paciência e apoio incondicional ao longo deste processo. Suas experiências e conselhos foram fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho.

Agradeço aos professores e profissionais da área de Engenharia Civil que, contribuíram para a minha formação e me inspiraram a seguir nesta carreira, por compartilharem seus conhecimentos. Cada aula e cada discussão contribuíram significativamente para minha formação acadêmica e pessoal. Destacando os profissionais do setor de Engenharia da empresa VEX Construções, ao Diretor **Eduardo Correa** por abrir as portas da empresa me permitindo vivenciar a engenharia na prática, especial os engenheiros que foram meus supervisores **Deivid Raposo** e **Nelson Zahluth** que incansavelmente me ensinaram e acreditaram em minhas competências.

Agradeço também aos meus colegas e amigos, que sempre estiveram ao meu lado, oferecendo incentivo e motivação nos momentos desafiadores. A troca de ideias e experiências com vocês foi enriquecedora e essencial para o meu aprendizado.

Por fim, agradeço a todos que, de alguma forma, contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste TCC. Cada gesto de apoio e cada palavra de encorajamento foram fundamentais para a conclusão deste desafio.

A todos, meu sincero muito obrigada!

RESUMO

A linha de balanço é uma técnica de planejamento e controle que visa otimizar a execução de projetos, coordenando as atividades de forma eficiente e garantindo o cumprimento dos prazos estabelecidos. O estudo demonstra que o uso da LDB na construção civil oferece diversos benefícios, como a melhoria no acompanhamento do progresso físico da obra, a redução de desperdícios, e o aumento da previsibilidade no cronograma de execução. Além disso, a técnica permite um controle mais preciso da alocação de recursos, como materiais e mão de obra, e proporciona uma comunicação mais clara entre as equipes de trabalho, facilitando a gestão do projeto como um todo. A pesquisa também ressalta a importância da implementação da LDB na integração de diferentes etapas do processo construtivo, otimizando o fluxo de atividades e permitindo ajustes rápidos em caso de imprevistos. Outra vantagem relevante é a possibilidade de identificar gargalos e ineficiências, possibilitando a tomada de decisões mais assertivas para garantir o andamento correto da obra.

Em síntese, a aplicação dos avanços físicos da LDB representa uma estratégia eficaz para o gerenciamento de obras, contribuindo para a melhoria da qualidade e o cumprimento dos prazos estabelecidos, sendo essencial para a evolução da gestão de projetos na construção civil. Estes avanços foram possíveis de acompanhar através do previsto e o realizado da etapa de fundação de uma torre de múltiplos pavimentos, com as suas intercorrências e as atitudes tomada para garantir uma execução dentro do prazo proposto.

Palavras-chave: Linha de Balanço; Planejamento; Cronograma; Construção Civil; Construção Vertical.

ABSTRACT

The line of balance is a planning and control technique that aims to optimize project execution, coordinating activities efficiently and ensuring compliance with established deadlines. The study shows that the use of the LDB in civil construction offers several benefits, such as improved monitoring of the physical progress of the work, reduced waste, and increased predictability in the execution schedule. In addition, the technique allows for more precise control of the allocation of resources, such as materials and labor, and provides clearer communication between work teams, facilitating the management of the project as a whole. The research also highlights the importance of implementing the LDB in the integration of different stages of the construction process, optimizing the flow of activities and allowing for quick adjustments in the event of unforeseen events. Another relevant advantage is the possibility of identifying bottlenecks and inefficiencies, enabling more assertive decision-making to ensure the correct progress of the work. In summary, the application of the physical advances of the LDB represents an effective strategy for managing works, contributing to improving quality and meeting established deadlines, and is essential for the evolution of project management in civil construction. These advances made it possible to monitor the planned and actual stages of the foundation stage of a multi-story tower, with its complications and the measures taken to ensure execution within the proposed deadline.

KEYWORDS: Line of Balance; Planning; Schedule; Civil Construction; Vertical Construction.

ÍNDICE DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 Fluxo de Etapas de planejamento de obra.....	20
Figura 2 Modelo de processo na filosofia gerencial tradicional.....	26
Figura 3 Ritmo das Atividades.....	30
Figura 4 Linha de Balanço baseada no modelo LBMS.....	31
Figura 5 Curva Previsto x Realizado.....	31
Figura 6 Curva de Produção de Processos.....	32
Figura 7 Conflito entre Atividades.....	34
Figura 8 EAP Analítica.....	35
Figura 9 Modelo de pacotes de trabalho.....	36
Figura 10 Coesão de pacotes de trabalho.....	37
Figura 11 Matriz de controle de projeto expandida.....	38
Figura 12 Pré-condições para os pacotes de trabalho.....	40
Figura 13 Atividades EAP.....	41
Figura 14 Segmentação dos pacotes de trabalho em grupos.....	42
Figura 15 Identificação de cada pacote de trabalho por sistema construtivo.....	43
Figura 16 Modelo de Linha de Balanço.....	44
Figura 17 Fluxograma das Etapas da Pesquisa.....	48
Figura 18 Estrutura de Etapas que compõem a obra - Esquematização Unidades Construtivas na estrutura orçamentaria.....	50
Figura 19 Modelo de Diagrama de Sequencia.....	53
Figura 20 Modelo de Ficha de Verificação de Serviço – FVS de Fundação.....	54
Figura 21 Ficha Analítica do PDCA.....	55
Figura 22 Layout humanizado do Pavimento tipo.....	59
Figura 23 EAP Padrão da empresa do estudo de caso.....	60
Figura 24 Pré OS do Pacote de trabalho Fundação.....	63
Figura 25 Pré OS do Pacote de trabalho Obra Bruta.....	64
Figura 26 Linha de Balanço - Planejamento de avanços físicos – em excel (a).....	66
Figura 27 Representação de Pacotes de Serviços e Percentuais.....	70
Figura 28 Linha de Balanço – Prevision (a).....	71
Figura 29 - Esquema de sapata no solo (projeção em planta e corte).....	79

Figura 30 Etapa da fundação - Gabarito de locação.....	81
Figura 31 Exemplo de identificação de eixos.	81
Figura 32 Composição de pacote de serviços.....	82
Figura 33 Ferramentas usadas na Fundação.....	82
Figura 34 Cronograma de fundação	83
Figura 35 Fundação completa da torre.....	84
Figura 37 Faixa 1 de execução - S4, S6 e S12.	85
Figura 38 Controle interno - Ordem de serviço da Faixa 1.....	86
Figura 39 Ficha de Verificação de Serviço - Escavação.	87
Figura 40 Ficha de Verificação de Serviço – Sapatas Isoladas.	87
Figura 41 Ficha de Verificação de Serviço – Concretagem de Peça Estrutural.	88
Figura 42 Faixa 1 de execução - S4, S6 – Forma e Armadura	89
Figura 43 Faixa 1 de execução - S4, S6 – Peça Concretada.....	89
Figura 44 Faixa 1 de execução – S12 – Forma e Armadura.....	90
Figura 45 Faixa 1 de execução – S12 – Forma e Armadura; com travamento, antes da concretagem.....	90
Figura 46 Faixa 1 de execução - S4, S6 e S12 - Concretadas	91
Figura 47 PDCA da Ordem de Serviço da Faixa 1.....	91
Figura 48 PDCA da Ordem de Serviço da Faixa 2.....	91
Figura 49 Faixa 2 de execução – S10 e S11.....	92
Figura 50 Controle interno - Ordem de serviço da Faixa 2.....	93
Figura 51 Faixa 3 de execução – S2, S3, S7 e S8	94
Figura 52 Controle interno - Ordem de serviço da Faixa 3.....	95
Figura 53 Escavação mecanizada da Faixa 3.....	95
Figura 54 Diagrama de sequência - Faixa 3.....	96
Figura 55 Faixa 4 de execução – S1, S5, S9 e S13.....	97
Figura 56 Controle interno - Ordem de serviço da Faixa 4.....	98
Figura 57 Evolução do Pacote de trabalho - Fundação	99
Figura 58 Percentual de avanço global da obra.....	100

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
1.1. ESTRUTURA E ORGANIZAÇÃO.....	13
1.2. PROBLEMA.....	14
1.3. OBJETIVOS.....	14
1.3.1. Objetivo Geral	14
1.3.2. Objetivos Específicos	14
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
2.1. PLANEJAMENTO E CONTROLE.....	18
2.1.1. Planejamento de longo prazo	21
2.1.2. Planejamento de médio prazo	22
2.1.3. Planejamento de curto prazo	23
2.2. LEAN CONSTRUCTION.....	24
2.2.1. Definições	24
2.2.2. Princípios do Lean Construction	27
2.3. LINHA DE BALANÇO.....	28
2.3.1. Conceitos e aplicações	28
2.3.2. Balanceamento das atividades	33
2.3.3. Etapas para a aplicação da Linha de Balanço	34
2.4. PACOTES DE TRABALHO.....	34
2.4.1. Definições de Pacote de Trabalho	34
2.4.2. Custos Vinculados	37
2.4.3. Durações	38
2.4.4. Pré-condições	39
2.4.5. Objeções no uso de pacotes de trabalho detalhados em serviços	40
2.5. ELABORAÇÃO DO PACOTE DE TRABALHO NA LINHA DE BALANÇO.....	41
3. METODOLOGIA	45
3.1. CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA.....	45
3.2. ETAPAS DA PESQUISA.....	46
3.2.1. Levantamento Bibliográfico	49
3.2.2. Escolha da Obra do estudo de caso	49

3.2.3. Elaboração da Linha de Balanço	49
3.2.4. Etapa analisada (Fundação).....	52
3.2.5. Acompanhamento de Serviço	52
3.2.6. Análise de Dados.....	55
3.2.7. Ações Corretivas e/ou Preventivas após resultados	55
3.2.8. Análise das Vantagens e Desvantagens da Linha de Balanço	55
4. DISCUSSÕES E RESULTADOS OBTIDOS.....	57
4.1. CARACTERIZAÇÃO DO ESTUDO DE CASO.....	57
4.2. ESCOLHA DA OBRA.....	58
4.3. ELABORAÇÃO DA LINHA DE BALANÇO	62
4.4. ETAPA ANALISADA (FUNDAÇÃO)	79
4.5. ACOMPANHAMENTO DOS SERVIÇOS DA FUNDAÇÃO.....	80
4.5.1. Etapas da Execução	83
4.5.1.1. Etapas Da Execução - Faixa 1	85
4.5.1.2. Etapas Da Execução - Faixa 2.....	92
4.5.1.3. Etapas Da Execução - Faixa 3.....	94
4.5.1.4. Etapas Da Execução - Faixa 4.....	97
4.6. ANÁLISE DE DADOS	98
4.7. AÇÕES CORRETIVAS E/OU PREVENTIVAS APÓS RESULTADOS.....	99
4.8. ANÁLISE DAS VANTAGENS E DESVANTAGENS DA LINHA DE BALANÇO	100
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	102
REFERENCIAS.....	106
ANEXOS	110
ANEXO A – MEMÓRIA DE CÁLCULO, VOLUME DE FORMA DA FUNDAÇÃO (M²)	110
ANEXO B – MEMÓRIA DE CÁLCULO, VOLUME DE AÇO DA FUNDAÇÃO (KG)....	111
ANEXO C – MEMÓRIA DE CÁLCULO, VOLUME DE CONCRETO (M³)	112
ANEXO D – PROJETO ESTRUTURAL, LOCAÇÃO.....	113
ANEXO E – PROJETO ESTRUTURAL, FUNDAÇÃO.....	114
ANEXO F – MEMÓRIA DE CÁLCULO, VOLUME DE FORMA DA PAVIMENTO TIPO (M²)	115
ANEXO G – MEMÓRIA DE CÁLCULO, VOLUME DE CONCRETO DA PAVIMENTO TIPO (M²).....	116
ANEXO H – MEMÓRIA DE CÁLCULO, ALVENARIA PAVIMENTO TIPO (A).....	117

ANEXO I – MEMÓRIA DE CÁLCULO, ALVENARIA PAVIMENTO TIPO (B).....	118
ANEXO J – MEMÓRIA DE CÁLCULO, ALVENARIA PAVIMENTO TIPO (C).....	119
ANEXO K – MEMÓRIA DE CÁLCULO, ALVENARIA PAVIMENTO TIPO (D).....	120
ANEXO L – MEMÓRIA DE CÁLCULO, REBOCO (M²).....	121
ANEXO M – MEMÓRIA DE CÁLCULO, CONTRAPISO (M²).....	122

1. INTRODUÇÃO

1.1. ESTRUTURA E ORGANIZAÇÃO

O primeiro capítulo é composto pela introdução, que conta com uma breve apresentação sobre conceitos e a importância do planejamento de obra na construção civil usando a Linha de Balanço, trazendo questionamento da eficiência da técnica no controle e gerenciamento do prazo em obras, seguida pelo objetivo da pesquisa em analisar as vantagens e desvantagens da Linha de Balanço com avanços físicos na construção civil.

O segundo capítulo apresenta a Revisão Bibliográfica, tratando de definições e conceitos sobre Planejamento e controle de obras, diferenciando planejamento de longo, médio e curto prazo; a filosofia *Lean construction*; apresentação da técnica de Linha de Balanço e definições de Pacotes de trabalho na estruturação do planejamento de obras.

O terceiro capítulo é a metodologia de pesquisa, classificando-a em qualitativa e definindo as etapas e sua abordagem como um roteiro para enfatizar e estruturar a pesquisa

O quarto capítulo, trata as Discussões e Resultados apresentando de que forma foi escolhida a obra do objeto de estudo, as etapas para a elaboração da Linha de balanço, qual etapa foi analisada e de que forma é feito o acompanhamento do serviço; para coletar dados e em seguida os analisar, trazendo as vantagens e/ou desvantagens a Linha de balanço no acompanhamento de obra vertical de múltiplos pavimentos.

O quinto e último capítulo trata as considerações finais onde serão destacados os principais pontos dos resultados obtidos através das análises ao longo do trabalho.

1.2. PROBLEMA

Pressuposto que a Linha de balanço é um método eficaz para o controle e gerenciamento do prazo em obras de múltiplos pavimentos, de que forma sua aplicação auxilia o gestor da obra?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo Geral

- Analisar as vantagens e desvantagens da Linha de Balanço com avanços físicos na construção civil, com ênfase na etapa de fundações.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Buscar conceitos na literatura sobre as vantagens e desvantagens da Linha de Balanço com avanços físicos na construção civil;
- Acompanhar o planejamento de uma Linha de Balanço e seu avanço físico no decorrer da execução;
- Verificar avanços físicos da Linha de Balanço real x a planejada;
- Corrigir através de reprogramação da Linha de Balanço;

Constantemente fala-se de obras com atrasos e muitos imprevistos, gestores com os desafios de realizar projetos cumprindo os prazos esperados com a melhor forma de distribuição de recursos; sejam eles financeiros, de mão de obra ou de espaço físico no canteiro.

Para Lunkes (2008), o orçamento é um instrumento de planejamento e controle de estratégias e operações importante para as empresas. De acordo com Frezatti (2009), a elaboração do orçamento é crucial para a implementação da estratégia da empresa em um período específico. Conforme Frezatti (2009), o orçamento requer um compromisso dos gestores com as metas a serem atingidas, incluindo as prioridades e a direção da organização para o período, o que permite a avaliação do desempenho da empresa, suas áreas internas e seus gestores. Na opinião de Frezatti (2009), o orçamento pode ser considerado como um dos pilares da gestão e uma das ferramentas indispensáveis para que o *accountability*, ou seja, a obrigação dos gestores de prestar contas de suas atividades, possa ser realizado.

O planejamento inicia-se desde a orçamentação até a finalização de uma obra, e para tanto é preciso atentar-se para cada etapa de um empreendimento, ressaltando que existem programas, normas e diretrizes para garantir a eficiência, qualidade e segurança dentro de um canteiro de obras visando ao sucesso de uma obra.

O estudo da Estrutura Analítica do Projeto (EAP) visa identificar e fragmentar cada etapa da obra, auxiliando na elaboração do cronograma de obra; na Linha de Balanço consegue-se representar de forma gráfica/visual, cada etapa, e suas etapas subsequentes, onde cada uma tem seu respectivo peso na linha evolutiva do empreendimento.

O Planejamento Estratégico é uma ferramenta fundamental para o sucesso de projetos de obra. Ele permite o estabelecimento de metas, objetivos e diretrizes, bem como a definição de prazos e recursos necessários para a execução eficiente de cada etapa.

A Linha de balanço consiste na distribuição ordenada das atividades ao longo do tempo, através de uma representação gráfica, permitindo visualizar a distribuição das atividades de forma sequencial e equilibrada possibilitando o planejamento equacionado.

Por meio da Linha de Balanço, é possível identificar a sequência lógica das atividades, suas interdependências e as datas de início e término esperadas. Dessa forma, ela facilita o acompanhamento do progresso do projeto, permitindo a identificação de possíveis atrasos ou adiantamentos, bem como o realinhamento de recursos e a tomada de ações corretivas quando necessário.

Os avanços físicos, por sua vez, são medidas quantitativas que permitem verificar o progresso efetivo das atividades em relação ao planejado, expressos em percentual, baseados na orçamentação e custo do projeto. Através dos avanços físicos é possível avaliar a produtividade da equipe, identificar os chamados *caminhos críticos*, os desvios na execução das atividades e fazer ajustes no cronograma, prioridades ou alocação de recursos para garantir o cumprimento dos prazos e metas estabelecidos.

O processo de gerenciamento de obras visa minimizar riscos e falhas, prevendo os caminhos a serem seguidos, para que o planejamento seja executado ponto a ponto, observando sempre a organização e execução da obra a longo prazo, antecipando-se; quando se inicia o canteiro, já devem estar previstas todas as condições de instalações, e quando este está sendo executado, o gestor já está se preparando para a etapa seguinte, sempre se antecipando para atender as necessidades da fase seguinte. “Planejar uma obra envolve o conhecimento de suas diversas etapas desde o projeto até sua execução, incluindo o escopo da obra, os prazos de execução e os custos envolvidos a serem desembolsados a cada etapa” (PRETTO, 2021). Há autores que afirmam que os processos não precisam seguir processos definidos, como há também quem diz que o caminho não faz diferença, porém os modelos de gestão visam ao máximo atender etapas para minimizar erros.

“Segundo o gerenciamento de projetos, é possível construir um produto ou serviço sem utilizar uma cadeia de processos definidos ou previamente concebidos para tal empreitada. Entretanto, existem algumas metodologias que sustentam o desenvolvimento de produtos, serviços e/ou resultados. As metodologias para gerenciamento de projetos existem para dar suporte aos mais diversos modelos e estratégias de gerenciamento de projeto. (TORRES, 2004)”.

Os processos de construções de edificações vêm se desenvolvendo com a evolução do mundo; “Gerenciamento como projeto não é novidade, seu conhecimento provém da Antiguidade, com as construções das Pirâmides do Egito. Então, os faraós,

em conjunto com arquitetos e com mão de obra, utilizavam a matemática e as noções de construção, garantindo a sua qualidade que surpreende os profissionais atuais” (SILVA, 2011).

O Sistema Toyota de Produção e o *Lean Construction*, são metodologias que visam a eliminar desperdício e otimizar a eficiência; comumente associada a Produção Enxuta, começou a pensar em termos de estoque com base na demanda imediata do cliente, em vez de usar um sistema que antecipa a demanda do mesmo (VILELA, 2007). Este sistema é utilizado para minimizar ao máximo os desperdícios que se referem a todos os elementos de produção que só aumentam custos sem agregar valor; enfatizando sempre um planejamento futuro com antecedência.

Planejar está associado ao traçar metas com objetivos definidos, e os processos garantem um planejamento assertivo, para que se alcance a meta no melhor prazo, custo e qualidade. A Linha de Balanço é conhecida como diagrama tempo-caminho, que é uma técnica desenvolvida para o planejamento de obras como serviços repetitivos como no caso de edificações tipo torre de múltiplos pavimentos.

“A técnica da linha de balanço (LDB ou LOB, *do inglês line of balance*) foi originariamente desenvolvida em 1941 pela *Goodyear Tire & Rubber Company*, nos EUA, sob a orientação de George E. Fouch. Ela também foi aplicada com sucesso para o planejamento e controle da produção da Marinha americana nos anos 1950, o conceito de linha de balanço foi ampliado para a construção civil, a Indústria de manufatura e o fluxo de operações industriais, a popularidade do PERT/CPM alavancou a potencialidade da LDB como ferramenta de planejamento e controle (MATTOS, 2019)”.

A técnica da Linha de Balanço ilustra graficamente o ritmo de produção de uma atividade, e com a grandeza tempo na abscissa do gráfico e a quantidade de unidades produzidas na ordenada, quanto mais íngreme a reta, melhor sua produtividade, baseia-se na premissa de uma taxa uniforme de produção por atividade, ou seja, o avanço da atividade é considerado linear.

Conhecendo os serviços através da EAP, pode-se organizar os pavimentos em um dos eixos da linha do tempo, e cada serviço organizado em sua própria linha levando em consideração o seu tempo ou serviço vinculado, neste modelo pode-se acompanhar a evolução de cada etapa, bem como comparar o planejado com o realizado a fim de sempre garantir obras dentro do prazo planejado.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. PLANEJAMENTO E CONTROLE

De acordo com Formoso (1991), o planejamento pode ser conceituado como o processo de definição de metas e estabelecimento de procedimentos para atingi-las, sendo eficiente apenas se entrelaçado com o processo de controlar a execução da atividade.

O processo de planejamento tem como objetivo as antecipações de um futuro desejado, envolvendo muitas atividades e um alto grau de incerteza relativo ao custo, espaço, tempo e disponibilidade de recursos (ASSUMPÇÃO, 1996).

O planejamento é um processo complexo cujos resultados orientam à determinação do que deve ser feito, assim como sua forma e sequência de execução, considerando os recursos necessários e os custos envolvidos. Desta forma, é possível garantir a melhor eficácia dos planos, sendo efetivo somente se acompanhado do controle de processos (PRADO, 2002).

Moreira e Bernardes (2001) afirmam que as decisões estão simultaneamente relacionadas com o planejamento, pois é através do processo decisório que os objetivos estabelecidos nos planos podem ser executados.

A necessidade de usar uma representação esquemática para o planejamento de uma tarefa é uma consequência tanto da capacidade limitada da memória de trabalho humana quanto da incerteza envolvida na antecipação (FORMOSO, 1991). Ao confrontar problemas complexos, os indivíduos geralmente abstraem somente uma série de dados relevantes de nuances, aumentando a quantidade do espaço do problema que eles são capazes de encarar, resultando na construção de representações esquemáticas.

Apesar do crescimento no número de ferramentas para estas representações esquemáticas, na indústria da construção, a utilização dos métodos tradicionais de Planejamento e Controle da Produção (PCP) apresentam limitações, razão pela qual

são fortemente criticados na literatura por não considerarem devidamente as interferências entre processos, a variabilidade de processos, incertezas na disponibilidade de recursos, e por resultarem em excesso de folgas de tempo, o que tende a aumentar a duração dos empreendimentos (VARGAS; FORMOSO, 2019).

Segundo Matos, Costa, Barros Neto (2010), o PCP ainda não está sendo encarado como um processo. A incerteza é descartada e os planos são excessivamente detalhados muito antes do momento de realização das atividades. Não se verifica a uma posição hierárquica e organização do PCP e dos planos. A informalidade com que os planos são propagados e a falta de documentação que possam espalhar a informação em vários formatos para os diversos níveis empresariais são outros problemas verificados no processo. Na indústria da construção, o PCP é, em geral, interpretado como o resultado da geração de planos, denominado apenas pela ação de preparar o cronograma geral da obra (BERNARDES, 2001).

Apesar das inúmeras situações encontradas em decorrência da falta de conhecimento adequado para um bom planejamento, a partir da concepção de projeto definida, o planejamento determina as diretrizes para a construção, por meio de análises via orçamentação, insumos, logística e cronogramas, objetivando estruturar a empresa para a execução da obra.

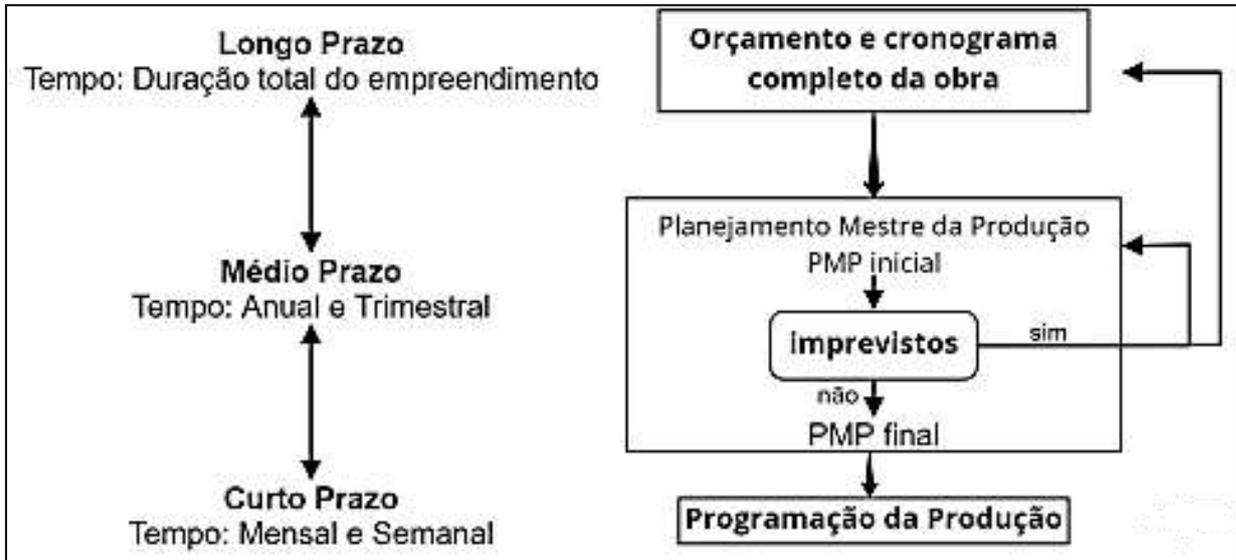
Mattos (2019) aponta como os principais aspectos positivos do planejamento os seguintes:

- Conhecimento pleno da obra;
- Detecção de situações desfavoráveis;
- Agilidade nas decisões;
- Relação com o orçamento;
- Otimização e alocação de recursos;
- Referência para acompanhamento;
- Padronização;
- Referência para metas;
- Documentação e rastreabilidade;
- Criação de dados históricos; e,
- Profissionalismo.

O planejamento divide-se na dimensão vertical, associado a diferentes níveis, incluindo os níveis gerenciais, e dimensão horizontal, referente às etapas contidas nos

planejamentos de longo, médio e curto prazos (HERTHEL, 2015), o fluxo dessas divisões são ilustradas da Figura 1 a seguir:

Figura 1 Fluxo de Etapas de planejamento de obra.



Fonte: Herthel, 2015.

Mattos (2019) afirma que, objetivando tornar melhor o sistema de PCP de empresas construtoras, deve-se trabalhar principalmente no desenvolvimento da dimensão vertical, no sentido de correção de falhas indicadas na literatura e evidenciadas na prática. O planejamento pode ser feito em todos os níveis gerenciais da organização. Devido à incerteza do processo produtivo, os planos em cada nível variam de acordo com o horizonte de planejamento.

Convencionalmente, se aponta a necessidade de efetivamente realizar o planejamento em três níveis de hierarquia: longo (estratégico), médio (tático) e curto (operacional). Nesses níveis, de um modo geral, estão compreendidos os seguintes conceitos:

- **Estratégico:** Neste nível são definidos o escopo e as metas do empreendimento a serem alcançadas em determinado intervalo de tempo. As decisões tomadas para a preparação dos planos estão relacionadas a questões de longo prazo (BERNARDES, 2001). Foca os negócios da empresa, enquanto atividade econômica e no máximo o empreendimento como um todo.
- **Tático:** No nível tático enumeram-se os meios e suas limitações para que as metas sejam alcançadas. Em geral, pode-se utilizar este nível destinado a um horizonte de longo ou médio prazo. Contudo, isso vai depender do tipo de obra a ser executada, do horizonte de tempo necessário à execução, bem como da maneira pela qual o processo de planejamento e controle da produção será desenvolvido.

- Operacional: O nível inferior está intimamente relacionado com a execução do trabalho. Segundo Formoso (1999), este é o planejamento de comprometimento e tem a função de proteger a produção contra as incertezas que porventura poderiam surgir ao longo do tempo de obra. Envolve períodos de meses, semanas ou dias.

As decisões de caráter estratégico e tático são tomadas em momentos em que não se dispõe de informações detalhadas sobre o empreendimento, justificando, ou até mesmo impondo, o uso de modelos simplificados para operar com esses dados. Já as decisões operacionais são definidas no momento da definição dos recursos físicos detalhados, envolvendo a equipe da obra para que haja engajamento da equipe de produção na busca por atingir o estabelecido no planejamento (BALLARD, 1997).

2.1.1. Planejamento de longo prazo

Também conhecido como planejamento estratégico, abrange a definição do escopo e das metas do empreendimento a se alcançar. É o nível menos detalhado da gestão, onde encontra-se o plano mestre do empreendimento (BERNARDES, 2001).

Herthel (2015) acrescenta esta ideia ratificando que a programação de longo prazo consiste no primeiro nível de detalhamento do planejamento, apresentando um caráter mais genérico, adequado aos níveis mais altos de gerência (diretoria). Também chamada de plano mestre, ela serve basicamente para a visualização geral das etapas da obra, explicitação das datas-marco mais importantes e identificação preliminar de recursos.

De acordo com Formoso (2001), as principais atividades envolvidas neste nível de planejamento são:

- i) coletar as informações: As informações necessárias para a geração do plano mestre no início da obra são originárias, principalmente, da etapa de preparação do processo de planejamento. Para a revisão do plano mestre, devem-se buscar também informações geradas nos níveis inferiores de planejamento, principalmente do planejamento de médio prazo;
- ii) gerar o fluxo de caixa: A partir do plano mestre, elabora-se um fluxo de caixa mais detalhado do que aquele gerado no início do empreendimento. Algumas vezes é necessário modificar o plano mestre da obra de forma a tornar favorável o fluxo de despesas, principalmente em função das altas taxas de juros praticadas no país. O fluxo de caixa gerado é base para o controle financeiro da obra;
- iii) preparar o plano: Podem-se utilizar várias técnicas para gerar o plano mestre, sendo as principais o diagrama de Gantt, os diagramas de

precedência de atividades, as técnicas de rede e a Linha de Balanço. A técnica de Linha de Balanço tem a vantagem, em relação às duas primeiras, de apresentar explicitamente o fluxo de trabalho das diferentes equipes na obra. Isso facilita a definição de ritmos que garantam a continuidade do trabalho das principais equipes de produção, que é um dos requisitos para o aumento da eficiência das mesmas. O grau de detalhe utilizado nesse plano depende, principalmente, da incerteza envolvida no processo de produção. Existe uma retroalimentação entre o plano mestre e o plano de médio prazo;

- iv) difundir o plano mestre: Esse deve ser apresentado em um ou mais formatos, em função da necessidade de seus usuários. Para difundir-lo, algumas empresas fazem uso de reuniões com os principais usuários deste plano tanto na fase inicial da obra como a cada alteração substancial no mesmo;
- v) programar os recursos classe 1: Envolve a programação dos recursos cuja previsão de compra, aluguel e/ou contratação deve ser realizada a partir do planejamento de longo prazo. Caracterizam-se, geralmente, pelo longo ciclo de aquisição e pela baixa repetitividade deste ciclo, por exemplo, elevadores, cerâmica, pastilhas, entre outros. O lote de compra geralmente corresponde ao total da quantidade de recursos a serem utilizados, e
- vi) difundir a programação de recursos: Uma vez gerada a programação de recursos classe 1, essa deve ser disseminada aos setores de recursos humanos para a contratação de mão de obra e de suprimentos para aquisição dos materiais e equipamentos necessários.

2.1.2. Planejamento de médio prazo

Segundo Mattos (2019), o segundo nível de detalhamento do planejamento refere-se à programação de médio prazo. Mais específica do que a de longo prazo, sua função fundamental é possibilitar a elaboração de um plano de compra de materiais e equipamentos, identificar a necessidade de novos recursos, treinar a mão de obra em tempo hábil e prever interferências (quando possível).

É no planejamento de médio prazo que possíveis entraves ou restrições à realização das tarefas são identificados e ações são elaboradas para que sejam removidas antes da liberação das tarefas para a produção. A análise sistemática das restrições contribui para o melhor entendimento de como é realizada a execução dos serviços e possibilita a organização de listas de verificação a serem usadas antes da execução de um serviço (MATOS et al., 2010).

Para Formoso (2001), o planejamento de médio prazo baseia-se nas seguintes atividades:

- i) coletar as informações - o plano de médio prazo é gerado a partir do plano mestre e de informações retroalimentadas do gerenciamento operacional;
- ii) preparar o plano de médio prazo - geralmente realizado através do uso do gráfico de Gantt ou de um desdobramento do diagrama de precedência de atividades. A partir do plano, analisam-se as restrições, revisando-se o sequenciamento da produção. A cada ciclo de replanejamento de médio prazo pode ser necessário, também, reestudar o fluxo de materiais da obra, fazendo os ajustes de layout necessários à medida que a obra evolui;
- iii) difundir o plano - novamente os planos devem ser difundidos num formato adequado aos seus usuários, com destaque ao setor de suprimentos. A partir do plano de médio prazo é realizada a aquisição de recursos classe 2, e também a contratação de equipes de mão de obra, cujo prazo de contrato é relativamente curto;
- iv) programar a aquisição dos recursos classe 2 - refere-se àqueles recursos cuja programação de compra, aluguel e/ou contratação deverá ser realizada a partir do planejamento tático de médio prazo. Caracterizam-se geralmente por um ciclo de aquisição inferior a 30 dias e por uma média frequência de repetição deste ciclo. Os lotes de compra são, em regra, frações da quantidade total do recurso, por exemplo: blocos cerâmicos, vidros, tubos e conexões de PVC, entre outros, e
- v) difundir a programação - a programação deve ser difundida para os setores de suprimentos para a negociação.

Além da divisão do planejamento de médio prazo conceituado acima, outros autores também classificam este tipo de planejamento em outras atividades, como é o caso de Formoso (1991), o qual afirma que a tarefa de planejar a construção em um nível tático pode ser dividido em dois grupos principais de subtarefas: estabelecer dados padrão, e gerar um plano. A necessidade de dados padrão ocorre porque o especialista geralmente tem que gerar planos sem ter um conjunto completo de informações sobre o projeto: o projeto é muitas vezes incompleto e geralmente há muita incerteza relacionada às condições do local e disponibilidade de recursos. Pois constantemente depara-se com a necessidade de compatibilização entre os projetos complementares durante a execução de uma obra.

2.1.3. Planejamento de curto prazo

Com base em seus estudos, Mattos (2019) afirma que o alcance desse tipo de planejamento é semanal ou quinzenal e sua função é estabelecer diretrizes detalhadas, claras e imediatas. O grau de detalhamento da programação aumenta à medida que se aproxima o início da atividade. A programação de curto prazo é a

agenda da obra e torna-se ideal para identificar as causas pelas quais as tarefas da semana se atrasaram ou não se iniciaram conforme o planejado.

No final do ciclo de curto prazo adotado (diário, semanal ou quinzenal), inicia-se o monitoramento das metas executadas e o registro das causas pelas quais as mesmas não cumpriram o planejado. Este controle é realizado por meio de um indicador associado ao plano denominado Percentagem do Planejamento Concluído (PPC), calculado através da razão dos pacotes de trabalhos completados pelos totais planejados (BERNARDES, 2001).

Para Ballard e Howell (1998), os planos de trabalhos semanais são eficazes quando atendem aos seguintes requisitos de qualidade dos planos de compromisso por unidade de produção para atividades e tarefas específicas. Para os autores supracitados, algumas perguntas podem auxiliar na elaboração do plano.

1. Definição: As atribuições são específicas o suficiente para que o tipo e a quantidade correta de materiais possam ser coletados, o trabalho possa ser coordenado e seja possível dizer no final da semana se a tarefa foi concluída?

2. Solidez: Todas as tarefas estão corretas, ou seja: Todos os materiais estão à mão? O projeto está completo? O trabalho de pré-requisito está completo? A intenção é fazer tudo o que pode ser feito para deixar o trabalho pronto antes da semana em que deve ser feito

3. Sequência: As atribuições são selecionadas dentre aquelas que são sólidas na ordem de construtibilidade necessária para a própria unidade de produção e na ordem necessária para os processos do cliente? As atribuições adicionais de menor prioridade são identificadas como pendências viáveis, ou seja, tarefas de qualidade adicionais disponíveis caso as atribuições falhem ou a produtividade exceda as expectativas?

4. Tamanho: As atribuições são dimensionadas para a capacidade produtiva de cada equipe ou subequipe, enquanto ainda são alcançáveis dentro do período do plano? A atribuição produz trabalho para a próxima unidade de produção no tamanho e formato necessários?

5. Aprendizagem: As tarefas que não são concluídas na semana são rastreadas e os motivos identificados?

2.2. LEAN CONSTRUCTION

2.2.1. Definições

Baseado no cenário de demanda de Pós Guerra, o Sistema Toyota de Produção (TPS) foi implementado no Japão e estava baseado em demandas flutuantes, que exigiam rápidas mudanças nas linhas de montagem frente ao grande número de diferentes produtos que deveriam ser produzidos. Este modelo, desenvolvido por Taiichi Ohno, é composto por ideias básicas que se baseavam na

adoção de estratégias de produção, que eram definidas em função das demandas que chegavam na cadeia produtiva, dentro de um plano de trabalho que garantia o ritmo planejado ao longo de todo o processo produtivo. Em outras palavras, era necessário um fluxo contínuo de produção, com a adoção de políticas de monitoramento de cada etapa desses processos visando a redução de estoques de insumos. Este conjunto de ideias passa a ser definido como *Lean Production* (Produção Enxuta) (CONTE, 2003).

Howell (1999) complementa este contexto afirmando que o termo “*lean*” foi criado pela equipe de pesquisa que trabalhava na produção automotiva internacional para refletir tanto a natureza de redução de desperdício do Sistema de Produção da Toyota quanto para compará-lo com as formas de produção artesanal e em massa.

Ao longo dos anos 90, a teoria do *Lean Construction* vem sendo construída para a gestão de processos na construção civil, com o objetivo de adaptar alguns conceitos e princípios gerais da *Lean Production* às peculiaridades do setor. (FORMOSO, 2010).

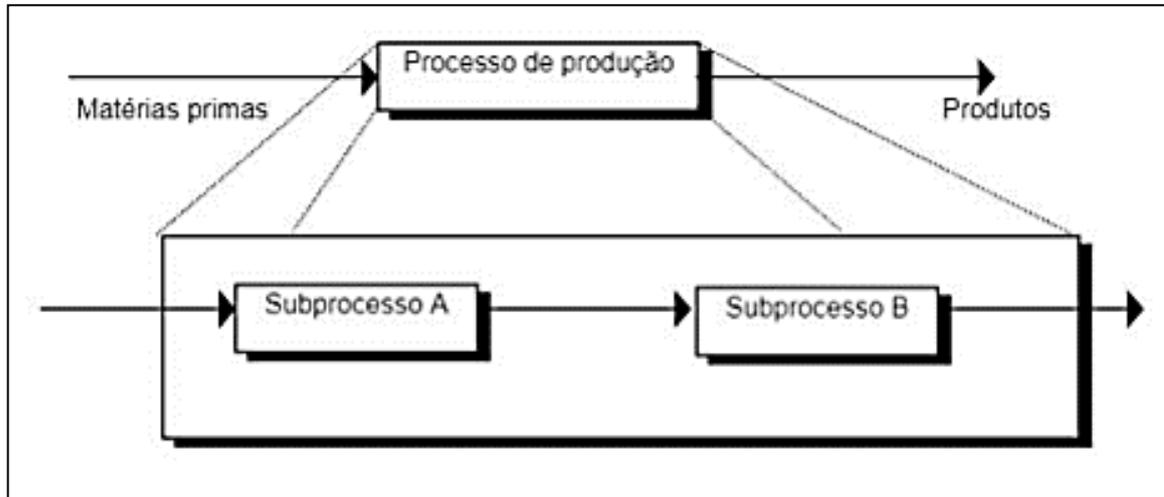
Junqueira (2006) afirma que a construção civil é caracterizada por altos indicadores de desperdício, produtos com baixa qualidade, processos ineficientes e ineficazes e, por isso mesmo, mostra-se como um campo promissor aos resultados que podem ser obtidos através da aplicação dos conceitos da construção enxuta.

A forma atual de gerenciamento de produção na construção é derivada da mesma abordagem encontrada na produção em massa e no gerenciamento de projetos. Diante disso, gerenciar a construção sob *Lean* é diferente da prática contemporânea típica porque tem um conjunto claro de objetivos para o processo de entrega; visa maximizar o desempenho do cliente no nível do projeto; projeta produtos e processos simultaneamente e aplica o controle de produção ao longo da vida do projeto (HOWELL, 1999).

A diferenciação dos conceitos entre as formas de gerenciamento tradicional e a produção enxuta é essencial para entender os processos de produção (FORMOSO, 2010). O conceito tradicional costuma identificar a produção como “um conjunto de atividades de conversão, que transforma os insumos (materiais, informações) em

produtos intermediários (alvenaria, estrutura, revestimento) ao final em edificação”, conforme ilustra a Figura 2.

Figura 2 Modelo de processo na filosofia gerencial tradicional.



Fonte: Formoso, 2010.

Segundo Formoso (2010), as características deste modelo podem ser definidas nos seguintes tópicos:

- o processo de conversão pode ser subdividido em subprocessos, que também são processos de conversão. Por exemplo, a execução da estrutura pode ser subdividida em execução de formas, corte, dobragem e montagem de armaduras e lançamento de concreto
- o esforço de minimização do custo total de um processo em geral é focado no esforço de minimização do custo de cada subprocesso separadamente; e,
- o valor do produto (*output*) de um subprocesso é associado somente ao custo (ou valor) dos seus insumos.

Matos (2006) mostra, então, que dentro dessa visão gerencial dominante são encontradas algumas deficiências, tais como: a não consideração de atividades entre os processos de conversão, e que, não agregam valor como inspeção, transporte, espera por material, retrabalho etc.

Esse tipo de atividade aparece de forma implícita nos orçamentos convencionais e nos planos de obra e por essa razão faz com que a sua percepção seja dificultada, prejudicando assim a gestão da produção. Assim, existe uma grande tendência de concentrar esforços na melhoria dos subprocessos e não no sistema de produção, bem como à não execução ou processamento dos produtos, conforme as necessidades dos clientes. (MATTOS, 2006).

Para Formoso (2010) o modelo de processo da *Lean Construction* assume que um processo consiste em um fluxo de materiais, desde a matéria prima até o produto final, constituído por atividades de transporte, espera, processamento (ou conversão) e inspeção. Por não agregarem valor ao produto final, as atividades de transporte, espera e inspeção são denominadas atividades de fluxo. Nem toda a atividade de processamento agrega valor ao produto. Por exemplo, quando as especificações de um produto não foram atendidas após a execução de um processo e existe a necessidade de retrabalho, significa que atividades de processamento foram executadas sem agregar valor.

Diante destes conceitos nota-se que as ferramentas *lean* podem ser aplicadas em canteiros de obras, apesar das características específicas da construção. O grande desafio, tanto para pesquisas futuras, quanto para empresas e profissionais que busquem a aplicação prática do *Lean Thinking*¹o setor de construção, é a busca de metodologias que traduzam formas de implementação dos princípios para o ambiente da construção, sendo a aplicação de ferramentas uma consequência. (JUNQUEIRA, 2006).

2.2.2. Princípios do *Lean Construction*

Koskela (1992) propôs um conjunto de onze princípios para melhorar a eficiência da gestão dos processos construtivos e auxiliar no projeto de processo de fluxo. Alguns estudos já apresentam exemplos de aplicação destes princípios e os benefícios proporcionados, no sistema de produção, através de aplicações tecnológicas simples. A seguir são apresentados os Onze princípios do *Lean Construction*:

- 1.Reduzir a parcela de atividades que não agregam valor;
2. Aumentar o valor do produto final;
3. Reduzir a variabilidade;
4. Reduzir o tempo de ciclo;
5. Diminuir o número de partes ou ciclos;

¹ Lean Thinking, ou Pensamento Enxuto, é uma metodologia de gestão que visa reduzir desperdícios e aumentar a eficiência dos processos.

6. Aumentar a transparência do processo;
7. Aumentar a flexibilidade de saída;
8. Introduzir melhoria contínua no processo;
9. Focar o controle no processo global;
10. Manter um equilíbrio entre melhorias nos fluxos e nas conversões, e
11. Fazer *benchmarking*

O mesmo autor complementa que em geral os princípios se aplicam tanto ao processo de fluxo total quanto aos seus subprocessos. Além disso, os princípios definem implicitamente problemas de fluxo de processos, como complexidade, intransparência ou controle segmentado.

2.3. LINHA DE BALANÇO

2.3.1. Conceitos e aplicações

A Linha de Balanço (LDB) é uma das técnicas que ao longo dos últimos anos vêm sendo impulsionadas e desenvolvidas juntamente com as estratégias de planejamento para construções com ênfase na padronização de processos.

Esta técnica é um método de programação que se originou na indústria manufatureira. A técnica da Linha de Balanço surgiu na *Goodyear Tire & Rubber Company*, precisamente em 1941, teve outras aplicações posteriores na marinha americana, e hoje vem sendo utilizada em projetos de natureza repetitiva (PINHEIRO, 2009). Levando em consideração, o planejamento com a LDB é adequado para os seguintes empreendimentos: prédios altos, conjuntos habitacionais, túneis, estradas, dutos de água e gás.

Herthel (2015) afirma que a Linha de Balanço é uma das ferramentas, que, baseada na *Lean Construction*, tem seu embasamento na diminuição e eliminação das atividades que não agregam valor ao produto final, ou seja, as atividades de fluxo. Esta técnica representa o fluxo da produção ao longo das zonas de trabalho, e a sua representação em forma de linha permite identificar o ritmo de produção da tarefa por meio da sua inclinação (VARGAS; FORMOSO, 2020).

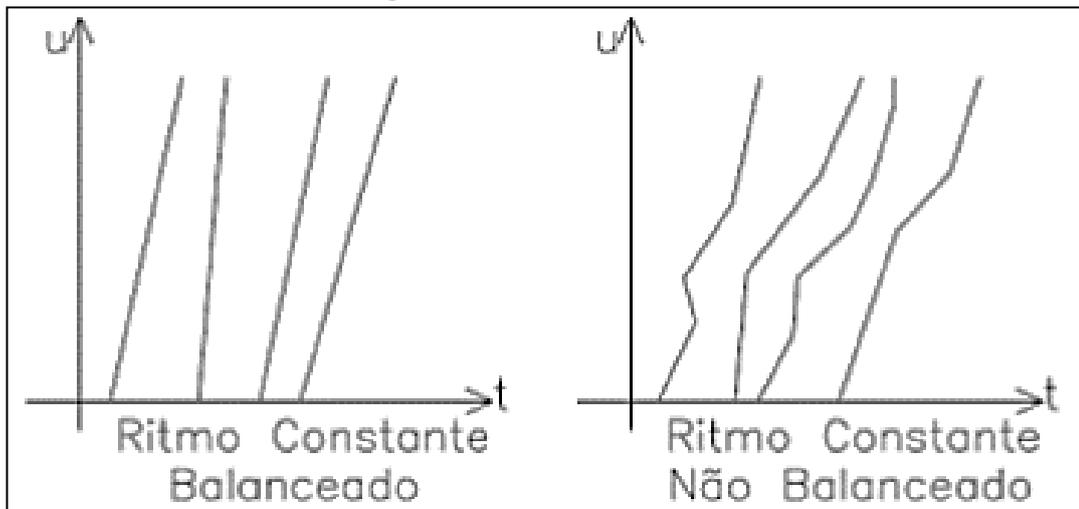
Marchiori (2021) avalia as vantagens e desvantagens da aplicação da Linha de Balanço no planejamento de uma obra com padrão repetitivo. Desta maneira as vantagens são identificadas como: facilidade de compreensão da execução das atividades; facilidade de elaboração de quadros ou tabelas para distribuição de recursos humanos para cada atividade; ganhos com produtividade devido ao efeito aprendizagem (várias repetições); fixação de metas definidas; e especialização dos recursos humanos. Por sua vez, as desvantagens são listadas como: algumas atividades não essenciais não entram no planejamento por Linha de Balanço, mas precisam ser programadas; os projetos devem possuir características que permitam o trabalho por meio de Linha de Balanceamento²; considera-se que a produtividade é uniforme; e a liberdade entre as atividades é limitada.

Mattos (2019) descreve a Linha de Balanço como uma reta representada por uma estrutura nomeada “Pacotes de Trabalho” e que ilustra graficamente a cadência de produção de uma atividade, desta forma, a dimensão tempo fica localizada na abscissa do gráfico e a quantidade de unidades produzida na ordenada, quanto mais íngreme a reta, maior sua produtividade. A declividade define a taxa de produção no tempo.

Prado (2002) demonstra que através dos gráficos representados abaixo é possível notar que as inclinações das linhas determinam o ritmo a ser imposto às atividades, de forma a possibilitar a conclusão da tarefa de acordo com o prazo estabelecido. A Figura 4 exemplifica o balanceamento e desbalanceamento através do ritmo.

² Linha de Balanceamento é uma das formas de chamar a LDB – pois Linha é composta por etapas que se sucedem, onde os postos de trabalho são organizados em uma sequência lógica; e balancear ela é ajustá-la as necessidades da demanda, seguindo seu fluxo e ritmo independentes para cada etapa; basicamente entram na linha de Balanço as atividades produtivas e o balanceamento entre as atividades serve para programar atividades necessárias, como mudança no canteiro, ou atividades de reparos; que são extremamente necessárias, porém não produtivas.

Figura 3 Ritmo das Atividades.



Fonte: Prado, 2002¹

Esta representação é considerada um gráfico Tempo versus Caminho, um equívoco comum que é frequentemente confundido com Linha de Equilíbrio³, devido à grande interação que normalmente ocorre entre os dois.

A Linha de Balanço resume a composição de tarefas semelhantes em uma linha, o que posteriormente reduz o tamanho de um documento ao combinar tarefas comuns em pacotes de trabalho.

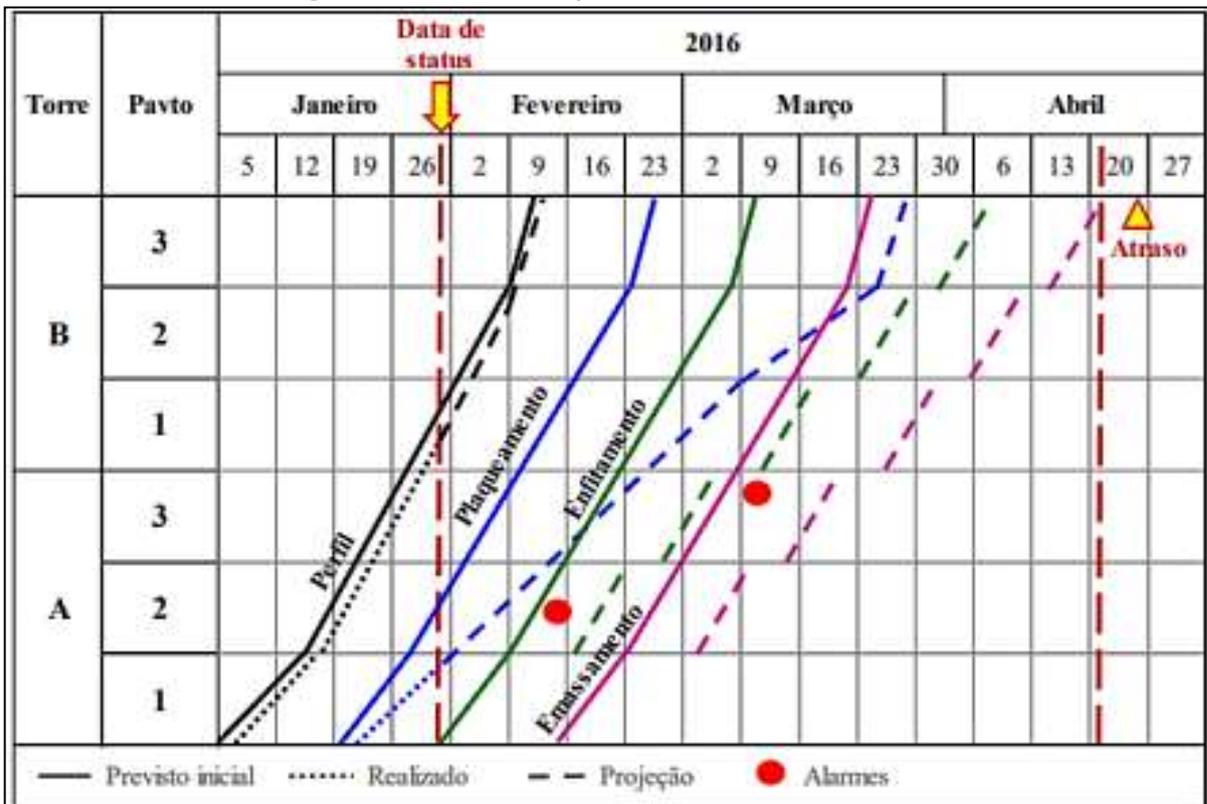
Um dos produtos do processo de pesquisa iniciado com a Linha de Balanço e o fluxo de trabalho é o *Location-Based Management System* ⁴(LBMS). Este sistema é uma técnica de planejamento e controle da produção em construções que contempla aspectos importantes no processo de construção, como o fluxo de trabalho contínuo e as restrições de locais. O LBMS combina taxas de produção, quantidades e consumo de recursos em locais específicos para estimar as durações das atividades (BUCHMANN; SLORUP, 2012).

A Figura 4 ilustra um exemplo de cronograma LBMS para empreendimentos de cercas, o cronograma compara as datas esperadas, realizadas e projetadas para cada empreendimento e local, e identifica problemas significativos com as datas previstas e concluídas.

³ Linha de Equilíbrio – outra forma de chamar a LDB – Porém a linha em equilíbrio remete ao mesmo ritmo para os pacotes de serviços, contrariando o balanceamento de serviços independentes.

⁴ Location-Based Management System (LBMS) - Sistema de Gerenciamento Baseado em Localização; um dos sistemas de planejamento da metodologia de LDB.

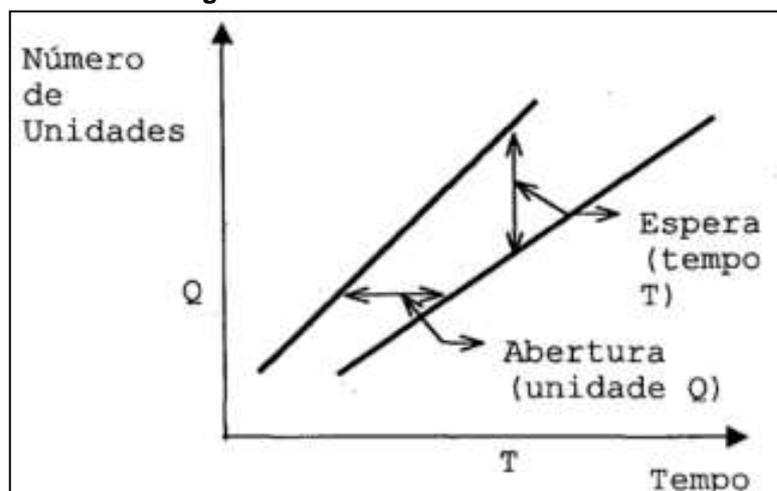
Figura 4 Linha de Balanço baseada no modelo LBMS.



Fonte: Buchmann; Slorup; 2012

Para Mattos (2019) uma das mais significativas vantagens do método tempo-caminho (técnica da LBMS) é permitir a comparação do previsto com o realizado. Tendo a Linha de Balanço do planejamento original como referência, é possível plotar no gráfico os pares ordenados tempo-posição do avanço real do projeto e avaliar, então, se o progresso está além ou aquém do previsto, conforme apresentado na Figura 5.

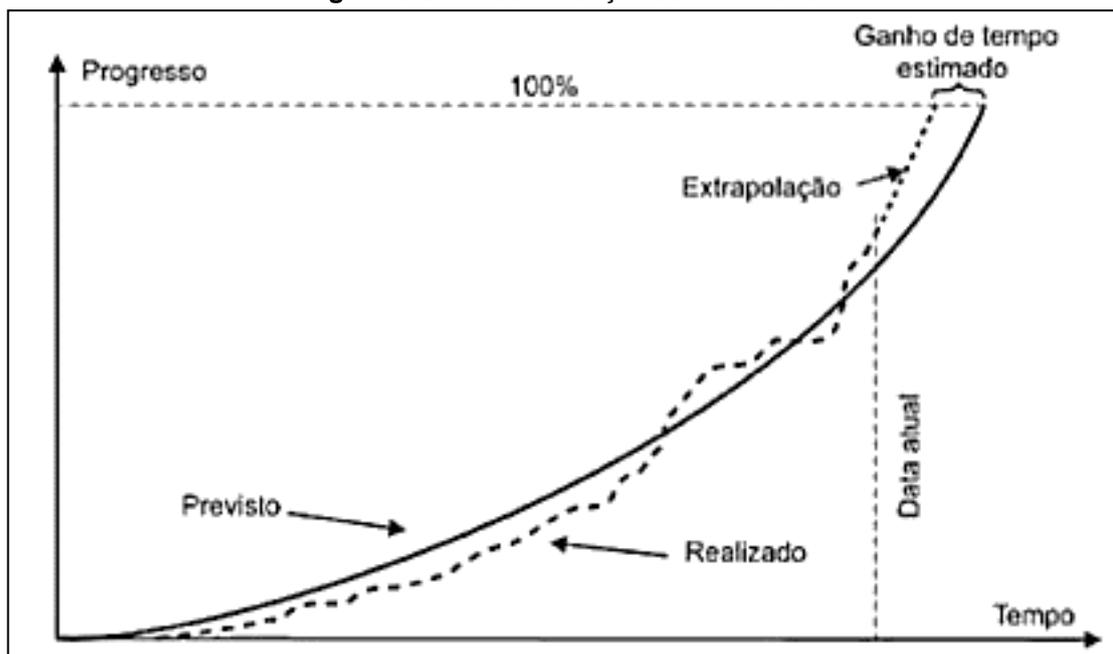
Figura 5 Curva Previsto x Realizado.



Fonte: Mattos, 2019.

Analisando o comportamento da Linha de Balanço por meio do gráfico tempo versus caminho para duas atividades representadas por curvas, é possível notar que a distância horizontal entre essas curvas de produção de processos consecutivos representa, um tempo de abertura (*time buffer*). Já a distância vertical entre curvas de produção de dois processos consecutivos num determinado instante representa uma espera (*stage buffer*), como demonstrado na Figura 6 (MENDES JUNIOR, 1999).

Figura 6 Curva de Produção de Processos.



Fonte: Mendes Junior, 1999.

A Linha de Balanço (LDB) é baseada em três fundamentos básicos que juntos têm o papel de manter a produção em sintonia. O primeiro deles é o ritmo de produção, ou inclinação da linha que representa as atividades na LDB, referindo-se ao valor obtido pela adequação do que deve ser entregue em cada unidade de repetição, ou ao final de cada etapa da obra, e o prazo em que deve ser entregue. O ritmo de um pacote de trabalho pode ser calculado utilizando as seguintes variáveis (ÁVILA; JUNGLES, 2013):

- Unidades de repetição (n): quantidade de lotes de produção;
- Duração total (DT): duração total do projeto, e
- Tempo de ritmo (Tr): tempo necessário para executar os pacotes de trabalho restantes.

Diante dessas definições, o Ritmo (R) é matematicamente definido pela seguinte Equação:

$$R = \frac{(n - 1)}{Tr} \quad (1)$$

O segundo fundamento é o fluxo contínuo, é a programação de atividades que não possuem pausas ou conflitos entre as etapas. Interrupções no fluxo dos pacotes de trabalho geram desperdícios no período de entrega, o que exige a realocação das equipes para outros projetos.

Por último, o terceiro fundamento se baseia na replicação em série das atividades que devem ser executadas sucessivamente em cada iteração do projeto; ou seja, as mesmas atividades sejam realizadas em diferentes períodos de tempo, de maneira repetitiva e organizada; o princípio de replicação em série garante que essas atividades ocorram de forma padronizada, uma após a outra. Isso permite que o fluxo de trabalho seja otimizado, evitando interrupções e maximizando a utilização de recursos.

Resumindo assim os três fundamentos da Linha de Balanço são: ritmo, fluxo contínuo e repetição em série; para assim manter a produção dentro do planejado.

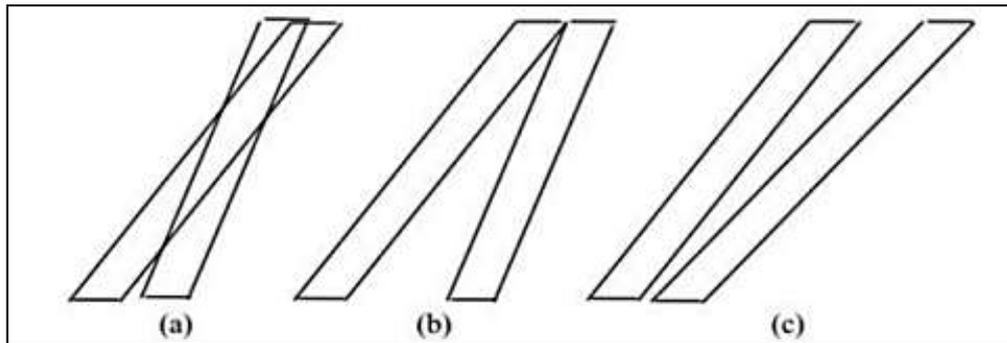
2.3.2. Balanceamento das atividades

Mendes Junior (1999) define o balanceamento da linha como a execução de todas as atividades continuamente sem interferências, ou seja, sem quebra da linearidade de execução através da intercepção entre atividades. Quando as retas das atividades são paralelas, significa que elas possuem o mesmo ritmo de execução.

O objetivo do balanceamento é minimizar os efeitos negativos das interrupções e das paradas, e maximizar os benefícios da continuidade, possibilitando a redução de custos e o surgimento dos efeitos de aprendizagem (HEINECK, 1996).

No entanto, no caso de surgimento de conflitos entre atividades, como mostrado na Figura 7 (a), Mendes Júnior e Heineck (1997) sugerem que o início da atividade seja atrasado (b) ou que seu ritmo seja intensificado com a alocação de mais equipes para a realização da atividade (c).

Figura 7 Conflito entre Atividades



Fonte: Mendes Júnior e Heineck, 1997.

2.3.3. Etapas para a aplicação da Linha de Balanço

Para a aplicação da técnica da Linha de Balanço no planejamento de uma obra, Mendes Junior (1999) e Maziero (1990) sugerem a seguinte sequência de passos para compor o roteiro de elaboração:

1. Determinação da Unidade Básica de Repetição;
2. Determinação dos Pacotes de Trabalho;
3. Construção da Rede Lógica e definição das Precedências;
4. Levantamento de quantitativos e das Composições Unitárias necessárias;
5. Construção da Linha de Balanço e Alocação de Recursos.

2.4. PACOTES DE TRABALHO

2.4.1. Definições de Pacote de Trabalho

De acordo com Choo (1999), o Pacote de Trabalho (PT) é definido como uma quantidade de trabalhos semelhantes a serem feitos ou um conjunto de tarefas em uma mesma área, utilizando informações de projeto específicos, material, mão de obra, equipamento, e com os mesmos pré-requisitos de trabalho definidos. Deste modo, a elaboração de Pacotes de Trabalho é um processo de planejamento que requer uma compreensão detalhada do escopo do trabalho e fatores restritivos. Sem a devida consideração das relações entre as atividades que os compõem, os Pacotes de Trabalho não seriam um meio eficaz de gerenciar o trabalho (KIM; IBBS, 1995).

O PMI (2017) define o pacote de trabalho como o nível mais baixo de composição da Estrutura Analítica de Projeto (EAP). Um pacote de trabalho pode ser usado para agrupar as atividades em que o trabalho é agendado, estimado, monitorado e controlado. No contexto da EAP, o pacote de trabalho se refere a

produtos de trabalho ou entregas que são o resultado da atividade e não a atividade propriamente dita. Halpin (1985) considera o pacote de trabalho como um subelemento de um projeto de construção em que os dados de custo e tempo são coletados para relatórios de *status* do projeto. Todos os pacotes de trabalho combinados constituem a estrutura analítica do projeto.

Segundo Ballard (2000) os pacotes de trabalho são a unidade indivisível da EAP. Ávila e Jungles (2013) definem a EAP como o ordenamento das atividades segundo a ordem lógica de execução, estruturadas em uma decomposição hierárquica do escopo total do trabalho. Uma EAP bem construída pode revelar-se crucial em muitos processos de gerenciamento de projetos, uma vez que divide o trabalho a ser desenvolvido em etapas e pacotes de trabalho, impactando diretamente na definição das atividades, no cronograma do projeto, na análise de riscos e nas ferramentas de controle utilizadas nos projetos (SIAMIIRDEMOOSA; DINDARLOO; SHARIFZADEH, 2015).

Segundo Rodrigues e Bowers (1996), exemplo de Estrutura Analítica do Projeto (EAP), conforme figura 8; a construção de uma EAP precisa respeitar dois princípios básicos: completude, ou seja, todo o trabalho a ser desenvolvido pelo projeto, sem nenhuma exceção, precisa ser mapeado para algum pacote de trabalho na decomposição da EAP; e hierarquia, pois a soma de todo o trabalho do projeto deve ser igual à soma dos elementos de todos os pacotes de trabalho decompostos.

Figura 8 EAP Analítica

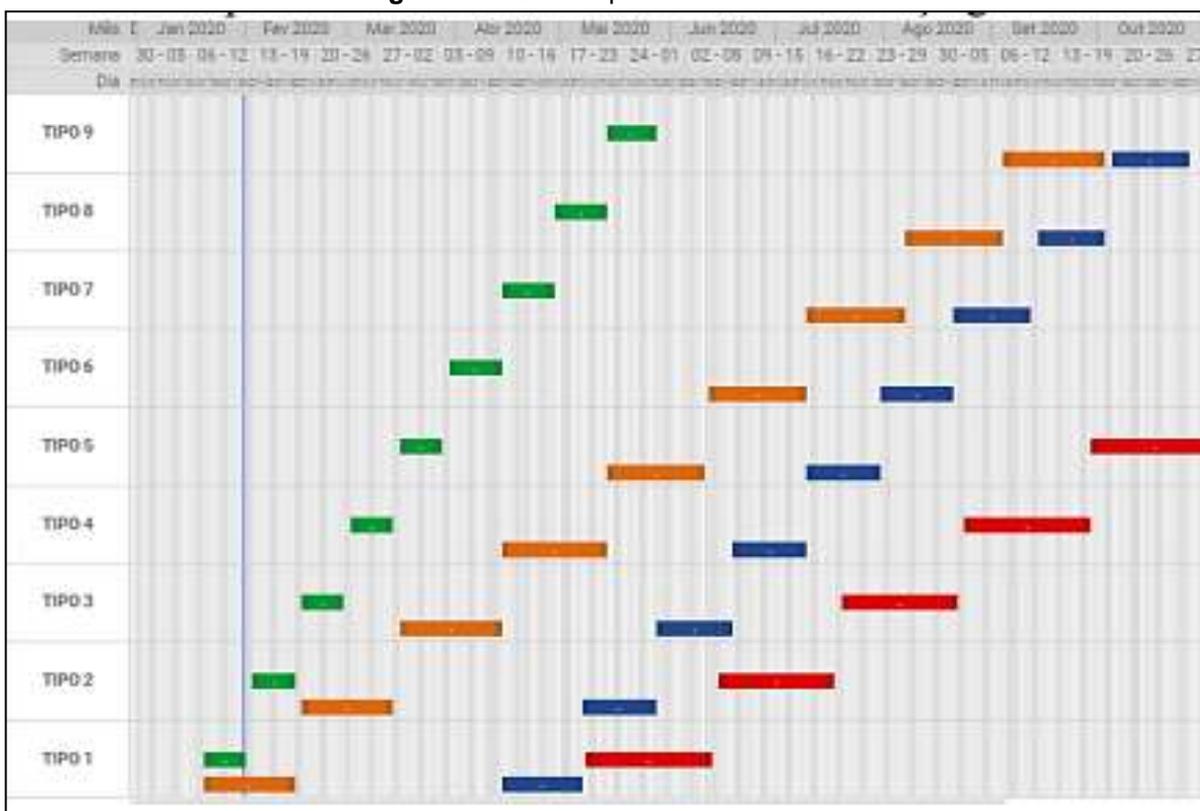
Atividade	
0	Casa
1	1. Infraestrutura
2	1.1 Escavação
3	1.2 Sapatas
4	2. Superestrutura
5	2.1 Paredes
6	2.1.1 Alvenaria
7	2.1.2 Revestimento
8	2.1.3 Pintura
9	2.2 Cobertura
10	2.2.1 Madeiramento
11	2.2.2 Telhas
12	2.3 Instalações
13	2.3.1 Instalações Elétrica
14	2.3.2 Instalações Hidráulica

Fonte: Rodrigues e Bowers, 1996.

Decomposição é uma técnica usada para dividir e subdividir o escopo do projeto e suas entregas em partes menores e mais fáceis de gerenciar. Desta forma, são agrupadas as atividades a fim de se criar pacotes de trabalho. O grau de decomposição é orientado com frequência pelo grau de controle necessário para gerenciar o projeto de forma eficaz, já o nível de detalhe dos pacotes de trabalho poderá variar com o tamanho e complexidade do projeto (PMI, 2017).

Na Linha de Balanço os pacotes de trabalho são identificados como células de produção de diferentes cores presentes no gráfico, como pode ser observado na Figura 9. Conceitualmente essas estruturas são apresentadas como um grupo de atividades, geralmente de características similares, que são realizadas dentro de um período definido (KEMMER, 2022). No entanto, alguns projetos utilizam a estrutura de pacote de trabalho para representar uma única atividade da obra na Linha de Balanço.

Figura 9 Modelo de pacotes de trabalho.

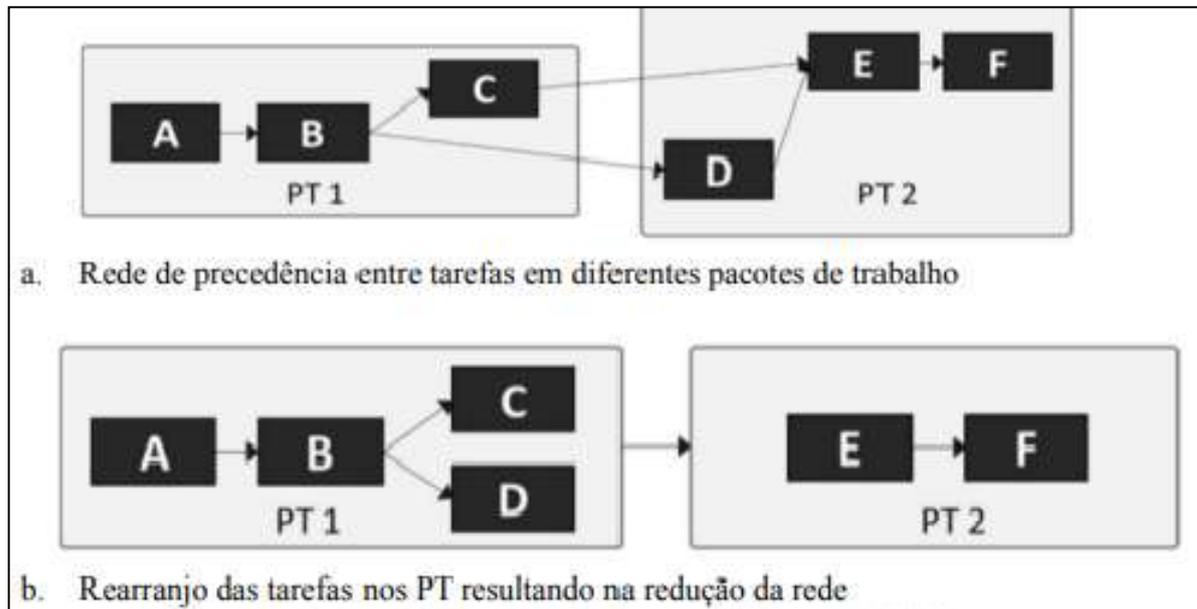


Fonte: Prevision – softplan, 2023.

Raz e Globerson (1998) descrevem como “coesão interna do PT” o grau de relação entre as tarefas que constituem um determinado pacote de trabalho. Os critérios de coesão, segundo estes autores, estão baseados na responsabilidade de

realização, nos recursos necessários, no prazo de execução, nas condições de início da tarefa e nos critérios de conclusão, como apresentado na Figura 10.

Figura 10 Coesão de pacotes de trabalho.

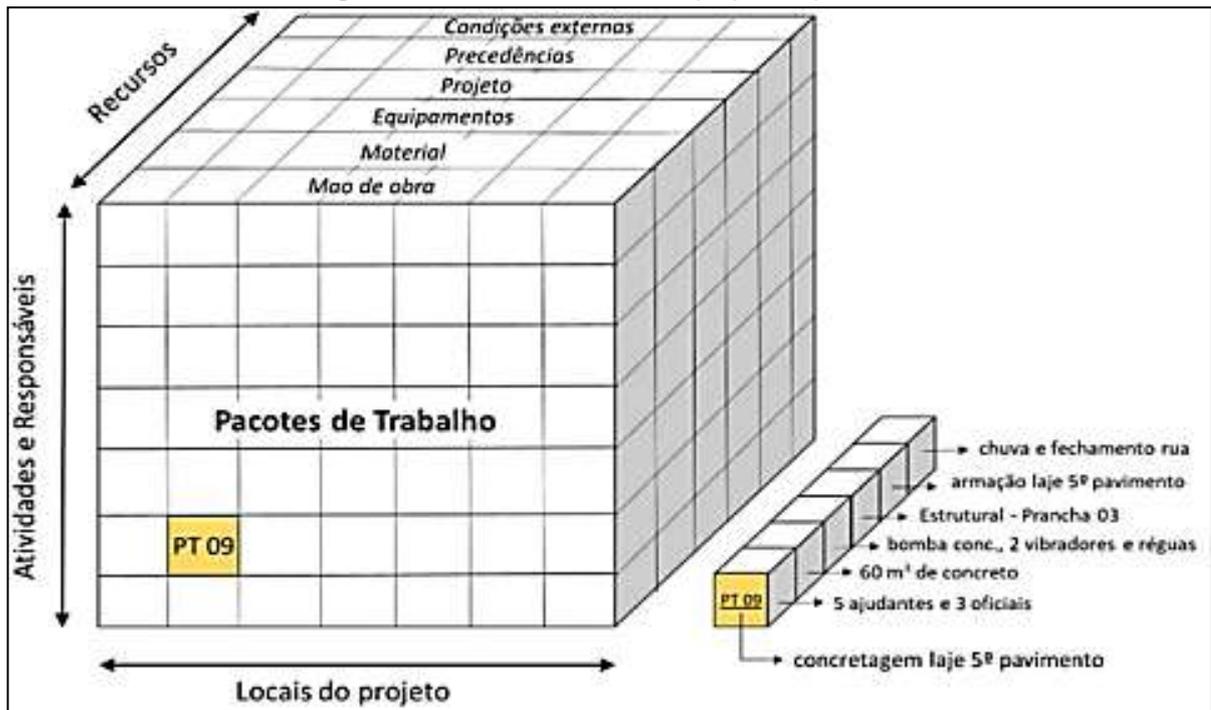


Fonte: Corrêa, 2019; Adaptado de Raz e Globerson, 1998.

2.4.2. Custos Vinculados

Cada pacote de trabalho faz parte de uma conta de controle dentro do planejamento. Para o dimensionamento e definição de PTs o zoneamento das atividades e tarefas pretende facilitar o estabelecimento de unidades de controle (BERNARDES; VASCONCELOS, 2003). Uma conta de controle é um ponto de partida do gerenciamento onde o orçamento e cronograma são integrados e comparados ao valor agregado para uma medição do desempenho (PMI 2017). Desta maneira, o pacote de trabalho pode servir tanto para um maior entendimento do planejamento e controle do prazo quanto do custo do empreendimento. Halpin e Woodhead (1998) associam a aplicação do pacote de trabalho aos custos por meio de recursos que serão utilizados em cada pacote de trabalho. Esta aplicação é demonstrada através da matriz de controle de custo do projeto apresentada na Figura 11.

Figura 11 Matriz de controle de projeto expandida



Fonte: Halpin e Woodhead, 1998.

Pezzi (2013) afirma que o controle de custos possibilita monitorar a evolução da construção e avaliar suas implicações no prazo final, possibilitando alterações quando necessário.

2.4.3. Durações

Mattos (2019) afirma que o real valor de um planejamento e a confiança que se pode depositar nele residem basicamente em dois parâmetros: duração e lógica (interdependência entre as atividades). Diante disso, é importante definir a quantidade de tempo requerida para a execução dos pacotes de trabalho, tendo em vista o estabelecimento de um prazo a ser atingido.

A duração de cada tarefa depende da produtividade, da quantidade de serviço e dos recursos alocados. Cabe, portanto, ao planejador definir a relação entre duração e equipes conforme for mais conveniente a cada projeto. Ao se pensar no processo de determinação das durações, reafirma-se a importância da Estrutura Analítica do Projeto (EAP). É muito mais preciso atribuir uma duração a uma atividade individualizada e simples do que a um pacote de trabalho com múltiplos serviços envolvidos (MATTOS, 2019).

Algumas especificações técnicas de órgãos americanos impõem que a duração mínima de um pacote de trabalho seja de 1 dia, e a máxima o dobro da periodicidade da atualização da rede. Se a atualização for semanal, a duração máxima é de duas semanas (10 dias); se for quinzenal, 30 dias. O mesmo autor apresenta duas possibilidades de se estruturar os pacotes de trabalho por meio das durações. O seguinte exemplo é dado para um planejamento onde a atualização ocorre com frequência semanal:

1 DIA < DURAÇÃO < 10 DIAS

- a) se uma atividade identificada tiver a duração < 1 dia, ela é considerada pequena demais e deverá se fundir a outra(s) para formar um PT mais longo;
- b) se uma atividade tiver duração > 10 dias, ela deve ser desmembrada em pacotes menores.

Prado (2002) ressalta que, para uma aplicação ideal da LDB, é preciso reduzir ao máximo o tempo de espera entre os pacotes de trabalho a serem realizados, maximizando os efeitos benéficos da continuidade (redução de custos e efeito aprendizagem). Diante disso, nota-se a importância dos pacotes de trabalho apresentarem durações semelhantes, ou seja, o mesmo ritmo. Este conceito é lembrado por Mendes Junior e Heineck (1997), os quais afirmam que o objetivo da técnica LDB é balancear todas as atividades, isto é, se todas forem executadas com o mesmo ritmo será obtida uma programação paralela que não resultará em tempos desperdiçados entre uma atividade e outra ou entre a passagem de uma unidade para outra.

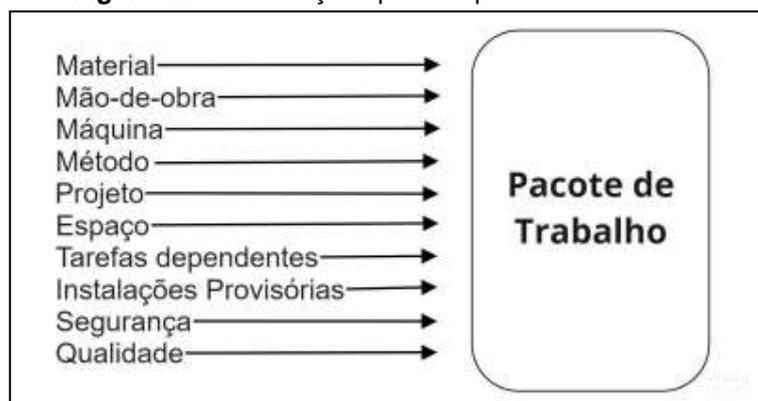
2.4.4. Pré-condições

Segundo Meeks (2011), para a realização dos pacotes de trabalho é necessário organizar e disponibilizar os elementos necessários para que aqueles possam ser realizados antes do início das atividades.

Um pacote de trabalho tem restrições que devem ser estabelecidas para que o mesmo possa ser realizado com sucesso e sem interrupções. Como as restrições são específicas para cada pacote de trabalho, elas devem ser rastreadas como parte das informações do pacote de trabalho. Essas restrições são categorizadas em cinco tipos, como restrições de contrato, engenharia, material, mão de obra, equipamento,

pré-requisitos para o trabalho e local (CHOO, 1999). Desta maneira, a elaboração dos pacotes de trabalho deve ocorrer de forma que as atividades contidas neste tenham suas restrições semelhantes, sendo assim, poderão ser realizadas em conjunto. Kemmer (2021) identifica algumas pré-condições de fluxo de recursos para a perfeita execução de um pacote de trabalho (Figura 12).

Figura 12 Pré-condições para os pacotes de trabalho



Fonte: Kemmer, 2021.

2.4.5. Objeções no uso de pacotes de trabalho detalhados em serviços

Graficamente as Linhas de Balanço tendem a apresentar as atividades em função do tempo trazendo apenas os Pacotes de Trabalho, não expondo detalhadamente as atividades envolvidas nestes pacotes, o que facilita a visão ampla e simples de cada etapa. Apesar da facilidade, diante desta realidade o controle preciso das atividades a serem executadas pode ser perdido. Uma ramificação com baixo nível de detalhamento (ou baixa “granularidade”) acarreta altos custos de controle, planejamento pouco assertivo e de acompanhamento pouco prático (MATTOS, 2019).

Para chegar a um pacote de trabalho, o processo para algumas entregas é simples, mas requer etapas adicionais para outras. À medida que o trabalho é dividido em tarefas menores e mais específicas, aumenta a capacidade de planejar, gerenciar e controlar. Um projeto dividido em componentes menores facilita o gerenciamento do plano do projeto para atingir o escopo desejado.

O planejamento de curto prazo, que normalmente é realizado semanalmente, é a divisão do plano de médio prazo que descreve detalhadamente cada atividade laboral e o período que levará para ser concluída. Em última análise, o plano de curto

prazo divide o trabalho em tarefas menores que podem ser realizadas em uma semana. Este plano associa essas tarefas a equipes, ferramentas e materiais específicos.

Contudo, é importante ressaltar que uma decomposição excessiva pode resultar em esforço de gerenciamento improdutivo, uso ineficiente de recursos, diminuição da eficiência durante a execução do trabalho e dificuldade de agregação de dados nos diferentes níveis da EAP.

2.5. ELABORAÇÃO DO PACOTE DE TRABALHO NA LINHA DE BALANÇO

A transparência alcançada pela visualização da Linha de Balanço pode ser prejudicada diante da quantidade de linhas no gráfico, pois podem resultar muitas linhas quando o planejamento for de grandes obras com muitas atividades. Esta desvantagem pode ser evitada pela utilização de gráficos coloridos ou formação de pacotes de trabalho. (ARDITI; ALBULAK, 1986 apud MOURA; HEINECK, 2014).

Diante disso, Kemmer (2022) propõe um método de elaboração dos pacotes de trabalho para a disposição de cronogramas em linhas de balanço. A primeira etapa conta com a composição da EAP e listagem das atividades (Figura 13) a serem executadas, sendo o grau de detalhamento conforme ideal a empresa.

Figura 13 Atividades EAP

ATIVIDADES - PAVIMENTO TIPO	
FORMAS (pilar, viga e laje)	Camada de regularização (preparação para impermeabilização)
ARMAÇÃO (pilar, viga e laje)	Regularização de base (áreas secas)
CONCRETAGEM (pilar, viga e laje)	Meia cana para impermeabilização
Passagens na laje	Primer
SPDA estrutura	Manta asfáltica
Marcação de alvenaria	Teste com água
Execução 1ª fiada com locação de portas	Proteção mecânica
Chapisco alvenarias (wc / cozinha)	Cerâmica de piso
Chapisco estrutura	Soleiras de portas
Elevação alvenaria	Rejuntamento piso
Execução de vergas e contra-vergas	Proteção do piso
Encunhamento	

Fonte: Kemmer, 2022.

Posteriormente as atividades são divididas em pacotes de trabalho, podendo ser agrupadas segundo a mesma etapa de obra, local, mão de obra ou entre outros critérios que permitam que cada grupo tenha a mesma duração de realização.

Kemmer (2022) recomenda os seguintes critérios para compreender quais serviços devem ser considerados em cada pacote: atividades que possuam características similares (por exemplo, serviços executados por pedreiros como marcação e elevação de alvenaria, chapisco, reboco etc.) e que sejam executadas próximas umas às outras em relação à melhor sequência de execução da obra.

A subdivisão da obra (produto) por zona não representa a única possibilidade para a segmentação de um pacote de trabalho. Os pacotes de trabalho também podem ser segmentados segundo as partes que compõem o produto (elementos, sistemas, componentes), sejam individualizados ou agrupados segundo alguma tipologia (p.ex., pilares ou vigas). Ainda, a segmentação dos pacotes de trabalho pode adotar como critério a subdivisão do processo. Por exemplo, a atividade de execução de uma parede pode ser subdividida nas atividades de execução da marcação (primeira fiada), atividade de elevação da alvenaria, e atividade de encunhamento (BARRETO, 2018).

A Figura 14 representa essa ideia. A fim de facilitar a visualização foi utilizada uma cor para cada pacote de trabalho.

Figura 14 Segmentação dos pacotes de trabalho em grupos.



Fonte: Kemmer, 2022.

A terceira etapa é caracterizada pela identificação de cada pacote de trabalho através do nome referente ao sistema construtivo que as atividades pertencem (Figura 15)

Figura 15 Identificação de cada pacote de trabalho por sistema construtivo.

1 - ESTRUTURA	2 - ALVENARIA	3 - REGULARIZAÇÃO
EST - 5 dias / pavimento	ALV - 5 dias / pavimento	REG - 5 dias / pavimento
FORMAS (pilar, viga e laje)	Marcação de alvenaria	Camada de regularização (preparação para impermeabilização)
ARMAÇÃO (pilar, viga e laje)	Execução 1ª fiada com locação de portas	Regularização de base (áreas secas)
CONCRETAGEM (pilar, viga e laje)	Chapisco alvenarias (wc / cozinha)	Meia cana para impermeabilização
Passagens na laje	Chapisco estrutura	
SPDA estrutura	Elevação alvenaria	
	Execução de vergas e contra-vergas	
	Encunhamento	

4 - IMPERMEABILIZAÇÃO	5 - PISO
IMP - 5 dias / pavimento	PISO - 5 dias / pavimento
Primer	Cerâmica de piso
Manta asfáltica	Soleiras de portas
Teste com água	Rejuntamento piso
Proteção mecânica	Proteção do piso

Fonte: Kemmer, 2022.

Por fim, os pacotes de trabalho devem ser organizados de forma sequenciada e lançados na Linha de Balanço conforme local e período de realização (Figura 16):

3. METODOLOGIA

Nesta pesquisa foi realizado uma revisão da literatura através de leitura em livros, teses, artigos, e publicações relacionadas com o assunto, para apresentar conceitos e definições sobre a ferramenta Linha de Balanço (LDB) na construção civil.

A autora desta pesquisa buscou conhecimento sobre quais plataformas são atuantes, dentro do mercado da construção civil, no planejamento e controle eficiente de obras, por meio da utilização da ferramenta “linha de balanço”, visando auxiliar no gerenciamento e acompanhamento de obras com base na LDB elaborada.

A realização do estudo de caso se deu através de levantamento de dados no acompanhamento da execução de uma etapa de uma obra em empresa local, com vivência na obra para o acompanhamento diário, com reuniões com as pessoas envolvidas no processo de execução e tomadas de decisões, além da experiência de campo da autora durante o período de estágio na área de planejamento e controle de obras nesta empresa local que se enquadra como uma construtora de grande porte.

Os recursos base utilizados foram: Pré-Ordens de Serviços, Diagramas de sequencias, Cronograma em Linha de balanço (documentos bases do gerenciamento e execução de obra da empresa), entre outros como levantamentos de volumes para montar composições de serviços; que serviram como base para realização da pesquisa.

3.1. CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

A pesquisa científica desempenha um papel fundamental no aprendizado aprofundando o conhecimento e respondendo questões do objeto de estudo, além de estimular inovações. Para Silveira e Córdova (2009), a pesquisa é um processo permanentemente inacabado. Processa-se por meio de aproximações sucessivas da realidade, fornecendo-nos subsídios para uma intervenção no real.

A investigação científica envolve a aplicação de diferentes métodos de pesquisa para a realização de um estudo particular, com diversas tipologias, definindo-as e as classificando, baseadas em sua natureza e seus objetivos. Gil (2008) ressalta que os objetivos visam esclarecer um assunto que o autor pretende desenvolver, com uso de estudos teóricos até se chegar a resultados a serem almejados. Os procedimentos técnicos são as ferramentas, técnicas e/ou métodos utilizados para se construir o conhecimento científico.

Nesta pesquisa, o foco se deu na aplicação prática do conhecimento teórico para a resolução de problemas específicos, com o intuito de explorar e entender mais a fundo das características em questão, por meio de uma abordagem quali-quantitativa que busca unir a compreensão de aspectos subjetivos e interpretativos à dados numéricos e análise de estatísticas. A coleta de dados foi realizada por compreensão do processo de planejamento, através da LDB; acompanhamento de execução de serviços, seguindo a qualidade e como conferências conforme o projeto e medições de avanços físicos da obra, que serão analisados.

Dessa forma, a presente pesquisa foi classificada como um estudo de caso, possuindo objetivo exploratório e abordagem quali-quantitativa. Assim, os dados foram obtidos em duas formas: primeiramente, por meio de aspectos subjetivos, como o conhecimento de modelos de controle e qualidade da empresa; em segundo lugar, com base na coleta de dados e análise dos resultados na prática do gerenciamento diário da execução do serviço comparando com o previsto e o realizado na LDB.

3.2. ETAPAS DA PESQUISA

A etapas da pesquisa partem desde as fases iniciais; como a escolha do assunto, delimitação do tema; hipótese, objetivos; passando pela pesquisa e coleta de informações a respeito do assunto, a definição de pesquisa se dá por: *“Conjunto de atividades que têm por finalidade a descoberta de novos conhecimentos no domínio científico, literário, artístico etc. Investigação ou indagação minuciosa.”* (Oxford English Dictionary, 2024). Essa pesquisa pode ser dividida em outras subetapas, conforme o tipo e natureza da pesquisa, para então chegar-se a fase de análise, o momento de expor os resultados.

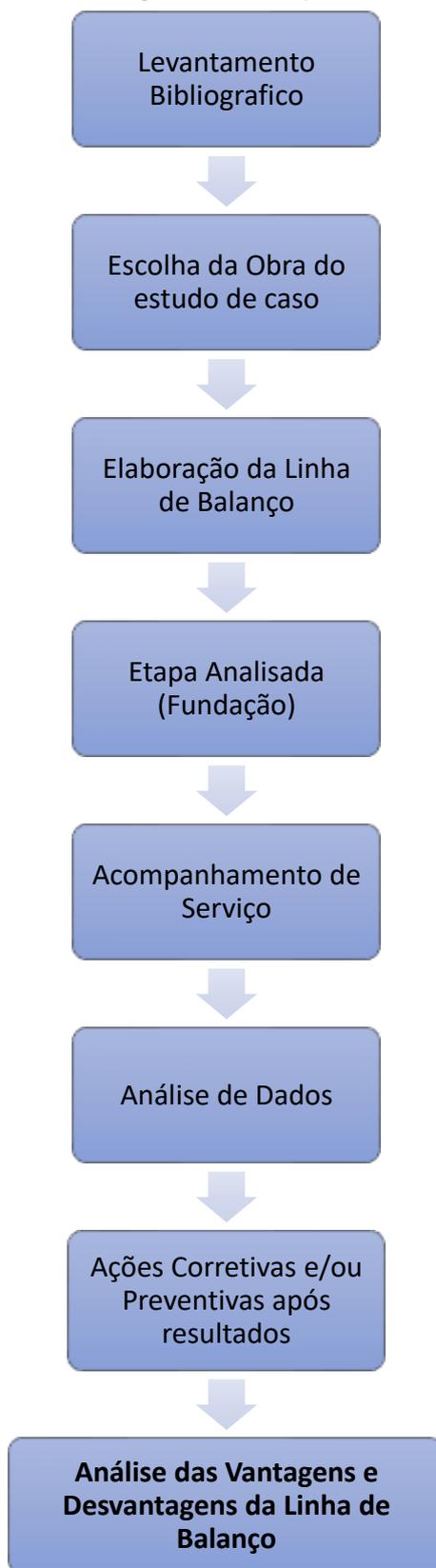
Logo os procedimentos de pesquisa se dão de diversas formas; Para Lüdke e André (1999), o estudo de caso é uma abordagem mais metodológica de pesquisa que a um tipo de procedimento, pois é composto de etapas exploratória, sistematização da coleta de dados e por último a análise e interpretação.

Essa pesquisa consistiu nas seguintes etapas: levantamento bibliográfico; escolha da obra do estudo de caso; partindo para conhecimento do planejamento da linha de balanço da obra; em seguida foi escolhida da etapa da fundação, para então acompanhar a execução desta atividade; conhecimento e utilização de planilhas de acompanhamento de serviços, como Diagrama de Sequência e Ficha de Verificação de Serviço; organização de dados coletados na obra, através de PDCA⁵; análise de dados, utilizando medições de avanços físicos da LDB – comparando o previsto com o realizado, ações corretivas e/ou preventivas após análise de medições e, por fim, discutiu-se as vantagens e desvantagens do planejamento e controle através da LDB realizados.

O Fluxograma da Figura 17 ilustra as etapas desta de pesquisa para melhor compreensão do estudo de caso, onde apresenta de maneira concisa as diferentes etapas da pesquisa, acompanhadas das sequências de desenvolvimento correspondentes, exibindo o percurso seguido para alcançar os objetivos estabelecidos que serão explicadas de forma mais detalhada nos subitens a seguir.

⁵ PDCA é uma metodologia de gestão que ajuda a resolver problemas e melhorar processos de forma contínua. A sigla PDCA vem do inglês e significa Plan (Planejar), Do (Fazer), Check (Verificar) e Act (Agir).

Figura 17 Fluxograma das Etapas da Pesquisa.



Fonte: Autoral, 2024.

3.2.1. Levantamento Bibliográfico

O levantamento bibliográfico consistiu em fundamentar nos capítulos anteriores e embasar o conhecimento e fundamentos de métodos da construção civil a respeito do planejamento e gestão de obra.

3.2.2. Escolha da Obra do estudo de caso

A escolha da obra do estudo de caso se deu pela facilidade de acesso e por meio de práticas vivenciadas pela autora no dia a dia dentro de um canteiro de obras, onde visou-se mostrar como é possível acompanhar e analisar o previsto e o realizado de uma obra de construção civil.

Foi escolhida uma obra de múltiplos pavimentos, onde foi possível enxergar o padrão de repetição por níveis, podendo assim acompanhar sua curva de aprendizado, onde em um momento oportuno a execução ganha “folgas” no planejamento, que se pode chamar de avanços acima da meta.

3.2.3. Elaboração da Linha de Balanço

Para ilustrar o padrão de repetição, que justifica o uso da Linha de Balanço, precisa-se definir a Estrutura Analítica do Projeto (EAP), que deve conter todas as etapas de obra até a sua finalização, para então ver as repetições em cada lote da Linha de Balanço (LDB), esses lotes são comumente chamados de pavimentos tipo, onde há padrões de repetições, isso quer dizer que; cada um dos pavimentos se repete; a seguir, na Figura 18, pode-se observar a lista dos variados serviços.

Figura 18 Estrutura de Etapas que compõem a obra - Esquematização Unidades Construtivas na estrutura orçamentaria.

ITEM	CÉLULA
1	CÉLULA - ADMINISTRAÇÃO/APOIO A PRODUÇÃO DA OBRA
2	CÉLULA - SERVIÇOS PRELIMINARES
3	CÉLULA - APOIO A PRODUÇÃO e MEDICINA E SEGURANÇA NO TRABALHO
4	CÉLULA - INFRAESTRUTURA
5	CÉLULA - ESTRUTURA
6	CÉLULA - OBRA BRUTA 1
7	CÉLULA - OBRA BRUTA 2
8	CÉLULA - IMPERMEABILIZAÇÃO
9	CÉLULA - COBERTURA
10	CÉLULA - FACHADA
11	CÉLULA - PRUMADAS ELÉTRICAS
12	CÉLULA - FIAÇÃO ELÉTRICA
13	CÉLULA - LUMINÁRIA, ACESSÓRIOS, TOMADAS E INTERRUPTORES
14	CÉLULA - PRUMADAS HIDROSSANITÁRIAS
15	CÉLULA - REVESTIMENTO CERÂMICO
16	CÉLULA - INSTALAÇÕES DE INCÊNDIO
17	CÉLULA - GESSO (TETO/PAREDE)
18	CÉLULA - MARMORES E GRANITOS
19	CÉLULA - PINTURA
20	CÉLULA - ESQUADRIA DE MADEIRA
21	CÉLULA - ESQUADRIAS DE METÁLICAS (ALUMÍNIO COM VIDRO E FERRO)
22	CÉLULA - LOUÇAS METAIS E ACESSÓRIOS
	Complementares
	Complementares eletricos

Fonte: Dados da empresa do estudo de caso da pesquisa.

Depois de uma EAP definida começa-se a analisar os serviços que cada pavimento possui, lembrando que obras de múltiplos pavimentos possuem padrões de repetições, logo é possível definir o fluxo dos serviços que irão se repetir; para então criar suas composições, onde nela é definido a quantidade de homens para cada serviço, composições que contemplem as atividades que compõe o Pacote de Serviço, para então se obter o tempo de duração dos serviços, definindo assim o ritmo; para assim ter dados suficientes para a elaboração da Linha de Balanço.

Conhecer a composição dos Pacotes de serviço, inclui fazer um levantamento detalhado dos volumes do que será executado, para quantificar esses volumes

usamos os sistemas de medidas como metro (m), metro quadrado (m²), metro cubico (m³), quilograma (kg) ou ainda unidade isolada (unid).

Em um Pacote é verificado todos os serviços que os compõem, como por exemplo; Fundação – as formas de madeira, são levantadas as suas áreas de superfície, logo é em m², já a quantidade de aço é levantada em kg conhecendo o peso específico de cada bitola de aço; o concreto e o reaterro possui volume, logo seu levantamento é em m³. Assim é feito na estrutura, levantamento de forma, quantidade aço e concreto de vigas, pilares, lajes e lances de escada; em seguida com os mesmos entendimentos sobre volumes e área, os serviço de obra bruta são levantados, que consiste na etapa de fechamento de uma edificação como paredes em blocos cerâmicos e o seu revestimento em reboco, além de serviços de contrapiso, ou ainda as vergas e contravergas; neste pacote de serviço, os levantamentos também são feitos para cada finalidade, usando o perímetro em metro, que pode ser multiplicado pela altura da parede, também chamado de pé direito para obter sua área em metro quadrado (m²), para alvenaria e reboco.

Logo quantificar os volumes de serviços são necessários para então usar índices aferidos em obras anteriores de produtividade, ou ainda mecanismos como TCPO⁶ e Orçafascio; e através desse volume junto com os índices de produtividade hora/homem, podemos dimensionar os prazos que são utilizados para a elaboração da LDB.

A LDB começa pela distribuição dos lotes (pavimentos), em seguida são distribuídos os Pacotes de serviços, com dependência ou não, lembrando ainda que um dos diferenciais da LDB é a equipe criar uma curva de aprendizado, repetindo o pacote de serviço a cada pavimento, criando assim o padrão de repetição e ritmo.

⁶ TCPO – TABELA DE COMPOSIÇÃO DE PREÇOS PARA ORÇAMENTO, é uma base de dados que reúne informações sobre custos e composições de materiais e serviços.

3.2.4. Etapa analisada (Fundação)

Em menor escala, com o intuito de avaliar a LDB; visto que uma obra costuma ter grande período de duração, foi escolhido uma etapa da obra para replicar os fundamentos da LDB, sendo assim será acompanhado o serviço que estava sendo executado no período da pesquisa, ou seja, o serviço de fundação. Cabe ressaltar que o serviço de Fundação foi acompanhado até a sua finalização.

3.2.5. Acompanhamento de Serviço

Os serviços devem ser acompanhados diariamente, pois no planejamento se preveem datas de início e término, e para que isso aconteça se faz necessário o acompanhamento diário, a empresa em questão do objeto de estudo possui a prática de acompanhar os serviços utilizando Diagrama de Sequência (Figura 19), assim como para garantir a qualidade e a integridade da execução de acordo com o projeto, utiliza as Fichas de Verificação de Serviço – FVS, (Figura 20).

Figura 20 Modelo de Ficha de Verificação de Serviço – FVS de Fundação

EMPRESA		FVS - FICHA DE VERIFICAÇÃO DE SERVIÇO				Obra:		Identificação:
		Serviço: Sapata isolada				Local da inspeção:		FVS.05/01
ETAPA	VERIFICAR	Data de Abertura:						
		Local:						
		Tolerância						
Cota do fundo da vala	Com nível de mangueira ou laser	Désvio máx.: 20mm						
Fórmãs de borda	Alinhamento, largura, altura e inclinação das laterais com linha de nylon e trena metálica	Désvio máx.: 5mm						
Armadura e concretagem	Visualmente, conforme projeto	-						
Inspeccionado por:		Data de Fechamento:						
Legenda:		Não inspeccionado: Em branco		Aprovado: O		Reprovado: X		Reinspeccionado e Aprovado: ⊗
OCORRÊNCIA DE NÃO CONFORMIDADE								
Local		Descrição do problema			Solução da proposta		Reinspeção	

Fonte: Ficha padrão dos documentos da empresa.

3.2.6. Análise de Dados

Após o acompanhamento, preenchendo as planilhas das Figuras 19 e 20, organizam-se os dados obtidos, por meio do preenchimento da Ficha Analítica do P.D.C.A. (Figura 21), para então poder-se realizar a Análise dos Dados.

Figura 21 Ficha Analítica do PDCA.

FICHA ANALÍTICA DO P.D.C.A.											
ANÁLISE COMPARATIVA DO CUSTO PLANEJADO X EXECUTADO											
OBRA:	Studio one								N° O.S.:		
SERVIÇO:	FUNDAÇÕES								DATA:		
LOCAL DE SERVIÇO:	FUNDAÇÕES								DATA:	Início	Término
CÉLULA:	INFRAESTRUTURA								Pré O.S.		
									O.S.		
1.0	ANÁLISE DA MÃO-DE-OBRA	PRÉ-O.S.				O.S.				VARIAÇÃO	
		HH.	Custo com.M.O.	Custo com PRD.	TOTAL	HH.	Custo com.M.O.	Custo com PRD.	TOTAL	VALOR	%
1.1	CARPINTEIRO									-	0,00
1.2	FERREIRO									-	0,00
1.3	PEDREIRO									-	0,00
1.4	SERVENTE									-	0,00
1.5										-	
TOTAL					-					-	0,00 #DIV/0!

Fonte: Ficha padrão dos documentos da empresa.

Na Ficha Analítica do P.D.C.A. é analisado como foi planejado, no campo Pré OS (Pré Ordem de Serviço) e o executado no campo OS (Ordem de serviço); esta análise norteia o planejado versus o realizado, através do cálculo de hora-homem.

O acumulado de ordens de serviços é fundamental, pois na execução de uma obra podem haver mais de um serviço ocorrendo simultaneamente, logo cada serviço deve ser monitorado e acompanhado individualmente; para em seguida analisar a LDB como cronograma de obra.

3.2.7. Ações Corretivas e/ou Preventivas após resultados

O acompanhamento diário da execução de obra é necessário para tratar de ações preventivas, que garantam a execução no prazo e na qualidade, evitando assim os retrabalhos das ações corretivas, que costumam impactar diretamente no prazo final, além de custos extras e desperdício de material e mão de obra.

3.2.8. Análise das Vantagens e Desvantagens da Linha de Balanço

Um dos objetivos principais na LDB é o gerenciamento em monitorar e controlar o avanço das atividades em relação ao tempo, logo destaca-se como vantagem a visualização clara dos progressos de obra, através do gráfico de acompanhamento do projeto; este mesmo gráfico facilita a compreensão de serviços simultâneos, onde também são possíveis a identificação de gargalos, chamados de caminhos críticos; que por muitas vezes necessitam de tomadas de decisões a tempo para as ações preventivas; e para os serviços funcionarem da forma correta é necessário o aprofundamento das necessidade de cada atividade.

A LDB sendo uma ferramenta de controle, nos pontos de alertas que se aproximam de possíveis desvantagens, ela requer uma complexibilidade no planejamento, para deslocar cada equipe de trabalho, que se faz necessário a utilização de dados para duração de cada atividade, pois os serviços em serie também podem acumular atrasos de cada etapa, impactando no período final da obra; além de um treinamento da equipe de gestão, para o conhecimento técnico da ferramenta.

Destaca-se como vantagem e desvantagem o replanejamento, pois quando se elabora uma linha base tentasse equilibrar os pesos de obra mensalmente para que não haja trabalho excessivo em algum determinado mês, e a medida que mudanças estratégicas ou movidas por atraso, esse equilíbrio possa ser quebrado, chamados de peso de obra; que por sua vez possa ser alto.

A Linha de Balanço é uma ferramenta valiosa para o gerenciamento de projetos, especialmente no que diz respeito ao controle de tempo e recursos, sendo útil para assegurar que o projeto seja bem-sucedido. Contudo, como qualquer ferramenta de gestão, ela apresenta limitações que precisam ser levadas em conta, como a complexidade de projetos de grande porte e a necessidade de dados precisos e atualizados constantemente. É importante analisar essas vantagens e desvantagens para determinar se são aplicáveis em diferentes tipos de projetos.

4. DISCUSSÕES E RESULTADOS OBTIDOS

4.1. CARACTERIZAÇÃO DO ESTUDO DE CASO

As definições de *planejamento* consistem em ações de processo de tomada de decisão e estabelecimento de metas como já mencionado; dentro da Gestão no canteiro de execução de obra, de acordo com Mattos (2010), o planejamento gira em torno do tático e operacional, onde possuem níveis mais detalhados para as divisões de pacotes de trabalho, com o refinamento e acompanhamento de cada subdivisão, com atenção aos serviços que compõem cada Pacote de Trabalho (PT).

Planejamento de obras é uma das principais tarefas do engenheiro civil no canteiro de obras. Na indústria da construção, ser um bom gestor está atrelado a gerenciar seus recursos e insumos dentro do prazo, o gestor deve estar familiarizado com a estrutura analítica do projeto (EAP) e a composição de cada etapa ou serviço para a melhor organização no fluxo da obra. Laufer e Tucker, (1987 apud LEANDRO 2013) afirmam, que “o planejamento estabelece as metas e o caminho para que sejam alcançadas, enquanto o controle é o processo que garante que este curso seja mantido.”

A partir do conhecimento a respeito de obra civil se faz necessário o uso de inúmeras ferramentas de controle para que atenda aos seus principais objetivos, como o da entrega dentro do prazo, visto que diariamente se faz necessário o agir em tomada de decisão, principal característica da definição de planejamento.

Uma ferramenta bastante utilizada para esse fim é a Linha de Balanço (LDB), que possibilita o controle do avanço físico da construção através de percentual das etapas, permitindo uma visão detalhada do cronograma. Uma das plataformas que oferece a ferramenta a define como: “uma técnica de planejamento e controle de prazo, que tem como princípio organizar e planejar os locais da obra no tempo, favorecendo obras que têm padrões de repetição de serviços” (Prevision, 2023).

4.2. ESCOLHA DA OBRA

Para a escolha de campo do objeto de estudo, foi escolhida uma obra de múltiplos pavimentos em que a autora participou da equipe de planejamento e execução, logo a mesma pode ter acesso ao planejado e também coletou dados do realizado para fazer o comparativo, utilizando a LDB.

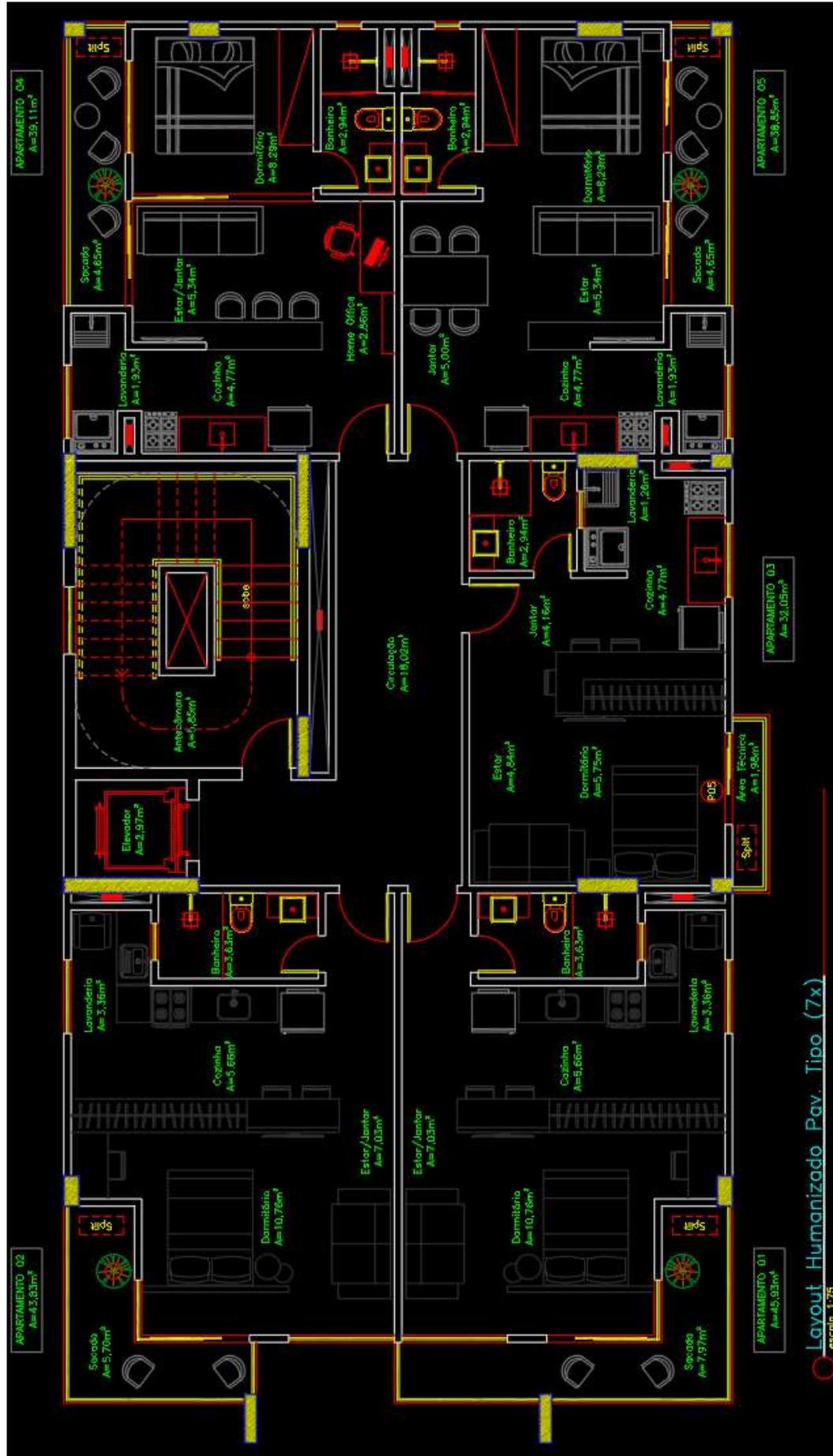
A obra é um edifício de múltiplos pavimentos, classificada como opção de moradia funcional; composto por 35 unidades de Studios, que são apartamentos compactos e integrados, sem muitas paredes separatórias, como podemos observar na Figura 23, em que apresenta um Layout humanizado composto por divisões de ambientes através de móveis.

Quando se trata de obras de múltiplos pavimentos, podem-se definir cada pavimento como *Lote*, cuja as unidades serão repetitivas; no caso da obra em questão conta com 7 pavimentos tipos (Lotes), com 5 unidades habitacionais em cada pavimento, contendo todas as etapas da obra em cada lote, estas etapas são definidas através da EAP, chamadas de pacotes de trabalhos, onde cada uma possui um ritmo.

Ávila e Jungles (2013) definem a EAP como o “ordenamento das atividades a serem realizadas segundo a ordem a ordem cronológica e lógica de execução”, a dependência hierárquica dos pacotes de serviços é fundamental pela necessidade de um planejamento coerente, visando a otimização do canteiro e movimentação de equipes e serviços, assim como a duração dos pacotes, para que nenhum pacote coincida com o seu predecessor.

O modelo a seguir norteia a composição do cronograma de obra, visto que a duração de cada serviço pode ser dimensionada de muitas formas, o importante é lembrar que cada pacote de serviço deve respeitar seus prazos de duração e ordem de execução para que não se torne caminhos críticos e motivos para atrasos.

Figura 22 Layout humanizado do Pavimento tipo.



Fonte: Projeto arquitetônico – Studio One, Vex, 2025.

Figura 23 EAP Padrão da empresa do estudo de caso.

EAP-OBRAS VERTICAIS

Código	Descrição
02	CELULA - ADMINISTRAÇÃO DA OBRA
02.01	Equipe Administrativa
02.02	Despesas Consultoria Técnica
02.03	Despesas Administrativas e Consumos do Canteiro
03	CELULA - SERVIÇOS PRELIMINARES
03.01	Despesas com Taxas de Obra
03.02	Despesas com Projetos
03.03	Demolições, Raspagem e Limpeza do Terreno
03.04	Sondagens e Levantamento Planialtimétrico
03.05	Instalações Provisórias do Canteiro
03.05.01	Instalação Provisória de Abrigos Cobertos e Depósitos
03.05.02	Instalação Provisória de Água
03.05.03	Instalações Provisórias de Luz e Força
03.05.04	Louças Metais e Acessórios para Canteiro
03.05.05	Tapume e Placa da Obra
03.05.06	Mobília para Canteiro
04	CELULA - APOIO A PRODUÇÃO
04.01	Pessoal de Apoio a Produção
04.01.01	Equipe de Betoneira
04.01.02	Equipe de Operadores de Equipamentos
04.02	Máquinas / Ferramentas
04.02.01	Ferramentas de Uso Coletivo
04.02.02	Ferramentas de Uso Individual
04.02.03	Aquisição de Máquinas e Equipamentos
04.02.04	Combustíveis de Equipamentos
04.02.05	Fretes e Carretos
04.03	Medicina e Segurança no Trabalho
04.03.01	Consultoria Para Implantação do PCMAT e PCMSO
04.03.02	Consultorias e Acompanhamento de Montagem CIPA
04.03.03	Consultoria Para Implantação de PPRA
04.03.04	EPI
04.03.05	EPC
04.03.06	Fechamento de Vãos em Madeira h= 1,30m
04.03.07	Bandeja Salva-Vidas Primária - 2,50m (FIXA)
04.03.08	Bandeja Salva-Vidas Secundária - 1,40m (MOVEL- 8X)
04.03.09	Tela de Proteção para Fachada
04.03.10	Prevenção e Combate a Incêndios
04.03.11	Placa de Sinalização e Segurança
04.04	Montagem do Elevador de Carga
04.04.01	Abrigo do guincho - Casa de operação
04.04.02	Serviço de serralheria (elevador de carga)
04.04.03	Instalações elétricas (elevador de carga)
04.04.04	Instalação mecânica (elevador de carga)
04.04.05	Manutenção e reparos no elevador de carga
05	CELULA - INFRAESTRUTURA
05.01	Fundações
05.02	Contenções
05.03	Cisterna
06	CELULA - ESTRUTURA
06.01	Pavimento XX (Estrutura)
06.01.01	Embutidos Hidrosanitários
06.01.02	Embutidos Elétricos
06.01.03	Embutidos Spda
06.02	Pavimento XX (Estrutura)
06.02.01	Embutidos Hidrosanitários
06.02.02	Embutidos Elétricos
06.02.03	Embutidos Spda
06.03.....	etc..
07	CELULA - OBRA BRUTA
07.01	Pavimento XX (Obra Bruta)
07.01.01	Obra Bruta 01
07.01.01.0	Embutidos Hidrosanitários
07.01.01.0	Embutidos Elétricos
07.01.01.0	Embutidos Gas
07.01.01.0	Embutidos Ar Condicionado
07.01.02	Obra Bruta 02
07.02	Pavimento XX (Obra Bruta)
07.02.01	Obra Bruta 01
07.02.01.0	Embutidos Hidrosanitários
07.02.01.0	Embutidos Elétricos
07.02.01.0	Embutidos Gas
07.02.01.0	Embutidos Ar Condicionado
07.02.02	Obra Bruta 02
08	CELULA - IMPERMEABILIZAÇÕES
08.01	Pavimento XX (Impermeabilizações)
08.02	Pavimento XX (Impermeabilizações)
09	CELULA - COBERTURAS
09.01	Pavimento XX (Coberturas)
09.02	Pavimento XX (Coberturas)
10	CELULA - FACHADAS
10.01	Fachada 01
10.02	Fachada 02
10.03	Fachada 03
10.04	Fachada 04
11	CELULA-INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E
11.01	PRUMADAS ELÉTRICAS
11.01.01	Pavimento XX (Prumadas elétricas)
11.01.02	Pavimento XX (Prumadas elétricas)
11.02	FIÇÃO ELÉTRICA
11.02.01	Pavimento XX (Fiação elétrica)
11.02.02	Pavimento XX (Fiação elétrica)
11.03	LUMINÁRIA, ACESSÓRIOS, TOMADAS E INTERRUPTORES
11.02.01	Pavimento XX (Luminária, Acessórios, Tomadas e
11.02.02	Pavimento XX (Luminária, Acessórios, Tomadas e
12	CELULA - INSTALAÇÕES ELÉTRICAS COMPLEMENTARES
12.01	Subestação Abaixadora, Ramal de Aterramento
12.02	Gerador
12.03	Centros de Distribuição
12.04	Placas Fotovoltaicas
12.05	Instalações Telefônicas/ Interfone/ CFTV/ Antena
12.06	Spda
12.07	Sistema de Prevenção e Combate a Incêndio
13	CELULA - INSTALAÇÕES HIDROSSANITÁRIAS E PLUVIAIS
13.01	PRUMADAS HIDROSSANITÁRIAS
11.01.01	Pavimento XX (Prumadas Hidrossanitárias)
11.01.02	Pavimento XX (Prumadas Hidrossanitárias)
13.02	INSTALAÇÕES DE INCÊNDIO
13.02.01	Pavimento XX (Instalações de incêndio)
13.02.02	Pavimento XX (Instalações de incêndio)
14	CELULA - REVESTIMENTO INTERNO
14.01	GESSO (Teto/Parede)
14.02.01	Pavimento XX (Gesso)
14.03.01	Pavimento XX (Gesso)
14.02	REVESTIMENTO CERÂMICO
14.02.01	Pavimento XX (Revestimento Cerâmico)
14.02.02	Pavimento XX (Revestimento Cerâmico)
14.03	MARMORES E GRANITOS
14.03.01	Pavimento XX (soleiras, peitoris , bancadas e balcões)
14.03.02	Pavimento XX (soleiras, peitoris , bancadas e balcões)
15	CELULA - PINTURA
15.01	Pavimento XX (Emassamento e pintra)
15.01.01	Emassamento
15.01.02	Pintura 1º demão
15.01.03	Pintura 2º demão
15.02	Pavimento XX (Emassamento e pintra)
15.02.01	Emassamento
15.02.02	Pintura 1º demão
15.02.03	Pintura 2º demão
16	CELULA - ESQUADRIAS
16.01	ESQUADRIAS DE MADEIRA
16.01.01	Pavimento XX (Esquadrias de Madeira)
16.02	ESQUADRIAS DE ALUMINIO E VIDRO
16.02.01	Pavimento XX (Esquadrias de Alumínio e vidro)
16.02.02	Pavimento XX (Esquadrias de Alumínio e vidro)
16.03	ESQUADRIAS DE FERRO
16.03.01	Pavimento XX (Esquadrias de Ferro)
16.03.02	Pavimento XX (Esquadrias de Ferro)
17	CELULA - LOUÇAS, METAIS E ACESSÓRIOS
17.01.01	Pavimento XX (Louças Metáis e Acessórios)
17.01.02	Pavimento XX (Louças Metáis e Acessórios)
18	CELULA - INSTAÇÕES COMPLEMENTARES E MOBILIA DO
18.01	Elevadores
18.02	Instalações da Central de Gás - GLP
18.03	Pressurização Escada
18.04	Mobiliá e Complementos
18.05	Paisagismo
99	CELULA - ADMINISTRAÇÃO CENTRAL
	Impostos sobre Vendas
	Impostos sobre Vendas
	Despesas Administrativas - Escritório Central
	Despesas gerais administrativas
	Despesas Tributárias
	Despesas com taxas e impostos
	Despesas com Incorporação
	Despesas com terreno
	Despesas Comerciais
	Despesas com vendas e marketing

Fonte: Acervo da empresa do estudo de caso.

Através do gráfico da Linha de balanço se tem *Lotes x Tempo*, onde a disposição das atividades é definida em um cronograma com cada atividade repetitiva com um ritmo independente, esse ritmo pode variar de acordo com o volume de serviço ou quantidade de mão de obra para determinada tarefa, definindo assim a inclinação da “escada”, resultando em um cronograma visual. (PÉRICAS, 2023).

Respeitando os métodos executivos da construção, alguns pacotes de serviços necessitam de atividade predecessora⁷, visto que é impossível realizar o PT⁸ de pintura de parede sem ter executado a alvenaria, por exemplo; ou ainda executar qualquer serviço no pavimento em que há o escoramento do pavimento acima; logo algumas tarefas precisam de um intervalo de tempo para serem iniciada (dita “folgas” ainda que o *Lean Construction* determine o ritmo de construção puxada, onde visa-se a terminalidade geral da obra e não prevê folgas).

Outros métodos tradicionais também proporcionam gráfico, porém a LDB⁹ organiza os Lotes otimizando a sequência repetitiva, criando a oportunidade da curva de aprendizado. Métodos de planejamento tradicionais, como o PERT/CPM e o de Gantt, não se beneficiam das particularidades das construções repetitivas (BEDIN, 2017; MATTOS, 2010) Nestes exemplos, a repetição em ciclos de serviços similares, em vez de simplificar o processo de planejamento, torna o processo mais complexo, uma vez que uma mesma atividade aparece diversas vezes no eixo vertical do cronograma, o que torna o cronograma mais extenso e dificulta o controle. Em contrapartida, os serviços repetidos são o que torna a Linha de Balanceamento, ou LOB (do inglês *Line of Balance*), um método prático e visualmente atraente.

Antes mesmo dos serviços produtivos de uma obra, deve-se lembrar dos elementos de pré-obra, como regularização do canteiro e a própria instalação, em seguida a equipe de produtividade, tanto da administração da obra como a mão de obra especializada na produção.

⁷ Definição de Termo: **Atividade predecessora**, é aquela que precisa estar concluída para que a sua atividade sucessora lógica possa ser iniciada. (Linguagem de Gerenciamento de Projetos). SILVA, Ricardo Bortolato. ALTO Q. Disponível em <<https://suporte.altoqi.com.br/hc/pt-br/articles/360062380893-Como-definir-as-atividades-predecessoras->>>. Acesso em: 01 de janeiro de 2024.

⁸ PT – Pacote de Trabalho.

⁹ LDB – Linha de Balanço.

Pensar e orçar a obra na ordem em que será executada, auxilia no planejamento das necessidades de cada etapa. O projeto arquitetônico norteia todas as etapas de execução, a forma que o canteiro é planejado visa atender diversas etapas da obra, sendo Instalação do canteiro uma etapa do planejamento que nem sempre aparece na linha de balanço, logo as possíveis alterações do canteiro também não são contempladas, pois a linha de balanço baseada no *Lean Construction* aprange serviços produtivos.

4.3. ELABORAÇÃO DA LINHA DE BALANÇO

Para um planejamento assertivo sem achismo, na elaboração da LDB precisa ser definido o escopo básico de como a obra será executada, passando pelo levantamento de área para obtenção de volumes de serviços; para isso são criadas memórias de cálculos para cada tipo de serviço. Ex: Serviços de fundação; é necessário um levantamento de área de forma de madeira, quilos de aço e volumes de concretos; já para serviços de Alvenaria, é necessário o levantamento de área em metro quadrado de alvenaria, ou ainda o perímetro para obter a metragem do serviço de marcação de alvenaria; além de outros volumes para outros pacotes de serviços como m² de reboco ou contrapiso, revestimento cerâmico e todos os outros tipos de serviços existentes até a finalização da obra, seja em metro quadrado, metro cúbico, metro linear ou unidade como a quantidade de louça. (ver modelos de memórias em anexos)

A partir dos levantamentos de volumes passa-se para a fase de montar composições dos pacotes de serviços, as chamadas Pré Ordens de serviços, nela estarão tudo o que será feito em cada pacote de serviço, quantidade de homens e até mesmo a simultaneidade de serviços para obtenção de prazo dos pacotes para cada pavimento.

A seguir a Figura 24 ilustra o Pacote de serviço de Fundações, sua composição contempla: Locação da obra, onde foi planejada executar em 1,1 dias com dois carpinteiros e 1 ajudante. Na prática a sequência do serviço passa a ser escavação e em sua simultaneidade formas podem estar sendo fabricadas pelos carpinteiros, e o

aço cortado e dobrado pela equipe de ferragem, enquanto os serventes realizam a escavação manual ou acerto de cavas. Cada item da composição é pensado na quantidade de hora-homem, para então encontrar o prazo total do serviço.

Figura 24 Pré OS do Pacote de trabalho Fundação.

		PRÉ ORDEM DE SERVIÇO - PRÉ O.S. PLANEJAMENTO				Identificação F.04	
OBRA:	STUDIO ONE						
SERVIÇO:	FUNDAÇÕES - "TODAS AS SAPATAS"						
LOCAL DE APLICAÇÃO:	FUNDAÇÕES						
CÉLULA DE APLICAÇÃO:	CÉLULA - FUNDAÇÕES						
PRAZOS			INICIO: _____ TÉRMINO: _____		PEDIDO DE MATERIAL: _____ PC: _____		
1. MÃO-DE-OBRA:							
ÍTEM	SERVIÇO	DURAÇÃO	DESCRIÇÃO	ÍNDICE	UNID.	QUANT.	
1.1	LOCAÇÃO DE OBRA, EXECUÇÃO DE GABARITO - 91,12 m	Prazo 1,1 dias	CARPINTEIRO = 2	0,18000	HORA	16,40 H	
			AJUDANTE = 1	0,18000	HORA	16,40 H	
1.2	SERVIÇOS TOPOGRÁFICOS PARA LOCAÇÃO DE OBRA - 460,00 m ²	Prazo 12,6 dias	TOPOGRÁFO = 1	0,20000	HORA	92,00 H	
			AJUDANTE = 1	0,20000	HORA	92,00 H	
1.3	LASTRO DE CONCRETO MAGRO FCK 15 MPa INCLUINDO PREPARO DE CAIXA E LANÇAMENTO, E=5CM 5,71 m ³	Prazo 1,6 dias	PEDREIRO = 1	2,00000	HORA	11,43 H	
			AJUDANTE = 2	6,00000	HORA	34,28 H	
1.4	FABRICAÇÃO DE FORMAS DE MADEIRA PARA FUNDAÇÃO, COM TÁBUAS E SARRAFOS - 146,00 m ²	Prazo 5,1 dias	CARPINTEIRO = 8	2,05000	HORA	299,28 H	
			AJUDANTE = 4	0,51200	HORA	74,75 H	
1.5	MONTAGEM DE FORMA DE MADEIRA PARA FUNDAÇÃO, COM TÁBUAS E SARRAFOS - 146,00 m ²	Prazo 2,0 dias	CARPINTEIRO = 8	0,80600	HORA	117,67 H	
			AJUDANTE = 4	0,20200	HORA	29,49 H	
1.6	DESMONTAGEM DE FORMA DE MADEIRA PARA FUNDAÇÃO, COM TÁBUAS E SARRAFOS - 146,00 m ²	Prazo 0,9 dias	CARPINTEIRO = 8	0,34600	HORA	50,51 H	
			AJUDANTE = 4	0,08600	HORA	12,56 H	
1.7	COLCHÃO DE AREIA GROSSA - 114,10 m ³	Prazo 1,7 dias	SERVENTE = 6	0,65900	HORA	75,20 H	
1.8	ARMADURA DE AÇO CA 50/60 PARA ESTRUTURA DE CONCRETO ARMADO, CORTE, DOBRA E ARMAÇÃO (SAPATAS) - 4947,54 kg	Prazo 11,0 dias	ARMADOR = 8	0,13000	HORA	643,18 H	
			AJUDANTE = 4	0,22800	HORA	1128,04 H	
1.9	APLICAÇÃO E ADENSAMENTO DE CONCRETO FCK= 30Mpa COM VIBRADOR DE IMERSÃO ELÉTRICO - 64,32 m ³	Prazo 3,2 dias	PEDREIRO = 2	0,74000	HORA	47,60 H	
			AJUDANTE = 4	2,50000	HORA	160,80 H	
1.10	SAPATAS - ESCAVAÇÃO MANUAL DE SOLO DE 1ª CATEGORIA ATÉ 2,00M - 202,49 m ³	Prazo 18,4 dias	SERVENTE = 6	4,00000	HORA	809,94 H	
1.11	ESCAVAÇÃO MECANIZADA DE SOLO DE 1ª CATEGORIA ATÉ 4,00M INCLUSIVE CARGA E TRANSPORTE DE MATERIAL ESCAVADO - 678,73 m ³	Prazo 5,1 dias	SERVENTE = 1	0,05500	HORA	37,33 H	
			OPERADOR DE MÁQUINAS = 1	0,05500	HORA	37,33 H	
1.12	REATERRO MECANIZADO DE VALAS EMPREGANDO PLACA VIBRATÓRIA EM CAMADA DE 20CM 147,89 m ³	Prazo 1,5 dias	SERVENTE = 6	0,45000	HORA	66,55 H	
1.13	GUARDA CORPO PERIFÉRICO - 110,22 m ²	Prazo 0,3 dias	CARPINTEIRO = 8	0,18000	HORA	19,84 H	
			AJUDANTE = 4	0,18000	HORA	19,84 H	
1.14	LIMPEZA E ORGANIZAÇÃO DO SERVIÇO - 460,00 m ²	Prazo 1,6 dias	SERVENTE = 6	0,15000	HORA	69,00 H	
TOTAL =		Prazo 39,6 dias	TOTAL DA EQUIPE = 33		HORA	3961,43 H	

Fonte: Acervo da empresa do estudo de caso.

Seguindo o mesmo raciocínio, a Figura 25 ilustra o Pacote de serviço de Obra Bruta, que mais a frete será desmembrado em duas etapas - Obra Bruta 1, trata dos fechamento da edificação e Obra Bruta 2 que representa o acabamento cinza bruto, com contrapiso e reboco como itens mais expressivos – a Pre OS contempla os seguintes levantamentos de serviços: Apiloamento e Lavagem e chapisco da estrutura; Marcação de alvenaria, está uma das que mais requer atenção para

obedecer a arquitetura e respeitar as medidas de vão, costuma ser trabalhada como cota de osso, pois ainda deve receber camada de reboco de mais ou menos 1,5 cm em cada lado da fiada do bloco certo mico (9cm de espessura), para então possuir parece de 12cm de projeto; seguidas executa se a alvenaria de vedação externa para manter a obra em segurança e depois a alvenaria interna; lembrando que na construção civil cada empresa trabalha de um jeito, mesmo q sequências logicas devam ser respeitadas, pois não há como executar reboco sem levantar a alvenaria primeiro.

Figura 25 Pré OS do Pacote de trabalho Obra Bruta.

		PRÉ ORDEM DE SERVIÇO - PRÉ O.S. "PLANEJAMENTO"				Identificação
OBRA:	studio one					
SERVIÇO:	OBRA BRUTA					
LOCAL DE APLICAÇÃO	01 TIPO					
CÉLULA DE APLICAÇÃO	CÉLULA 07 - OBRA BRUTA PAVIMENTO TIPO					
PRAZOS		Prazo 26,00 dias	INICIO:	PEDIDO DE MATERIAL:		
			TÉRMINO:	PC:		
1. MÃO-DE-OBRA: "TERCEIRIZADA"						
ÍTEM	SERVIÇO	PRAZOS	DESCRIÇÃO	INDICE	UNID.	QUANT.
1.1	APICOAMENTO DE LAVAGEM DE ESTRUTURA - 189,30 m²	Prazo 0,4 dias	PEDREIRO= 8	0,1500	HORA	28,40 H
			AJUDANTE= 4	0,5120	HORA	96,92 H
1.2	MARCAÇÃO DE ALVENARIA DE VEDAÇÃO EM BLOCO CERÂMICO SIMPLES - 161,51 m	Prazo 3,7 dias	PEDREIRO= 8	1,6265	HORA	262,70 H
			AJUDANTE= 4	0,5120	HORA	82,69 H
1.3	ALVENARIA DE VEDAÇÃO EM BLOCO CERÂMICO SIMPLES - EXTERNA - 124,61 m²	Prazo 1,7 dias	PEDREIRO= 8	0,9400	HORA	117,13 H
			AJUDANTE= 4	0,5400	HORA	67,29 H
1.4	ALVENARIA DE VEDAÇÃO EM BLOCO CERÂMICO SIMPLES - INTERNA - 214,24 m²	Prazo 1,9 dias	PEDREIRO= 8	0,6400	HORA	137,11 H
			AJUDANTE= 4	0,5120	HORA	109,69 H
1.5	ALVENARIA DE VEDAÇÃO EM BLOCO CERÂMICO 20cm - 45,40 M²	Prazo 0,7 dias	PEDREIRO= 8	1,1400	HORA	51,76 H
			AJUDANTE= 4	0,2020	HORA	9,17 H
1.6	CONTRAPISO TRAÇO 1:4 COM ADIÇÃO DE ADITIVO - 221,15 m²	Prazo 1,3 dias	PEDREIRO= 8	0,4000	HORA	88,46 H
			AJUDANTE= 4	0,0860	HORA	19,02 H
1.7	CHAPISCO TRAÇO 1:3 COM ADIÇÃO DE ADITIVO - ALVENARIA EXTERNA E PILARES E VIGAS 833,19 M²	Prazo 1,2 dias	PEDREIRO= 8	0,1000	HORA	83,32 H
			AJUDANTE= 4	0,2280	HORA	189,97 H
1.8	REBOCO TRAÇO 1:4 COM ADIÇÃO DE ADITIVO 333,46 M²	Prazo 4,5 dias	PEDREIRO= 8	0,9400	HORA	313,45 H
			AJUDANTE= 4	0,0860	HORA	28,68 H
1.8	EMBOÇO TRAÇO 1:4 COM ADIÇÃO DE ADITIVO 203,79 M²	Prazo 2,7 dias	PEDREIRO= 8	0,9400	HORA	191,56 H
			AJUDANTE= 4	0,0860	HORA	17,53 H
1.9	VERGAS 0,85 m³	Prazo 0,0 dias	PEDREIRO= 8	0,3253	HORA	0,28 H
			AJUDANTE= 4	0,0860	HORA	0,07 H
1.10	ASSENTAMENTO DE CONTRAMARCO 42,25 m²	Prazo 0,2 dias	PEDREIRO= 8	0,3253	HORA	13,74 H
			AJUDANTE= 4	0,0860	HORA	3,63 H
1.10	IMPERMEABILIZAÇÃO DE PISO COM 3 DEMÃOS DE EMULSÃO ASFÁLTICA - 55,50 M²	Prazo 0,6 dias	AJUDANTE= 4	0,4000	HORA	22,20 H
1.11	EMBUTIDOS DE CENTRAIS DE AR NA OBRA BRUTA - 1,00 pontos	Prazo 2,0 dias	PEDREIRO= 1	8,8000	HORA	17,60 H
1.12	EMBUTIDOS ELETRICOS NA OBRA BRUTA - 1,00 M	Prazo 2,0 dias	AJUDANTE= 1	8,8000	HORA	17,60 H
1.13	EMBUTIDOS HIDROSANITARIOS NA OBRA BRUTA - 1,00 PONTOS	Prazo 3,0 dias	PEDREIRO= 1	8,8000	HORA	26,40 H
1.14	LIMPEZA GERAL E ORGANIZAÇÃO DO PAVIMENTO 221,15 M²	Prazo 1,9 dias	AJUDANTE= 3	0,2280	HORA	50,42 H
TOTAL DE MÃO DE OBRA =			TOTAL DA EQUIPE = 14		HORA	2046,79 H

Fonte: Acervo da empresa do estudo de caso.

Entendido como são criados os prazos de cada serviço, a linha de balanço naturalmente divide os serviços e suas repetições, sendo possível medir os percentuais do avanço físico do desenvolvimento da obra, através dos pesos que seus serviços representam, baseados em prazos e custos. Diferentemente do Diagrama de Gantt, onde os serviços são dispostos através de barras com seu tempo de duração, a LDB consegue ilustrar os serviços que são executados simultaneamente, assim com seus tempos de duração; porém com um pouco mais de agilidade devido os caminhos terem vínculos de atividades predecessoras.

Em obras verticais, adota-se o eixo y como lotes, onde podem ser organizados cada pavimento; e no eixo x o tempo cronológico, organizados com as repetições dos serviços, que determinam as curvas que determinam índices e os possíveis caminhos críticos.

A seguir um modelo inicial de LDB elaborado em excel com dados baseados em Pré OS, que mostra o planejamento da obra cuja objeto de estudo deste trabalho, torre de 10 lajes, onde optou-se separar os lotes por pavimentos; de baixo para cima, para o planejamento ir subindo assim como o andamento físico da obra: Fundação, Pavimento Semienterrado, Pavimento Semielevado, Pavimento Tipo 1, Pavimento Tipo 2, Pavimento Tipo 3, Pavimento Tipo 4, Pavimento Tipo 5, Pavimento Tipo 6, Pavimento Tipo 7, Pavimento Lazer, Cobertura, e Reservatório. Ressaltando ainda os Pacotes de serviços, onde cada um possui um percentual representativo por cores, assim como a disposição em números de semanas conforme a Figura 26.

Já a Figura 27 representa um quadro com as disposições de cores e pesos de cada pacote de trabalho baseado na EAP, pesos estes que são distribuídos semanalmente, para o entendimento mês a mês, para então obter em percentuais os avanços de obra a medida que os serviços são executados.

Figura 26 Linha de Balanço - Planejamento de avanços físicos - em excel (a)

ANO	MÊS	2023											
		MÊS-01	MÊS-02	MÊS-03	MÊS-04	MÊS-05	MÊS-06						
SEMANA		SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4	SEMANA 5	SEMANA 6	SEMANA 7	SEMANA 8	SEMANA 9	SEMANA 10	SEMANA 11	SEMANA 12
RESERVATÓRIO													
CABERTURA													
LAZER													
7° Pav. TIPO													
6° Pav. TIPO													
5° Pav. TIPO													
4° Pav. TIPO													
3° Pav. TIPO													
2° Pav. TIPO													
1° Pav. TIPO													
SEMI-ELEVADO - (TÉRREO)													
SEMI-ENTERRADO													
FUNDAÇÕES													
MURO DE CONTENÇÃO													
REVESTIMENTO DE FACHADA													
FACHADAS													
INSTALAÇÕES													
ELEVADORES													
GRUPO GERADOR													
SUBESTAÇÃO ÁGUA													
SPDA Y LUZ OBSTÁCULO													
GGBT													
PLACAS FOTVOLTAICAS													
PPCL INCÊNDIO													
INSTALAÇÕES TELEFÔNICAS													
INDICADORES, COMPLEMENTOS E													
OUTROS													
GUSTO DIRETO													
PESO (2)	100,000x	3x	3x	4x	4x	4x							
PESO ACUMULADO (2)		3x	6x	10x	14x	18x	22x	26x	30x	34x	38x	42x	46x
GUSTO INDIRETO													
SERVIÇOS PRELIMINARES													
ADMINISTRAÇÃO OBRA													
APOIO A PRODUÇÃO													
PESO (2)	100,000x	3x	3x	4x	4x	4x							
PESO ACUMULADO (2)	100,000x	3x	6x	10x	14x	18x	22x	26x	30x	34x	38x	42x	46x

Fonte: Acervo da empresa do estudo de caso, modificado pela autora.

Figura 26 Linha de Balanço - Planejamento de avanços físicos – em excel (b)

ANO		2024											
MÊS		MÊS-07		MÊS-08		MÊS-09		MÊS-10		MÊS-11		MÊS-12	
SEMANA	SEMANA	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4	SEMANA 4	SEMANA 4	SEMANA 4						
RESERVATÓRIO	TORRE PLANEJ.												
	TORRE EXEC.												
CABERTURA	TORRE PLANEJ.												
	TORRE EXEC.												
LAZER	TORRE PLANEJ.												
	TORRE EXEC.												
7º Pav. TIPO	TORRE PLANEJ.												
	TORRE EXEC.												
8º Pav. TIPO	TORRE PLANEJ.												
	TORRE EXEC.												
5º Pav. TIPO	TORRE PLANEJ.												
	TORRE EXEC.												
4º Pav. TIPO	TORRE PLANEJ.												
	TORRE EXEC.												
3º Pav. TIPO	TORRE PLANEJ.												
	TORRE EXEC.												
2º Pav. TIPO	TORRE PLANEJ.												
	TORRE EXEC.												
1º Pav. TIPO	TORRE PLANEJ.												
	TORRE EXEC.												
SEMI-ELEVADO - (TÉRREO)	TORRE PLANEJ.												
	TORRE EXEC.												
SEMI-ENTERRADO	TORRE PLANEJ.												
	TORRE EXEC.												
FUNDAÇÕES	TORRE PLANEJ.												
	TORRE EXEC.												
MURO DE CONTENÇÃO	TORRE PLANEJ.												
	TORRE EXEC.												
REVESTIMENTO DE FACHADA	TORRE PLANEJ.												
	TORRE EXEC.												
FACHADAS	TORRE PLANEJ.												
	TORRE EXEC.												
INSTALAÇÕES	TORRE PLANEJ.												
	TORRE EXEC.												
ELEVADORES - AQUISIÇÃO E	TORRE PLANEJ.												
	TORRE EXEC.												
GRUPO GERADOR	TORRE PLANEJ.												
	TORRE EXEC.												
SUBSTACÇÃO AÉREA	TORRE PLANEJ.												
	TORRE EXEC.												
SPDA / LUZ OBSTÁCULO	TORRE PLANEJ.												
	TORRE EXEC.												
QGBT	TORRE PLANEJ.												
	TORRE EXEC.												
PLACAS FOTOWIDAIÇAS	TORRE PLANEJ.												
	TORRE EXEC.												
PPCI- INCÊNDIO	TORRE PLANEJ.												
	TORRE EXEC.												
INDICADORES TELEFÔNICOS	TORRE PLANEJ.												
	TORRE EXEC.												
INDICADORES TELEFÔNICOS	TORRE PLANEJ.												
	TORRE EXEC.												
CUSTO DIRETO		5%	25%	4%	2%	6%	7%	4%	7%	8%	6%	6%	6%
PESO ACUMULADO (2)													
CUSTO INDIRETO													
PESO ACUMULADO (2)													
SERVIÇOS PRELIMINARES													
ADMINISTRAÇÃO OBRA													
APOIO A PRODUÇÃO													
PESO (2)		4%		4%		5%		5%		7%		7%	6%
PESO ACUMULADO (2)		27%		31%		36%		43%		50%		56%	56%

Fonte: Acervo da empresa do estudo de caso, modificado pela autora.

Figura 26 Linha de Balanço - Planejamento de avanços físicos - em excel (d)

ANO		2025												2026	REV. 002/2023
MÊS		MÊS-19	MÊS-20	MÊS-21	MÊS-22	MÊS-23	MÊS-24	MÊS-25	MÊS-26	MÊS-27	MÊS-28	MÊS-29	MÊS-30	MÊS-31	
SEMANA		SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4	SEMANA 5	SEMANA 6	SEMANA 7	SEMANA 8	SEMANA 9	SEMANA 10	SEMANA 11	SEMANA 12	SEMANA 13	SEMANA 14
RESERVATÓRIO	TORRE PLAMEJ...														
	TORRE EXEC.														
CABERTURA	TORRE PLAMEJ.	ESQUB - LUMINARIAS E LC													
	TORRE EXEC.														
LAZER	TORRE PLAMEJ.	LUMINE													
	TORRE EXEC.														
7º Pav. TIPO	TORRE PLAMEJ.														
	TORRE EXEC.														
8º Pav. TIPO	TORRE PLAMEJ.														
	TORRE EXEC.														
5º Pav. TIPO	TORRE PLAMEJ.														
	TORRE EXEC.														
4º Pav. TIPO	TORRE PLAMEJ.														
	TORRE EXEC.														
3º Pav. TIPO	TORRE PLAMEJ.														
	TORRE EXEC.														
2º Pav. TIPO	TORRE PLAMEJ.														
	TORRE EXEC.														
1º Pav. TIPO	TORRE PLAMEJ.														
	TORRE EXEC.														
SEMI-ELEVADO - (TÉRREO)	TORRE PLAMEJ.														
	TORRE EXEC.														
SEMI-ENTERRADO	TORRE PLAMEJ.														
	TORRE EXEC.														
FUNDAÇÕES	TORRE EXEC.														
MURO DE CONTENÇÃO	CORTINA - 1														
	CORTINA - 2														
	CORTINA - 3														
	CORTINA - 4														
REVESTIMENTO DE FACHADA	FACHADA - 01														
	FACHADA - 02														
	FACHADA - 03														
	FACHADA - 04														
INSTALAÇÕES	TORRE														
ELEVADORES	TORRE														
GRUPO GERADOR	TORRE														
SUBESTAÇÃO AÉREA	TORRE														
SPDA / LUZ OBSTÁCULO	TORRE														
OGBT	TORRE														
PLACAS FOTOVOLTAICAS	TORRE														
PPCL- INCÊNDIO	TORRE														
INSTALAÇÕES TELEFÔNICAS	TORRE														
PROTEÇÃO CONTRA INUNDACÃO	TORRE														
GUSTO DIRETO															
PESO (2)	100,000%	2%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%
PESO ACUMULADO (2)		98%	99%	99%	99%	99%	99%	99%	99%	99%	99%	99%	99%	99%	99%
GUSTO INDIRETO															
SERVIÇOS PRELIMINARES															
ADMINISTRAÇÃO OBRA															
APOIO A PRODUÇÃO															
PESO (2)	100,000%	2%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%
PESO ACUMULADO (2)	100,000%	98%	99%	99%	99%	99%	99%	99%	99%	99%	99%	99%	99%	99%	99%

Fonte: Acervo da empresa do estudo de caso, modificado pela autora.

Figura 27 Representação de Pacotes de Serviços e Percentuais.

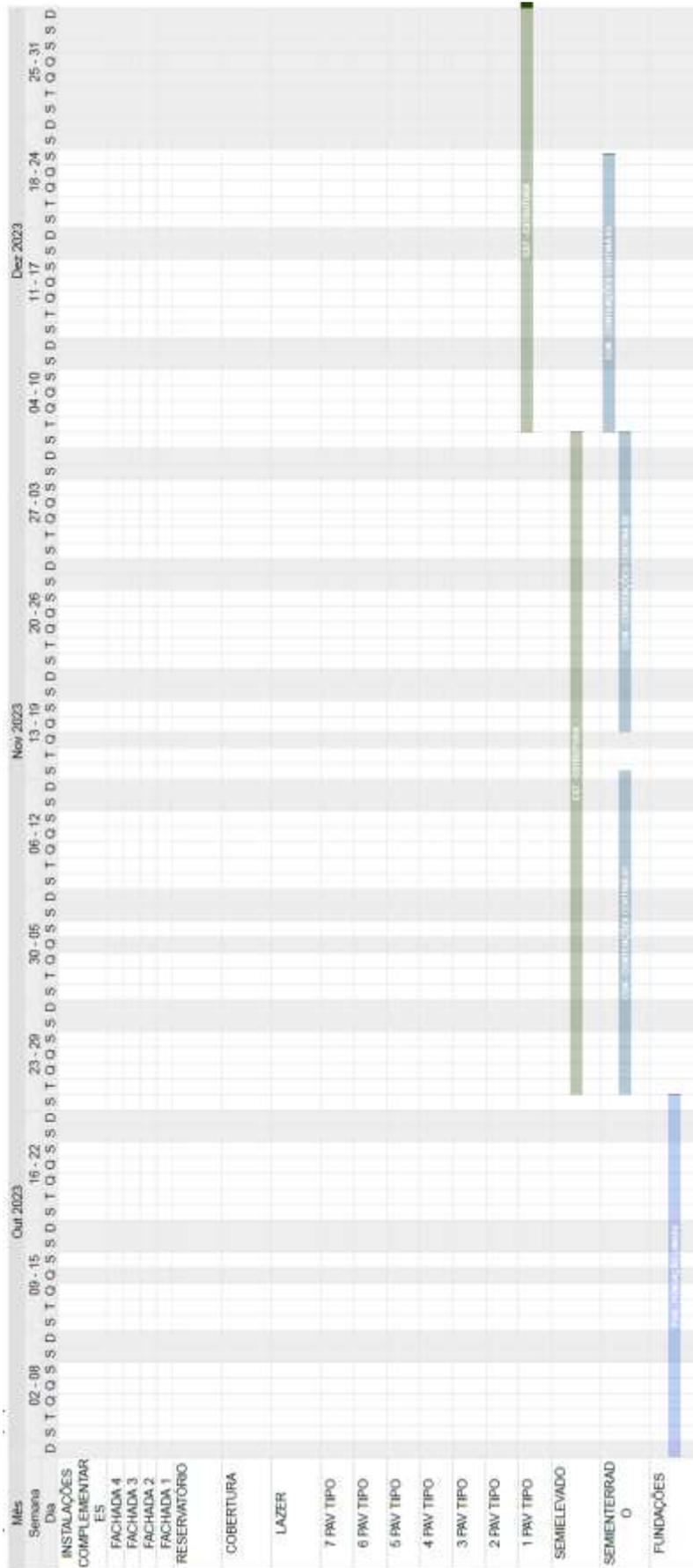
ITEM	CÉLULA	PESO	IDENTIFICAÇÃO
1	CÉLULA - ADMINISTRAÇÃO/APOIO A PRODUÇÃO DA OBRA	8,81%	
2	CÉLULA - SERVIÇOS PRELIMINARES	3,14%	
3	CÉLULA - APOIO A PRODUÇÃO e MEDICINA E SEGURANÇA NO TRABALHO	6,18%	
4	CÉLULA - INFRAESTRUTURA	4,48%	
5	CÉLULA - ESTRUTURA	26,51%	
6	CÉLULA - OBRA BRUTA 1	7,62%	
7	CÉLULA - OBRA BRUTA 2	4,35%	
8	CÉLULA - IMPERMEABILIZAÇÃO	0,83%	
9	CÉLULA - COBERTURA	0,71%	
10	CÉLULA - FACHADA	6,23%	
11	CÉLULA - PRUMADAS ELÉTRICAS	0,42%	
12	CÉLULA - FIAÇÃO ELÉTRICA	0,64%	
13	CÉLULA - LUMINÁRIA, ACESSÓRIOS, TOMADAS E INTERRUPTORES	0,95%	
14	CÉLULA - PRUMADAS HIDROSSANITÁRIAS	0,65%	
15	CÉLULA - REVESTIMENTO CERÂMICO	5,23%	
16	CÉLULA - INSTALAÇÕES DE INCÊNDIO	0,46%	
17	CÉLULA - GESSO (TETO/PAREDE)	2,17%	
18	CÉLULA - MARMORES E GRANITOS	0,60%	
19	CÉLULA - PINTURA	2,73%	
20	CÉLULA - ESQUADRIA DE MADEIRA	0,82%	
21	CÉLULA - ESQUADRIAS DE METÁLICAS (ALUMÍNIO COM VIDRO E FERRO)	6,70%	
22	CÉLULA -LOUÇAS METAIS E ACESSÓRIOS	1,09%	
	Complementares	5,18%	
	Complementares eletricos	3,48%	
TOTAL		100,00%	

Fonte: Acervo da empresa do estudo de caso, modificado pela autora.

Durante o processo de panejamento da obra, a empresa com o intuito de melhor seus processos de planejamento e controle buscou software de gestão e implantou o planejamento através do Prevision. Inicialmente, para entender como funcionava a plataforma foi importado os dados da LDB base em excel e suas composições de Pré OS para criar a Linha de Balanço na Prevision, como podemos observar na Figura 28, o cronograma da obra toda.

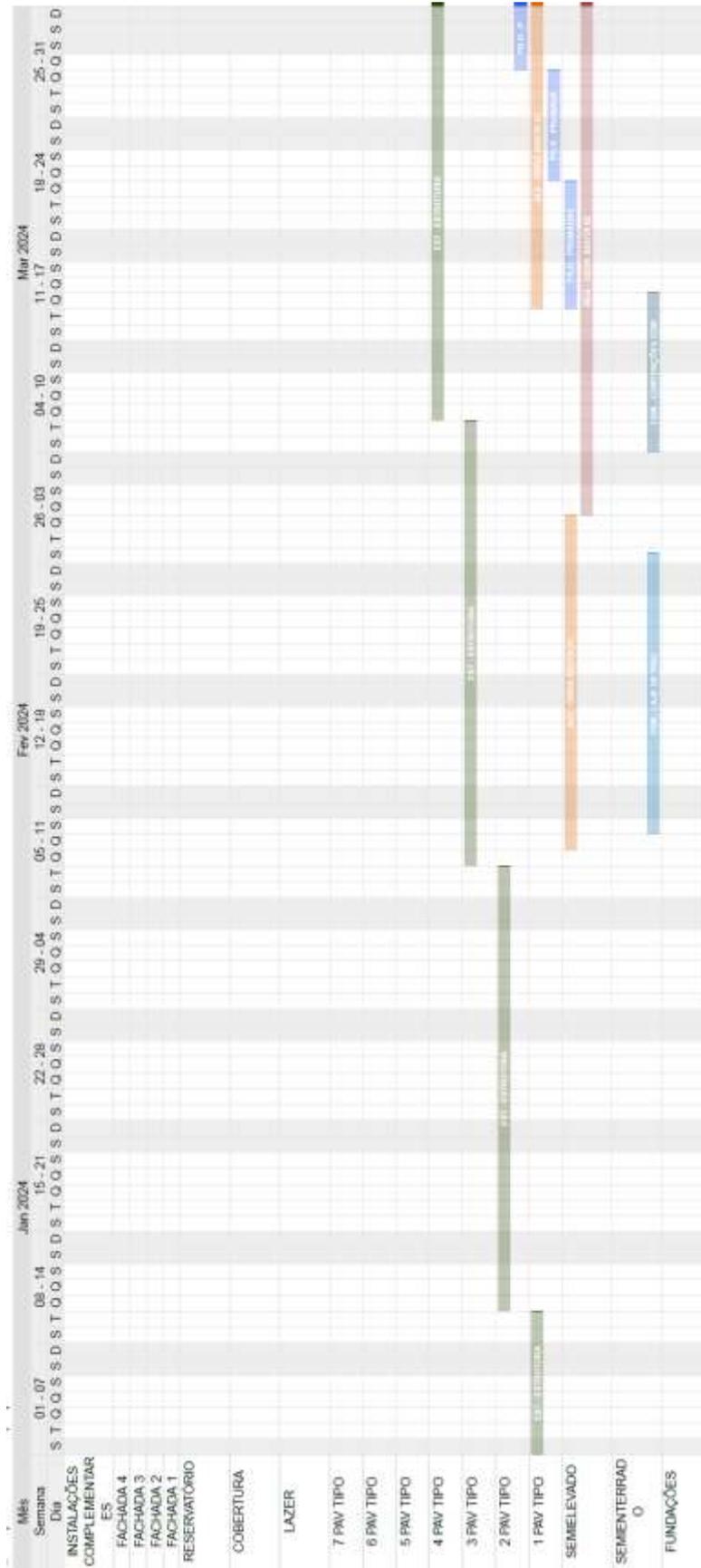
Que diferente do excel onde os quadrados representavam semanas, o *prevision* já permite divisões mais detalhadas, dia-a-dia.

Figura 28 Linha de Balanço – Previsão (b)



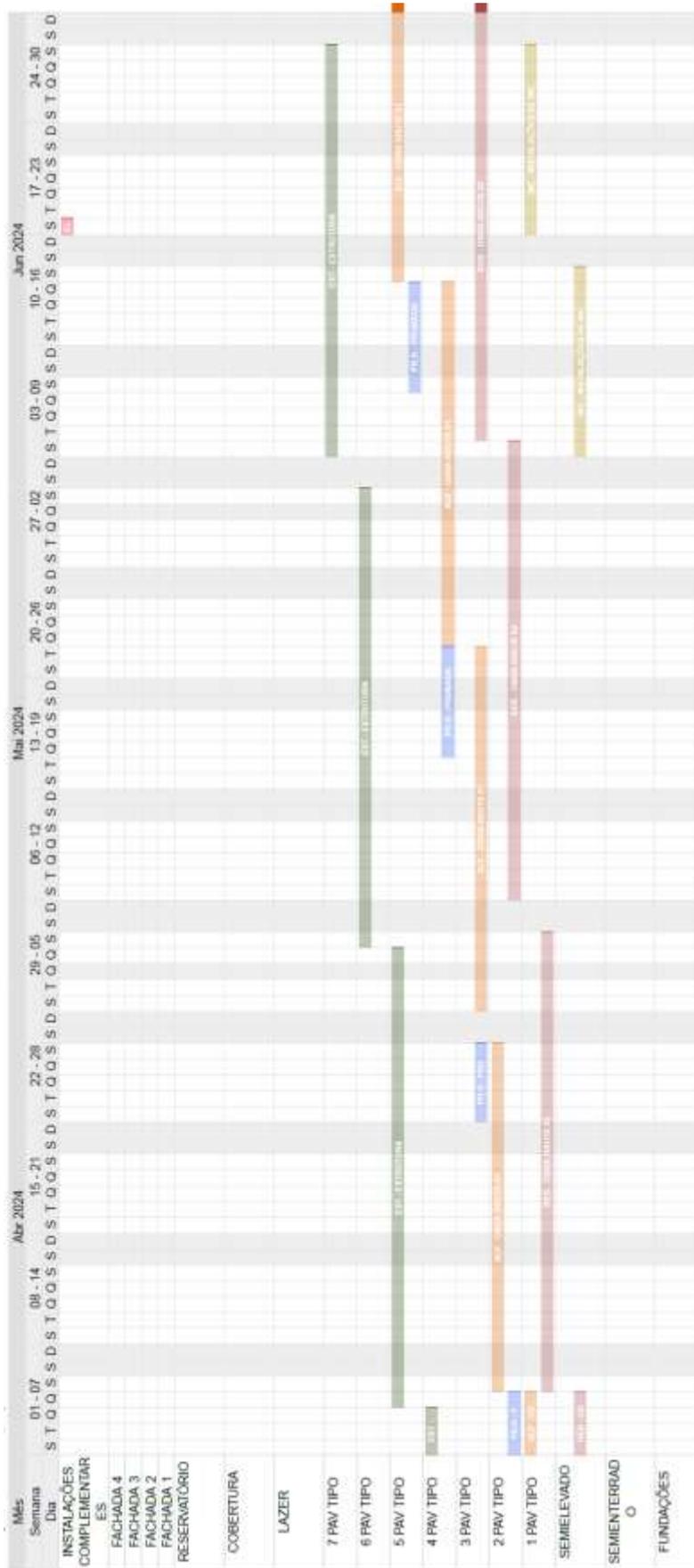
Fonte: Previsão, 2025.

Figura 28 Linha de Balanço – Prevision (c)



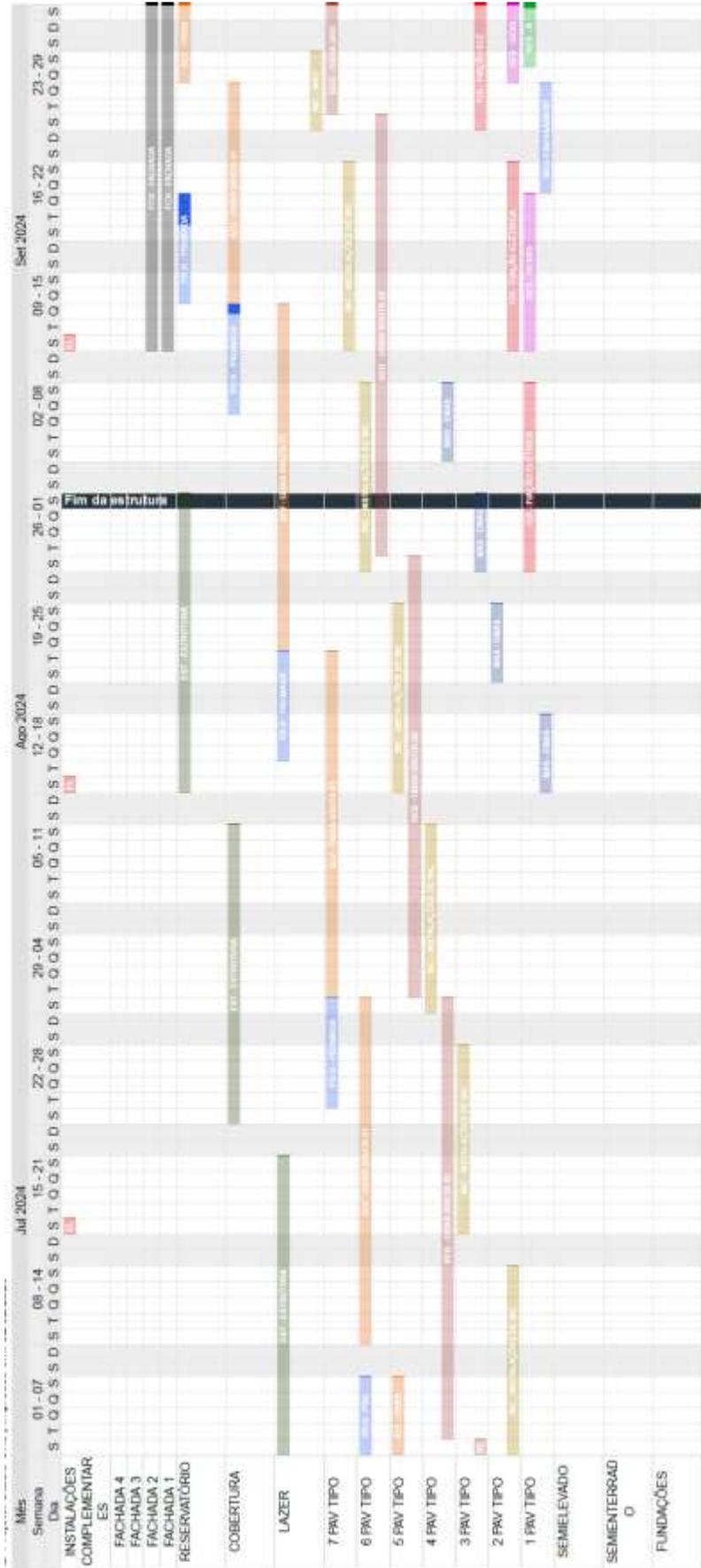
Fonte: Prevision, 2025.

Figura 28 Linha de Balanço – Prevision (d)



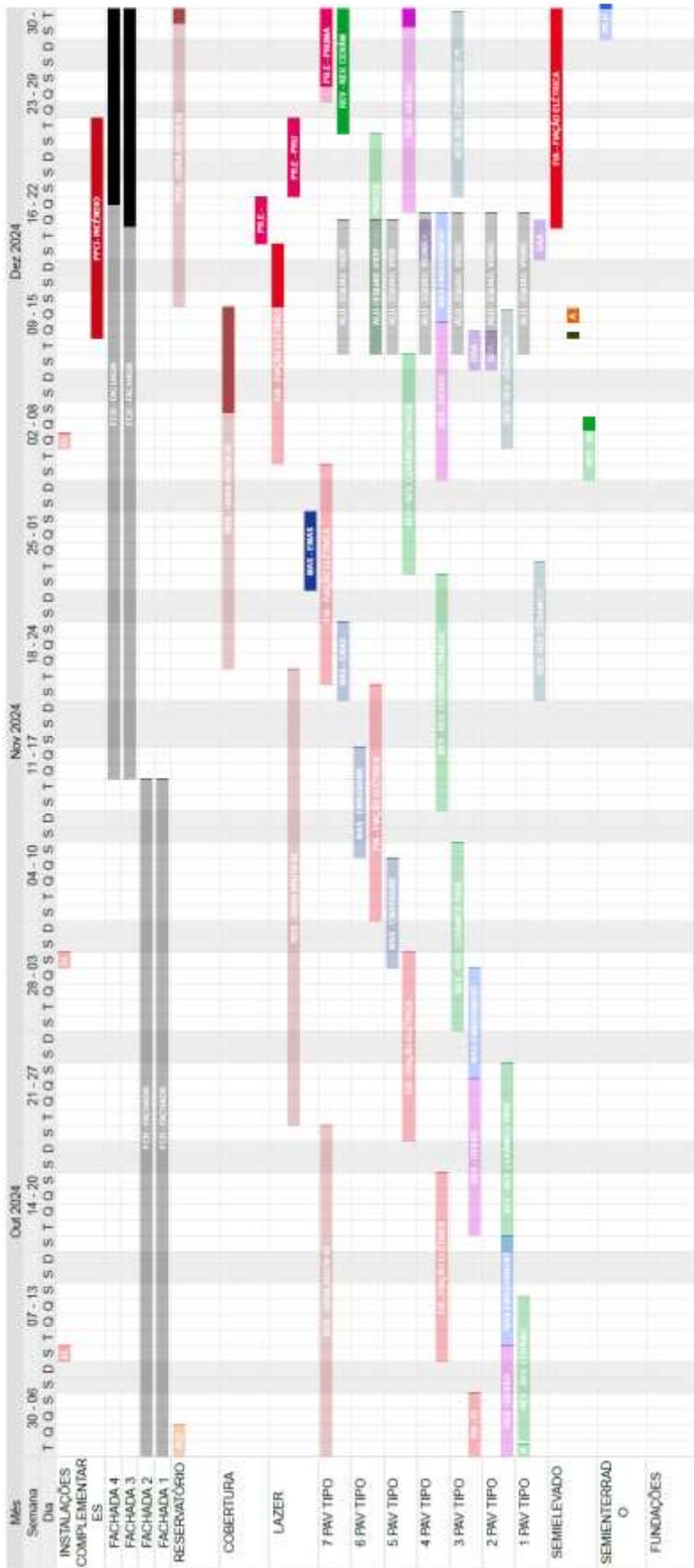
Fonte: Prevision, 2025.

Figura 28 Linha de Balanço – Previsão (e)



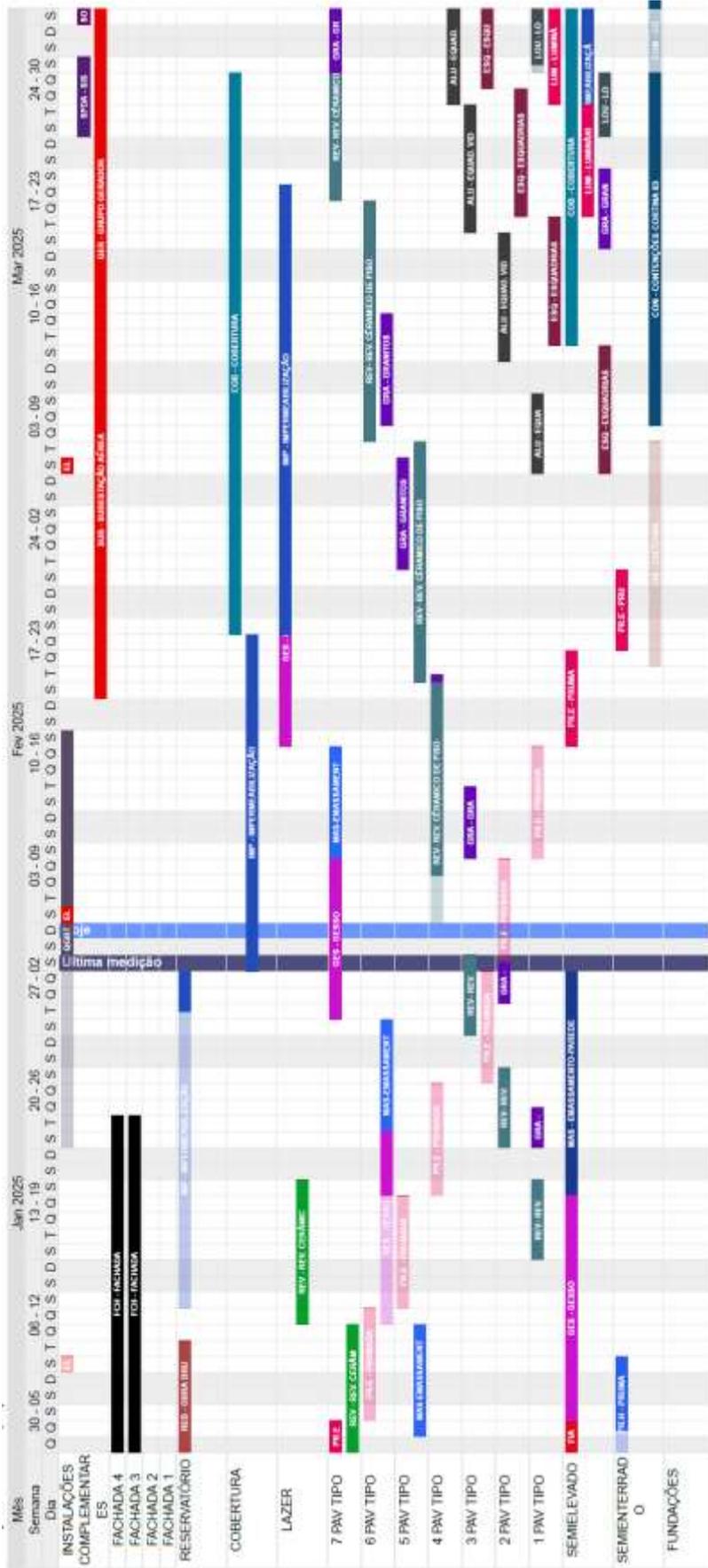
Fonte: Previsão, 2025.

Figura 28 Linha de Balanço – Prevision (f)



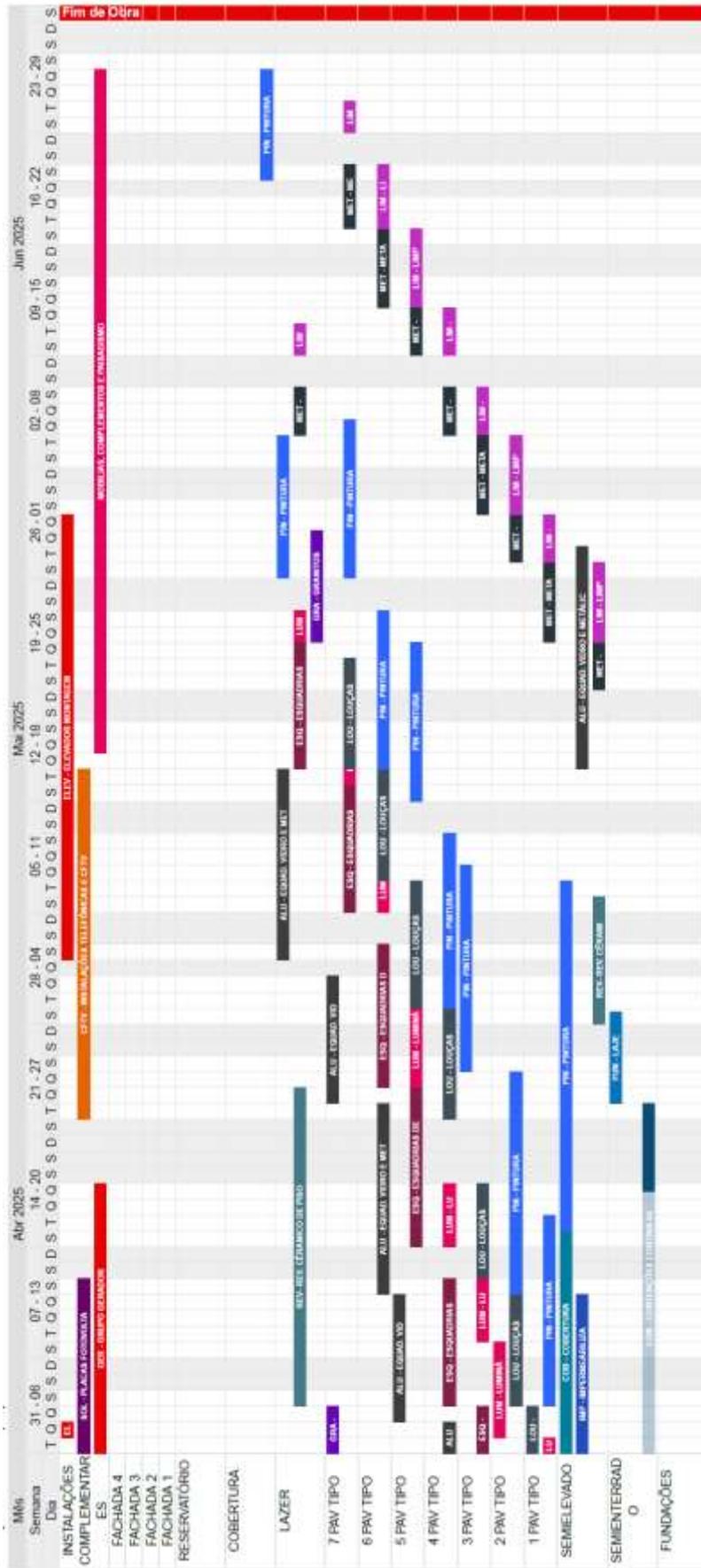
Fonte: Prevision, 2025.

Figura 28 Linha de Balanço – Previsão (g)



Fonte: Previsão, 2025.

Figura 28 Linha de Balanço – Prevision (h)



Fonte: Prevision, 2025.

A primeira constatação clara na vantagem do software é no replanejamento, onde os serviços podem ser vinculados, o que diminui falhas ao planejar manualmente em excel onde, a possibilidade de falhas era maior ao ter que realizar célula por célula, no prevision é criado um pacote (pode ser usada a base da EAP) e dentro do pacote, detalhamento do serviço (estes itens podem ser extraídos das Pré OS).

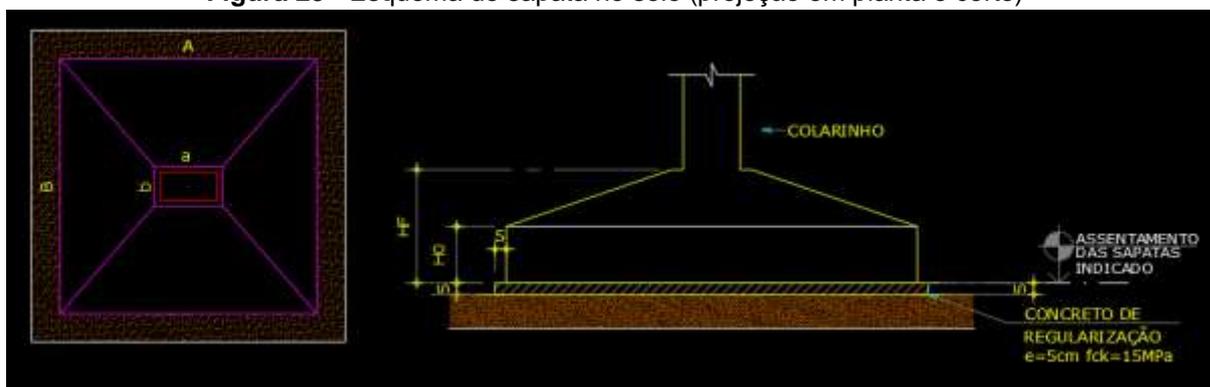
4.4. ETAPA ANALISADA (FUNDAÇÃO)

A obra tem o seu projeto estrutural dimensionado para execução de fundação direta, sapata isolada e/ou associadas; as sapatas são projetadas para transferir as cargas da estrutura para o solo de maneira eficiente, minimizando a pressão exercida sobre o terreno. Elas são especialmente indicadas em solos com boa capacidade de suporte.

Existem diferentes tipos de sapatas, como sapatas isoladas (que suportam colunas individuais), sapatas corridas (que suportam paredes) e sapatas associadas (que suportam mais de uma coluna). A escolha do tipo de fundação depende das características do solo, das cargas da estrutura e das condições do projeto, que pode ser visto no Anexo E deste trabalho

Esse tipo de fundação também é classificado como fundação rasa, também chamada fundação direta ou superficial, é definida na NBR 6122 que trata de Projetos e Execução de Fundações. A sapata é o elemento mais comum da fundação rasa, que pela área de contato base-solo transmite as cargas verticais e demais ações para o solo, diretamente, conforme ilustrado na Figura 29, onde B é a menor dimensão em planta.

Figura 29 - Esquema de sapata no solo (projeção em planta e corte)



Fonte: Projeto Estrutural Studio One, Planta de fundações, 2025.

Detalhar a obra como um todo seria um processo longo, logo a título de pesquisa optou-se por analisar a etapa da fundação, recriando as mesmas condições da LDB só que em menor escala. A etapa de fundação representa uma das fases da obra, e um determinado percentual, sendo planejado com um pacote isolado, representado como um Lote, e sua duração é composto por todos os serviços do pacote; escavação, forma, aço, concreto, (cura), desforma, e reaterro.

4.5. ACOMPANHAMENTO DOS SERVIÇOS DA FUNDAÇÃO

Iniciado a fase de execução da obra; fora necessário um rebaixamento de 1,5m no terreno; pois a edificação conta com um pavimento semienterrado (nessa cota), assim como a limpeza no terreno e as instalações provisórias básicas para fornecimento de água e energia, áreas de vivência, escritório e dependência para guardar materiais e ferramentas, foca-se na parte prática da execução.

Na parte prática a fundação começa pela escavação, mas não sem a fabricação do gabarito; fundamental para a locação dos eixos das sapatas e sua cota de assentamento. Para boas práticas o ideal é não negligenciar nenhuma etapa, fincar piquetes com padrão de espaçamento, tábuas em bom estado de conservação e fixadas niveladas, para então começar a esticar linha com cotas acumuladas em cada eixo das sapatas. Um gabarito pintado se faz necessário para a identificação de cada sapata, como mostra a Figuras 30 e 31, onde cada ponto deve estar identificado cada pilar/sapata, para as verificações e conferências da locação.

Figura 30 Etapa da fundação - Gabarito de locação.



Fonte: Acervo da autora.

Figura 31 Exemplo de identificação de eixos.



Fonte: Acervo da autora.

Entende-se como fundação a etapa de infraestrutura composta pelos seguintes serviços: Sondagem e serviços topográficos – previamente, para estes atenção especial a sondagem pois ela auxilia na escolha do tipo de fundação; já para a execução da fundação: locação (gabarito), escavação mecanizada e/ou manual, lastro de concreto, fôrma de madeira, armadura de aço, aplicação de concreto, desforma e reaterro; como foi visto anteriormente na Figura 24. Na Figura 32, podemos simular que o prazo das etapas mudam quando realizado com menos homem, pois o índice

hora-homem o h/h da construção; tem relação com o volume de serviço e sua produtividade, a tabela abaixo (Figura 32) representa uma composição de serviço, contendo o que feito realizado na OS de execução, com quantidades (volumes de serviço) e pela quantidade de pessoas (mão de obra).

Figura 32 Composição de pacote de serviços.

FUNDAÇÃO						
ÍTEM	SERVIÇO	DURAÇÃO	MO	INDICE	UNID.	QUANT.
1.1	LOCAÇÃO DE OBRA, EXECUÇÃO DE GABARITO - 91,12 m	Prazo 2,2 dias	CARPINTEIRO = 1	0,18000	HORA	16,40 H
			AJUDANTE = 1	0,18000	HORA	16,40 H
1.2	SERVIÇOS TOPOGRÁFICOS PARA LOCAÇÃO DE OBRA - 460,00 m ²	Prazo 12,6 dias	TOPOGRÁFO = 1	0,20000	HORA	92,00 H
			AJUDANTE = 1	0,20000	HORA	92,00 H
1.3	LASTRO DE CONCRETO MAGRO FCX 15 MPa INCLUINDO PREPARO DE CAIXA E LANÇAMENTO, E=5CM 5,71 m ³	Prazo 1,6 dias	PEDREIRO = 1	2,00000	HORA	11,42 H
			AJUDANTE = 2	6,00000	HORA	34,26 H
1.4	FABRICAÇÃO DE FORMAS DE MADEIRA PARA FUNDAÇÃO, COM TÁBUAS E SARRAFOS - 145,00 m ²	Prazo 13,6 dias	CARPINTEIRO = 3	2,05000	HORA	299,30 H
			AJUDANTE = 4	0,51200	HORA	74,75 H
1.5	MONTAGEM DE FORMA DE MADEIRA PARA FUNDAÇÃO, COM TÁBUAS E SARRAFOS - 145,00 m ²	Prazo 5,4 dias	CARPINTEIRO = 3	0,30600	HORA	117,68 H
			AJUDANTE = 4	0,10200	HORA	29,49 H
1.6	DESMONTAGEM DE FORMA DE MADEIRA PARA FUNDAÇÃO, COM TÁBUAS E SARRAFOS - 145,00 m ²	Prazo 2,3 dias	CARPINTEIRO = 3	0,34600	HORA	50,52 H
			AJUDANTE = 4	0,08900	HORA	12,56 H
1.7	COLCHÃO DE AREIA GROSSA - 114,10 m ³	Prazo 2,6 dias	SERVEANTE = 4	0,65900	HORA	75,19 H
1.8	ARMADURA DE AÇO CA 50/80 PARA ESTRUTURA DE CONCRETO ARMADO, CORTE, DOBRA E ARMAÇÃO (SAPATAS) - 40367,12 kg	Prazo 23,9 dias	ARMADOR = 5	0,13000	HORA	5247,08 H
			AJUDANTE = 3	0,22800	HORA	9202,56 H
1.9	APLICAÇÃO E ADENSAMENTO DE CONCRETO FCX= 30Mpa COM VIBRADOR DE IMERSÃO ELÉTRICO - 64,32 m ³	Prazo 6,5 dias	PEDREIRO = 1	0,74000	HORA	47,60 H
			AJUDANTE = 4	2,30000	HORA	160,80 H
1.10	SAPATAS - ESCAVAÇÃO MANUAL DE SOLO DE 1ª CATEGORIA ATÉ 2,00M - 202,61 m ³	Prazo 27,6 dias	SERVEANTE = 4	4,00000	HORA	810,44 H
1.11	ESCAVAÇÃO MECANIZADA DE SOLO DE 1ª CATEGORIA ATÉ 4,00M INCLUSIVE CARGA E TRANSPORTE DE MATERIAL ESCAVADO - 685,78 m ³	Prazo 5,1 dias	SERVEANTE = 1	0,05500	HORA	37,72 H
			OPERADOR DE MÁQUINAS = 1	0,05500	HORA	37,72 H
1.12	REATERRO MECANIZADO DE VALAS EMPREGANDO PLACA VIBRATÓRIA EM CAMADA DE 20CM 139,52 m ³	Prazo 2,1 dias	SERVEANTE = 4	0,45000	HORA	62,78 H
1.13	GUARDA CORPO PERIFÉRICO - 110,22 m ³	Prazo 0,9 dias	CARPINTEIRO = 3	0,18000	HORA	19,84 H
			AJUDANTE = 4	0,18000	HORA	19,84 H
1.14	LIMPEZA E ORGANIZAÇÃO DO SERVIÇO - 460,00 m ²	Prazo 2,4 dias	SERVEANTE = 4	0,15000	HORA	69,00 H
TOTAL =		Prazo 76,4 dias	TOTAL DA EQUIPE = 22		HORA	16637,34 H

Fonte: Acervo da empresa do estudo de caso, modificado pela autora.

As Pré OS são divididas por itens, pois cada item possui sua composição de materiais utilizados para a realização do serviço, a Figura 33 ilustra as principais ferramentas para o serviço de escavação manual.

Figura 33 Ferramentas usadas na Fundação



Fonte: Acervo da autora, 2023.

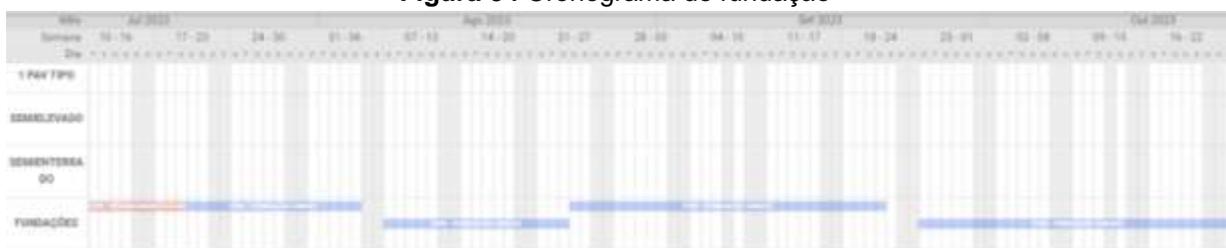
4.5.1. Etapas da Execução

A torre escolhida possui 13 (treze) sapatas, e para a execução foi escolhido subdividir em quatro etapas, otimizando e respeitando o tempo de execução de cada serviço, assim como o as condições e limitações do terreno; como mão de obra para a execução, espaço para escavação mecanizada aproveitamento de material de reaterro, entre outras condições que se leva em conta na realização do serviço, ressaltando ainda analisa as técnicas de planejamento abordado nesta pesquisa. A subdivisão ficou estabelecida como:

- Faixa 1: Sapata 4 e 6 e Sapata 12 (associada, pilares 12 e 16);
- Faixa 2: Sapata 11 (associada, pilares 11 e 15) e Sapata 10 (associada, pilares 10 e 14)
- Faixa 3: Bloco mais complexo com níveis variados Sapatas 2, 3, 7 e 8;
- Faixa : Sapatas 1, 5, 9 e 13.

Lembrando que todas as etapas tem contem: escavação, forma, montagem da armadura, concretagem, desforma e reaterro. Como mencionado anteriormente a composição da fundação é o somatório de todo o volume de serviço, determinando assim o prazo total de execução, ao subdividir as etapas é possível trabalhar em serviços simultâneos com o intuito de otimizar o prazo de execução, aproveitando do conceito de curva de aprendizado. A Figura 34, mostra o cronograma da fundação subdividido em faixas com volumes diferentes, no *software* de planejamento utilizado pela obra, *Prevision*; já a Figura 35 ilustra a fundação e seus grupos de divisão.

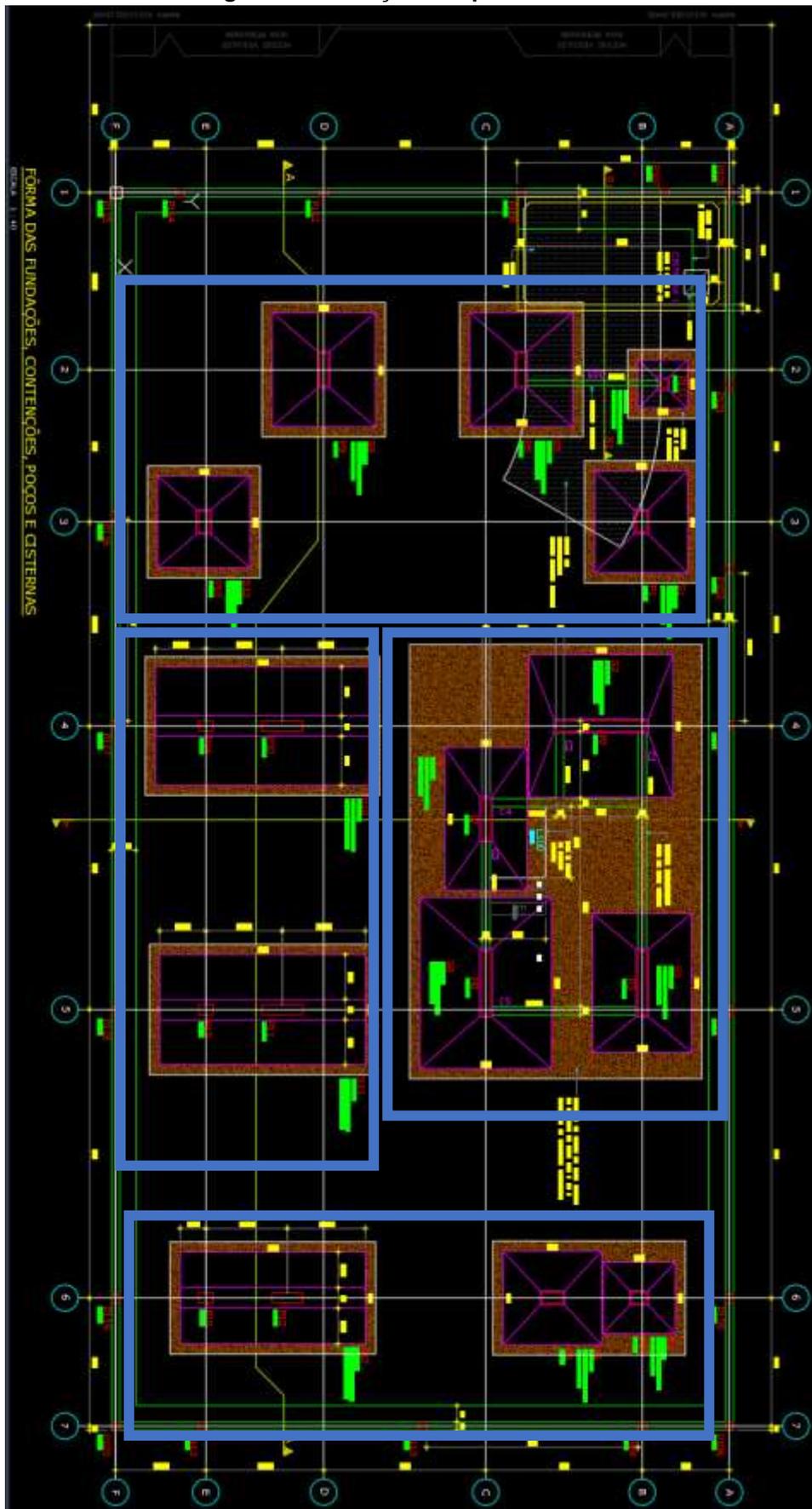
Figura 34 Cronograma de fundação



Fonte: Prevision, acompanhamento de obra 2024.

Como podemos ver na Figura 34, a faixa 1 é prevista ser realizada em 12 dias de trabalho; a faixa 2 em 13 dias de trabalho; já a faixa 3 como mencionado, a mais complexa é prevista para 20 dias e a faixa 4 também em 20 dias, totalizando assim 75 dias trabalhados

Figura 35 Fundação completa da torre.

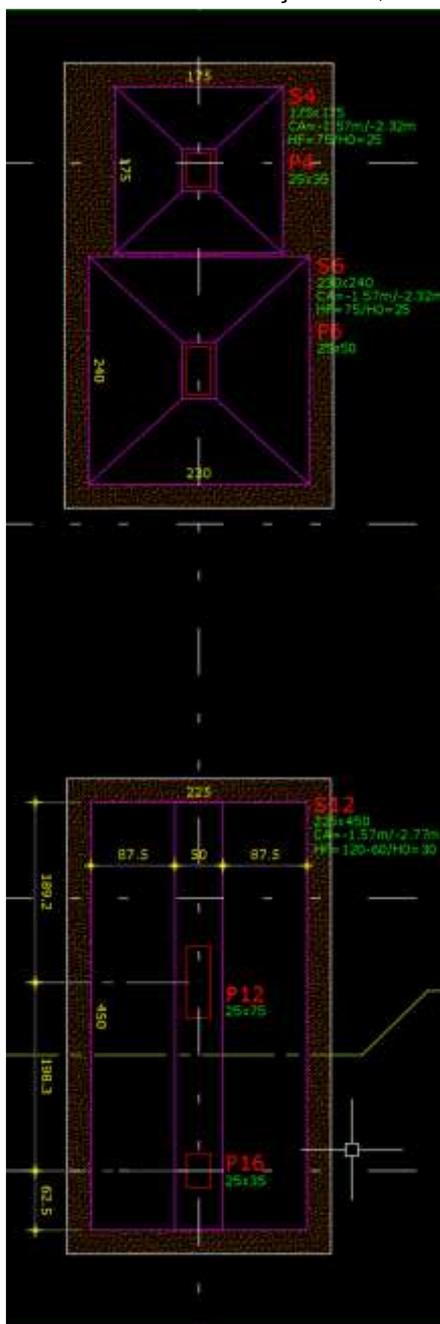


Fonte: Acervo da empresa do estudo de caso, 2024 - AutoCAD 2021.

4.5.1.1. Etapas Da Execução - Faixa 1

Identificado e conhecido o volume de serviço através de memória de cálculo com as dimensões obtidas na Figura 37, dimensionada a equipe para realização; foi realizada uma Ordem de serviço (Figura 38), contemplando todas as etapas da faixa; visando a finalização em 10 dias de trabalho, um pouco menos do previsto no planejamento (ver Figura 35).

Figura 36 Faixa 1 de execução - S4, S6 e S12.



Fonte: Acervo da empresa do estudo de caso, 2024 - AutoCAD 2021.

Figura 37 Controle interno - Ordem de serviço da Faixa 1.

		ORDEM DE SERVIÇO - O.S.		Nº O.S.:	0001
				Data:	03/07/23
OBRA:	STUDIO ONE	Revisão:	00		
SERVIÇO:	FUNDAÇÕES - S4/S6 E S12	Prazo (dias)	10 DIAS		
LOCAL DE SERVIÇO:	FUNDAÇÕES	Início:	07/07/23		
CÉLULA:	CÉLULA - FUNDAÇÕES	Término:	28/07/2023		
1 - SERVIÇOS À SEREM EXECUTADOS:		Unid.	Quant.	Prazo = 15 DIAS	
1.1	ESCAVAÇÃO MANUAL DE SOLO DE 1ª CATEGORIA ATÉ 2,00M - 39,77 m³	M³	39,77	4,34	
1.2	ESCAVAÇÃO MECANIZADA DE SOLO DE 1ª CATEGORIA ATÉ 4,00M INCLUSIVE CARGA E TRANSPORTE DE MATERIAL ESCAVADO - 4,54 m³	M³	4,54	0,5	
1.3	LASTRO DE CONCRETO MAGRO FCK 15 MPa INCLUINDO PREPARO DE CAIXA - 0,94 m²	M²	0,94	0,3	
1.4	FABRICAÇÃO DE FORMAS DE MADEIRA PARA FUNDAÇÃO, COM TÁBUAS E SARRAFOS - 28,50 m²	M²	28,50	2,7	
1.5	MONTAGEM DE FORMA DE MADEIRA PARA FUNDAÇÃO, COM TÁBUAS E SARRAFOS - 28,50 m²	M²	28,50	1,0	
1.6	DESMONTAGEM DE FORMA DE MADEIRA PARA FUNDAÇÃO, COM TÁBUAS E SARRAFOS - 28,50 m²	M²	28,50	0,45	
1.7	COLCHÃO DE AREIA GROSSA - 12,08 m³	M³	12,08	0,4	
1.8	ARMADURA DE AÇO CA 50/60 PARA ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO, CORTE, DOBRA E ARMAÇÃO (SAPATAS E PILARES) - 729,75 kg	KG	729,75	4,31	
1.9	APLICAÇÃO E ADENSAMENTO DE CONCRETO FCK= 30MPa COM VIBRADOR DE IMERSÃO ELÉTRICO - 10,17 m³	M³	10,17	0,51	
1.10	REATERRO MECANIZADO DE VALAS EMPREGANDO PLACA VIBRATÓRIA EM CAMADA DE 20CM 22,05 m³	M³	22,05	0,52	
1.11	LIMPEZA E ORGANIZAÇÃO DO PAVIMENTO - 26,85 m²	M²	26,85	0,1	

Fonte: Acervo da empresa do estudo de caso, 2023

Passada a fase de rebaixamento e locação, a faixa 1 começa o serviço produtivo com escavação manual para a realização da faixa, passados alguns dias optou-se pela realização de escavação mecanizada, visto que a escavação manual deixava o processo mais lento; interferindo diretamente no prazo do serviço.

Passado a etapa inicial de escavação, foi realizado lastro de preparação da caixa, a fabricação e montagem de forma de madeira, e a montagem da armadura de aço, sempre segundo orientação do projeto, e tendo conferência do técnico através de Fichas de Verificação de Serviço – FVS.

Cada elemento deve ser conferido, seguindo projeto. Ou seja, deve ser levado em conta projeto de fundação, a devida locação, cota, forma, aço, o concreto especificado no projeto, desforma e até o reaterro, se o mesmo foi devidamente compactado. A seguir, fichas de verificações preenchidas pela obra na primeira faixa de execução:

Figura 38 Ficha de Verificação de Serviço - Escavação.

EMPRESA		FVS - FICHA DE VERIFICAÇÃO DE SERVIÇO		Obr: Studio One					Identificação
		Serviço: Escavação		Local da Inspeção: fundações					FVS 201
ETAPA	VERIFICAR	Data de Verificação		Local					
		Local	Tabela	S4/56	512	S4/56	512	511	510 e 513
Profundidade e dimensões	Verificar se a profundidade e dimensões estão de acordo com o projeto	2 Eros	18/07	X	X	⊙	⊙	0	0
Equipamento	Emprego	Por 10% de	18/07	0	0	0	0	0	0
		Por 10% de	18/07	0	0	0	0	0	0
Inspeccionado por:		Data de Fecimento:							
Legenda:		Não inspecionado: Em branco	Aprovado: O	Reprovado: X	Reinspecionado e Aprovado: ⊙				
OCORRÊNCIA DE NÃO CONFORMIDADE									
Local	Descrição do problema			Solução da proposta			Reinspeção		
S4/56 e 512	verga da grade não aperta da pq o terreno não está no esperado.			Abafamento de toda a terra em 25 cm para abrir mais espaço na verga da grade do lado esquerdo/fundo					

Fonte: Acervo da empresa do estudo de caso, 2023

Figura 39 Ficha de Verificação de Serviço – Sapatas Isoladas.

EMPRESA		FVS - FICHA DE VERIFICAÇÃO DE SERVIÇO		Obr: STUDIO ONE					Identificação
		Serviço: Sapata Isolada		Local da Inspeção: FUNDAÇÕES					FVS 5400
ETAPA	VERIFICAR	Data de Verificação		Local					
		Local	Tabela	19/07	24/07	27/07	25/07	27/06	
Execução de Cota do Fundo da Viga	Com nível de mangueira ou laser, com base de filete	Deverá não: zero	19/07	24/07	27/07	25/07	27/06		
Leitura de Concreto	Espessura de concreto, com base de filete metálica	Deverá não: zero	54/56	54/56	54/56	54/56	54/56		
Fôrmas	Abafamento, comprimento, largura, altura e inclinação das laterais com base de nível e base de filete metálica	Deverá não: zero			⊙				
Armadura - Amarração e Posicionamento	Amarração firme, armadura sem contato com as fôrmas, visualmente, conforme projeto de estrutura.	-				⊙			
		-				⊙			
Armadura Negativa	Posicionamento e Regão de armadura negativa. Visualmente, conforme projeto de estrutura	-				⊙			
Concretagem	Visualmente	-					⊙		
Inspeccionado por:		Data de Fecimento:							
Legenda:		Não inspecionado: Em branco	Aprovado: O	Reprovado: X	Reinspecionado e Aprovado: ⊙				
OCORRÊNCIA DE NÃO CONFORMIDADE									
Local	Descrição do problema			Solução da proposta			Reinspeção		

Fonte: Acervo da empresa do estudo de caso, 2023

Figura 40 Ficha de Verificação de Serviço – Concretagem de Peça Estrutural.

ETAPA		VERIFICAR	Data de Verificação:	27/07	03/08	04/08	23/08	01/07
			Local:	04/04 e 012	S11	S11	S10/S13	01/07
			Tolerância:				010/013	02
Concretagem	Levantamento do concreto: Antes de 2.5 utilizar batidas na execução da concretagem por etapa	Deixa máx. 0mm		0	0		0	0
	Adensamento do concreto: Visual em caso de vibrações	Deixa máx. 0mm		0	0		0	0
	Cota de parede do concreto: Verificar visualmente se o concreto parou e tomou a viga mais baixa do pilar	Deixa máx. 0mm		0	0		0	0
Nivelamento	Nivelamento na Laje, com nível a laser ou de régua de guia	Deixa máx. 0mm		-	-		-	-
Faltas de Concretagem	Faltas de Concretagem após a desforma, visualmente			0	X	0	0	0
Inspeccionado por:			Data de Fechamento:					

Legenda: Não inspeccionado: Em branco Aprovado: O Reprovado: X Reinspeccionado e Aprovado: @

OCORRÊNCIA DE NÃO CONFORMIDADE			
Local	Descrição do problema	Solução de proposta	Reinspeção
S11 - 09/08	Exatidão na deformação	04/08 - Deixar a aditiva agir, dar mais tempo de cura; referenciar cobrimento com massa fonte.	04/08 - 08

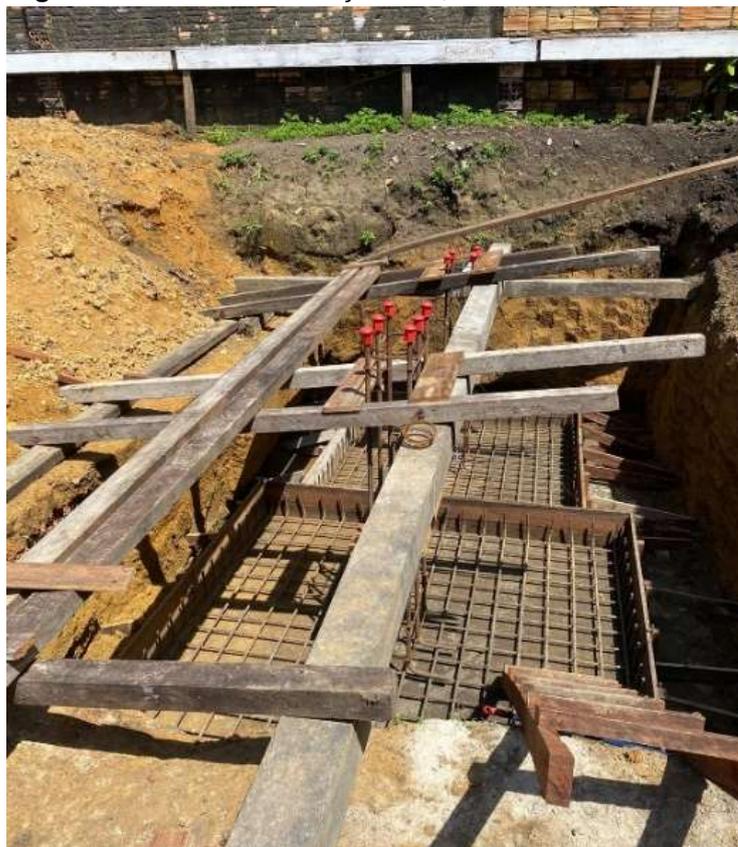
Fonte: Acervo da empresa do estudo de caso, 2023

É necessária a conferência de todas as etapas para garantir que elas sejam executadas de acordo com o projeto; na faixa 1, as sapatas 4 e 6 estão na mesma cava, porém são sapatas isoladas, como podemos observar nas Figuras 37, 42 e 43.

Já a sapata 12, é uma sapata associada onde nascem os pilares 12 e 16, como podemos observar nas Figuras 37, 44 e 45.

As Figuras a seguir mostram cada etapa no processo de execução da faixa 1 até a sua concretagem, conforme a Figura 38 (pág.86).

Figura 41 Faixa 1 de execução - S4, S6 – Forma e Armadura



Fonte: Acervo da autora, 2023.

Figura 42 Faixa 1 de execução - S4, S6 – Peça Concretada



Fonte: Acervo da autora, 2023.

Figura 43 Faixa 1 de execução – S12 – Forma e Armadura



Fonte: Acervo da autora, 2023.

Figura 44 Faixa 1 de execução – S12 – Forma e Armadura; com travamento, antes da concretagem.



Fonte: Acervo da autora, 2023.

Figura 45 Faixa 1 de execução - S4, S6 e S12 - Concretadas



Fonte: Acervo da autora, 2023.

Como mencionado anteriormente, a Faixa 1 foi prevista ser executada em 12 dias, e durante a execução notou-se que a escavação manual estendeu-se mais do que o previsto, então a solução adotada foi; alugar retroescavadeira para executar faixa 1 e 2, para que a soma das faixas a obra volte para o planejado, finalizando a faixa 1 com 16 dia trabalhados, e a faixa 2 com 17 dias de trabalho, já considerando o reaterro das mesmas; como podemos observar nas Figuras 47 e 48, PDCA das faixas.

Figura 46 PDCA da Ordem de Serviço da Faixa 1.

		FICHA ANALÍTICA DO P.D.C.A.		
		ANÁLISE COMPARATIVA DO CUSTO PLANEJADO X EXECUTADO		
OBRA:	Studio one	Nº O.S.:		0001
SERVIÇO:	SAPATA S4/S6 E S12	DATA:		
LOCAL DE SERVIÇO:	FUNDAÇÕES	DATA:	Início	Término
CÉLULA:	INFRAESTRUTURA	Pré O.S.	20/07/23	04/08/203
		O.S.	07/07/23	28/07/23

Fonte: Acervo da empresa do estudo de caso, 2023

Figura 47 PDCA da Ordem de Serviço da Faixa 2.

		FICHA ANALÍTICA DO P.D.C.A.		
		ANÁLISE COMPARATIVA DO CUSTO PLANEJADO X EXECUTADO		
OBRA:	Studio one	Nº O.S.:		0002
SERVIÇO:	FUNDAÇÕES - S10 e S11	DATA:		
LOCAL DE SERVIÇO:	FUNDAÇÕES	DATA:	Início	Término
CÉLULA:	INFRAESTRUTURA	Pré O.S.	07/08/23	23/08/24
		O.S.	28/07/23	22/08/23

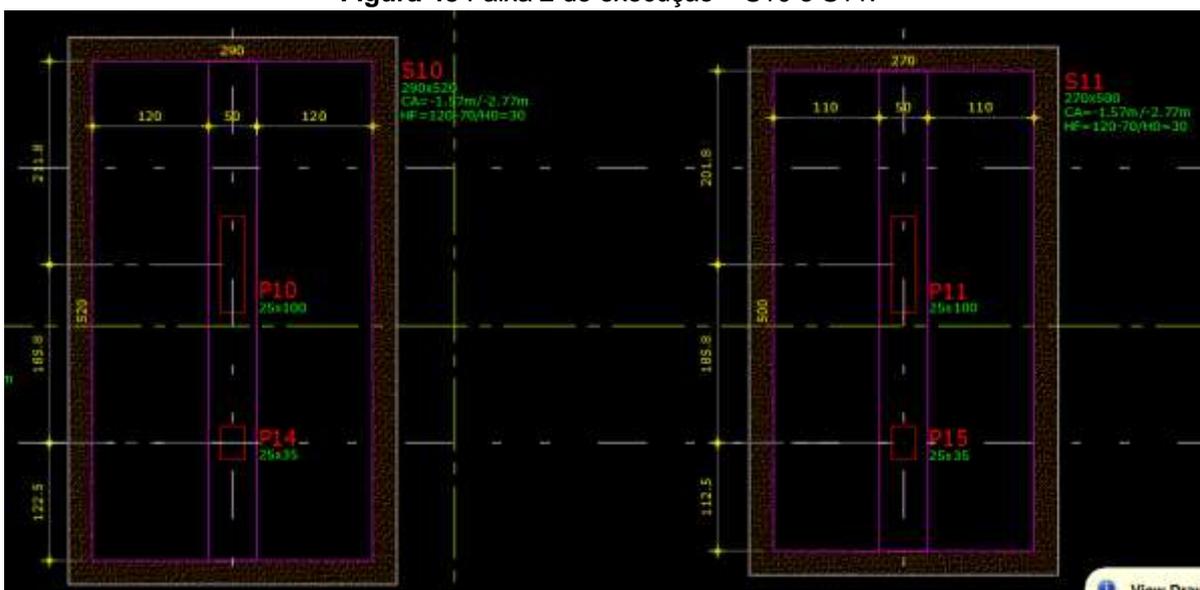
Fonte: Acervo da empresa do estudo de caso, 2023.

4.5.1.2. Etapas Da Execução - Faixa 2

Seguindo o padrão da Faixa 1, a Faixa 2 também teve sua memória de cálculo levantada através do volume de projeto, para obtenção do volume de escavação, área de forma, quilos de aço, volume de concreto e reaterro. Nesta etapa contamos com duas sapatas associadas, a sapata 10 – onde nascem os pilares 10 e 14 e a sapata 11 – onde nascem os pilares 11 e 15, como podemos ver na Figura 49.

Conforme a mudança de escavação manual para a mecanizada na faixa 1, no intuito de recuperar o prazo, durante a contratação da retroescavadeira foi escavado parte da sapata 11 junto com a faixa anterior; logo a ordem de serviço da faixa 2 conta com um volume de escavação menor que a de projeto, visto que essa escavação já havia ocorrido

Figura 48 Faixa 2 de execução – S10 e S11.



Fonte: Acervo da empresa do estudo de caso, 2024 - AutoCAD 2021.

Lembrando ainda, que as faixas iniciais contamos com fatores de imprevistos, e de ainda estar se familiarizando com o projeto e montando a equipe de mão de obra, para a partir de então entrar no ritmo de produtividade, a chamada curva de aprendizado; para isso, iniciamos a faixa 1 antecipadamente, para ir estudando e planejando da melhor maneira possível até compor a equipe; decisão estratégica para garantir um bom aproveitamento do planejado, contando com possíveis intercorrências que não são possíveis de prever, como chuvas provenientes do período de Julho em Macapá.

Figura 49 Controle interno - Ordem de serviço da Faixa 2.

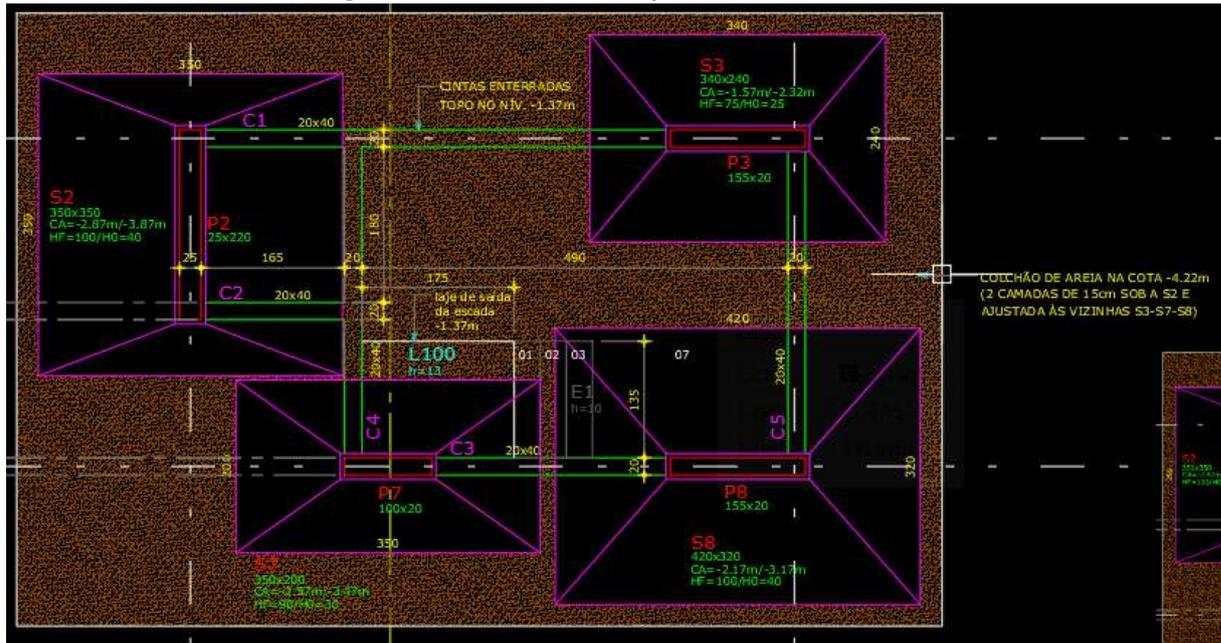
 ORDEM DE SERVIÇO - O.S.		Nº O.S.:	0002	
		Data:	28/07/23	
OBRA:	STUDIO ONE	Revisão:	00	
SERVIÇO:	FUNDAÇÕES - S10 e S11	Prazo (dias):	10 DIAS	
LOCAL DE SERVIÇO:	FUNDAÇÕES	Início:	28/07/23	
CÉLULA:	CÉLULA - FUNDAÇÕES	Término:	22/08/2023	
1 - SERVIÇOS A SEREM EXECUTADOS:		Unid.	Quant.	Prazo = 10 DIAS
1.1	ESCAVAÇÃO MANUAL DE SOLO DE 1ª CATEGORIA ATÉ 2,00M - 18,31 m³	M³	18,31	2
1.2	ESCAVAÇÃO MECANIZADA DE SOLO DE 1ª CATEGORIA ATÉ 4,00M INCLUSIVE CARGA E TRANSPORTE DE MATERIAL ESCAVADO - 42,71 m³	M³	42,71	0,5
1.3	LASTRO DE CONCRETO MAGRO FCX 15 MPa INCLUINDO PREPARO DE CAIXA - 1,43 m³	M³	1,43	0,39
1.4	FABRICAÇÃO DE FORMAS DE MADEIRA PARA FUNDAÇÃO, COM TÁBUAS E SARRAFOS - 37,92 m²	M²	37,92	3,54
1.5	MONTAGEM DE FORMA DE MADEIRA PARA FUNDAÇÃO, COM TÁBUAS E SARRAFOS - 37,92 m²	M²	37,92	1,39
1.6	DESMONTAGEM DE FORMA DE MADEIRA PARA FUNDAÇÃO, COM TÁBUAS E SARRAFOS - 37,92 m²	M²	37,92	0,6
1.7	COLCHÃO DE AREIA GROSSA - 16,64 m³	M³	16,64	0,5
1.8	ARMADURA DE AÇO CA 50/60 PARA ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO, CORTE, DOBRA E ARMAÇÃO (SAPATAS E PILARES) - 1864,86 kg	KG	1.864,86	11
1.9	APLICAÇÃO E ADENSAMENTO DE CONCRETO FCX= 30MPa COM VIBRADOR DE IMERSÃO ELÉTRICO - 17,86 m³	M³	17,86	0,9
1.10	REATERRO MECANIZADO DE VALAS EMPREGANDO PLACA VIBRATÓRIA EM CAMADA DE 20CM 26,52 m³	M³	26,52	0,63
1.11	LIMPEZA E ORGANIZAÇÃO DO PAVIMENTO - 36,98 m²	M²	36,98	0,13

Fonte: Acervo da empresa do estudo de caso, 2023

4.5.1.3. Etapas Da Execução - Faixa 3

Para a execução da Faixa 3 – onde fora necessário um prazo diferenciado, pois a mesma possui maior volume de escavação e cota de assentamento variados, além de cinta de amarração, como podemos observar na Figura a seguir (Figura 51).

Figura 50 Faixa 3 de execução – S2, S3, S7 e S8



Fonte: Acervo da empresa do estudo de caso, 2024 - AutoCAD 2021.

Segundo o planejamento base (*previsão*), a mesma foi planejada para ter uma duração de 20 dias, a ordem de serviço desta etapa contempla as sapatas S2, S3, S7 e S8, com um grande volume de escavação, pois o projeto especifica camadas de colchão de areia antes do assentamento das sapatas. (área hachurada na Figura 51).

Na Figura 52, é possível observar a Ordem de Serviço com os volumes totais; e como já mencionado a particularidade desta faixa, foi utilizado uma retroescavadeira pra conseguir otimizar o período de escavação, utilizando grande parte com escavação mecanizada (ver Figura 53), além de segmentar cada etapa da execução identificando as sapatas no diagrama de sequência em serviços como acerto de cava (escavação manual) aço, e concreto (Figura 54).

Figura 51 Controle interno - Ordem de serviço da Faixa 3.

 ORDEM DE SERVIÇO - O.S.		Nº O.S.:	0003	
		Data:	23/08/23	
OBRA:	STUDIO ONE	Revisão:	00	
SERVIÇO:	FUNDAÇÕES - S2, S3, S7 E S8	Prazo (dias)	15 DIAS	
LOCAL DE SERVIÇO:	FUNDAÇÕES	Início:	23/08/23	
CÉLULA:	CÉLULA - FUNDAÇÕES	Término:	18/09/2023	
1 - SERVIÇOS A SEREM EXECUTADOS:		Unid.	Quant.	Prazo
1.1	ESCAVAÇÃO MANUAL DE SOLO DE 1ª CATEGORIA ATÉ 2,00M - 37,43 m³	M²	37,43	4,00
1.2	ESCAVAÇÃO MECANIZADA DE SOLO DE 1ª CATEGORIA ATÉ 4,00M INCLUSIVE CARGA E TRANSPORTE DE MATERIAL ESCAVADO - 87,34 m³	M²	87,34	0,70
1.3	LASTRO DE CONCRETO MAGRO FOX 15 MPa INCLUINDO PREPARO DE CAIXA 2,04 m²	M²	2,04	0,60
1.4	FABRICAÇÃO DE FORMAS DE MADEIRA PARA FUNDAÇÃO, COM TÁBUAS E SARRAFOS - 47,40 m²	M²	47,40	1,00
1.5	MONTAGEM DE FORMA DE MADEIRA PARA FUNDAÇÃO, COM TÁBUAS E SARRAFOS - 47,40 m²	M²	47,40	1,70
1.6	DESMONTAGEM DE FORMA DE MADEIRA PARA FUNDAÇÃO, COM TÁBUAS E SARRAFOS - 47,40 m²	M²	47,40	0,30
1.7	COLCHÃO DE AREIA GROSSA - 34,03 m³	M²	34,03	2,00
1.8	ARMADURA DE AÇO CA 50/60 PARA ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO, CORTE, DOBRA E ARMAÇÃO (SARFAS E PILARES) - 1.259,02 kg	KG	1.259,02	2,80
1.9	APLICAÇÃO E ADENSAMENTO DE CONCRETO FCk= 30Mpa COM VIBRADOR DE IMERSÃO ELÉTRICO - 24,51 m³	M²	24,51	2,80
1.10	REATERRAMENTO MECANIZADO DE VALAS EMPREGANDO PLACA VIBRATÓRIA EM CAMADA DE 20CM 66,23 m³	M²	66,23	1,60
1.11	LIMPEZA E ORGANIZAÇÃO DO PAVIMENTO - 75,62 m³	M²	75,62	0,30

Fonte: Acervo da empresa do estudo de caso, 2023

Figura 52 Escavação mecanizada da Faixa 3.



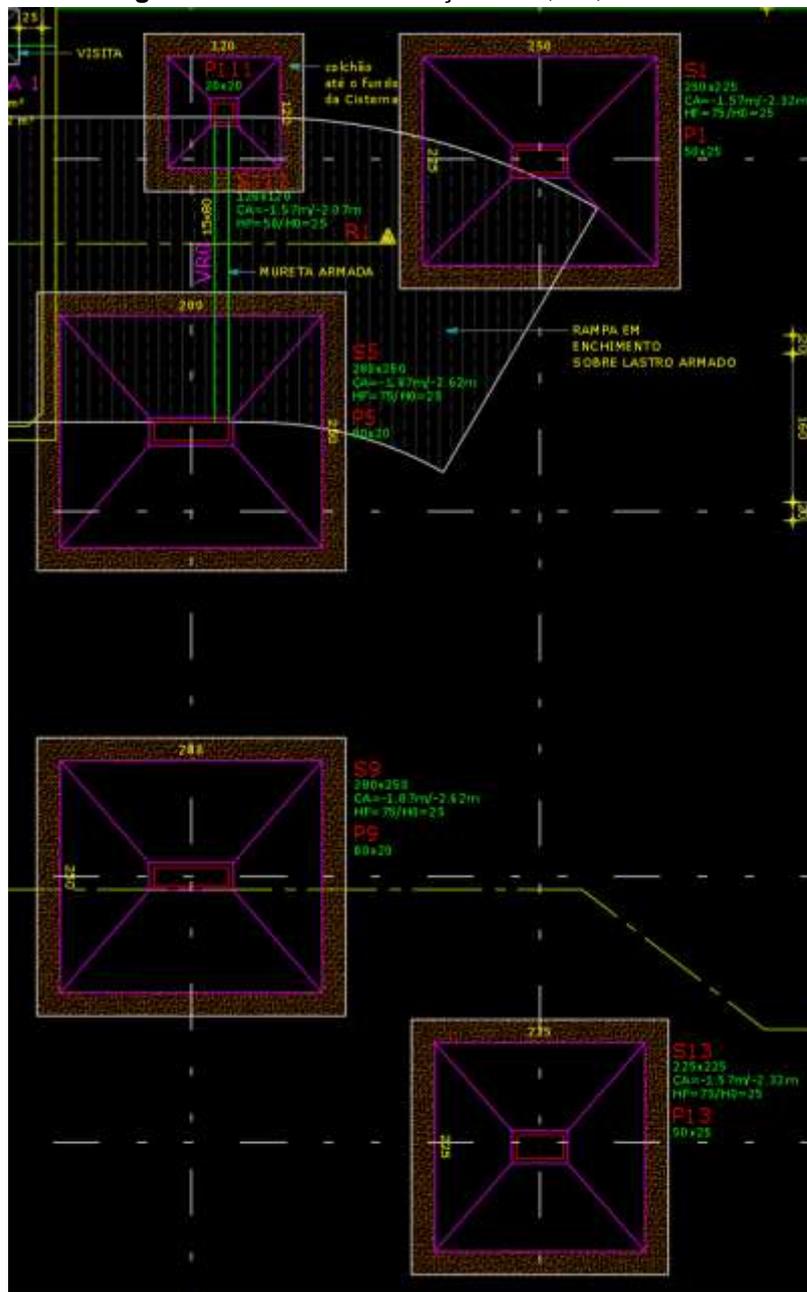
Fonte: Acervo da autora, 2023.

É possível observar na Figura 52, que a soma de cada segmento totalizou em 18 dias trabalhados, atendendo a expectativa do previsto de 20 dias, visto a particularidade desta faixa, a escavação mecanizada foi fundamental para a realização dentro do prazo; pois parte da escavação necessitou ser bota fora para então conseguir espaço para o trabalho, mesmo ainda precisando reaterrar o bloco.

4.5.1.4. Etapas Da Execução - Faixa 4

À medida que a fundação vai avançando o espaço disponível vai se modificando, visto q a edificação representa 80% da área do terreno, respeitando as distancias de afastamento do código de obras, para tanto aumenta a necessidade de ser mais assertivo no volume reaterro e bota-fora, visto da dificuldade de movimentar maquina no terreno. A fundação foi executada de trás para frente, logo a faixa 4 representa praticamente o limite do terreno.

Figura 54 Faixa 4 de execução – S1, S5, S9 e S13



Fonte: Acervo da empresa do estudo de caso, 2024 - AutoCAD 2021.

A faixa 4 representa as sapatas S1, S5, S9 e S13; estrategicamente, assim como na faixa 1 e 2 – algumas sapatas foram escavadas mecanicamente, junto com as faixas anteriores, logo a última etapa da fundação já contava com serviços adiantados, lembrando que isso é possível, pois os serviços não tem dependência de serviço antecedente, e o lote pode ser analisado como um todo, sendo um somatório das 4 faixas.

A seguir (Figura 56) mostra a Ordem de Serviço para a execução em 7 dias, mais rápida que todas as demais, isto é possível por uma série de atitudes que foram planejadas no decorrer das tarefas, incluindo curva de aprendizado, ajuste de equipe de execução e as escolhas de antecipação de escavação mecanizada.

Figura 55 Controle interno - Ordem de serviço da Faixa 4.

		ORDEM DE SERVIÇO - O.S.		Nº O.S.:	0006
				Data:	03/07/23
OBRA:	STUDIO ONE	Revisão:	00		
SERVIÇO:	FUNDAÇÕES - SAPATAS S1, S5, S9, S13	Prazo (dias)	7		
LOCAL DE SERVIÇO:	FUNDAÇÕES - FAIXA 04	Início:	04/10/23		
CÉLULA:	CÉLULA - FUNDAÇÕES	Término:	13/10/2023		
1 - SERVIÇOS A SEREM EXECUTADOS:			Unid.	Quant.	Prazo
1.1	ESCAVAÇÃO MANUAL DE SOLO DE 1ª CATEGORIA ATÉ 2,00M - 13,88 m³	M²	13,88	1,5	
1.2	ESCAVAÇÃO MECANIZADA DE SOLO DE 1ª CATEGORIA ATÉ 4,00M INCLUSIVE CARGA E TRANSPORTE DE MATERIAL ESCAVADO - 32,40 m³	M²	32,40	0,2	
1.3	LASTRO DE CONCRETO MAGRO FCK 15 MPa INCLUINDO PREPARO DE CAIXA 0,57 m²	M²	0,57	0,4	
1.4	FABRICAÇÃO DE FORMAS DE MADEIRA PARA FUNDAÇÃO, COM TÁBUAS E SARRAFOS - 23,03 m²	M²	23,03	2,7	
1.5	MONTAGEM DE FORMA DE MADEIRA PARA FUNDAÇÃO, COM TÁBUAS E SARRAFOS - 23,03 m²	M²	23,03	1	
1.6	DESMONTAGEM DE FORMA DE MADEIRA PARA FUNDAÇÃO, COM TÁBUAS E SARRAFOS - 23,03 m²	M²	23,03	0,4	
1.7	COLCHÃO DE AREIA GROSSA - 12,62 m³	M²	12,62	0,2	
1.8	ARMADURA DE AÇO CA 50/60 PARA ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO, CORTE, DOBRA E ARMAÇÃO (SAPATAS E PILARES) - 411,35 kg	KG	411,35		
1.9	APLICAÇÃO E ADENSAMENTO DE CONCRETO FCK=30MPa COM VIBRADOR DE IMERSÃO ELÉTRICO - 8,94 m³	M²	8,94	0,5	
1.10	REATERRO MECANIZADO DE VALAS EMPREGANDO PLACA VIBRATÓRIA EM CAMADA DE 20CM 24,72 m³	M²	24,72	0,1	
1.11	LIMPEZA E ORGANIZAÇÃO DO PAVIMENTO - 0,00 m²	M²	-	0,1	

Fonte: Acervo da empresa do estudo de caso, 2023

Logo podemos afirmar que a fundação é composta de todas as faixas, com os serviços que se repetiam em cada uma das sapatas, e para a otimização do tempo, foi subdividido em faixas, em uma escolha de agrupamento de sapatas por sua localização na projeção do projeto.

4.6. ANÁLISE DE DADOS

A análise de dados através do ciclo PDCA (Plan-Do-Check-Act) é uma abordagem eficaz para a melhoria contínua de processos e/ou serviços, permitindo as

tomadas de decisões com base em dados concretos e sigam uma metodologia estruturada para otimizar seus resultados. O PDCA é uma ferramenta de gestão que auxilia a assegurar que as ações tomadas sejam monitoradas e ajustadas de acordo com o necessário, utilizando dados para orientar essas alterações.

O lote de fundação é composto por quatro pacotes de serviços, as determinadas faixas, que somados resultam em 100% da fundação – representado na Figura 57, que foi planejada para ser realizada de julho a outubro de 2023, e como mencionado anteriormente, a faixa um contou com imprevistos, não tendo equipe de mão de obra no canteiro no início da etapa, e também escavação manual lenta, pois é difícil calcular esse índice de produtividade, visto que o solo tem sua variabilidade de silte argiloso para o rochoso, sendo um serviço muito bruto e exaustivo; o que causou resultados negativos para o primeiro mês de fundação. Levanto em consideração a instalação do canteiro, gabarito e locação, não podemos afirmar que não foi produtivo, porém esses serviços não representam nenhum percentual de avanço físico.

Figura 56 Evolução do Pacote de trabalho – Fundação



Fonte: Prevision, acompanhamento de obra 2024

4.7. AÇÕES CORRETIVAS E/OU PREVENTIVAS APÓS RESULTADOS

Após o primeiro ciclo do PDCA, se fez necessário intervenções com o intuito de atender o planejado, os meses seguinte foram executados mais que o planejado para tentar compensar o primeiro mês, para assim conseguir finalizar a fundação dentro do previsto, é importante tentar sempre atingir o previsto, pois na construção civil os serviços possuem sequencias e a sua maioria com dependência do serviço

anterior, logo se em algum lote ou serviço não se atende o previsto, isso representa um atraso das demais etapas e conseqüentemente até atraso no final da obra.

Levando em consideração cada serviço, a sua primeira etapa costuma levar mais tempo que as suas repetições, pois conta com o fator de estudo e aprendizado; para os demais é contar com uma base de índice de hora produtiva para dimensionar a equipe ou o serviço, através do PDCA – que faz a análise de curto prazo do previsto e realizado, para agir de maneira corretiva onde houveram falhas; e para aqueles serviços em que sua análise preliminar seja positiva é possível sempre acompanhar com o intuito de trazer melhorias, seja na otimização do tempo ou de qualidade de serviço.

4.8. ANÁLISE DAS VANTAGENS E DESVANTAGENS DA LINHA DE BALANÇO

Ao analisar o avanço global, quando se está na etapa de fundação esses números não destoam muito da forma que foi executada a fundação (Figura 58), mas vale lembrar que esses números em etapas futuras, quando há simultaneidade de serviços é importante avaliar cada lote ou serviço para entender de que forma a obra está adiantada ou até mesmo atrasada; mesmo que os serviços sejam diferentes, cada pacote representa seu um percentual no total. Logo pode acontecer de um ou mais serviços possa estar adiantado e apenas um atrasado e mesmo assim esse global não atenda o previsto; pois cada etapa possui pesos diferentes.

Figura 57 Percentual de avanço global da obra.



Fonte: Prevision, acompanhamento de obra 2024

Vale ressaltar que toda ferramenta que tem o propósito de gerir dados precisa ser alimentado, logo não basta ter um bom software e uma LDB base, pois ela norteia o que foi idealizado no planejamento, e este precisa ser criado o mais fiel a sua execução, sendo por planejar por trecho ou pavimento – principalmente para os serviços que possuem dependências com seus antecessores. Na prática entraves podem acontecer, sejam por falta de compatibilidade ou fatores humanos, como a falta de mão de obra, ou ainda mais complexo como a falta de material para determinado pacote de trabalho, o que pode causar atrasos no planejado.

Usando os possíveis pontos críticos das falhas, a LDB permite o replanejamento, fragmentando os pacotes ou ainda movendo para datas futuras, ou ainda no melhor cenário, a sua antecipação. O que se torna um aliado na gestão da obra, onde tenta reproduzir através da Linha o que e quando será executado.

A empresa do objeto de estudo, trabalho com replanejamentos trimestrais, isto pode auxiliar ou atrapalhar alguns processos. Quando se precisa repensar um serviço sem dependências, isto só será possível no início do trimestre e caso não seja revisto, contará sempre com um serviço em atraso; mas isto também pode servir de alerta para que haja ação para a realização da tarefa.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As definições de *planejamento* consistem em ações de processo de tomada de decisão e estabelecimento de metas como já mencionado; dentro da Gestão no canteiro de execução de obra, de acordo com Mattos (2010) o planejamento gira em torno do tático e operacional, onde possuem níveis mais detalhados para as divisões de pacotes de trabalho, com o refinamento e acompanhamento de cada subdivisão, com atenção aos serviços que compõem cada PT.

Planejamento de obras é uma das principais tarefas do engenheiro civil no canteiro de obras. Na indústria da construção, ser um bom gestor está atrelado a gerenciar seus recursos e insumos dentro do prazo, o gestor deve estar familiarizado com a estrutura analítica do projeto (EAP) e a composição de cada etapa ou serviço para a melhor organização no fluxo da obra. Laufer e Tucker, (1987 apud LEANDRO 2013) afirmam, que “o planejamento estabelece as metas e o caminho para que sejam alcançadas, enquanto o controle é o processo que garante que este curso seja mantido.”

A partir do conhecimento a respeito de obra civil se faz necessário o uso de inúmeras ferramentas de controle para que atenda aos seus principais objetivo, como o da entrega dentro do prazo, visto que diariamente se faz necessário o agir em tomada de decisão, principal característica da definição de planejamento.

A Linha de Balanço (LDB), é uma ferramenta bastante utilizada para esse fim, ela possibilita o controle do avanço físico da construção através de percentual das etapas, permitindo uma visão detalhada do cronograma. Uma das plataformas que oferece a ferramenta a define como: “uma técnica de planejamento e controle de prazo, que tem como princípio organizar e planejar os locais da obra no tempo, favorecendo obras que têm padrões de repetição de serviços” (Prevision, 2023).

Resumidamente, existem diversos recursos que auxiliam o controle e o planejamento; porém o mais importante é entender os processos, alimentar os softwares ou plataformas para que os dados sejam gerados de forma clara, e agir ao detectar algum atraso, ou se antecipar e prever o que necessita para o pacote futuro;

logo, o controle de obra em um canteiros vai além de PDCA (Planejar, Desenvolver, Checar e Agir); é importante além de acompanhar diariamente o que está sendo desenvolvido; estudar a etapa futura, de que forma ela pode ser otimizada e garantir que todos os insumos estejam sempre disponíveis.

Defendendo a metodologia de Linha de balanço, onde é possível observar o cronograma com os serviços que os compõem e em que momento serão executados auxiliando na movimentação das equipes no canteiro e todas as etapas pertinentes a cada pavimento. Isto é também fator importante como alerta visual se a obra está ou não dentro do planejado, pois os serviços sempre possuem data de início e fim, então a grande missão de um engenheiro civil é tentar sempre estar executando igualmente como planejado.

Os Planejamento em LDB possibilita entre outras funções, criar cenários de replanejamento, sem alterar a data final de entrega de uma obra, isso é; ao planejar podemos criar dependências dos pacotes de serviço, assim criando caminhos críticos em alerta, pois os vínculos estarão sempre em alerta com suas dependências.

Vale lembrar que o gestor deve ter conhecimento de suas tarefas, em se antecipar e acompanhar todos os insumos necessários para realizar um pacote de serviço, para que atrasos não venham a acontecer, pois ao replanejar, ou ainda manter uma tarefa em atraso pode impactar em atrasos significativos que afetam o prazo final da obra.

Os objetivos propostos era analisar as vantagens e desvantagens da Linha de Balanço com avanços físico, especificamente fundamentar sobre o Planejamento assertivo em Linha de Balanço, onde o planejamento propriamente dito foi exemplificado através do cronograma em Excel e no Prevision (software), destacando que o software consegue ser muito mais detalhado, pois o planejamento pode ser feito com o total de dias do serviço, já o Excel era detalhado através de número de semanas. A medida que as faixas de fundações começaram a ser executadas os últimos objetivos específicos puderam ser avaliados, pois em determinadas faixas de serviços os pacotes foram planejados e houveram intercorrência, como a escavação que durou mais que o planejado; isso foi possível corrigir nas faixas seguintes para

garantir o cumprimento do da execução da fundação dentro do planejado na sua totalidades, através de análises de PDCA e estratégias para acelerar a execução.

Visto que a proposta do trabalho foi avaliar uma das etapas de obra, devido ao período proposto pela pesquisa, os dados não são macro; seria muito enriquecedor poder acompanha a linha de balanço como um todos de uma obra, incluindo seus replanejamentos de serviços sem alteração da data limite do fim da obra, pois conhecendo os caminhos crítico e as “folgas” é possível também trabalhar a simultaneidade de alguns serviços; porém para essa finalidade o tempo de pesquisa seria maior que dois anos, pois contemplaria seu planejamento e a execução de obra completa. Ressalta-se também que a pedido da empresa todas as analise se limitasse em apenas avanços físicos, onde não se pode ter acesso aos dados orçamentários, que completaria as principais análises de um engenheiro, saber se a obra está dentro do prazo e principalmente dentro do custo.

Contudo, o foco mais relevante das vantagens foi acompanhar que a linha de balanço consegue detalhar por etapa o serviço, como foi subdivido em faixas, porém o pacote completo se tratava da fundação. Subdividir mostrou que em determinado momento foi executado menos que o planejado, mas tenho a meta do pacote todo esse atraso pode ser recuperado finalizando a fundação dentro do previsto.

Não se destaca nenhuma grande desvantagem, porém vale ressaltar que toda nova metodologia ou ferramenta requer treinamento e pratica, para extrair o máximo de benefícios que este recurso pode oferecer, com isso é de fundamental importância ter clareza das etapas de como será executado cada serviço para não ter imprevistos por não planejar seu serviço antecessor, abrir frentes de simultaneidade é um recurso preciso mas deve ser utilizado com cautela para as frentes de serviço não se encontrarem no meio do caminho.

Para trabalhos futuros sugeriria avaliar a planejamento e o replanejamento contemplando mais de um tipo de serviço, talvez da fundação até os fechamentos em alvenaria, chamados de obra cinza, que contemplaria estrutura e os fechamentos em alvenaria, além do reboco e do contrapiso. Dividindo assim a obra novamente sem entrar na parte de detalhamento fino, como os acabamentos cerâmicos, pois esse

também renderia um excelente trabalho focando em execução e qualidade, pois essa etapa requer atenção redobrada na qualidade e com mais detalhes.

Outra possibilidade sempre é avaliar o planejado e o executado não somente com avanços físico, pois executar uma obra com qualidade, dentro do prazo e principalmente dentro do custo sempre será um dos grandes desafios da engenharia.

Por fim, a ferramenta de LDB se mostra uma opção viável para o acompanhamento de obras, pois auxilia no planejamento; vinculando atividade predecessoras ou aquelas de simultaneidade, mesmo onde não haja padrão de repetição das obras verticais; assim como facilita no replanejamento, pois diferente de outras ferramenta como o MS Project com gráfico de gantt, que expõem os serviços como barras de diferentes tamanhos proporcionais ao tempo de execução sem levar em consideração quando será executada.

A LDB é uma ferramenta gráfica que ilustra os serviços no espaço de tempo previsto para sua realização, um cronograma que auxilia o gestor a quando agir no dia-a-dia, pois de maneira pratica é possível visualizar os serviços previsto diariamente, e como bom gestor a pratica de acompanha todos os dias assim como se antecipar para providencias necessária para serviços futuros, seja com compras ou contratação de mão de obra, sempre tomando providencias para o planejamento de curto e médio prazo, para atender sem tantos imprevisto o planejamento de longo prazo.

REFERENCIAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6122: Projeto e execução de fundações. Rio de Janeiro, 2019.

ASSUMPÇÃO, José Francisco Pontes. Gerenciamento de empreendimentos na construção civil: modelo para planejamento estratégico da produção de edifícios. São Paulo, 1996.

AVILA, Antônio Victorino; **JUNGLES**, Antônio Edésio. Gestão do Controle e Planejamento de Empreendimento. Florianópolis: Autores, 2013.

BALLARD, G. H. *The Last Planner System of Production Control*. Ph.D. Thesis. Faculty of Engineering. School of Civil Engineering. The University of Birmingham. 2000

BALLARD, Glenn. *Lookahead planning: the missing link in production control*. In: *Annual conference of the international group for lean construction*. Gold Coast: IGLC, 1997. p. 13-25.

BALLARD, Glenn; **HOWELL**, Gregory. *Shielding production: essential step in production control*. *Journal of Construction Engineering and management*, 1998, 124.1: 11-17.

BEDIN, Yan Carlo Molin. Método Da Linha De Balanço Automatizada Por Ferramenta Computacional: Estudo De Caso. Trabalho de conclusão de curso (Graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis-SC, 2017.

BARRETO, Eduardo Faraco. O uso de sistemas de classificação da informação para a alocação dos custos orçados aos pacotes de trabalho de curto prazo. Trabalho de conclusão de curso (Graduação) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de Engenharia, Curso de Engenharia Civil, Porto Alegre, BR-RS, 2018.

BERNARDES, Maurício Moreira, et al. Desenvolvimento de um modelo de planejamento e controle da produção para micro e pequenas empresas de construção. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de Engenharia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. 2001.

BERNARDES, Maurício Moreira; **VASCONCELOS**, Lucinda Helena da Silva de. Silva. Planejamento e controle da produção para empresas de construção civil. Rio de Janeiro: LTC-Livros Técnicos e Científicos Editora, 2003.

BÜCHMANN-SLORUP, Rolf; **NICLAS**, A.; **LARS**, F. P. *Criticality in Location-Based Management of Construction*. DTU Management Engineering, 2012.

CHOO, Hyun Jeong, et al. *WorkPlan: Constraint-based database for work package scheduling*. *Journal of Construction Engineering and Management*, 1999, 125.3: 151-160.

CONTE, A.S.I. *Lean construction: from theory to practice*. In: *Proceedings. IGLC-10, Gramado, Brazil Aug. 2002*.

CORRÊA, Leonardo de Aguiar. Método para formulação de pacotes de trabalho para obras repetitivas com o uso do BIM 4D. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Florianópolis, 2019.

FORMOSO, Carlos T., et al. Planejamento e controle da produção em empresas de construção. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2001.

FORMOSO, Carlos Torres, et al. Termo de referência para o processo de planejamento e controle da produção em empresas construtoras. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Curso de Pós-graduação em Engenharia Civil. 1999.

FORMOSO, Carlos Torres. *A knowledge based framework for planning house building projects*. University of Salford (United Kingdom), 1991.

FORMOSO, Carlos Torres. *Lean Construction: princípios básicos e exemplos*. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2010.

FREZATTI, Fábio. Orçamento empresarial: planejamento e controle gerencial. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

GIL, Antonio Carlos. Como elaborar projetos de pesquisa. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2008. Disponível em: < <https://wp.ufpel.edu.br/ecb/files/2009/09/Tipos-de-Pesquisa.pdf>>. Acesso em: 01 mai. de 2024.

HALPIN, Daniel W. *Financial and Cost concepts for construction management*. Wiley, 1985.

HALPIN, W. Daniel; **WOODHEAD**, W. Ronald. *Construction Management Second Edititon*. John Willey & Sons, New York, 1998.

HEINECK, Luiz Fernando Mahlmann. Dados básicos para a programação de edifícios altos por linha de balanço. In: Congresso Técnico-científico de Engenharia Civil. 1996. p. 167-173.

HERTHEL, Ana Beatriz. Análise de viabilidade de aplicação da linha de balanço em obras de edifícios residenciais em João Pessoa – PB: estudo de caso. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, 2015.

HOWELL, Gregory A. *What is lean construction-1999*. In: Proceedings IGLC. Citeseer, 1999. p. 1.

JUNQUEIRA, Luiz Eduardo Lollato, et al. Aplicação da lean Construction para redução dos custos de produção da casa 1.0. São Paulo, 2006.

KEMMER, Sérgio Luís. Simulação linha de balanço. Material didático do curso “PCP Lean_Last Planner”. 2022.

KEMMER, Sérgio Luís. Sistema Lean de Planejamento e Controle da Produção. Material didático da aula 01 do curso “PCP Lean_Last Planner”. 2021.

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

LEANDRO, Renan Franklin Ferreira. Um estudo sobre a aplicação da Linha De Balanço para o acompanhamento de uma obra de múltiplos pavimentos Na Cidade De Fortaleza-CE. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) Universidade Federal da Fortaleza. Céara, 2013.

LENZI, Greicy Kelli Spanhol; **MELO**, Michelle Bianchini de. Metodologia científica / Greicy Kelli Spanhol Lenzi, Michelle Bianchini de Melo. – Florianópolis: Publicações AEROTD, 2022.

LÜDKE, MENGA; André, Marli D. A. A Pesquisa em educação: abordagens qualitativas. São Paulo: EPU, 1999.

LUNKES, Rogério João. Manual de orçamento. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

MARCHESINI, João Henrique Belém. Aplicação da linha de balanço com ritmo fixo para o planejamento e gestão de obras de infraestrutura urbana. 2021. Bachelor's Thesis. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

MARCHIORI, Fernanda Fernandes. Desenvolvimento de um método para elaboração de redes de composições de custo para orçamentação de obras de edificações. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

MARCHIORI, Fernanda Fernandes. Introdução ao planejamento e EAP. Material didático da aula da disciplina "Planejamento e controle das construções", do curso de graduação em Engenharia Civil, da Universidade Federal de Santa Catarina, 2021.

MARCHIORI, Fernanda Fernandes. Linha de balanceamento. Material didático da aula da disciplina "Planejamento e controle das construções", do curso de graduação em Engenharia Civil, da Universidade Federal de Santa Catarina, 2021.

MATOS, Paulo Rogério Freitas de; **COSTA,** George Silva; **BARROS NETO,** José de Paula. Estudo sobre a implantação do planejamento e controle da produção em uma empresa construtora a partir da filosofia Lean. 2010.

MATTOS, Aldo Dórea. Como preparar orçamento de obras. (4. tiragem). São Paulo: Pini, 2006.

MATTOS, Aldo Dórea. Planejamento e controle de obras. Oficina de Textos, 2019.

MAZIERO, Lucia Teresinha Peixe. Aplicação do conceito do método da linha de balanço no planejamento de obras repetitivas: um levantamento das decisões fundamentais para sua aplicação. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. 1990.

MEEKS, Sarah Elizabeth. *Enhanced work packaging: Design through workface execution.* 2011. Tese de Doutorado.

MENDES JR, Ricardo; **HEINECK,** Luiz FM. Roteiro para programação da produção com linha de balanço em edifícios altos. Anais do Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 1997.

MENDES JUNIOR, Ricardo, et al. Programação da produção na construção de edifícios de múltiplos pavimentos. 1999.

MOURA, Rafael de Sousa Leal Martins; **HEINECK,** Luiz Fernando Mählmann. Linha de balanço: síntese dos princípios de produção enxuta aplicados à programação de obras? 2014.

PÉRICA, Francisco Reinert Adell. Linha de balanceamento como potencializadora da implantação dos princípios da Lean Construction: estudo de caso. 2023. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis- SC 2023.

PEZZI, Alice Pessini. Controle de custos em empreendimentos de construção através de pacotes de trabalho: alocação dos custos orçados. Porto Alegre. 2013.

PINHEIRO, M. B. Considerações Gráficas sobre a ligação entre a linha de balanço e o Sistema Toyota de Produção. 2009. Monografia (Graduação em Construção Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

PMI. *A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide)*. Sixth Edition. Newton Square (USA): Project Management Institute - PMI, 2017.

PRADO, Renato Lucio, et al. Aplicação e acompanhamento da programação de obras em edifícios de múltiplos pavimentos utilizando a técnica da linha de balanço. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. 2002.

PRETTO, Marcia Elisa Jacondino. Ferramentas para o planejamento e controle de obras. São Paulo, 2021.

PREVISION by softplan, LOSEKANN, Guilherme, 2023. A plataforma líder em Planejamento Lean para gerar eficiência, resultado e previsibilidade - O que é Linha de Balanço: aplicações e vantagens. Disponível em : < <https://www.prevision.com.br/blog/linha-de-balanco-o-que-e/>>. Acesso em: 27 de dezembro de 2023.

RAZ, Tzvi; GLOBERSON, Shlomo. *Effective sizing and content definition of work packages*. Project Management Journal, v. 29, p. 17-24, 1998

RODRIGUES, A.; BOWERS, J. *The role of system dynamics in project management*. International Journal of Project Management, n.14, p. 213-220, 1996.

SILVA, Marize Santos Teixeira Carvalho. Planejamento e controle de Obras. 2011. Monografia (Trabalho de Conclusão do Curso de Engenharia Civil). Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2011.

SILVEIRA, Denise Tolfo, Tatiana Engel /Gerhardt; Métodos de pesquisa. coordenado pela Universidade Aberta do Brasil – UAB/UFRGS e pelo Curso de Graduação Tecnológica – Planejamento e Gestão para o Desenvolvimento Rural da SEAD/UFRGS. – Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009.

TORRES, Luis Fernando. Fundamentos do gerenciamento de projetos. Rio de Janeiro, 2004.

VARGAS, Fabrício Berger de; FORMOSO, Carlos Torres. Método para planejamento e controle da produção baseado em zonas de trabalho com o apoio do BIM. Ambiente Construído, 2019, 20: 129-151

VILLELA, Fabio Fernandes. Indústria da construção civil e reestruturação produtiva: novas tecnologias e modos de socialização construindo o intelecto coletivo (" e; General Intellect). 2007. Tese de Doutorado.

ANEXOS

ANEXO A – MEMÓRIA DE CÁLCULO, VOLUME DE FORMA DA FUNDAÇÃO (M²)

MEMÓRIA DE CÁLCULO						
OBRA: STUDIO ONE			QUANTITATIVO- FÔRMAS P/ SAPATAS			
ITEM	DESCRIÇÃO DO SERVIÇO	comp.	largura	altura	perímetro	Área
		(m)	(m)	(m)	(m)	(m ²)
1	SAPATA S DA TORRE					
1.1	SAPATA S1 - P1	2,25	2,50	0,75	9,50	7,13
1.2	SAPATA S2- P2	3,50	3,50	1,00	14,00	14,00
1.3	SAPATA S3- P3	2,40	3,40	0,75	11,80	8,70
1.4	SAPATA S4- P4	1,75	1,75	0,75	7,00	5,25
1.5	SAPATA S5= S9 - (P5=P9)	2,50	2,80	0,75	10,80	7,95
1.6	SAPATA S6= P6	2,40	2,30	0,75	9,40	7,05
1.7	SAPATA S7= P7	2,00	3,50	0,90	11,00	9,90
1.4	SAPATA S8= P8	3,20	4,20	1,00	14,80	14,80
1.8	SAPATA S9=S5 - (P5=P9)	2,50	2,80	0,75	10,80	7,95
1.9	SAPATA S10= (P10-P14)	5,20	2,90	1,20	16,20	19,44
1.10	SAPATA S11= (P11-P15)	5,00	2,70	1,20	15,40	18,48
1.11	SAPATA S12= (P12-P16)	4,50	2,25	1,20	13,50	16,20
1.12	SAPATA S13=P13	2,25	2,25	0,75	9,00	6,75
1.13	SAPATA S111=P111	1,20	1,20	0,50	4,80	2,40
1.14					-	-
	total = (1)				157,40	146,00

ANEXO B – MEMÓRIA DE CÁLCULO, VOLUME DE AÇO DA FUNDAÇÃO (KG)

MEMÓRIA DE CÁLCULO - SAPATAS E VIGAS DE FORÇA														
OBRA: STUDIO ONE				QUANTITATIVO- AÇO CA 50/60										
1	SAPATAS- TORRE	AÇO CA - 85				AÇO CA - 55								TOTAL (KG) SEM PERDAS
		4.2	4.6	5.0	6.0	6.3	8.0	10.0	12.5	16.0	20.0	22.5	25.0	
		peso - kg/m				peso - kg/m								
		0,109	0,130	0,154	0,222	0,245	0,395	0,617	0,963	1,578	2,468	3,120	3,853	
1.1	SAPATA S1 - P1								91,42					91,42
1.2	SAPATA S2- P2									321,12				321,12
1.3	SAPATA S3- P3								81,06	98,90				180,05
1.4	SAPATA S4- P4							39,88						39,88
1.5	SAPATA S5- S9 - (P5-P9)							35,76	51,05					86,80
1.6	SAPATA S6- P6								90,83					90,83
1.7	SAPATA S7- P7								67,88	98,21				166,11
1.8	SAPATA S8- P8									303,01				353,01
1.9	SAPATA S9-S5 - (P5-P9)							35,76	51,05					86,80
1.10	SAPATA S10- (P10-P14)							135,59	174,55	345,85	219,35			875,34
1.11	SAPATA S11- (P11-P15)							116,89	141,62	298,60	165,43			712,05
1.12	SAPATA S12- (P12-P16)							186,43	116,95	76,53	128,97			608,88
1.13	SAPATA S13-P13								77,66					77,66
1.14	SAPATA S111-P111							18,14						18,14
1.15														-
	total (kg) = (1)	-	-	-	-	-	-	568,44	944,67	1.592,33	503,75	-	-	3.605,20

5	ARRANQUE DE PILAR	4.2	4.6	5.0	6.0	6.3	8.0	10.0	12.5	16.0	20.0	22.5	25.0	TOTAL (KG) SEM PERDAS
		peso - kg/m				peso - kg/m								
		0,109	0,130	0,154	0,222	0,245	0,395	0,617	0,963	1,578	2,468	3,120	3,853	
	ARRANQUE - P1					1,43						34,52		35,95
	ARRANQUE - P2			5,23						25,12				34,35
	ARRANQUE - P3			2,66						15,95				18,60
	ARRANQUE - P4						1,83			10,16				12,00
	ARRANQUE - P5					1,92					53,27			55,19
	ARRANQUE - P6					1,43					26,63			28,06
	ARRANQUE - P7					2,89					76,94			79,83
	ARRANQUE - P8					4,24					101,11			105,34
	ARRANQUE - P9					1,92					53,27			55,19
	ARRANQUE - (P10-P14)					5,32					133,16			138,49
	ARRANQUE - (P11-P15)					5,32					133,16			138,49
	ARRANQUE - (P12-P16)					4,59				45,51				50,10
	ARRANQUE - (P13)					1,43					35,51			36,94
	ARRANQUE - P111					0,56					17,17			17,73
														-
	total = (5)	-	-	7,88	-	31,05	1,83	-	45,67	72,84	647,57	-	-	886,25

4	CINTAS	4.2	4.6	5.0	6.0	6.3	8.0	10.0	12.5	16.0	20.0	22.5	25.0	TOTAL (KG) SEM PERDAS
		peso - kg/m				peso - kg/m								
		0,109	0,130	0,154	0,222	0,245	0,395	0,617	0,963	1,578	2,468	3,120	3,853	
4.1	C1					7,11		23,42						30,52
4.2	C2					2,27		6,11						8,38
4.3	C3					3,69		8,76						12,46
4.4	C4					4,83		10,72						15,55
4.10	C5					4,55		10,86						15,41
	total = (4)	-	-	-	-	22,45	-	59,67	-	-	-	-	-	82,32

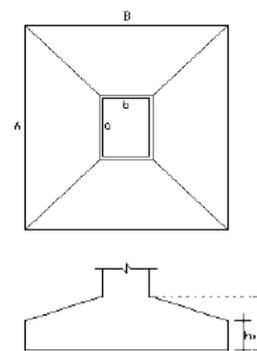
6	RESUMO AÇO CA 50 / 60	4.2	4.6	5.0	6.0	6.3	8.0	10.0	12.5	16.0	20.0	22.5	25.0	TOTAL (KG)
		peso - kg/m				peso - kg/m								
		0,109	0,130	0,154	0,222	0,245	0,395	0,617	0,963	1,578	2,468	3,120	3,853	
6.1	total (kg) - sem perdas	-	-	7,88	-	53,50	1,83	628,31	989,74	1.665,17	1.151,33	-	-	4.497,77
6.2	total (kg) - com 10% de perdas	-	-	8,67	-	58,85	2,02	691,14	1.088,72	1.831,89	1.266,46	-	-	4.947,54
6.3	total = em vigas de 12,00m	-	-	5,00	-	20,00	-	93,00	94,00	97,00	43,00	-	-	352,00

ANEXO C – MEMÓRIA DE CÁLCULO, VOLUME DE CONCRETO (M³)

MEMÓRIA DE CÁLCULO													
OBRA: STUDIO ONE			QUANTITATIVO- CONCRETO PARA SAPATAS										
Item	Descrição	$V_s = \frac{(H-h_0)}{3} * (A*B + a*b + \sqrt{A*B*a*b}) + (A*B*h_0)$						VOLUME TOTAL (m ³)	trago - concreto fck = 30 mpa				
		A	B	a	b	H	h0		cimento - consumo (380 kg/m ³) - saco 50 kg	areia - 2 pedregulhos 4,5x0,25 = 0,0819m ³ /saco	brita 01 - 2 pedregulhos 4,5x0,30 = 0,0945m ³ /saco	água (l/ro) 24,00 litros / saco	aditivo p/ concreto SIKA PF 175 - consumo = 150ml/saco (l/m ³)
		(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)						
1.0 SAPATAS-TORRE													
1.1	SAPATA S1 - P1	2,25	2,50	0,35	0,60	0,75	0,25	2,58	19,46	1,59	1,85	466,94	2,92
1.2	SAPATA S2- P2	3,50	3,50					8,14	61,86	5,07	5,88	1.484,74	9,28
1.3	SAPATA S3- P3	2,40	3,40					3,82	29,03	2,38	2,78	696,77	4,35
1.4	SAPATA S4- P4	1,75	1,75					1,42	10,79	0,88	1,03	259,01	1,62
1.5	SAPATA S5= S9 - (P5=P9)	2,50	2,80					3,19	24,24	1,99	2,30	581,86	3,64
1.6	SAPATA S6= P6	2,40	2,30					2,51	19,08	1,56	1,81	457,82	2,86
1.7	SAPATA S7= P7	2,00	3,50					3,87	29,41	2,41	2,79	705,89	4,41
1.8	SAPATA S8= P8	3,20	4,20					8,68	65,97	5,41	6,27	1.583,23	9,90
1.9	SAPATA S9= S5 - (P9=P9)	2,50	2,80					3,19	24,24	1,99	2,30	581,86	3,64
1.10	SAPATA S10= (P10-P14)	5,20	2,90					9,36	71,14	5,83	6,76	1.707,26	10,67
1.11	SAPATA S11= (P11-P15)	5,00	2,70					8,50	64,60	5,30	6,14	1.550,40	9,69
1.12	SAPATA S12= (P12-P16)	4,50	2,25					6,24	47,42	3,89	4,51	1.138,18	7,11
1.13	SAPATA S13=P13	2,25	2,25					2,32	17,63	1,45	1,68	423,17	2,84
1.14	SAPATA S111=P111	1,20	1,20					0,52	3,95	0,32	0,38	94,85	0,59
total = (1)								64,32	488,83	40,07	46,44	11.731,97	73,32

2	SAPATAS-PERIFERIA 1ª ETAPA	L	B	H			VOLUME TOTAL					
2.1	C1	5,30	0,20	0,40			0,42	3,22	0,26	0,31	77,34	0,48
	C2	1,60	0,20	0,40			0,13	0,97	0,08	0,09	23,35	0,15
	C3	2,65	0,20	0,40			0,21	1,61	0,13	0,15	38,67	0,24
2.2	C4	3,55	0,20	0,40			0,28	2,16	0,18	0,21	51,80	0,32
2.12	C5	3,50	0,20	0,40			0,28	2,13	0,17	0,20	51,07	0,32
total = (2)							1,33	10,09	0,83	0,96	242,23	1,51

Cálculo para Volume de Uma Sapata Isolada									
Comprimento do pilar (a)			m						
Largura do pilar (b)			m	Volume da Sapata isolada		0	m ³		
Comprimento da sapata (A)			m	Peso próprio		0	t		
Largura da sapata (B)			m						
Altura da sapata (H)			m						
Altura da base da sapata (h0)			m						



$$V_s = \frac{(H-h_0)}{3} * (A*B + a*b + \sqrt{A*B*a*b}) + (A*B*h_0)$$

ANEXO G – MEMÓRIA DE CÁLCULO, VOLUME DE CONCRETO DA PAVIMENTO TIPO (M²)

ESTUDO DE VOLUME DE CONCRETO PARA LAJE COM CUBETA

	MEMÓRIA DE CÁLCULO - FÔRMAS	
	OBRA: STUDIO ONE	DATA:
RESPONSÁVEL PELO LEVANTAMENTO:		

item	Descrição			Comp.	Largura	Perimetro	Área
				(m)	(m)	(m)	(m ²)
	FORMA - TIPO 1 - LAJE TORRE						
	LAJES DAS RAMPAS						
L1				8,21	5,22		42,81
L2				6,92	5,22		36,09
L3				1,65	1,60		2,64
L4				6,75	6,73		43,24
L5				8,21	5,22		42,82
L6				6,92	5,22		36,09
L7				2,52	0,45		1,13
shaft				2,75	0,28		0,77
L 100				1,80	3,65		6,57
TOTAL =							214,02

Volume	
0,25	6,17
0,25	5,00
0,1	0,26
0,25	5,86
0,25	6,06
0,25	5,00
0,1	0,11
0,1	0,08
0,1	0,66
	29,20 m³

item	Descrição			Perime.	Compr.	Área
				(m)	(m)	(m ²)
	FORMA - VIGAS					
	VIGAS	FUND	LATERAL			
1.1	V1	0,15	0,7	1,550	22,63	35,077
1.2	V2	0,15	0,40	0,950	1,65	1,568
1.3	V3	0,2	0,70	1,600	6,75	10,800
1.4	V4	0,15	0,50	1,150	5,10	5,866
1.5	V5	0,15	0,70	1,550	8,21	12,726
1.6	V6	0,15	0,70	1,550	6,92	10,726
1.7	V7	0,15	0,70	1,550	22,63	35,077
1.8	ABA1	0,15	0,50	1,150	3,72	4,278
1.9	V8	0,15	0,70	1,550	10,51	16,284
1.10	V9	0,25	0,70	1,650	10,51	17,335
1.11	V10	0,15	0,50	1,150	4,26	4,897
1.12	V11	0,2	0,70	1,600	10,58	16,928
	V12	0,15	0,70	1,550	10,58	16,399
	ressalto de pilar					0,260
TOTAL =				18,55		188,22

Volume	
	2,38
	0,10
	0,95
	0,38
	0,86
	0,73
	2,38
	0,28
	1,10
	1,84
	0,32
	1,48
	1,11
0,7	0,18
	14,08 m³

item	Descrição					Área
				(m)	(m)	(m ²)
	FORMA - ESCADAS					
	ESCADAS	FUND	LATERAL			
	L 101			1,35	1,35	1,82
	L 102			1,35	1,35	1,82
	E5			1,80	1,45	2,61
	E6			1,45	1,45	2,10
	E7			1,80	1,45	2,61
	Degraus E5			0,02	6,00	0,15
	Degraus E6			0,02	3,00	0,07
	Degraus E7			0,02	6,00	0,15
TOTAL =				7,82		11,34

Volume	
0,1	0,18
0,1	0,18
0,1	0,26
0,1	0,21
0,1	0,26
1,45	0,22
1,45	0,11
1,45	0,22
	1,64 m³

Volume **44,92**



$V_{LN} = V_{LM} - QCVC$

VLN é o volume da laje nervurada;
 VLM é o volume da laje considerando a mesma laje maciça;
 QC é a quantidade de cubetas na laje;
 VC é o volume de cada cubeta



	Cuba mai	Mela cuba	REBAIXADA	1/2 - REBAIXADA
h	0,2	0,2	0,15	0,15
A	0,45563	0,18563	0,25604	0,18563
a	0,41603	0,15803	0,23329	0,15803
v	0,06714	0,03433	0,03669	0,02575

<https://construcaoefixo.com.br/uma-maneira-mais-simples-de-calcular-o-volume-de-uma-laje-nervurada-em-vm-ocvc/>

ANEXO H – MEMÓRIA DE CÁLCULO, ALVENARIA PAVIMENTO TIPO (A) APARTAMENTO 01

CÁLCULO DE ALVENARIA STUDIO						
PAVIMENTO TIPO - APARTAMENTO 1 - ALVENARIA INTERNA						
PAREDE	PERÍMETRO	PÉ-DIREITO	ÁREA	VÃOS		ÁREA C/ DESCONTO
	m	m	m ²	TIPO	ÁREA	m ²
AP-01						
PI-01	4,18	2,70	11,29			11,29
PI-02	1,50	2,70	4,05			4,05
PI-03	1,53	2,70	4,13	B01	0,24	3,89
PI-04	2,80	2,70	7,62			7,62
PI-05	1,52	2,70	4,10	P01	1,26	2,84
PI-06			0,00			0,00
HALL			0,00			0,00
			0,00			0,00
			0,00			0,00
PI	11,12	TOTAL	30,02	1 apto	TOTAL	28,52 m ²
				(1 Pto. 2) apto	TOTAL	28,52 m ²

OBRAS:	C/E:	
SERVIÇO:	PROJETO:	ESP/07/002
LOCAL DE APLICAÇÃO:	REVISÃO:	
CÉLULA DE APLICAÇÃO:	TIPO:	



CÁLCULO DE ALVENARIA STUDIO						
PAVIMENTO TIPO - APARTAMENTO 1 - ALVENARIA EXTERNA						
PAREDE	PERÍMETRO	PÉ-DIREITO	ÁREA	VÃOS		ÁREA C/ DESCONTO
	m	m	m ²	TIPO	ÁREA	m ²
PE-01	0,88	2,70	2,38			2,38
PE-02	4,23	2,70	11,42	J02 + P06*	5,63	5,79
PE-03	2,23	2,70	6,02	P06*	1,89	4,13
PE-04	1,02	2,70	2,75			2,75
PE-05	4,63	2,70	12,50	J01	1,32	11,18
PE-06	2,03	1,20	2,44			2,44
			0,00			0,00
PE	15,02	TOTAL	14,94	1apto	TOTAL	28,67 m ²
				(1 apto)	TOTAL	28,67 m ²

APARTAMENTO 02

CÁLCULO DE ALVENARIA STUDIO						
PAVIMENTO TIPO - APARTAMENTO 2 - ALVENARIA INTERNA						
PAREDE	PERÍMETRO	PÉ-DIREITO	ÁREA	VÃOS		ÁREA C/ DESCONTO
	m	m	m ²	TIPO	ÁREA	m ²
AP-02						
PI-01	4,18	2,70	11,29			11,29
PI-02	1,52	2,70	4,10			4,10
PI-03	2,80	2,70	7,62			7,62
PI-04	1,52	2,70	4,10	B01	0,24	3,86
PI-05	1,50	2,70	4,05			4,05
PI-06			0,00			0,00
HALL			0,00			0,00
			0,00			0,00
			0,00			0,00
PI	11,12	TOTAL	30,02	1 apto	TOTAL	28,52 m ²
				(1 Pto. 1) apto	TOTAL	28,52 m ²

OBRAS:	C/E:	
SERVIÇO:	PROJETO:	ESP/07/002
LOCAL DE APLICAÇÃO:	REVISÃO:	
CÉLULA DE APLICAÇÃO:	TIPO:	



CÁLCULO DE ALVENARIA STUDIO						
PAVIMENTO TIPO - APARTAMENTO 2 - ALVENARIA EXTERNA						
PAREDE	PERÍMETRO	PÉ-DIREITO	ÁREA	VÃOS		ÁREA C/ DESCONTO
	m	m	m ²	TIPO	ÁREA	m ²
PE-01	4,23	2,70	11,42	J02 + P06*	5,63	5,79
PE-02	2,23	2,70	6,02	P06*	1,89	4,13
PE-03	0,90	2,70	2,43			2,43
PE-04	5,63	2,70	15,20	J01	1,32	13,88
PE-05	1,00	2,70	2,70			2,70
PE-06			0,00			0,00
			0,00			0,00
PE	13,99	TOTAL	2,70	1apto	TOTAL	28,93 m ²
				(1 apto)	TOTAL	28,93 m ²

ANEXO I – MEMÓRIA DE CÁLCULO, ALVENARIA PAVIMENTO TIPO (B) APARTAMENTO 03

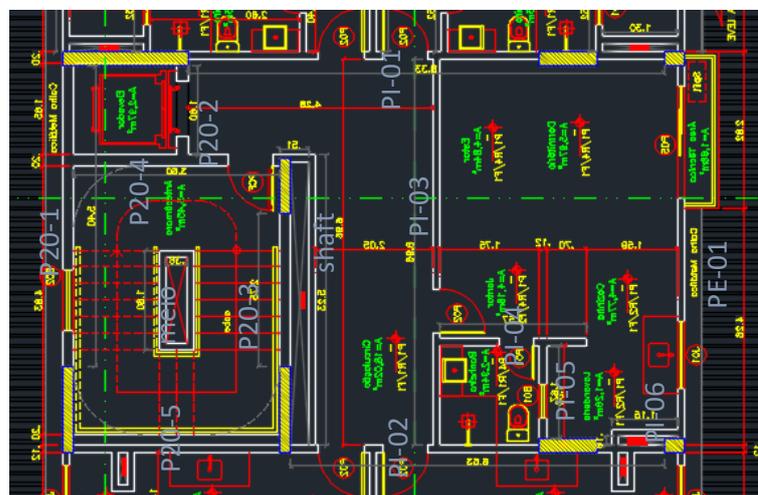
CÁLCULO DE ALVENARIA STUDIO						
PAVIMENTO TIPO - APARTAMENTO 3 - ALVENARIA INTERNA						
PAREDE	PERÍMETRO	PÉ-DIREITO	ÁREA	VÃOS		ÁREA C/ DESCONTO
	m	m	m ²	TIPO	ÁREA	m ²
AP-03						
PI-01	8,33	2,70	22,49	2 P02	3,36	19,13
PI-02	6,53	2,70	17,63	2 P02	3,36	14,27
PI-03	6,96	2,70	18,79	P02	1,68	17,11
PI-04	2,57	2,70	6,94	P01	1,26	5,68
PI-05	1,67	2,70	4,51	B01	0,24	4,27
PI-06	1,31	2,70	3,54			3,54
HALL						
Meio da escada	4,32	1,50	6,48			6,48
SHAFT	5,74	2,70	15,50			15,50
			0,00			0,00
			0,00			0,00
PI		TOTAL	95,88	1 apto	TOTAL	85,98 m ²
				1 Pav. (1 apto)	TOTAL	85,98 m ²

MARCAÇÃO 37,43 m

CÁLCULO DE ALVENARIA STUDIO						
PAVIMENTO - ALVENARIA INTERNA - 20cm						
PAREDE	PERÍMETRO	PÉ-DIREITO	ÁREA	VÃOS		ÁREA C/ DESCONTO
	m	m	m ²	TIPO	ÁREA	m ²
P20-1	5,40	2,70	14,58	B02	0,77	13,81
P20-2	1,60	2,70	4,32	elevador	3,00	1,32
P20-3	2,75	2,70	7,43			7,43
P20-4	3,60	2,70	9,72	PCF	1,68	8,04
P20-5	3,60	2,70	9,72			9,72
			0,00			0,00
			0,00			0,00
			0,00			0,00
PI	16,95	TOTAL	0,00	1 apto	TOTAL	40,32 m ²
				1 Pav.	TOTAL	40,32 m ²

MARCAÇA 16,95 m

CÁLCULO DE ALVENARIA STUDIO						
PAVIMENTO TIPO - APARTAMENTO 3 - ALVENARIA EXTERNA						
PAREDE	PERÍMETRO	PÉ-DIREITO	ÁREA	VÃOS		ÁREA C/ DESCONTO
	m	m	m ²	TIPO	ÁREA	m ²
PE-01	6,96	2,70	18,79	P05 + J01	5,40	13,39
PE-02		2,70	0,00			0,00
PE-03			0,00			0,00
			0,00			0,00
			0,00			0,00
			0,00			0,00
			0,00			0,00
HALL						
			0,00			0,00
PE	6,96	TOTAL	0,00	1 apto	TOTAL	13,39 m ²
				1 Pav. (1 apto)	TOTAL	13,39 m ²



ANEXO J – MEMÓRIA DE CÁLCULO, ALVENARIA PAVIMENTO TIPO (C) APARTAMENTO 04

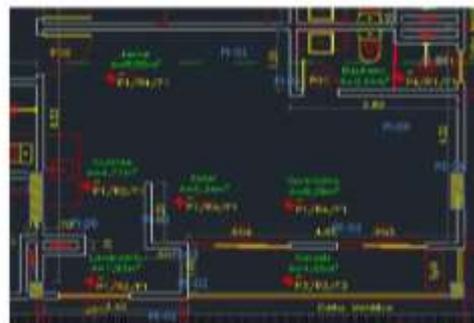
CÁLCULO DE ALVENARIA STUDIO						
PAVIMENTO TIPO - APARTAMENTO 4 - ALVENARIA INTERNA						
PAREDE	PERÍMETRO	PE-DIREITO	ÁREA	VÃOS		ÁREA C/ DESCONTO
	m	m	m ²	TIPO	ÁREA	m ²
AP-04						
PI-01*	3,475	2,70	9,38			9,38
PI-02	0,60	2,70	1,62			1,62
PI-03	1,20	2,70	3,24			3,24
PI-04	2,82	2,70	7,61	P01	1,20	6,39
PI-05	1,20	2,70	3,24			3,24
PI-06	1,56	2,70	4,21			4,21
PI-07	1,21	2,70	3,27			3,27
			0,00			0,00
			0,00			0,00
PI	12,065	TOTAL	32,57	1 apto	TOTAL	31,93 m ²
MARKAÇÃO	12,07 m			1 apto	TOTAL	31,93 m ²



CÁLCULO DE ALVENARIA STUDIO						
PAVIMENTO TIPO - APARTAMENTO 4 - ALVENARIA EXTERNA						
PAREDE	PERÍMETRO	PE-DIREITO	ÁREA	VÃOS		ÁREA C/ DESCONTO
	m	m	m ²	TIPO	ÁREA	m ²
PE-01	2,42	2,70	6,53	J01	1,20	5,33
PE-02	1,00	2,70	2,70			2,70
PE-03	4,65	2,70	12,56	P03 + P04	6,72	5,84
PE-04	4,32	2,70	11,66	B01	0,24	11,42
			0,00			0,00
			0,00			0,00
			0,00			0,00
			0,00			0,00
PE	12,39	TOTAL	0,00	1 apto	TOTAL	25,29 m ²
				1 apto	TOTAL	25,29 m ²

APARTAMENTO 05

CÁLCULO DE ALVENARIA STUDIO						
PAVIMENTO TIPO - APARTAMENTO 5 - ALVENARIA INTERNA						
PAREDE	PERÍMETRO	PE-DIREITO	ÁREA	VÃOS		ÁREA C/ DESCONTO
	m	m	m ²	TIPO	ÁREA	m ²
AP-05						
PI-01	3,475	2,70	9,38			9,38
PI-02	0,60	2,70	1,62			1,62
PI-03	1,20	2,70	3,24			3,24
PI-04	2,82	2,70	7,61	P01	1,20	6,39
PI-05	1,20	2,70	3,24			3,24
PI-06	1,56	2,70	4,21			4,21
PI-07	1,21	2,70	3,27			3,27
			0,00			0,00
			0,00			0,00
PI	12,065	TOTAL	32,57	1 apto	TOTAL	31,93 m ²
MARKAÇÃO	12,07 m			1 apto	TOTAL	31,93 m ²



CÁLCULO DE ALVENARIA STUDIO						
PAVIMENTO TIPO - APARTAMENTO 5 - ALVENARIA EXTERNA						
PAREDE	PERÍMETRO	PE-DIREITO	ÁREA	VÃOS		ÁREA C/ DESCONTO
	m	m	m ²	TIPO	ÁREA	m ²
PE-01	2,42	2,70	6,53	J01	1,20	5,33
PE-02	1,00	2,70	2,70			2,70
PE-03	4,65	2,70	12,56	P03 + P04	6,72	5,84
PE-04	4,32	2,70	11,66	B01	0,24	11,42
			0,00			0,00
			0,00			0,00
			0,00			0,00
			0,00			0,00
PE	12,39	TOTAL	0,00	1 apto	TOTAL	25,29 m ²
				1 apto	TOTAL	25,29 m ²

ANEXO K – MEMÓRIA DE CÁLCULO, ALVENARIA PAVIMENTO TIPO (D)
QUADRO DE RESUMO

RESUMO

PAVIMENTO TIPO ALVENARIA EXTERNA						
PAREDE	PERÍMETRO	PÉ-DIREITO	ÁREA	VÃOS	ÁREA C/ DESCONT	
					TIPO	ÁREA
APTO 1	15,02	2,70	40,55	P + B + J	8,84	31,71
APTO 2	13,99	2,70	37,77	P + B + J	8,84	28,93
APTO 3	6,96	2,70	18,79	P + B + J	5,40	13,39
APTO 4	12,39	2,70	33,45	P + B + J	8,16	25,29
APTO 5	12,39	2,70	33,45	P + B + J	8,16	25,29
				1 Pav	TOTAL	124,61 m ²

MARCAÇÃO 60,75 m

PAVIMENTO TIPO ALVENARIA INTERNA						
PAREDE	PERÍMETRO	PÉ-DIREITO	ÁREA	VÃOS	ÁREA C/ DESCONT	
					TIPO	ÁREA
APTO 1	11,12	2,70	30,02	P + B + J	1,50	28,52
APTO 2	11,12	2,70	30,02	P + B + J	1,50	28,52
Hall	10,06	1,50	15,09			15,09
APTO 3	27,37	3,00	82,11	P + B + J	9,90	72,21
APTO 4	12,07	3,00	36,21	P + B + J	1,26	34,95
APTO 5	12,07	3,00	36,21	P + B + J	1,26	34,95
				1 Pav. (5 apt)	TOTAL	214,24 m ²

MARCAÇÃO 83,81 m

PAVIMENTO TIPO - ALVENARIA INTERNA - 20cm						
PAREDE	PERÍMETRO	PÉ-DIREITO	ÁREA	VÃOS		ÁREA C/ DESCONT
				TIPO	ÁREA	
P20	16,95	3,00	50,85	F + balanc	5,45	45,40

MARCAÇÃO 16,95 m

ANEXO L – MEMÓRIA DE CÁLCULO, REBOCO (M²)

QUANTITATIVOS PAV. TIPO - REBOCO							
OBRA:	Studio					C/C	
SERVIÇO:	Apto 1					EMISSÃO:	23/02/2022
LOCAL DE APLICAÇÃO:						REVISÃO:	
CÉLULA DE APLICAÇÃO:						TIPO:	
	Perímetro	Área	Tipo	Vão	Área	Área real de Embiço	
STUDIO 1	22,1002	59,57054	P06 + J02 + P01 + P02		11,257	48,41354	
STUDIO 2	24,58	66,366	P06 + J02 + P01 + P02		11,257	55,109	
STUDIO 3	15,77	42,579	P05 + P01 + P02		7,14	35,439	
STUDIO 4	20,32914	54,88678	P03 + P04 + P01 + P02		7,98	46,90678	
STUDIO 5	17,92	48,384	P03 + P04 + P01 + P02		7,98	40,404	
Hai de Circulação	21,48	57,986	5* P02 + PC F + Ele		12,18	45,816	
Antecâmara	21,65	58,455	PCF		1,89	56,565	
Espelho Escada	24,04	4,808				4,808	
		0				0	
		0				0	
TOTAL (1 Pavimento)	167,86934	393,147218	-		59,684	333,463218	
TOTAL 7 PAV	1175,08538	2752,030526	-		417,788	2334,24526	

ANEXO M – MEMÓRIA DE CÁLCULO, CONTRAPISO (M²)

QUANTITATIVOS PAV. TIPO - CONTRAPISO												
ORÇAMA:	E/C											
SERVIÇO:	REVISÃO:											
LOCAL DE APLICAÇÃO:	TPO:											
LEGENDA DE APLICAÇÃO:	PERIMETRO DE PORTA											
AMBIENTE	ÁREA DE PISO	PERIMETRO	ÁREA + 15%	PERIMETRO SEM PORTA	N PORTAS 0,60	N DE PORTAS 0,8	N DE PORTAS 0,9	N DE PORTAS 1,5	N DE PORTAS 1,70	N DE PORTAS 2,0	N DE PORTAS 2,81	PERIMETRO DE PORTA
Árrio 1	30,7877	27,4802	35,405855	23,2702	1	1					1	4,21
BHO 1	3,64	8	4,186	7,4								0,6
Escada 1	7,1288	10,6458	8,23562	7,8358							1	2,81
Árrio 2	30,7877	29,96	35,405855	23,75	1	1					1	4,21
BHO 2	3,64	8	4,186	7,4								0,6
Escada 2	5,67	8,71	6,5205	5,9							1	2,81
Árrio 3	24,68	23,89	28,382	20,49	1	1					1	3,4
BHO 3	3,1699	7,1	3,622385	6,5	1							0,6
Área Técnica	1,68	3,82	1,922	1,82							1	2
Árrio 4	27,9035	28,28	32,08914	23,68	1	1						4,6
BHO 4	2,94	7,8	3,381	7,2								0,6
Escada 4	4,05	5,85	4,6575	2,65							1	3,2
Árrio 5	27,9911	29,68	31,729765	25,08	1	1						4,6
BHO 5	2,94	7,8	3,381	7,2								0,6
Escada 5	4,35	6,35	5,2215	3,15							1	3,2
Hall	18,12	21,48	20,818	16,68		6						4,8
Escada e Ante camera	21,422	21,65	24,6353	20,85		1						0,8
TOTAL	2.20.7308	256,496	253,84042	212,856	ÁREA DE UM PAVIMENTO							43,64

ÁREA DOS APARTAMENTOS EM 1 PAVIMENTO	18.1.188,8
ÁREA DE PISO MOLHADO (BHO) + 15%	16.3099
ÁREA DE PISO SECO + 15%	141.7501
ÁREA DE PISO EXTERNO (SACADAS) + 15%	23.1288

ÁREAS DE ESCADA E ACESSO AO ELEVADOR DE EMERGÊNCIA (BLOCO ENCLAUSURADO) + ÁREAS DE HALL DE USO COMUM			
1 PAV	ÁREA DE PISO	PERIMETRO	ÁREA
Hall	18,12	21,48	20,85
Escada e Ante camera	21,422	21,65	16,68
TOTAL	39,562	43,13	0

USO COMUM E PRIVADAS EM M ²	221,151
--	---------

TOTAL DO PAVIMENTO	2.20.7308	256,496	253,84042	212,856
--------------------	-----------	---------	-----------	---------

ÁREA DE PISO MOLHADO (BHO) + 15%	16.3099	A
ÁREA DE PISO SECO + 15%	141.7501	B
ÁREA DE PISO EXTERNO (SACADAS) + 15%	23.1288	C

A	16.3099
B	141.7501
C	23.1288