UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA
MAURINO RAULINO DIAS
MITCHEL WILIAN BRUM DA SILVA

PLANEJAMENTO DE OBRAS: PROJETADO *x* EXECUTADO

Palhoça
2021

MAURINO RAULINO DIAS
MITCHEL WILIAN BRUM DA SILVA

PLANEJAMENTO DE OBRAS: PROJETADO *X* EXECUTADO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil da Universidade do Sul de Santa Catarina como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: José Humberto Dias de Tôledo, Msc.

Palhoça
2021

MAURINO RAULINO DIAS
MITCHEL WILIAN BRUM DA SILVA

PLANEJAMENTO DE OBRAS: PROJETADO *x* EXECUTADO

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil aprovado em sua forma final pelo Curso de Engenharia Civil da Universidade do Sul de Santa Catarina.

Palhoça, 08 de junho de 2021.

Professor e orientador José Humberto Dias de Tolêdo, Msc.
Universidade do Sul de Santa Catarina

Prof. Ricardo Moacyr Mafra, Msc.
Universidade do Sul de Santa Catarina

Eng. Paulo Roberto May, Msc.

AGRADECIMENTOS

Mitchel Wilian Brum da Silva

Gostaria de agradecer primeiramente a Deus, meus pais José Ivo da Silva e Orilde Salete Brum, pelo apoio incondicional durante todo curso e toda minha vida, sem o apoio deles não estaria aqui ou não teria chegado tão longe apesar de todos momentos difíceis.

Agradeço minha namorada Flavia Eli, pela companhia durante todos momentos, dando apoio e ajudando sempre que possível para que no final tudo dar tudo certo e para consiga obter sucesso na minha vida profissional.

Agradeço também aos meus familiares e amigos, que sempre estavam ao meu lado, apoiando e ajudando a continuar.

Ao Professor José Humberto Dias de Tôledo, pela dedicação, atenção e empenho para realização deste trabalho.

E para finalizar, um agradecimento para meu parceiro Maurino Raulino Dias, por ter participado desta jornada. Desejo sempre tudo de melhor, muita saúde, sucesso e felicidades, e um excelente futuro, lembrando que a amizade e parceria continuam para a vida toda.

AGRADECIMENTOS

Maurino Raulino Dias

Gostaria de agradecer este trabalho primeiramente a Deus, meus pais (em memória) Raulino Martinho Dias e (em memória) Etelvina Moreira Dias e meus irmãos, por serem essenciais em minha vida durante todo curso, sem o apoio deles não talvez não teria ido tão longe.

Agradeço especialmente minha Esposa Vanderléia de Souza Dias e meus filhos Matheus Alan de Souza Dias e Eduardo de Souza Dias pelo companheirismo durante minha caminhada. Sempre me apoiando e entendendo os momentos exclusivos para estudo e para obter sucesso na minha vida profissional

Agradeço também aos meus todos que direta ou indiretamente estavam do meu lado apoiando e me auxiliando a continuar sem desistir.

Ao Professor José Humberto Dias de Tôledo, pela dedicação, atenção e empenho para realização deste trabalho.

E por último não menos importante, agradeço meu parceiro Mitchel Wilian Brum da Silva, por ser um irmão nesta parte final do curso, me compreendendo e apoiando em todos momentos. Obrigado por tudo e te desejo muito sucesso em sua carreira profissional, muito obrigado.

“O segredo do Sucesso é a Constância do propósito”(Benjamin Disraeli).

RESUMO

O presente estudo em questão tem por objetivo analisar uma construtora de grande porte localizada na região da grande Florianópolis/SC, e que utiliza para planejamento e execução de suas obras a técnica de linha de balanço. O trabalho foi realizado através de pesquisa bibliográfica e de campo, e o processo iniciou-se pela definição do problema, seguido pela escolha da obra e coleta de todos dados e por fim foi feito analise e estudo do mesmo. O contato com a empresa foi feito presencialmente com algumas visitas no escritório e em obra para ver o sistema utilizado e o decorrer dos dias como se apresentava o andamento da mesma. Todas informações foram reunidas em visitas, e apresentadas por gráficos e software utilizado para elaboração da linha de balanço. As visitas aconteceram no período de 04 a 30 de abril de 2021. Ao longo do texto é feita a discussão dos principais conceitos relacionados as boas práticas de planejamento e execução de uma obra, buscou-se também, mostrar a importância da técnica de Linha de Balanço ao longo das fases de um projeto de engenharia, relatados pelos profissionais consultados durante os estudos. Ao final foram comparados os dados para averiguação entre o planejado e o executado. Conclui-se que tem uma pequena diferença do projetada para o executado.

Palavras-chave: Construção civil. Linha de balanço. *Last planner system*.

ABSTRACT

The present study aims to analyze a large construction company located in the region of greater Florianópolis / SC, which uses the balance line technique for planning and executing its works. The work was carried out through bibliographic and field research, and the process started with the definition of the problem, followed by the choice of the work and the collection of all data and, finally, an analysis and study of the same was done. The contact with the company was made in person with some visits to the office and on site to see the system used and the days that followed. All information was gathered in visits, graphics and software used for the balance sheet. Visits took place from April 4th to April 30th, 2021. Throughout the text, the main concepts related to good practices in planning and executing a work are discussed. It also sought to show the importance of the Line of Balance technique throughout the phases of an engineering project, reported by the professionals consulted during the studies. At the end, data will be presented that will be confronted for an investigation between the planned and the executed. It is concluded that there is a small difference between the design and the executed.

Keywords: Civil construction. Balance line. Last planner system.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1– Representação da Linha de Balanço 21
Figura 2 – Ritmo das atividades 22
Figura 3 – Demonstração do cálculo dos Ritmo 26
Figura 4 – Declividades da linha de balanço 27
Figura 5 – Identificação de Esperas 27
Figura 6 – Gráfico e Fórmula para balanceamento de Atividades 28
Figura 7 – Gráfico e Fórmula para balanceamento com Ritmos Iguais 29
Figura 8 – Gráfico e Fórmula para balanceamento com R1 > R2 29
Figura 9 – Gráfico e Fórmula para balanceamento com R1 < R2 30
Figura 10 – Gráfico e Fórmula para balanceamento com te1=te2 30
Figura 11 – Curva de aprendizagem para o serviço de alvenaria 32
Figura 12 – Fases do Ciclo de Planejamento 35
Figura 13 – Fluxograma para elaboração de curto prazo 38
Figura 14 – Obra pronta e entregue abril/2017 42
Figura 15 – Obra em construção, entrega set/2021 43
Figura 16 – Estrutura da Construtora S 44
Figura 17 – Planejamento da pesquisa 47
Figura 18 – Perspectiva da obra 49
Figura 19 – Foto da obra no primeiro dia de visita 53
Figura 20 – *Layout* do canteiro de obras 54
Figura 21 – Área de abrangência da grua 55
Figura 22 – Planta baixa do andar tipo 56
Figura 23 – Corte esquemático 57
Figura 24 – Armário do vestiário. 65
Figura 25 – Refeitório da obra 66
Figura 26 – Local onde acontece as reuniões semanais de planejamentos 66
Figura 27 – Planejamento a curto prazo (Plano semanal de 05/04 a 09/04) 69
Figura 28 – Planejamento a curto prazo (Plano semanal de 05/04 a 09/04) 70
Figura 29 – Planejamento a curto prazo (Plano semanal de 11/04 a 16/04) 71
Figura 30 – Planejamento a curto prazo (Plano semanal de 11/04 a 16/04) 72
Figura 31 – Planejamento a curto prazo (Plano semanal de 19/04 a 23/04) 74
Figura 32 – Planejamento a curto prazo (Plano semanal de 19/04 a 23/04) 75

Figura 33 – Planejamento a curto prazo (Plano semanal de 26/04 a 30/0..... 76
Figura 34 – Planejamento a curto prazo (Plano semanal de 26/04 a 30/04) 77

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Situações relevantes para diferentes estratégias de pesquisa..... 18
Quadro 2 – Planejamento Longo Prazo..... 35
Quadro 3 – Planejamento Médio Prazo..... 37
Quadro 4 – Tempo médio de permanência dos funcionários no quadro da empresa..... 45
Quadro 5 – Índice de produtividade..... 59
Quadro 6 – Índice de produtividade..... 59
Quadro 7 – Índice de produtividade..... 59
Quadro 8 – Quantitativo de reboco interno..... 60
Quadro 9 – Quantificação dos serviços..... 61
Quadro 10 pacote de trabalhos..... 62
Quadro 11 – Pacote de trabalhos..... 63
Quadro 12 – Pacote de trabalhos..... 63

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Frequência dos problemas 78
Gráfico 2 – atividades executadas sem ter sido planejada..... 78
Gráfico 3 – Percentual de planejamento concluído (PPC) 79
Gráfico 4 – Evolução mensal cumulativa da obra..... 80
Gráfico 5 – Evolução mensal não cumulativa da obra 81

LISTA DE SIGLAS

BDI – Benefícios e Despesas Indiretas

CC – Caminho Crítico

CPM – Critical Path Method

EAP – Estrutura Analítica de Projeto

FT – Folga Total

II – Início Início

IT – Início Término

PDI – Primeira Data de Início

PDT – Primeira Data de Término

PPC – Percentual de planejamento concluído

SEBRAE – Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresa

TD – Tempo Disponível

TI – Término Início

TT – Término Término

UDI – Última Data de Início

UDT – Última Data de Término

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 15
1.1 TEMA E DELIMITAÇÃO 16
1.2 PROBLEMA DE PESQUISA 16
1.3 JUSTIFICATIVA 16
1.4 OBJETIVOS 17
1.4.1 Objetivo geral 17
1.4.2 Objetivos Específicos 17
1.5 METODOLOGIA 17
1.5.1 Delineamentos da pesquisa 19
1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO 19
2 REFERENCIAL TEÓRICO 20
2.1 TÉCNICA DA LINHA DE BALANÇO – LDB 20
2.2 OBRAS REPETITIVAS E UNIDADE BÁSICA 23
2.3 LINHA DE BALANÇO: VANTAGENS E DESVANTAGENS 24
2.4 APLICAÇÃO E CÁLCULOS DA LINHA DE BALANÇO 25
2.4.1 Cálculo da Linha de Balanço 25
2.5 BALANCEAMENTO DAS ATIVIDADES 28
2.6 EFEITO APRENDIZADO: CONCEITO 30
2.7 CURVAS DE APRENDIZADO 31
2.8 PLANEJAMENTO E CONTROLE 32
2.8.1 Níveis do Planejamento 34
2.8.1.1 Planejamento de longo prazo 35
2.8.1.2 Planejamento de médio prazo 36
2.8.1.3 2. Planejamento de curto prazo 37
2.9 TRABALHOS CORRELATOS 38
2.9.1 Trabalho correlato 01 38
2.9.2 Trabalho correlato 02 39
2.9.3 Trabalho correlato 03 40
3 ESTUDO DE CASO 41
3.1 DADOS DA EMPRESA 41
3.1.1 Estrutura da empresa 44
3.2 PLANEJAMENTO DA PESQUISA 46

3.2.1 Dados do empreendimento do estudo 48
3.3 PLANEJAMENTO DA OBRA 58
3.3.1 Índice de produtividade..... 58
3.3.2 Determinação dos quantitativos das atividades 59
3.3.3 Definir duração e dimensionamento dos pacotes de trabalho 62
3.3.4 Montagem da Linha de Balanço..... 63
3.4 ACOMPANHAMENTO DA OBRA..... 65
3.4.1 Primeira Reunião..... 68
3.4.2 Segunda Reunião..... 71
3.4.3 Terceira Reunião..... 73
3.4.4 Quarta Reunião..... 75
3.5 LEVANTAMENTO DOS DADOS..... 77
3.6 PARALELO ENTRE O PLANEJADO E EXECUDADO NA LINHA DE BALANÇO..... 80
4 CONSIDERAÇOES FINAIS 83
REFERÊNCIAS 85
ANEXO..... 88
ANEXO A – LINHA DE BALANÇO (FONTE: EMPRESA S)..... 89

1 INTRODUÇÃO

O ramo de construção civil é uma atividade de muita importância para economia de qualquer país. No Brasil, é notório seu potencial de geração de empregos diretos e indiretos, pois tem a capacidade de influenciar a movimentação de outros setores paralelos. Este ramo é responsável pela execução de obras residenciais, edifícios comerciais e infraestrutura, como mobilidade urbana e saneamento básico. O setor gera 10 milhões de empregos, e movimenta 9,9% do Produto Interno Bruto (PIB), com potencial para alavancar ainda mais a economia (SANTA ODILA, 2020).

Na construção civil, assim como em outros setores, pode ser aplicado o conceito de cadeia de valor do professor norte-americano Michael Porter, que ajuda a analisar as atividades que envolvem as indústrias. Ele diz que "a cadeia de valor são todas aquelas etapas do processo produtivo que a empresa agrega valor", explica Perligeiro, especialista em competitividade do Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresa (SEBRAE). Na construção civil, ela vai desde a extração dos materiais até a aplicação na obra e seu uso. Um exemplo é o barro que gerará peças de cerâmica que depois serão usadas nas edificações (SANTA ODILA, 2020).

As empresas do setor da construção civil vêm atuando em um mercado de concorrência cada vez mais acirrado entre as grandes e pequenas empresas. As técnicas de planejamento e gestão da construção civil se tornam assunto estratégico, e nas obras de edifícios residenciais de grande porte, com seus desafios, peculiaridades e suas grandes variações de atividades durante sua execução tornam os modelos de gestão atuais falhos na garantia de atingir os objetivos propostos.

Como na construção de um edifício, segundo Gerolla (2016), "a mão de obra representa em torno de 40% do custo total da obra", esta fatia do orçamento tem que ter um bom gerenciamento durante sua execução. Para isso, os gestores precisam não só elaborar e gerenciar um cronograma, mas sim buscar ao máximo reduzir o tempo de cada etapa do processo construtivo. De acordo com o autor, fazer o uso eficiente do tempo em um projeto é a chave do seu sucesso. O tempo é o recurso, mas precioso em um projeto, pois quanto mais rápido um projeto for finalizado, mas rápido os recursos retornarão e estarão disponíveis para outros investimentos.

Indo ao encontro da busca constante de técnicas, que auxiliam na boa gestão e administração da mão de obra aplicada, durante todo o processo da construção de um edifício residencial, é que se escolheu o presente tema da nossa pesquisa.

1.1 TEMA E DELIMITAÇÃO

Tema: Linha de Balanço – planejamento a execução.

Delimitação: Acompanhamento do planejamento e execução de um edifício residencial situado no município de São José/SC, por meio da aplicação da técnica de Linha de Balanço (LDB).

1.2 PROBLEMA DE PESQUISA

Essa pesquisa visa responder as seguintes questões: Qual o percentual de acertos da obra no planejado x executado? Está dentro da média de obras anteriores? Quais as vantagens e as desvantagens da técnica Linha de Balanço aplicada?

1.3 JUSTIFICATIVA

Em relação ao emprego da Linha de Balanço que possibilita fácil análise visual e na definição do ritmo de trabalho de cada processo e na identificação de interferências entre as equipes de produção segundo, pode-se dizer que a mesma possibilita a criação dos planos de ataque propostos neste estudo.

Pretendeu-se mostrar que esta técnica favorece a análise das repercussões que as modificações do tempo de ciclo de determinados processos da obra podem causar no plano tático do empreendimento, como também no âmbito operacional. Na atualidade estratégias vêm sendo difundidas em todos ramos da construção civil são verificadas as aceitações das mesmas.

Verificando o quão essencial é este tema, faz-se necessário analisar à aceitação ou não dos métodos utilizados nas empresas. Organização é item determinante para que cronogramas sejam implantados com êxito.

A ideia do tema deste trabalho surgiu buscando entender melhor o cronograma de obras civis, e apresentar como é eficaz do projeto até a execução, podendo auxiliar no andamento de uma obra, quanto podem interferir no custo e no tempo total, como geram mais segurança para a construtora.

Entende-se que essa pesquisa pode trazer benefícios para a nossa formação e também para as empresas de construção civil, já que pode apontar modelos que já são utilizados por empresas, e os benefícios que os mesmos podem gerar.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo geral

Avaliar os reflexos de diferentes tempos de ciclo dos processos de produção em planos de ataque de edifícios de múltiplos pavimentos realizando um paralelo da Linha de Balanço, do planejado com o executado.

1.4.2 Objetivos Específicos

a) descrever os pontos e o tipo de cronograma utilizados para a maior eficiência da Linha de Balanço;

b) apresentar os benefícios obtidos pela empresa no uso das Linhas de Balanço, entre o projetado e executado;

c) demonstrar a importância da aplicação do sistema “Last Planner” na estabilidade da produção dentro da construção civil;

d) identificar quais os reflexos das alterações dos tempos de ciclo no planejamento do empreendimento em termos operacionais.

1.5 METODOLOGIA

A metodologia é o caminho a ser seguido, ela indicará os meios para se obter o resultado desejado. O método utilizado será uma pesquisa aplicada, que consiste na coleta de dados pertinentes que serão analisados através de comparações, buscando compreender a adaptabilidade do setor da construção na região para com novas tecnologias do mercado (RAUEN, 2015).

A pesquisa quanto a abordagem do problema será quantiqualitativa, segundo Rauen (2015) a pesquisa qualitativa consiste no tratamento descritivo-discursivo das características dos fatos ou fenômenos, que vão sendo sucessivamente agrupadas por critérios descritivo-discursivos. E, a quantitativa, visa quantificar os aspectos do que encontra nos fatos ou fenômenos para tratá-los matematicamente.

Rauen (2015) define objetivos como alvo ou o propósito que é projetado ou planejado para ser atingido ou alcançado no encerramento do estudo, através de ações e procedimentos justificáveis pelo problema. Sendo categorizados em dois, o objetivo

específico sendo um dos problemas apresentados na pesquisa, e o objetivo geral relaciona todos os problemas em um.

Segundo Yin (2001), a estratégia de pesquisa pode ser escolhida, basicamente de acordo com três condições:

- O tipo de questão da pesquisa;
- O controle que o pesquisador possui sobre os eventos;
- O foco em fenômenos históricos em oposição a fenômenos contemporâneos.

O Quadro 1 apresenta essas três condições e mostra como cada uma se relaciona às cinco estratégias de pesquisa principais: experimentos, levantamentos, análise de arquivos de pesquisas históricas e estudos de casos (YIN, 2001).

Quadro 1 – Situações relevantes para diferentes estratégias de pesquisa

Estratégia	**Forma da questão de pesquisa**	**Exige controle sobre eventos comportamentais?**	**Focalize acontecimentos contemporâneos?**
Experimento	Como, por que	Sim	Sim
Levantamento	Quem, o que, onde, quantos, quanto	Não	Sim
Análise de arquivos	Quem, o que, onde, quantos, quanto	Não	Sim / não
Pesquisa histórica	Como, por que	Não	Não
Estudo de caso	Como, por que	Não	Sim

Fonte: Yin (2001).

A adoção do estudo de caso é favorecida neste trabalho, de acordo com Yin (2001), por apresentar questão de pesquisa indagando como, além de lidar com fatos contemporâneos inseridos em seu próprio contexto, apesar do pouco controle sobre o objeto pesquisado.

Yin (2001) acrescenta que o estudo de caso permite uma investigação que preserve as características holísticas e significativas dos eventos da vida real como processos organizacionais e administrativos, por exemplo. Para o mesmo autor, essa estratégia de pesquisa se diferencia pela capacidade de lidar com uma ampla variedade de evidências como documentos, entrevistas e observações.

Em função disso, esse trabalho se caracteriza em um estudo de caso aplicado em uma empresa de construção civil, tomando-a como objeto de análise durante a fase de realização do planejamento de longo prazo.

1.5.1 Delineamentos da pesquisa

O método de pesquisa se divide-se em três etapas distintas: revisão bibliográfica, estudo de caso e conclusões.

Embora a revisão bibliográfica esteja situada na primeira etapa da pesquisa, dada sua importância para o início do estudo, foi preciso atualizá-la e considerá-la nas etapas subsequentes aos estudos.

O estudo de caso foi realizado seguindo roteiro específico, detalhado ao longo dos estudos, com o propósito de alcançar os objetivos proposto no presente trabalho.

1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho de conclusão de curso está composto por 4 capítulos descritos a seguir.

No capítulo 1 estão apresentados os motivos que levaram a escolha do assunto sobre projetado x executado de uma obra edifício misto de uso residencial e comercial; o tema e sua delimitação; os objetivos e o desenho metodológico.

O capítulo 2 apresenta um resumo da história da técnica linha de balanço, também mostra alguns processos utilizados para a linha de balanço e dicas para utilizar entre o projetado e executado.

Já o capítulo 3 apresenta as análises e resultados obtidos através de uma pesquisa quantitativa e qualitativa realizada na construção analisada. A análise entre a linha de balanço do projetado ao executado.

E, finalmente capítulo 4 as considerações finais apresentam as características a serem destacadas e as observações do que foi analisado entre o projetado e executado, e guia para estudos e análises futuras com temas a serem explorados subsequentemente ao estudo realizado.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Na área da construção civil brasileira tem-se observado e debatido que esse setor da economia pouco tem se aproximado das características da industrialização, no que diz respeito ao planejamento das suas etapas de produção e, mais especificamente, ao controle e ritmo de execução (CASTRO; BORGES, 2017)

De acordo com Castro e Borges (2017) tal fato, na grande maioria das obras, resulta em projeto e execução distantes entre si, talvez pela forma única com que cada produto é gerado, com suas incertezas de mercado, variabilidade da demanda, condições ambientais, e também pelo total desconhecimento, por parte das empresas, do controle dos processos da produção.

A causa principal de insucessos nos sistemas de gestão na construção civil está, segundo Koskela (2000), na base conceitual em que os mesmos estão fundamentados. Para este autor os sistemas de gestão devem ser analisados não somente através da visão de transformação de matéria-prima em produto final, como é feito nos sistemas de gestão tradicionais, mas também necessitam ser considerados como processos de fluxo e geração de valor.

Koskela (1992) entende que a compressão do tempo de ciclo é a base para melhoria na NFP, pois a mesma induz a redução das atividades que não agregam valor como inspeção, espera e transporte. O termo NFP envolve um grupo de metodologias, técnicas e ferramentas que se originaram no setor da indústria automobilística.

Apesar de apresentar bons resultados para a indústria manufatureira, essa filosofia é pouco conhecida na indústria da construção civil. A postura dos gerentes da construção, ávidos na busca por soluções de curto prazo e concentrados apenas na conclusão do trabalho e não em seu desenvolvimento ao longo do tempo, pode ser considerada uma barreira para implementação dessa teoria (KOSKELA, 2000).

Nesse capítulo apresentaremos a base teórica do presente estudo que será usada para análises e discussões dos resultados.

2.1 TÉCNICA DA LINHA DE BALANÇO – LDB

De acordo com Mendes Júnior (1999) a técnica de Linha de Balanço para programação de tarefas foi criada pela Goodyear nos anos 40 e, posteriormente,

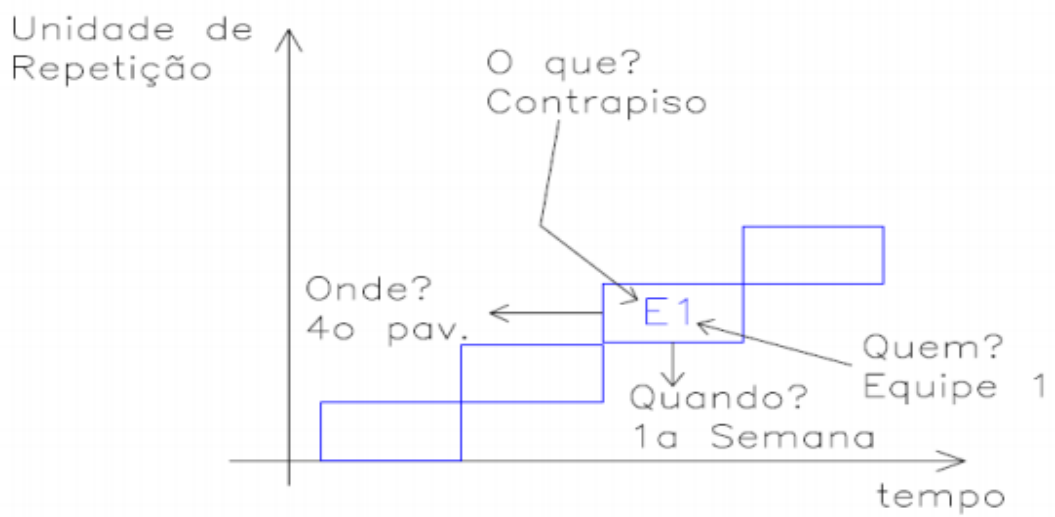
desenvolvido pela Marinha dos Estados Unidos durante a Segunda Guerra Mundial, para a programação e controle de projetos repetitivos e não repetitivos.

Seu uso na construção civil se difundiu primordialmente na Europa em obras como estradas e pontes, caracterizadas essencialmente pela repetitividade em seus processos executivos. Desde então, vários pesquisadores têm buscado diferentes formas de difundir o uso da LDB em conjuntos habitacionais e edifícios altos, estudando os seus conceitos juntamente com outras técnicas matemáticas ou computacionais (MENDES JÚNIOR, 1999).

A linha de balanço é uma técnica de programação essencialmente gráfica. As atividades são dispostas e representadas num eixo cartesiano, de forma que no eixo das ordenadas se encontram as unidades de repetição previamente definidas, e no eixo das abscissas o tempo (LIMMER, 1997). Esta representação é entendida como diagrama Tempo x Caminho, ferramenta corriqueiramente confundida com Linha de Balanço, dada a grande interação que costuma ser feita entre ambos.

Trata-se de uma ferramenta poderosa para a programação, capaz de fornecer relatórios visuais fundamentais para o gerenciamento de empreendimentos (ALVES; COELHO; LIMEIRA 1996). Quando acompanhada de tratamento gráfico, é capaz de relacionar os recursos alocados (identificação das equipes), a atividade em análise, a duração (início e término) e o local (pavimento, apartamento). A representação gráfica da Linha de Balanço é mostrada na Figura 1.

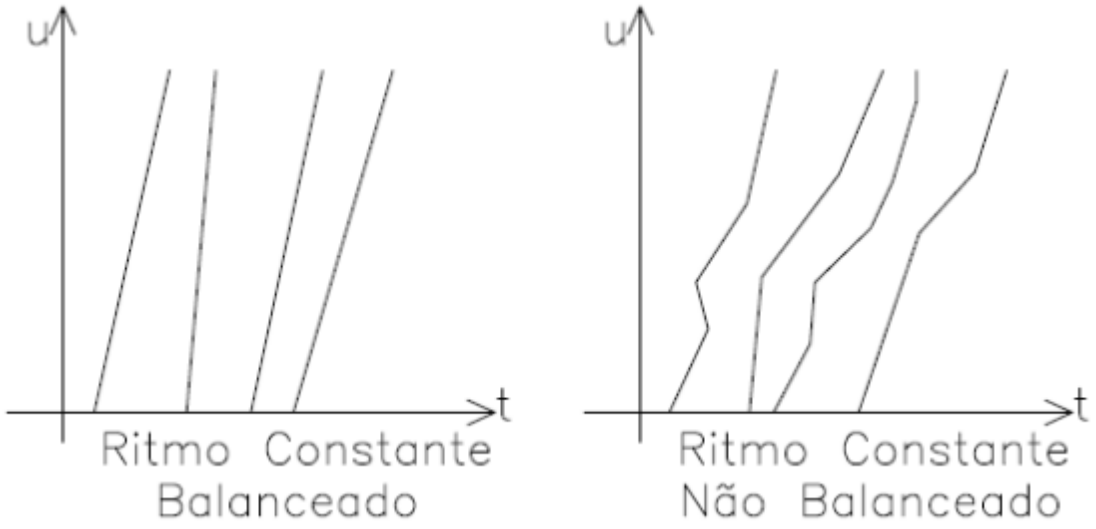
Figura 1– Representação da Linha de Balanço



Fonte: Mendes Júnior e Vargas (1999).

Nota-se 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. Na Figura 2 tem-se duas representações: uma de serviços não balanceados, variável, e outra balanceada, linear.

Figura 2 – Ritmo das atividades



Fonte: Prado (2002).

Linha de Balanço de acordo com Maziero (1990) é uma técnica de planejamento e controle de prazo, sua aplicação apresenta resultados claros e de fácil entendimento, transmitindo com simplicidade informações a respeito do tempo e posicionamento do trabalho em obra.

A técnica permite que o engenheiro tenha uma visão ampla e simples do que está sendo realizado e o que ainda precisa ser executado, tendo como base alguns dos princípios do *Lean*, ela entrega informações que podem ser usadas para melhorar a produtividade e qualidade das tarefas nos canteiros de obras (CASTRO; BORGES, 2017)

De acordo com Castro e Borges (2017) entender como esse recurso funciona e os benefícios que oferece, permite que os gestores consigam ter ganhos significativos. Um dos maiores benefícios da Linha de Balanço é permitir a visualização do fluxo de trabalho do projeto, facilitando o planejamento da continuidade das atividades. É possível então entender como está o aproveitamento das equipes e os ritmos de produção (CASTRO; BORGES, 2017).

Segundo Castro e Borges (2017), no Brasil vários pesquisadores têm estudado e incentivado o uso da Linha de Balanço nos projetos de conjuntos habitacionais e edifícios altos. O uso de programas de última geração pode auxiliar na aplicação da técnica, mas, sem dúvida, a primeira grande barreira é conceitual e metodológica, inserindo-se nos esforços da indústria da construção civil brasileira por melhor qualidade e produtividade.

A elaboração dos planos é realizada a partir do uso de técnicas de programação, como linha de balanço, no qual são especificadas informações a respeito do início e fim das atividades, bem como a duração máxima necessária para execução do empreendimento (CASTRO; BORGES, 2017).

No próximo tópico apresentaremos os conceitos de obras repetitivas e unidade básica a luz de autores.

2.2 OBRAS REPETITIVAS E UNIDADE BÁSICA

Os projetos de construções lineares podem ser definidos como aqueles que requerem um elevado número de atividades repetitivas. Neste caso, se enquadram os edifícios de múltiplos pavimentos, conjuntos habitacionais, estradas, entre outros (MENDES JÚNIOR; HEINECK, 1998).

Estes projetos repetitivos são compostos por unidades básicas, as quais devem ser repetidas até a sua devida conclusão. Para essa definição de unidade básica, o projeto deve ser dividido em seções que representem o mesmo conjunto de operações ou tarefas que são repetidas ao longo do projeto; os conjuntos de operações semelhantes tomam como base alguns serviços, e na sua grande maioria o formato geométrico (MAZIERO, 1990; PRADO, 2002).

A determinação da unidade básica depende consideravelmente da dimensão do problema. A programação pode se tornar minuciosa ao considerar como unidade básica a menor unidade repetitiva (MENDES JÚNIOR, 1999).

Segundo Prado (2002), após a determinação das unidades básicas, passa-se à estruturação dos processos que serão repetidos em cada unidade; que no caso de um edifício de múltiplos pavimentos podem incluir: levantamento da estrutura, alvenaria, regularização de piso, revestimento das paredes, pintura, dentre outras.

Na sequência apresenta-se vantagens e desvantagens da linha de balanço conforme autores da literatura.

2.3 LINHA DE BALANÇO: VANTAGENS E DESVANTAGENS

Em geral, as técnicas de redes mostram-se ineficientes ao serem aplicadas em obras caracterizadas pela execução de uma série de atividades repetitivas, pois não contam com a própria simplificação resultante das repetições das unidades básicas. É um dos motivos de defesa de diversos autores quanto à técnica de linha de balanço para programação (MAZIERO, 1990).

Portanto, uma das vantagens é que essa simplificação relacionada com o tratamento gráfico permite uma agilidade muito grande no manuseio das informações constituindo uma forte ferramenta de comunicação dentro da obra (HEINECK, 1996).

Foram também apontadas como vantagens de aplicação da técnica por Frugoni, Volta e Magalhães (2014), aumento da produtividade a partir do caráter repetitivo das atividades a serem desenvolvidas e, a organização do plano de ataque à obra, fornecendo informações importantes referentes à utilização de equipamentos, contratação de mão de obra e compra de insumos.

A principal desvantagem da Linha de Balanço, reside no nicho limitado de aplicações dentro da construção civil, além de o mercado não fornecer programas computacionais específicos para a automatização da técnica (HERNANDES, 2002).

Além disso, como a técnica foi desenvolvida para processos repetitivos, é preciso elaborar uma programação a parte para processos que não possuem essa mesma característica dentro do projeto (LOSSO; ARAÚJO, 1995).

Alguns entraves ressaltados por Alves, Coelho e Limeira (1996) para aplicação da técnica são:

- ✓ Variabilidade acentuada das durações das atividades e do tamanho das equipes devido à falta de padronização dos serviços e de uniformização dos projetos. Por conta dessa variabilidade, a definição das durações e tamanho das equipes se tornam muitas vezes algo subjetivo;
- ✓ Projetos que não levam em conta a facilidade em executar a obra, o que facilitaria também a sua programação;
- ✓ Inadequação dos programas de orçamentos e controle de obras com a realidade do canteiro e com a metodologia da Linha de Balanço.

Na sequência daremos destaque a aplicação e cálculos da linha de balanço.

2.4 APLICAÇÃO E CÁLCULOS DA LINHA DE BALANÇO

Segundo Mendes Júnior (1999), os passos para a aplicação da Linha de Balanço estão intimamente relacionados com a tomada de decisões táticas ou operacionais, que originam os principais fatores intervenientes na programação da construção.

Assim como outras técnicas de programação de obra baseados em produtividade, a linha de balanço exige o dado básico que é o pacote de serviço a se executar e principalmente a produtividade da equipe, fatores cruciais para determinar a demanda de mão de obra necessária para executar a tarefa (PRADO, 2002).

Segundo Mendes Júnior (1999), a aplicação da linha de balanço se resume a:

- ✓ Determinação das atividades envolvidas na execução de uma unidade básica previamente definida e das relações de dependência entre as mesmas;
- ✓ Construção da rede considerando as possibilidades de agregação entre as atividades;
- ✓ Com a rede definida estima-se a equipe e a duração necessária para a execução de cada atividade. Através do caminho crítico, calcula-se o tempo total necessário para a execução da unidade básica;
- ✓ Tendo os parâmetros básicos necessários iniciais (equipe, atividades críticas, tempo de execução de cada unidade básica), calcula-se o ritmo a ser imposto ao deslocamento das equipes ao longo das diversas unidades que compõem o canteiro de obras, atentando se não há interferência entre as atividades e se cumpre o prazo previamente estabelecido;
- ✓ Escolhem-se as escalas para melhor visualização e, num gráfico, plotam-se as retas representativas do desenvolvimento das atividades ao longo do tempo; sendo que este gráfico, conhecido como Tempo x Caminho é capaz de informar a movimentação das equipes ao longo do canteiro de obras.

2.4.1 Cálculo da Linha de Balanço

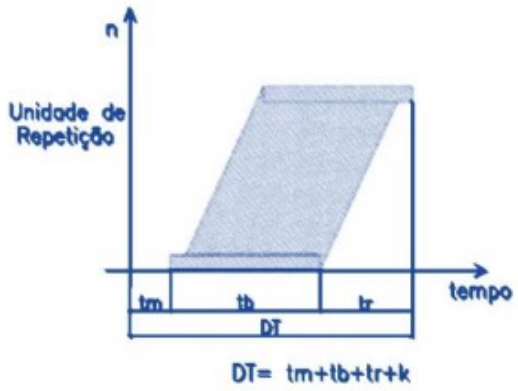
Existem diversos trabalhos que detalham um roteiro de cálculo da linha de balanço, sendo os seguintes aqui destacados: Maziero (1990), Alves, Coelho e Limeira (1996), Mendes Júnior e Heineck (1998), Mendes Júnior (1999) e Prado (2002). Contendo todas as informações necessárias para a aplicação da linha conforme o item

anterior, deve-se determinar as variáveis a seguir e calcular o ritmo das atividades. De acordo com os autores citados segue a sequência a ser seguida:

- ✓ Unidade de repetição (n): a determinação da unidade de repetição é uma decisão estratégica que depende de vários fatores, em função do tipo de obra, disponibilidade de recursos, equipamentos, tecnologias, ou seja, fatores muito relacionados à estratégia definida pela empresa;
- ✓ Duração Total (DT): a duração total de empreendimento pode ser uma imposição técnica, comercial ou até política;
- ✓ Tempo de Mobilização (tm): é o tempo necessário para executar os serviços preliminares não repetitivos, ou seja, de preparação. Exemplo: fundação;
- ✓ Tempo de Base (tb): tempo necessário para execução de uma unidade básica;
- ✓ Tempo de Ritmo (tr): é o tempo necessário para a execução de todas as unidades de repetição (exceto a primeira);
- ✓ Ritmo (R): é a taxa de produção, tempo necessário para cada unidade básica, ou razão de execução que é definido pelo número de unidades no tempo;
- ✓ Tempo para Imprevistos (k): numa obra real é necessário considerar tempos para absorção de atrasos, para dar uma margem de segurança para o cumprimento do prazo. Podem ser considerados diretamente no tempo da unidade básica, ou acrescentado no prazo final de duração.

A Figura 3 traz representação gráfica relacionada ao cálculo dos ritmos das atividades.

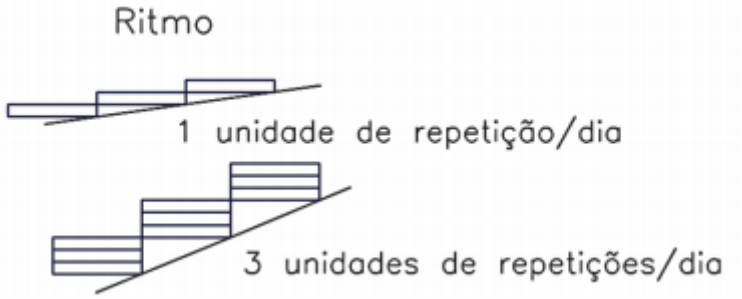
Figura 3 – Demonstração do cálculo dos Ritmo



Fonte: Heineck (1996).

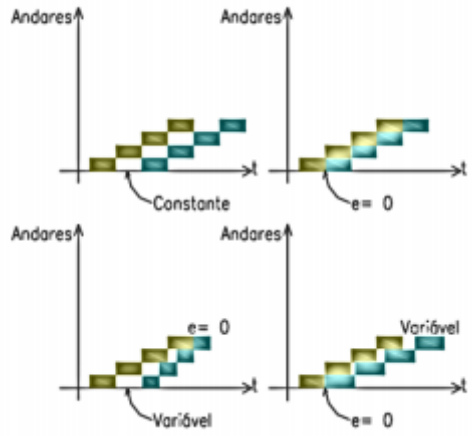
Segundo Heineck (1996) a declividade da reta indica o maior ou menor ritmo com que a atividade será executada. Se as retas forem paralelas significa que todas as atividades possuem o mesmo ritmo. Ritmos diferentes causam esperas entre uma atividade e sua sequência. As Figuras 4 e 5 detalham esta abordagem.

Figura 4 – Declividades da linha de balanço



Fonte: Heineck (1996).

Figura 5 – Identificação de Esperas



Fonte: Heineck (1996).

Nota-se então que a continuidade dos serviços é a condição ideal para aplicar a técnica da linha de balanço, portanto é sempre desejável manter os trabalhos de forma contínua com a redução dos tempos de espera. O objetivo 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 próximo tópico apresentaremos o objetivo do balanceamento das atividades.

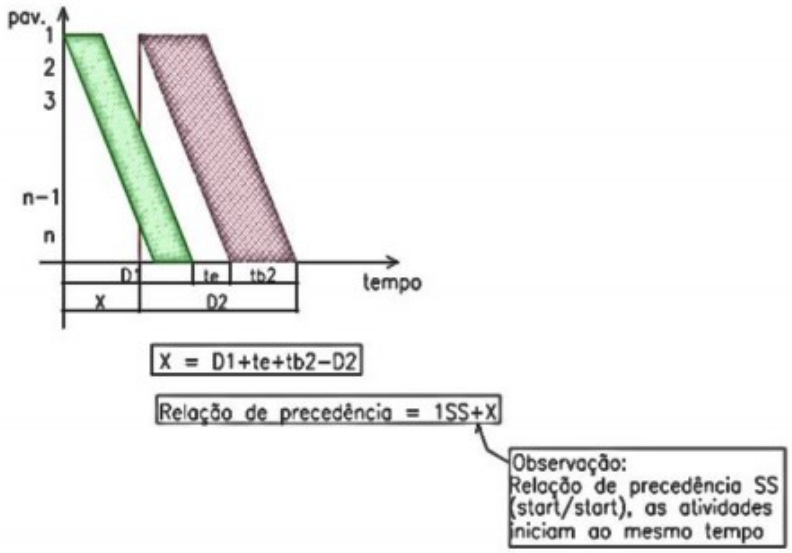
2.5 BALANCEAMENTO DAS ATIVIDADES

De acordo com Mendes Júnior (1999), o objetivo do balanceamento é dar a possibilidade de executar todas as atividades de uma maneira contínua sem interferências. A simulação das linhas de produção pode demonstrar a interferência de algumas atividades em outras; assim sendo é necessário fazer uma análise destas interferências e de toda a malha de processos.

A seguir serão exibidos gráficos, métodos e fórmulas para balancear as atividades, segundo Mendes Júnior (1999). Na Figura 6 apresenta-se o gráfico e as fórmulas para calcular o ponto de balanceamento entre duas atividades quaisquer. Tem-se as seguintes variáveis:

- ✓ D1: Duração Total da Atividade 1;
- ✓ D2: Duração Total da Atividade 2;
- ✓ te: Tempo de espera ou folga;
- ✓ tb: Tempo de base da Atividade;
- ✓ X: Número de dias a acrescentar na relação de precedência das Atividades.

Figura 6 – Gráfico e Fórmula para balanceamento de Atividades



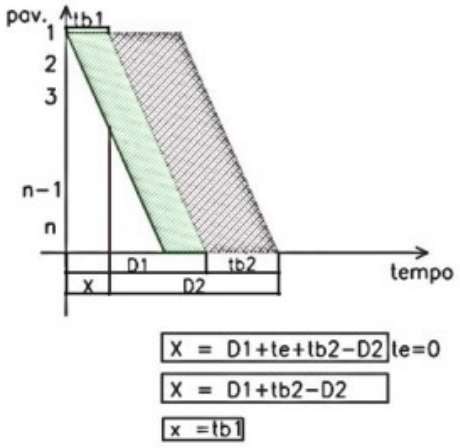
Fonte: Mendes Júnior (1999).

Resumidamente, segundo Mendes Júnior (1999) existem três casos, detalhados, a seguir, e representados nas Figuras 7 a 10:

1) Ponto de balanceamento igual ao tempo de base da Atividade 1 para redes de precedências com obrigações horizontais.

a) Atividades com Ritmos Iguais

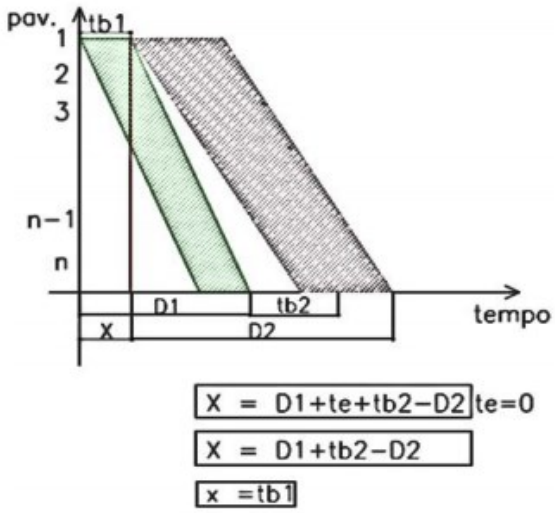
Figura 7 – Gráfico e Fórmula para balanceamento com Ritmos Iguais



Fonte: Mendes Júnior (1999).

b) Atividade 1 com Ritmo maior que Atividade 2.

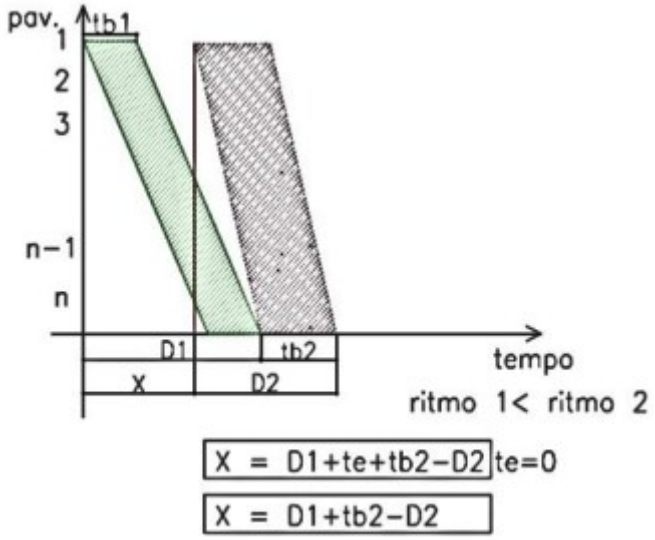
Figura 8 – Gráfico e Fórmula para balanceamento com R1 > R2



Fonte: Mendes Júnior (1999).

2) Ponto de balanceamento determinado pela fórmula geral para redes de precedências com obrigações horizontais para Atividade 1 com ritmo menor que Atividade 2.

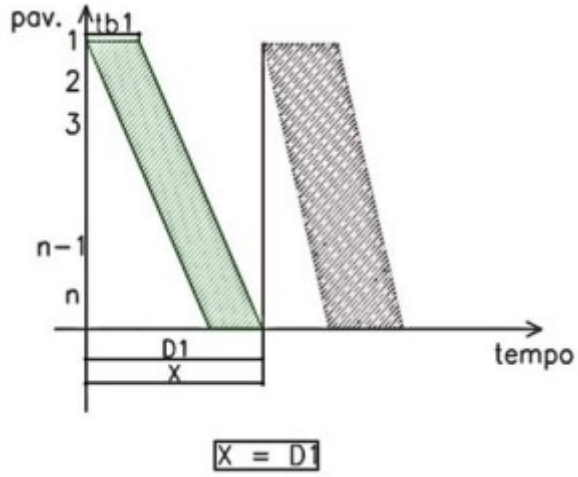
Figura 9 – Gráfico e Fórmula para balanceamento com R1 < R2



Fonte: Mendes Júnior (1999).

3) Ponto de balanceamento igual a duração da Atividade 1 para redes de precedência com obrigações horizontais e/ou verticais com direção igual ou diferente.

Figura 10 – Gráfico e Fórmula para balanceamento com te1=te2



Fonte: Mendes Júnior (1999).

Na sequência faremos uma abordagem sobre o efeito aprendizagem.

2.6 EFEITO APRENDIZADO: CONCEITO

Segundo Vershuren (1987 *apud* CASTRO; BORGES, 2017), denomina-se efeito aprendizagem o fenômeno onde, ao aumentar o número de unidades a serem produzidas, decresce o montante de trabalho executado por unidade. Credita-se ao efeito

aprendizagem o aumento de produtividade na indústria manufatureira, através do desenvolvimento dos métodos de produção com base em séries idênticas de produtos. Dessa maneira, consegue-se produzir grandes quantidades de produtos com baixo custo e alta qualidade.

De acordo com Castro e Borges (2017) um dos grandes trabalhos realizados nessa área foi o desenvolvido pela ONU (Organização das Nações Unidas), no ano de 1965, em que o foco era agrupar o máximo de informações possíveis sobre o efeito da repetição nos canteiros de obra de alguns países da Europa. Em síntese, este trabalho demonstrou que o efeito da repetição é a redução sucessiva do tempo necessário para executar operações idênticas, de forma repetitiva e sucessiva. Especificamente na indústria da construção, é possível deduzir que em obras onde se criam situações de repetição e continuidade, cria-se um ambiente favorável ao surgimento deste fenômeno. (GATES, 1972 *Apud* CASTRO; BORGES, 2017), consideram ainda a importância de se levar o efeito aprendizagem em consideração nos planejamentos, especificamente no cálculo de consumo da mão de obra.

A repetição de uma tarefa, além do treinamento e aprendizagem em sua execução, enfim a experiência, conhecidamente conduzem ao melhor desempenho, a um aumento da produtividade de acordo com Heineck (1991).

São razões que explicam o efeito aprendizagem, segundo Thomas, Mathews e Ward (1986):

- ✓ Familiarização com o trabalho;
- ✓ Melhoria da coordenação da equipe e dos equipamentos;
- ✓ Melhoria na organização do trabalho;
- ✓ Melhor gerenciamento e supervisão no dia a dia;
- ✓ Desenvolvimento de melhores métodos de execução;
- ✓ Melhores formas de suprimento às tarefas;
- ✓ Menores alterações nos trabalhos e reduções de retrabalhos

No próximo tópico daremos destaque as curvas de aprendizado.

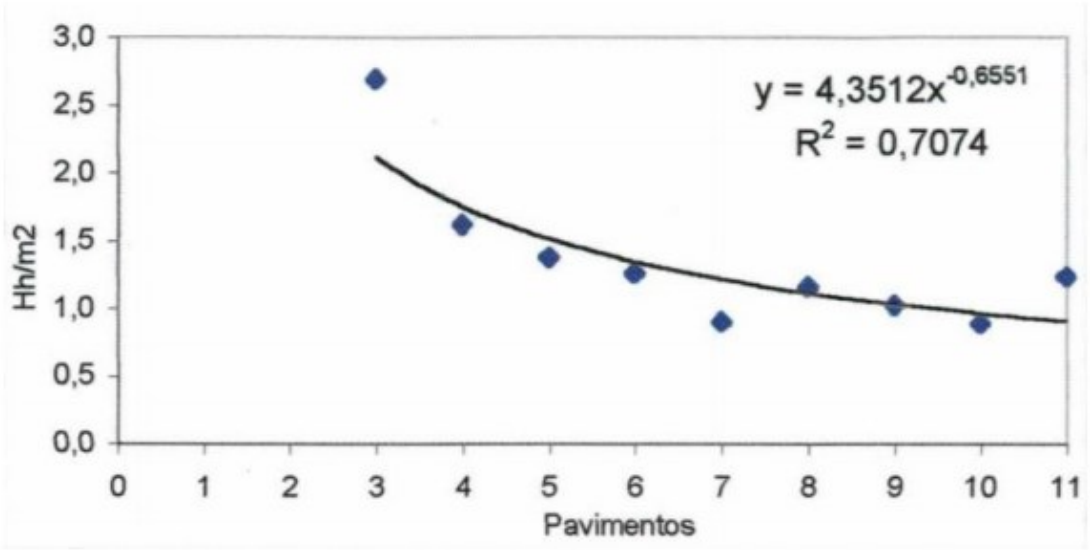
2.7 CURVAS DE APRENDIZADO

Trata-se da ilustração, através de curvas, do decréscimo de mão de obra necessária para a realização de um mesmo serviço através do número de operações executadas, ou seja, trata-se da representação gráfica do efeito aprendizagem, através da

evolução da produtividade apresentada (ONU, 1965 *apud* CASTRO; BORGES, 2017). Sua principal aplicação na construção civil é prever o desempenho da mão de obra, além de controlar custos e durações das atividades (GATES; SCARPA, 1972 *apud* CASTRO; BORGES, 2017).

Na Figura 11 pode-se observar um exemplo de curva de aprendizagem, onde nota-se o aumento gradual dos índices de produtividades, medidos em forma da Razão Unitária de Produção, RUP.

Figura 11 – Curva de aprendizagem para o serviço de alvenaria



Fonte: Marchiori (1998 *apud* CASTRO; BORGES, 2017).

Em seguida, daremos destaque a importância do planejamento e controle.

2.8 PLANEJAMENTO E CONTROLE

A falta de planejamento, com a não aplicação de uma técnica de programação adequada, faz que muitas vezes o empreendimento seja realizado com métodos construtivos equivocados, deixando de ser uma produção enxuta para, consequentemente, se aproximar de uma produção em massa (CASTRO; BORGES, 2017)

O processo de planejamento tem como foco as antecipações de um futuro desejado, envolvendo um grande número de atividades e um elevado grau de incertezas em relação ao tempo, espaço, custo e a disponibilidade de recursos (ASSUMPÇÃO, 1996; MENDES JÚNIOR, 1999).

O planejamento é um instrumento de ligação entre o projeto e a construção do empreendimento. Outro ponto é que durante a elaboração do projeto, o planejamento auxilia os estudos de viabilidade, sendo capaz de fornecer análises quanto a custos, prazos e necessidade de recursos financeiros (ASSUMPÇÃO, 1988).

Assim sendo, com a concepção de projeto definida, o planejamento estabelece diretrizes para a construção, por meio de análises via orçamentação e cronogramas, a fim de estruturar a empresa para a execução da obra (MATTOS, 2010).

Castro e Borges (2017) elenca como os principais benefícios 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;
- ✓ Profissionalismo.

O mesmo autor, contudo, constata deficiência no processo de planejamento em grande parte do setor da construção civil, deficiência esta que se manifesta em diferentes graus. Enquanto há empresas que planejam, mas o fazem de modo ineficiente, outras planejam bem, mas não controlam. Há ainda as que funcionam completamente baseadas na improvisação. Mattos (2010) cita como causas da deficiência em planejamento e controle:

- ✓ Planejamento e controle como atividade de um único setor;
- ✓ Descrédito por falta de certeza nos parâmetros;
- ✓ Planejamento excessivamente informal;
- ✓ Mito do tocador de obras.

2.8.1 Níveis do Planejamento

O planejamento e o controle de projetos estabelecem expectativas de situações previstas, definem resultados e informações entre a unidade de trabalho, departamentos de uma empresa e às vezes entre elas (CASTRO; BORGES, 2017).

De acordo com Castro e Borges (2017) o planejamento de um projeto é feito em nível estratégico e tático para ser posteriormente realizado no nível operacional, após isso é formulada uma programação. Estabelecidas as programações de um projeto surgem necessidades de controles, pois com eles se avalia a qualidade e a quantidade do que foi planejado para esse período permitindo, caso necessário, a reprogramação. Para planejar e controlar é necessário ter atitudes e tomar decisões continuamente, pois antecipação é fundamental para corrigir desvios que vejam comprometer o objetivo final.

Conforme Limmer (1997), planejamento é algo que fazemos antes de agir, isto é, a tomada antecipada de decisões. Ele ainda destaca a necessidade do planejamento de um projeto ao afirmar que "O planejamento é necessário quando a consecução do estado futuro que desejamos envolve um conjunto de decisões interdependentes, isto é, sistema de decisões".

O planejamento está intimamente ligado ao gerenciamento de um projeto, pois ainda segundo Ackoff (1987 *apud* CASTRO; BORGES, 2017), é um processo que se destina a produzir um ou mais estados futuros desejados e que não deverão ocorrer, a não ser que alguma coisa seja feita, então a função do gerenciamento é justamente fazer isso.

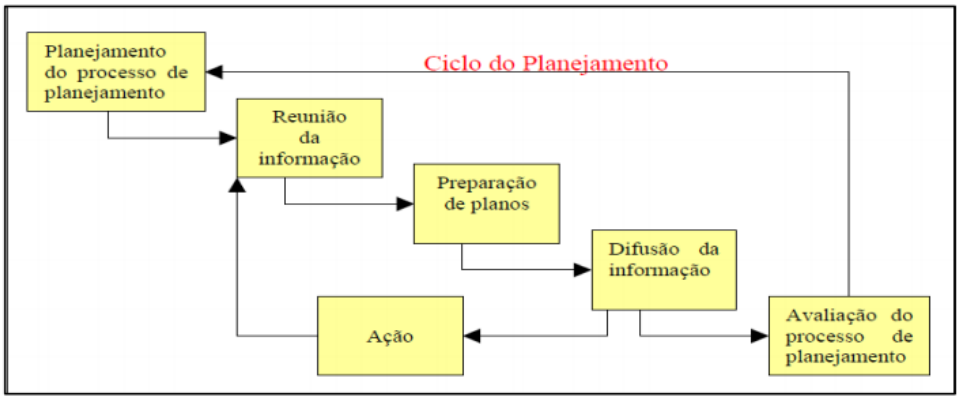
O processo de planejamento envolve duas dimensões distintas, uma vertical e outra horizontal, a primeira dimensão está relacionada à estratificação do planejamento em diferentes níveis gerenciais, compreendendo a coleta de informações, elaboração dos planos, difusão das informações e avaliação do processo; a segunda dimensão refere-se as etapas que compõem o planejamento de longo, médio e curto prazo (LAUFER; TUCKER, 1987).

2.8.1.1 Planejamento de longo prazo

Também conhecido como planejamento estratégico, abrange as principais atividades relacionadas à execução do empreendimento. Tem como principal produto o plano mestre (ASSUMPÇÃO, 1996).

Portanto, o planejamento de longo prazo deverá ser retroalimentado periodicamente, em função de empecilhos durante a obra, atrasos ou mudanças no fluxo de receitas (BERNARDES *et al*., 2002). As principais atividades desenvolvidas neste processo estão compreendidas na Figura 12 e no Quadro 1.

Figura 12 – Fases do Ciclo de Planejamento



Fonte: Laufer e Tucker (1987).

Quadro 2 – Planejamento Longo Prazo

PLANEJAMENTO LONGO PRAZO	
ATIVIDADE	**DESCRIÇÃO**
1. Coleta de Informações	✓ Compreende o processo de coleta de todas as informações necessárias para gerar o plano mestre de produção. Durante as retroalimentações, a coleta advém principalmente do planejamento de médio prazo.
2. Gerar Fluxo de Caixa	✓ É toda a base para o controle financeiro da obra, obtido através do plano mestre. Algumas vezes é necessário modificar o plano mestre da obra, afim de tornar mais viável o fluxo de despesas, principalmente quando esta é financiada por um agente financeiro, como por exemplo um banco.
3. Preparação do Plano	✓ Diversas técnicas são utilizadas nesta etapa para otimizar o plano mestre, como o diagrama de Gantt, os diagramas de precedência de atividades, as técnicas de rede e a linha de balanço, técnica em estudo deste trabalho.
4. Difusão do Plano Mestre	✓ Normalmente é conduzido através de reuniões com membros da diretoria, engenheiros e encarregados.
5. Programação de recursos	✓ É representado pela programação de compras ou aluguéis que deverão ser realizadas a partir do plano mestre. É caracterizado pelo longo ciclo de aquisição, e baixa repetitividade.
6. Difusão dos Recursos	✓ É a disseminação das necessidades aos setores de recursos humanos e de suprimentos, contratação de mão de obra e aquisição de materiais respectivamente.

Fonte: Prado (2002).

2.8.1.2 Planejamento de médio prazo

De uma maneira simplificada, o médio prazo constitui a vinculação entre o plano mestre e os planos operacionais. É o nível que está mais sujeito a alterações, em função da retroalimentação; também é conhecido como *lookahead planning* (BERNARDES *et al*., 2002).

Os procedimentos adotados para realizar o planejamento de médio prazo de acordo com Castro (2017), é uma característica interna da empresa. Por exemplo, existem casos em que o planejamento pode ser bimestral ou trimestral, em outros casos mensais. O mais comum é a subdivisão em duas linhas de tempo, uma com ciclos mensais e uma outra com ciclos trimestrais, interligadas. Entretanto, sabe-se que a faixa de tempo escolhida varia consideravelmente em função ao prazo da obra, e o nível de detalhamento a ser atingido (BERNARDES *et al*., 2002).

Um dos focos deste nível de planejamento de acordo com Castro e Borges (2017), é dar mais segurança quanto a disponibilidade de recursos, tentando minimizar as incertezas associadas, através da aferição da realidade atual vide o trabalho previsto no plano mestre (BERNARDES *et al*., 2002).

O Quadro 3 apresenta um resumo das principais atividades envolvidas no planejamento de médio prazo.

Quadro 3 – Planejamento Médio Prazo

PLANEJAMENTO MÉDIO PRAZO	
ATIVIDADE	**DESCRIÇÃO**
1. Coleta de Informações	✓ O plano de médio prazo é gerado a partir do plano mestre e de informações retroalimentadas do gerenciamento operacional.
2. Realizar simulação em planta	✓ Por meio de análises dos fluxos de trabalho e das tarefas envolvendo tanto o espaço quanto o tempo, é possível realizar simulações em planta para identificar possíveis interferências.
3. Preparação do Plano	✓ Normalmente gerado pelo gráfico de Gantt ou desdobramentos do diagrama de precedência de atividades.
4. Difusão do Plano	✓ Normalmente é conduzido através de reuniões com membros envolvidos no processo, ideal incluir quem gere a cadeia de suprimentos.
5. Programação de recursos	✓ Programação da aquisição dos materiais.
6. Difusão dos Recursos	✓ É a disseminação das necessidades aos setores de recursos humanos e de suprimentos, contratação de mão de obra e aquisição de materiais respectivamente. Libera previamente as ordens de produção

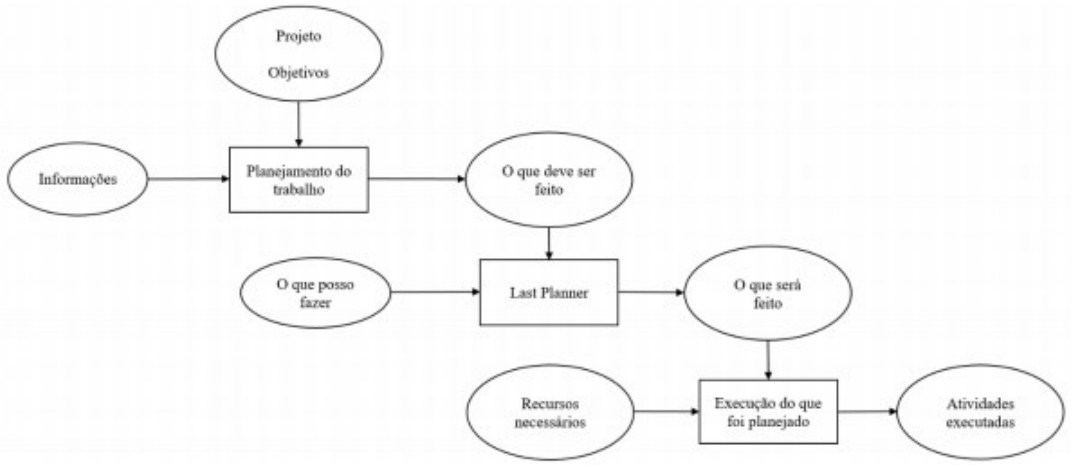
Fonte: Prado (2002).

2.8.1.3 2. Planejamento de curto prazo

Também chamado de planejamento operacional e planejamento de comprometimento, este nível tem a função de proteger a produção contra as incertezas que por ventura poderiam surgir ao longo do tempo de obra. Nesta etapa, segundo Castro e Borges (2017), são atribuídos os recursos físicos às tarefas do *lookahead planning*, além de dividi-las em lotes menores, conhecidos como pacotes de trabalho (BALLARD; HOWELL, 1994).

Protege-se a produção ao adotar planos passíveis de serem atingidos, submetidos anteriormente a uma análise do cumprimento de seus requisitos, e investigando as causas do não cumprimento do planejamento feito para cada atividade (BALLARD; HOWELL, 1994). A Figura 13 traz fluxograma prático para a elaboração de planejamentos de curto prazo.

Figura 13 – Fluxograma para elaboração de curto prazo



Fonte: Ballard e Howell (1994).

O Planejamento de Curto Prazo segundo Castro e Borges (2017), é muito importante para que a equipe gerencial da obra tenha alto comprometimento com os objetivos definidos no Planejamento de Longo Prazo e consiga atingi-los ao planejar o que deve ser feito no dia a dia da obra. Sem este Planejamento de Curto Prazo a equipe gerencial se perde e quando descobre que a obra está defasada em relação aos objetivos do Planejamento de Longo Prazo, pode ser tarde, dentro daquele período considerado.

No próximo item apresentaremos trabalhos correlatos ao do presente estudo, que serão base de discussões dos resultados da presente pesquisa.

2.9 TRABALHOS CORRELATOS

2.9.1 Trabalho correlato 01

Autores: Caio Lucas Ferreira Castro e Matheus de Rezende Borges - Universidade Federal de Goiás.

Título: Aplicação e controle da técnica da linha de balanço no planejamento de obra vertical.

Resultados: O grande desafio, em termos de planejamento, enfrentado durante a aplicação da técnica da Linha de Balanço na obra se deu por questões técnicas de execução. Por conta de prazos de retirada dos escoramentos da estrutura, houve a necessidade de alterar o ciclo de concretagem das lajes de 5 para 6 dias úteis. Dessa forma, caso fosse mantida a duração de 5 dias por pavimento para os serviços

balanceados, inevitavelmente ocorreria folga de um dia a cada pavimento, o que inviabilizaria a aplicação da Linha de Balanço.

Durante esta fase da pesquisa, compreendida entre os meses de setembro e novembro de 2017, foi acompanhada a execução dos serviços e o processo de controle do planejamento junto à obra, de modo a verificar na prática os efeitos da aplicação da técnica da LDB. Foram abordados nos resultados também os processos de replanejamento, decorrentes de situações adversas no canteiro de obras e do processo de melhoria contínua implantado pela empresa. Além disso, durante o estudo, foram observadas as práticas adotadas pela obra no controle das atividades planejadas.

Além disso, observou-se também o controle de qualidade realizado, pois um grande número de retrabalhos é também conhecidamente causa de atrasos em obras. O empreendimento em estudo tem por característica uma grande quantidade de unidades residenciais a serem executadas.

2.9.2 Trabalho correlato 02

Autora: Ana Beatriz Fernandes Herthel - Universidade Federal da Paraíba

Título: Análise de viabilidade de aplicação da linha de balanço em obras de edifícios residenciais em João Pessoa-PB

Resultados: Foi aplicado questionário qualitativo ao responsável pela gerência da obra estudada, a fim de que se pudessem obter informações quanto aos métodos de coordenação do planejamento realizado pela empresa. Aliado ao questionário, também foram feitas observações pela pesquisadora na obra estudada e em outras obras da mesma empresa, de maneira a obter melhor avaliação do gerenciamento de obras da mesma (HERTHEL, 2015).

Baseando-se nas diretrizes recolhidas através de pesquisas bibliográficas bem como na programação original da obra estudada e nas práticas usuais da empresa, foi desenvolvida uma nova programação teórica para a execução da unidade base do empreendimento, utilizando a ferramenta Linha de Balanço. A unidade base escolhida para aplicar a Linha de Balanço foi o pavimento tipo, sendo esta uma unidade usual utilizada por projetistas na aplicação desta técnica.

Para o desenvolvimento da técnica, escolheu-se trabalhar segundo uma das maneiras propostas por Mendes Júnior e Heineck (1997) na qual a rede do pavimento tipo deve ser calculada pelo método do caminho crítico (CPM) e as atividades nas

fachadas do edifício serão programadas separadamente, respeitando as datas de suas precedentes (HERTHEL, 2015).

2.9.3 Trabalho correlato 03

Autora: Amanda Strohaecker -Centro Universitário Univates Rio Grande do Sul

Título: Recuperação do cronograma de implantação de um edifício comercial no município de Teutônia/RS

Resultados: Este trabalho possui como objetivo principal, apresentar os resultados obtidos na implementação do Planejamento de Obra, visando a recuperação do cronograma inicial, após atrasos na etapa de fundação e contenção em uma obra predial/comercial de 3.062 m² localizada no município de Teutônia/RS (STROHAECKER, 2017).

Com a utilização de planilhas eletrônicas foi realizado o planejamento da obra alvo deste estudo de caso em três diferentes níveis, visando a recuperação do cronograma de obra foi feita a reprogramação da atividade do ponto de partida deste estudo (concretagem da laje do pavimento térreo) até a sua finalização, esta etapa foi adotada como planejamento de longo prazo e se trata de uma análise estratégica com a definição dos objetivos a serem visados pelos demais níveis de planejamento.

Posterior ao planejamento de longo prazo foram analisadas as restrições existentes para realização de cada etapa da obra conforme os objetivos traçados, este nível foi assumido como o planejamento de médio prazo que se trata da etapa tática do estudo. Seguido pelo Planejamento de curto Prazo que delimita as atividades de forma Operacional (STROHAECKER, 2017).

No próximo capítulo apresentaremos os resultados do presente estudo e suas análises.

3 ESTUDO DE CASO

Neste capítulo inicialmente será apresentada a empresa objeto deste estudo, demonstrando suas principais características, posteriormente se desenvolverá através da aplicação da Linha de Balanço e o planejamento à construção de um empreendimento residencial e comercial com múltiplos andares.

3.1 DADOS DA EMPRESA

No presente trabalho a pedido da empresa objeto deste estudo vamos chamar de "Construtora S".

A Construtora S é uma empresa familiar e já está na sua terceira geração, atua no ramo da construção civil na grande Florianópolis e Itapema no Estado de Santa Catarina, com a execução de edifícios comerciais e residenciais de médio e alto padrão. A Construtora S foi fundada em 1983, teve um início muito difícil. Durante sua trajetória passou por muitas crises econômicas, mas com dedicação, pontualidade nas entregas e respeito aos seus parceiros e clientes a construtora superou os desafios e hoje possui uma marca consolidada no meio em que atua e respeito da sociedade em geral.

A empresa já executou e entregou desde a sua fundação em 1983 um total de 64 edifícios, 3775 unidades autônomas e 521.216,95 m² de área construídas de empreendimentos comerciais e residenciais distribuídos nos municípios de Florianópolis, São José, Palhoça e Itapema, onde tradição e futuro caminham juntos para construção e concretização de muitos sonhos. Atualmente a construtora está com a execução de 7 novos projetos, com uma área total de 83.785,05 m² de obras totalizando 461 unidades autônomas.

No início contava apenas com 6 colaboradores que tiveram um papel muito importante durante as dificuldades enfrentadas inicialmente e nos improvisos necessários para a construção dos primeiros edifícios. Atualmente conta com uma equipe de 230 colaboradores próprios e 50 terceirizados, que estão distribuídos e organizados em vários setores da construtora e nas 7 obras que estão sendo executadas simultaneamente.

A maior parte dos serviços executados nas obras da Construtora S são realizados por mão de obra própria, este é um fator de suma importância no planejamento e

execução dos seus projetos, no entanto algumas atividades são executadas por empresas terceirizadas com supervisão da equipe técnica e engenheiros da Construtora S.

Os empreendimentos da Construtora S possuem características muito similares, fato este que auxilia muito no planejamento das obras, pois em grandes partes suas obras verticais possuem vários andares repetitivos, em média são 13 andares tipos. Conforme Figuras 14 e 15 obras já entregues e em execução.

Figura 14 – Obra pronta e entregue abril/2017

Fonte: Dados da pesquisa (2021).

Figura 15 – Obra em construção, entrega set/2021

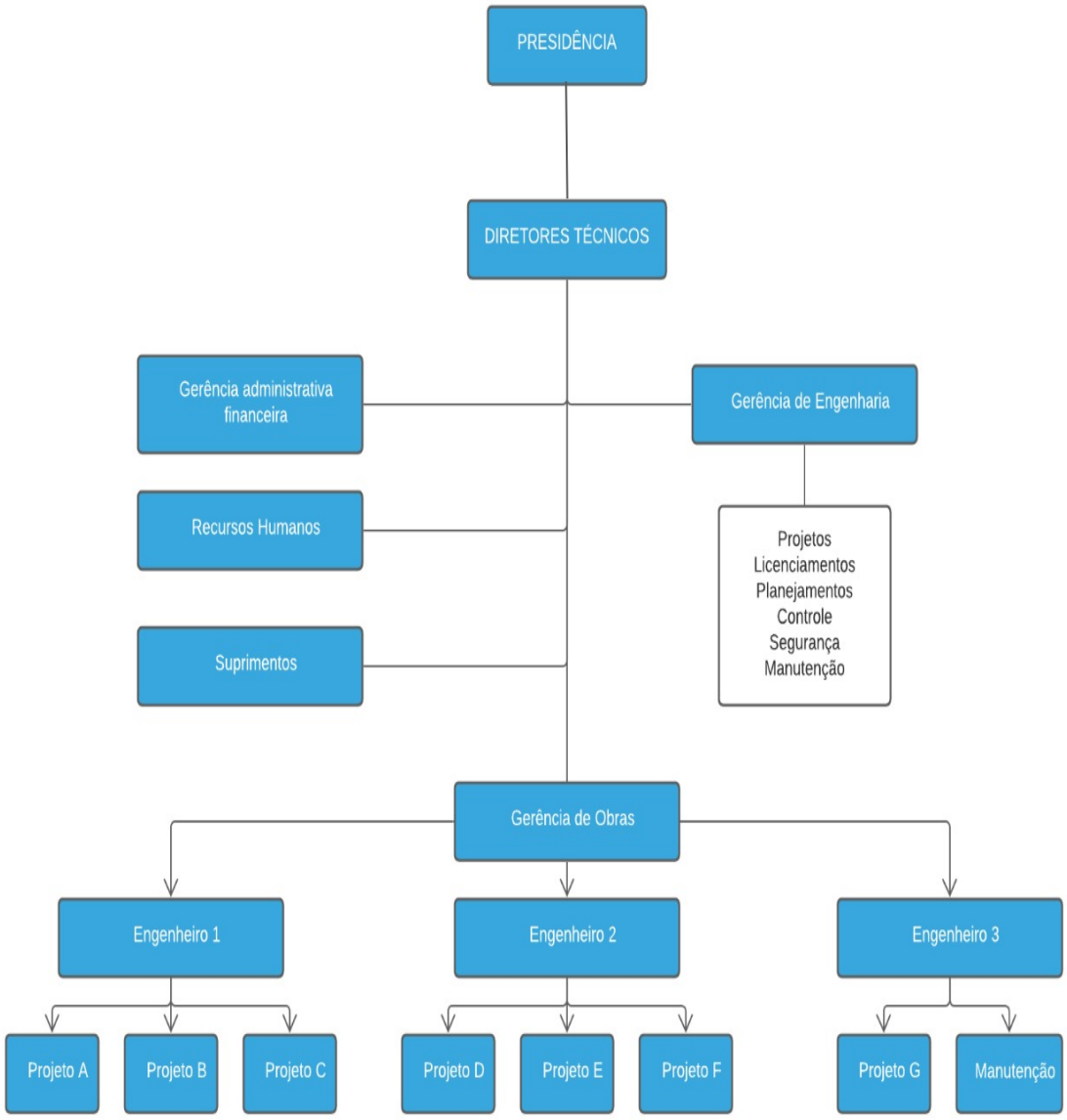
Fonte: Dados da pesquisa (2021).

A construtora também se destaca pelo seu pioneirismo em sua área de atuação pois fez parte do primeiro grupo de empresas que conquistou a certificação do PBQP-h na construção civil, a primeira a entregar um empreendimento de 12 pavimentos na região continental de Florianópolis e tem no seu DNA o perfil da inovação, pois abriu caminho para implantação e uso de novos equipamentos, materiais e sistemas construtivos, foi a primeira construtora a executar lajes nervuradas com formas plásticas; umas das primeiras construtoras a utilizar o equipamento grua no canteiro de obras; a primeira a usar massa estabilizada no assentamento de tijolos e rebocos de suas obras na grande Florianópolis; umas das primeiras a implantar sistemas de paletizar os materiais que chegam e são transportados dentro do canteiro de suas obras; a primeira a construir edifício residencial com 2 subsolo em São José/SC; uma das primeiras a usar máquina para bombear massa de contra piso em suas obras, etc.

3.1.1 Estrutura da empresa

Conforme Figura 16, a empresa na sua parte administrativa possui diferentes departamentos com funções bem definidas, e que formam uma estrutura organizacional que executam suas tarefas de acordo com cada função.

Figura 16 – Estrutura da Construtora S



Fonte: Dados da pesquisa (2021).

A Construtora S possui cinco engenheiros, dois trabalham diretamente na administração da empresa e no planejamento de futuros projetos, os outros três ficam responsáveis pelo gerenciamento das obras em execução e da manutenção dos

empreendimentos entregues com garantia ainda em vigência, conforme Figura 16. Ressalta-se que cada obra possui uma equipe, com um ou dois encarregados, dependendo do estágio da obra e um almoxarife, um técnico de segurança que fica responsável por todas as obras, um gerente de obra que é responsável pela administração e mão de obra da empresa, própria e terceirizada, bem como a fiscalização dos cronogramas e ritmos das obras, e durante o período da pesquisa havia dois estagiários de engenharia que auxiliavam em todas as obras, conforme demanda.

Outro ponto de relevância na Construtora S é o alto índice de permanência dos seus colaboradores nos canteiros de obras, no Quadro 4 representa melhor esta afirmação;

Quadro 4 – Tempo médio de permanência dos funcionários no quadro da empresa

Cargo do colaborador	**Quantidade de colaboradores**	**Media de permanência**
Gerente de obras	1	17 anos ou 204 meses
Encarregados de obras	7	6,5 anos ou 78 meses
Azulejistas	5	9,8 anos ou 118 meses
Pedreiro/Meio oficial P.	41	9,2 anos ou 110 meses
Carpinteiro/Armador	42	3,3 anos ou 40 meses
Pastilheiro	3	21 anos ou 252 meses
Rejuntador	2	7,5 anos ou 90 meses
Serventes	52	1,5 anos ou 18 meses
Operador de betoneira	5	6,3 anos ou 76 meses
Operador de guindaste (grua)	2	8,5 anos ou 114 meses
Guincheiro de elevador	3	12 anos ou 144 meses
Tec. Edificação/ almoxarife	5	1,1 anos ou 13 meses
Tec. De segurança	1	3 anos ou 36 meses
Engenheiro de obras	3	6,5 anos ou 78 meses
TOTAL	172	5,2 anos ou 63 meses

Fonte: Elaboração dos autores, 2021.

Analisando os dados do quadro 4 podemos verificar o alto índice de permanência dos funcionários. Se analisarmos separadamente algumas funções têm um índice muito alto, como pedreiro 9,2 anos, azulejista 9,8 anos, guincheiro 12 anos e pastilheiro 21 anos, mas se analisamos a média geral da empresa que é de 63 meses ou 5,2 anos o resultado supera em muito a média nacional de permanência de funcionários

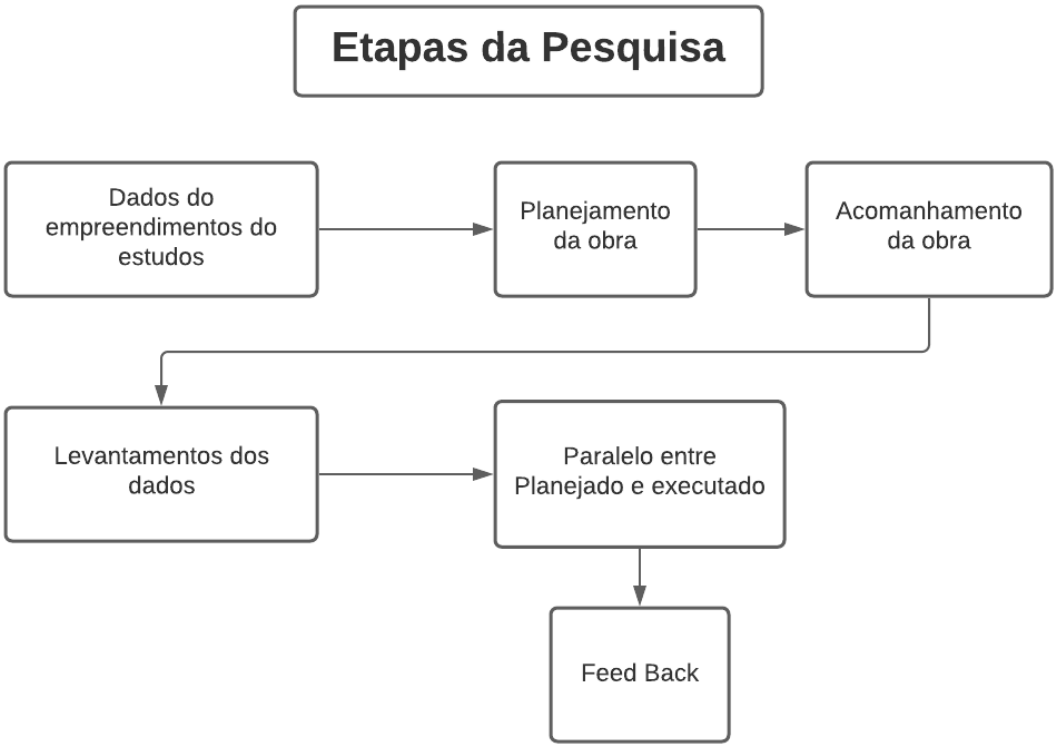
na indústria da construção civil que é de 5,9 meses ou 0,5 anos, de acordo com RAIS/TEM 2016.

Para chegar a este patamar a Construtora S criou uma serie de boas práticas internas, como uma seleção criteriosa no seu quadro de colaboradores, identificando aqueles com um potencial acima da média, na execução de cada etapa da obra, colocando cada colaborador no que ele mais produz, e uma atenção especial na formação de seus profissionais dentro da empresa, com o treinamento e promoções dos que mais se destacam. Um exemplo, é de que quase 40% dos profissionais da empresa S iniciaram como ajudantes. Outro ponto vital foi uma definição de metas e objetivos em cada canteiro de suas obras, com a participação de todos os envolvidos, ressaltando e definindo os papeis e responsabilidades com clareza de todos os envolvidos no processo, gerando nos colaboradores um sentimento de engrandecimento de suas participações durante todo o processo, criando um ambiente de liberdade para propor ideias e para melhorias continuas em todas as etapas das execuções das obras.

3.2 PLANEJAMENTO DA PESQUISA

Após a primeira visita na sede da empresa, onde pode se conhecer um pouco melhor sua história, bem como seus métodos de planejamentos e execução de suas obras, pode-se efetuar a coleta de dados da empresa e a verificação de suas limitações. Após esta visita fez-se necessário realizar um planejamento da pesquisa para servir de guia durante a realização dos estudos, conforme Figura 17.

Figura 17 – Planejamento da pesquisa



Fonte: Elaboração dos autores, 2021.

Primeira etapa: será detalhada os dados do empreendimento escolhido pelos autores para esta pesquisa, o qual demonstrou ter a maior dedicação do efetivo da empresa durante o período do estudo.

Segunda etapa: com as informações passadas pelos envolvidos nessa etapa, decorrerá os dados de como foi efetuado o planejamento da obra, consistindo no levantamento do quantitativo de serviços com as características do projeto base e dos dados de produtividade de mão de obras próprias nos arquivos de produção dos empreendimentos já concluídos, que geraram informações suficientes para execução do planejamento a longo prazo da obra, por meio da aplicação da técnica da linha de balanço, embasados no pensamento enxuto.

Terceira etapa: consiste no acompanhamento da obra, onde serão observados como ocorre *in loco* os desafios de implantação e de gerenciamento através da aplicação do conceito de linha de balanço durante a execução da obra.

Quarta etapa: consiste no levantamento dos dados, para isso foi utilizado o sistema "*Last Planner*" como método de controle em nível operacional, realizado semanalmente com todos os "*Last Planners*" (engenheiro da obra, mestre de obra,

gerente de obra e empreiteiros). De acordo com Alves, Coelho e Limeira (2016), o sistema "*Last Planner*" é uma filosofia que, por meio de implantação de novo nível de planejamento, como plano de curto prazo, garante a proteção contra os efeitos de incertezas e variabilidades nos processos, assim, resulta em maior desempenho na produtividade, refletindo principalmente no cumprimento de prazos.

Quinta etapa: nela foi traçado um paralelo entre o planejado e o executado, quais os pontos que ficaram fora do esperado, os porquês de cada discrepância e uma análise mais aprofundada dos dados captados na fase anterior.

Sexta etapa: recebimento do *feedback* necessário para avaliação dos resultados obtidos, que contou com a participação de todos os envolvidos na pesquisa, por onde se obteve uma melhor análise para as conclusões apresentadas na pesquisa do trabalho

Definindo o planejamento de pesquisa, na sequência teremos o detalhamento de cada etapa.

3.2.1 Dados do empreendimento do estudo

O empreendimento localiza-se no bairro Kobrasol na cidade de São José (SC), construído em um terreno com área de 1.456,20 m², e área construída de 17.387,57 m² em torre única, sendo dividido em pavimento subsolo II, pavimento subsolo I, pavimento térreo, pavimento garagem I, pavimento garagem II, pavimento pilotis/garagem III/1° pavimento, 13 pavimentos tipo, pavimento ático (lazer), casa de máquina, barrilete e reservatório superior.

O empreendimento possui 13 lojas comerciais no andar térreo, e um total de 108 apartamentos, com oito apartamentos por andar, destes sendo quatro com dois dormitórios, uma suíte, um banheiro social, uma sala de estar/jantar integrada com a cozinha, uma área de serviço e sacada com churrasqueira com uma área de 80 m²; e quatro apartamentos com três dormitórios, sendo duas suítes, um banheiro social, uma sala de estar/jantar integrada com a cozinha, uma área de serviço e sacada com churrasqueira com uma área de 104 m² (Figura 18).

Figura 18 – Perspectiva da obra

Fonte: Dados da pesquisa, 2021.

A obra teve início em fevereiro de 2019, e segundo registros disponibilizados pela Construtora S, como o terreno já estava limpo e cercado com tapume metálico, os trabalhos foram executados na seguinte ordem:

a) Execução mureta guia: a mureta guia como o próprio nome diz tem como principal função guiar a "*clam shell*" durante o processo da execução da parede diafragma.

b) Parede de diafragma: consiste em realizar no subsolo, um muro vertical de profundidades e espessuras variáveis, construídos de painéis elementares alternados ou sucessivos, e apto a absolver cargas axiais, empuxos horizontais e momentos fletores. Na obra dos estudos foram executadas 60 lamelas de (0,40 x 2,50 x 10,50 metros) em todo o perímetro do terreno.

c) Estaca hélice continua monitorada: é uma fundação do tipo profunda, de concreto moldado "in loco", esse processo executivo torna a hélice continua uma das melhores soluções de fundações, uma vez que pode ser utilizada em diversos tipos de solo, com a presença ou ausência de nível de água e apresenta elevada produtividade com melhor qualidade e excelente custo benefício, com diâmetros e profundidades definidos pelo projeto geotécnico, na obra do estudo foram executadas no total 121 estacas com diâmetros de (0,60, 0,70 e 0,80 metros) e com uma média de profundidade de 19,00 metros de profundidade.

d) Tirantes: são peças compostas por um ou mais elementos resistentes a tração (geralmente barras de aço ou cordoalhas). Nas obras do estudo foi utilizado o sistema de barra de aço, esses elementos são introduzidos no terreno que está sendo contido e que foi previamente perfurado, depois se faz a injeção de uma calda de cimento com a intenção de criar um bulbo de ancoragem, e posteriormente fazer a tração na parede de diafragma, na obra apresentada foram executados 44 tirantes com profundidade de (20 metros) cada.

e) Corte das estacas: foi executado pela própria equipe de carpintaria da Construtora S, através de martelo rompedor com ponteiro, é um processo muito importante pois todas as estacas devem ficar no mesmo nível, e é recomendado deixar no mínimo (10 centímetros) do concreto da estaca e (70 centímetros) de aço na cabeça da estaca acima do nível do fundo do bloco de concreto, para ajudar no embutimento do elemento de fundação no bloco de coroamento.

f) Bloco de coroamento: é um elemento estrutural de concreto que é moldado “in loco”, sua função é transmitir as cargas da estrutura de maneira uniforme para as fundações profundas.

g) Vigas de baldrame: na concepção estrutural de edifícios em concreto armado, a viga de baldrame recebe as cargas de paredes e outros elementos e transmite aos elementos de fundação como sapatas e blocos de coroamento.

h) Superestrutura: é a parte de uma construção que está acima do nível do solo, é também conhecida como supra estrutura, e que suporta as cargas dos diversos pavimentos e as transmite para as fundações, compreende elementos como vigas, pilares, lajes, entre outros, na sequência será detalhado suas funções e qual o tipo foi utilizado na obra aqui estudada.

- Laje: são elementos planos bidimensionais, e recebem a maior parte das ações aplicadas numa construção, normalmente de pessoas, moveis, pisos, paredes e os mais variados tipos de cargas que podem existir em função da finalidade, na obra do estudo foi utilizado nas garagens e pavimento térreo a laje nervurada, executadas “in loco” com formas de polietileno na dimensão de 80x80, e nos pavimentos tipos e cobertura laje mista.

- Vigas: a importância das vigas decorre do fato de serem os elementos que suportam as lajes e a maioria das cargas provenientes de elementos não estruturais como por exemplo parede de divisórias e de fechamento, bem como cargas de outras vigas que nela se apoiam.

- Pilares: elementos de barras que se caracterizam pelo fato de serem verticais e trabalharem, predominante a compressão e sua função principal é transmitir as cargas de todos os pavimentos para as fundações.

i) Chapisco: é uma etapa de extremamente importante da obra, pois se trata a aderência da base de aplicação e o revestimento argamassado ou alvenaria, na obra do estudo se limpava toda a estrutura depois era lavado, e só posteriormente era aplicado o chapisco, toda a mistura era feita na obra, tetos e estruturas de concretos eram aplicados chapisco de rolo e na alvenaria chapisco de colher.

j) Alvenarias: utilizados para fechamentos de vãos ou delimitação das áreas, sem função estrutural de sustentação, apenas suportar seu próprio peso, foram utilizados diferentes tamanhos de tijolos cerâmicos nas paredes internas e externas, e bloco de concreto celular auto clavados nas escadarias e áreas de rota de fuga, assentados

manualmente com colher de pedreiro e argamassa estabilizada pronta, adquirida da indústria externa.

l) Reboco de teto e parede: é um tipo de argamassa para deixar tetos ou paredes preparadas para receber o revestimento cerâmico ou pintura, no teto foi utilizado argamassa preparado na própria obra, já nas paredes argamassa estabilizada adquirida da indústria externa, aplicadas com colher de pedreiro, cortados com réguas niveladoras manualmente e o acabamento final feito com desempenadeira de PVC.

m) Encunhamento: processo para evitar o fissuramento nos encontros das alvenarias com vigas e tetos, argamassa produzida na obra com aditivo de expansor e saibro, aplicado com colher de pedreiro manualmente.

n) Contra piso: consiste na aplicação de uma camada para regularizar e nivelar uma laje, esse procedimento é necessário para preparar a superfície que posteriormente irá receber o acabamento ou revestimento desejado.

o) Taqueação: essa etapa consiste no esquadrejamento de todos os ambientes do apartamento, bem como o nivelamento e alinhamentos de todos os pontos elétricos, hidráulicos e de ar- condicionado, utilizando massa industrializada e tacos de madeira, utilizando colher de pedreiro, trena, nível a laser, esquadro, régua de alumínio e plumo.

p) Impermeabilização: Consiste em garantir o isolamento dos materiais que fazem parte de uma construção, a fim de proteger contra o contato de líquidos indesejados, e auxiliando posteriormente durante toda a vida útil da edificação e suas condições de habitualidade, foi utilizado um revestimento bi-componente (A+B), semiflexível, aplicando três demãos com trinchas nos banheiros, sacadas, janelas e outros.

q) Revestimentos cerâmicos (azulejo, pastilha): usado para decoração dos ambientes, pois sempre dá um toque especial no empreendimento, assentado com argamassa colante AC1e AC3, e respeitando sempre as instruções do fabricante.

No início da pesquisa, a obra se encontrava com os seguintes trabalhos concluídos ou em execução: estrutura, chapisco, alvenaria, reboco de teto, reboco interno e externo, encunhamento, contrapiso, taqueação, azulejo e pastilha. Conforme pode se visualizar na Figura 19.

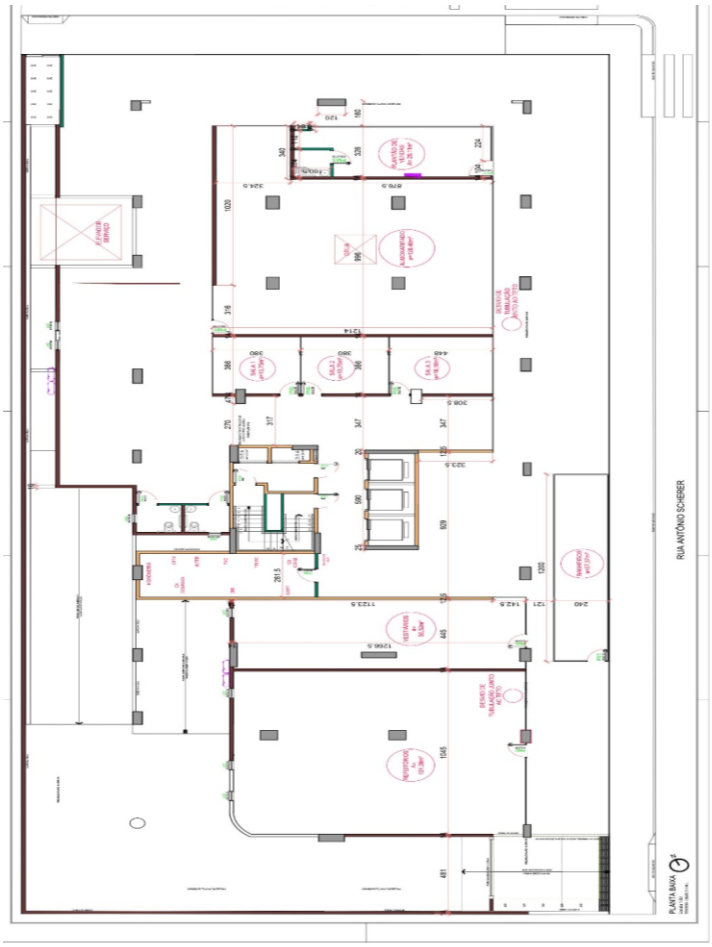
Figura 19 – Foto da obra no primeiro dia de visita

Fonte: Elaboração dos autores, 2021.

Na Figura 20 está o projeto de *layout* do canteiro de obra, nele pode-se observar como foi projetado toda a área de vivência (refeitório, vestiário, banheiro, salas de engenharia e apoio), também pode se ver o almoxarifado e plantão de vendas, bem

como a posição do elevador de cargas e a torre da grua, que foram previamente estudados para um melhor aproveitamento e auxilio na logística dos materiais em todo o canteiro de obra

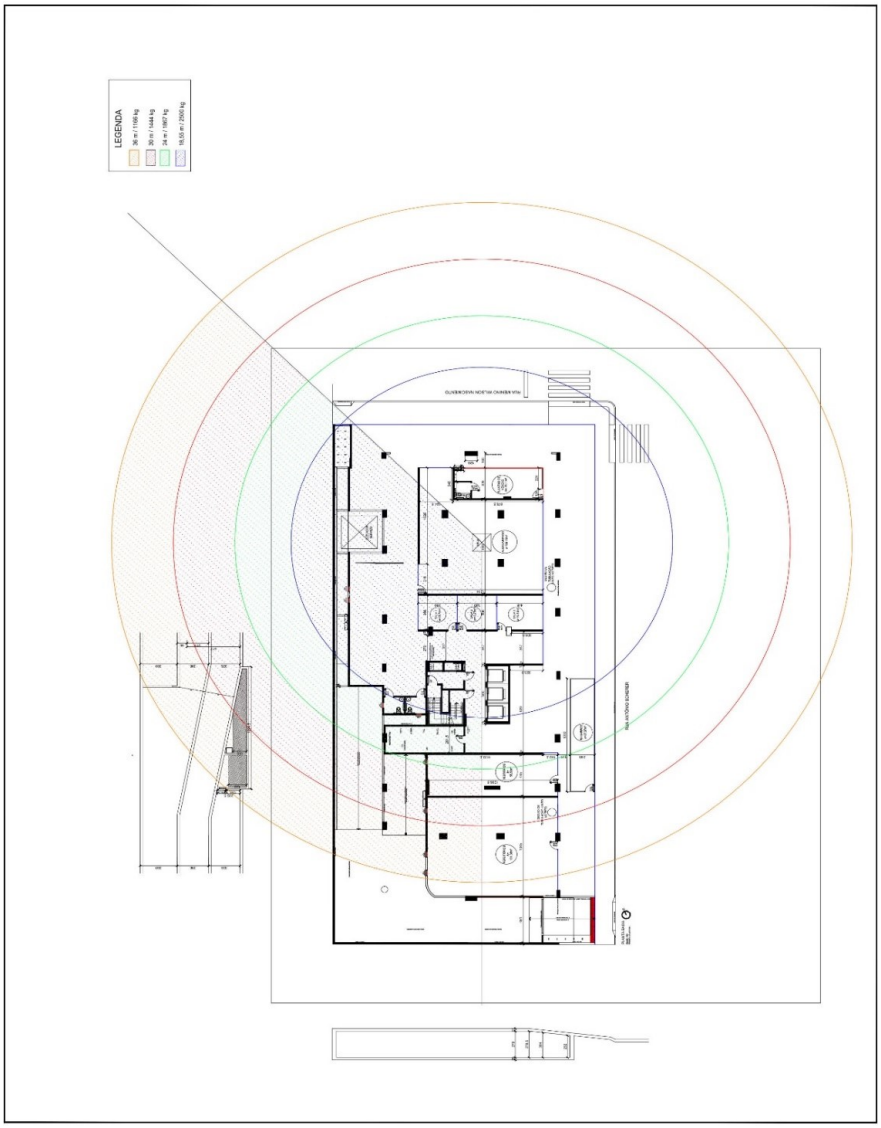
Figura 20 – *Layout* do canteiro de obras



Fonte: Dados da pesquisa, 2021.

Na Figura 21, é possível observar as linhas de alcance da grua, pois elas definem qual a capacidade de carga da grua em cada posição da obra, quanto mais próximo da sua torre maior será a capacidade. Esse estudo do local da grua é escolhido com muito cuidado, pois além de ter que ficar em uma boa posição para um melhor aproveitamento do canteiro de obra, é necessário verificar o local onde serão içados os materiais que chegam na obra e são descarregados direto dos caminhões ou carretas para os locais onde serão utilizados, para um melhor aproveitamento da mão de obra dentro do canteiro de obra, como aço, tijolos, madeiras entre outros, pois uma escolha errada pode comprometer um grande percentual de efetividade das suas operações.

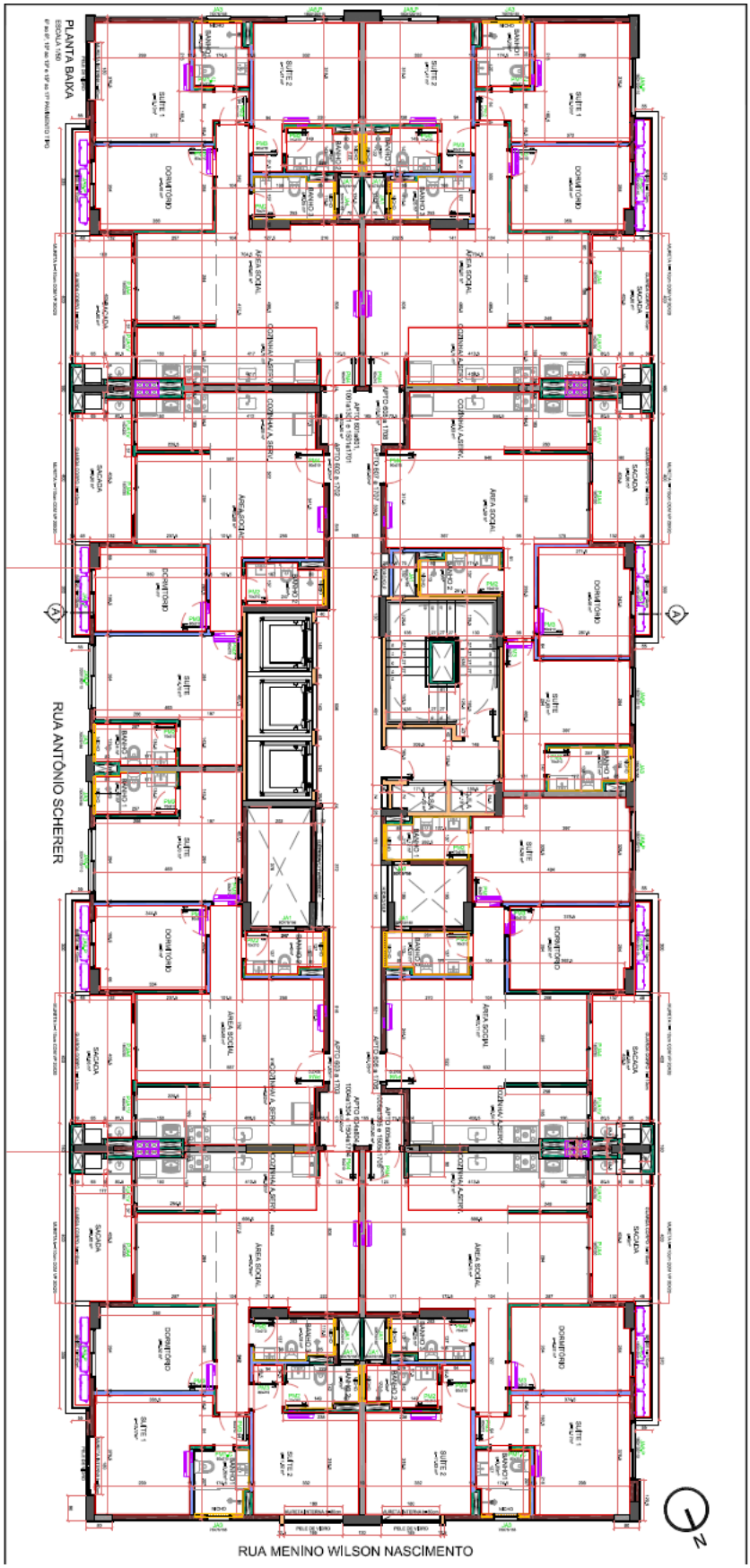
Figura 21 – Área de abrangência da grua



Fonte: Dados da pesquisa, 2021.

Na Figura 22, observa-se a planta baixa do andar tipo, que se repetirá treze vezes, ele serve de base para o levantamento das sequencias e quantitativos das atividades, após extrair os totais de cada atividade do projeto do andar tipo, serão montados os pacotes de trabalhos e posteriormente lançados na linha de balanço.

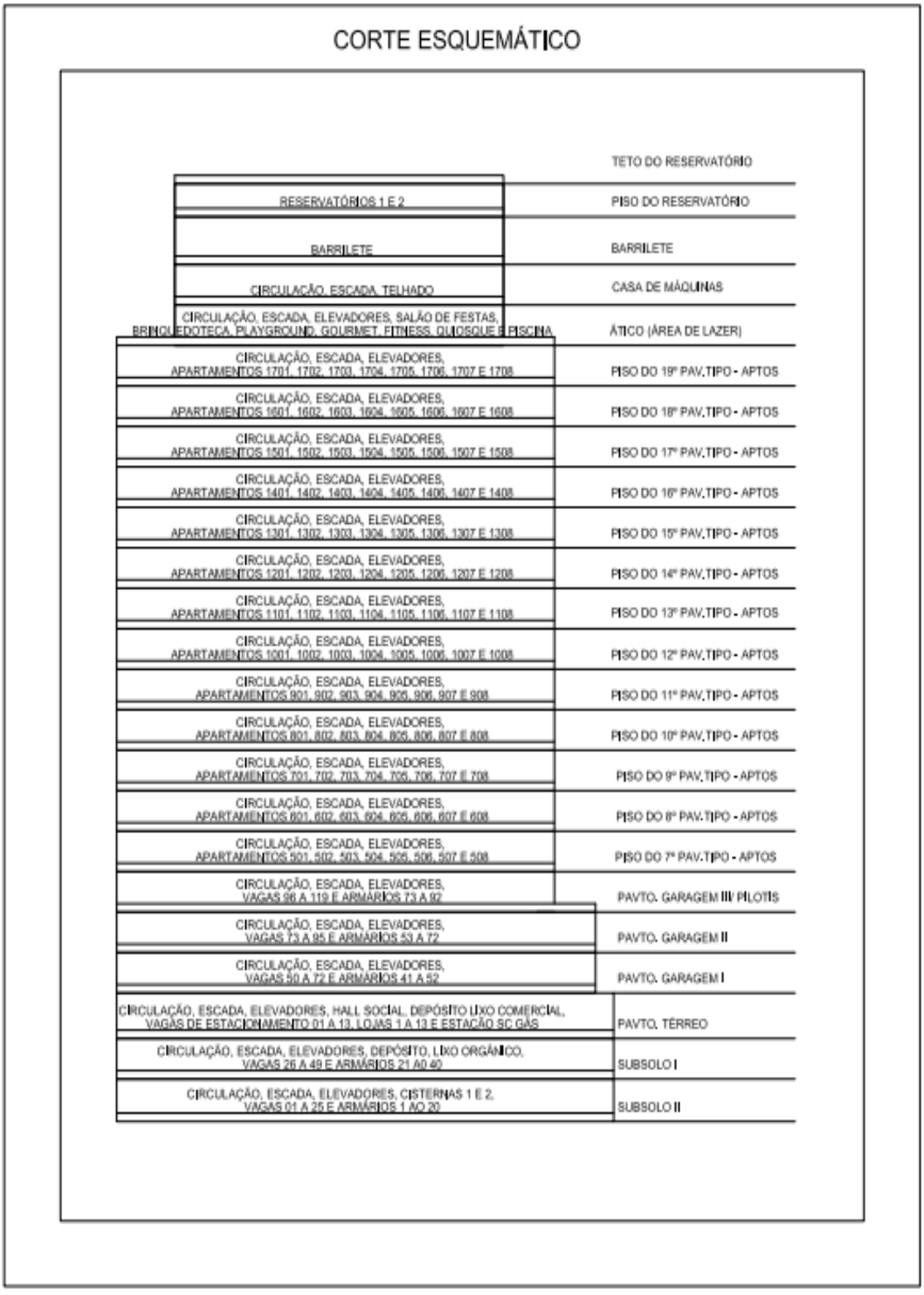
Figura 22 – Planta baixa do andar tipo



Fonte: Dados da pesquisa, 2021.

Na Figura 23, pode-se observar com maior clareza o que é contemplado em cada nível de laje da obra do estudo, através do corte esquemático.

Figura 23 – Corte esquemático



Fonte: Dados da pesquisa, 2021.

3.3 PLANEJAMENTO DA OBRA

O planejamento da obra se deu através da técnica da linha de balanço e, para a sua execução, foi preciso a montagem dos pacotes de serviços, com base nos índices de produtividades já existentes no histórico de obras finalizadas e quantitativos das atividades, que serão detalhados a seguir.

3.3.1 Índice de produtividade

Os índices de produtividade de mão de obra são valores médios de quantidade de serviço que pode ser realizado por um profissional ou equipe em um determinado intervalo de tempo. Na construtora S este índice era extraído do histórico de medições da produtividade dos seus colaboradores dos empreendimentos já executados, tornando esse dado muito confiável, pois são números reais de produtividades de 80% dos seus colaboradores que permanecem na empresa a mais de 8 anos.

Outro fator interessante é que 90% das atividades executadas com mão de obra própria são por empreitada, em que o colaborador é remunerado de acordo com a sua produção, ou seja, recebem o que produzem durante o mês, tornando muito mais eficazes na realização das metas estabelecidas semanalmente nas reuniões, com base no sistema "*Last Planner System*", pois eles se auto gerenciam, procurando produzir o máximo, e assim sendo beneficiados com bons salários ao final de cada mês

Na sequência será demostrado através de algumas tabelas disponibilizadas pela Construtora S, onde contam índices de produtividades médios de atividades dos empreendimentos já concluídos, bem como índices de produção por equipe ou colaborador individual (Quadros 5 a 7).

Quadro 5 – Índice de produtividade

Índice de produtividade de azulejo bold		
Colaborador	m² por diária/8,8 hora.	N° de medição/ mensal
Azulejista I	43,32	74
Azulejista II	39,26	58
Azulejista III	32,17	33
Azulejista IV	31,28	29
Azulejista V	29,14	28
Media da Equipe	35,04	44,40

Fonte: Dados da pesquisa, 2021.

Quadro 6 – Índice de produtividade

Índice de produtividade de reboco interno		
Colaborador	m² por diária/8,8 hora	N° de medição/ mensal
Dupla I	122,12	62
Dupla II	116,08	68
Dupla III	112,50	56
Dupla IV	107,50	42
Dupla V	96,92	36
Media da Equipe	111,02	52,80

Fonte: Dados da pesquisa, 2021.

Quadro 7 – Índice de produtividade

Índice de produtividade de reboco teto		
Colaborador	m² por diária/8,8 hora	N° de medição/ mensal
Dupla I	78,26	17
Dupla II	69,14	28
Dupla III	58,36	47
Media da equipe	68,58	30,66

Fonte: Dados da pesquisa, 2021.

3.3.2 Determinação dos quantitativos das atividades

Consiste em um processo demorado que serão quantificadas todas as atividades que fazem parte da execução de um empreendimento, apesar de se utilizar as

ferramentas *Software* “AutoCAD, BIM, *Excel* e *Prevision*” que são muitos eficientes para quantificação detalhadas dos insumos para posteriormente ser efetuada as suas compras. Eles até ajudam como base, mas precisam de um grande empenho e experiências de todos os envolvidos no planejamento da obra, pois tem que se definir metragem cúbica, quadrada e linear.

No Quadro 8 ficara mais explicito estes detalhes no levantamento do quantitativo de reboco interno de um pavimento tipo.

Quadro 8 – Quantitativo de reboco interno

Quantitativo reboco interno / Pavimento tipo (13 vezes)		
m² Reboco interno	783,71 x 2,80 x 1,00	2.194,40
ml Muchetas / requadros	99,00 x 2,80 x 0,50	138,60
Nichos do banheiro	20 x 2,40 x 0,50	24,00
TOTAL		2.357,00

Fonte: Dados da pesquisa, 2021.

Ao analisar os dados do quadro 8, verifica-se uma diferença considerável entre a metragem real de reboco interno do pavimento tipo e a medição que será utilizada para a montagem, junto com o índice de produtividade para compor os pacotes de trabalho que serviu de base na montagem da Linha de Balanço da obra, totalizando 2.356,99m^2 de reboco interno. A metragem real de reboco interno do pavimento tipo é a medição perimétricas de todas as paredes que se localizam no pavimento tipo base e que serão rebocadas totalizando 783,71, vezes a altura do pé direito do pavimento (2,80m), com um total de 2.194,39m^2.

Ressalta-se que as dificuldades de execução do reboco interno dos nichos e requadros existentes naquele pavimento, são melhor observadas por profissionais que já tem uma grande experiência no planejamento e execução de obras.

Lembrando que esta medição se repetirá por 13 vezes. Realizando os cálculos, observaremos que essa diferença terá um grande impacto no custo da mão de obra, bem como no custo total da obra, e isso já deve constar nas planilhas de custo que foram levantadas durante o planejamento da obra, para se evitar ao máximo uma diferença entre o custo planejado e o executado.

No Quadro 9 temos os quantitativos de todos os serviços internos que serão executados com mão de obra própria no pavimento tipo/base e que serviram de norte para o planejamento.

Quadro 9 – Quantificação dos serviços

ATIVIDADES PAVIMENTO TIPO/BASE	UNIDADE	QUANTIDADES
Estruturas	m²	890
Chapisco de estrutura rolado	m²	1025
Chapisco de teto rolado	m²	725
Alvenaria externa	m²	520
Reboco teto	m²	685
Alvenaria ciporex	m²	89,2
Alvenaria interna	m²	1300
Mocheta banheiro	un	20
Dutos de aquecedor	un	24
Mocheta cozinha	un	8
Churrasqueira	un	8
Chapisco colher/encunhamento/chumbamento Mangueira	m²	2200
Contra marco	un	58
Taqueação (taliscamento)	m²	2200
Reboco interno	m²	2357
Contra piso	m²	789
Reboco de escadaria teto/parede	m²	112,4
Impermeabilização	m²	445
Azulejo banheiro/cozinha	m²	525
Piso cerâmico	m²	442
Rejunto piso azulejo	m²	967
Rejunto piso azulejo	m²	967
Piso vinilico	m²	235,28
Porta pronta	un	48
Rodapé e vista	Ml	978
Corrimão c/suporte	Ml	22
Porta corta fogo	um	2

Fonte: Dados da pesquisa, 2021.

3.3.3 Definir duração e dimensionamento dos pacotes de trabalho

O pacote de trabalho é o agrupamento das atividades, e tem como vantagem a concentração da produção e redução dos fluxos físicos, o estimulo da polivalência dos operários, além de reduzir e facilitar o gerenciamento da entrega final dos pacotes de trabalho entre as equipes no canteiro de obra, assim o gerenciamento adequado da sequência das atividades envolvidas no pacote de trabalho elimina as restrições e garante um fluxo continuo de produção, contribuindo para o aumento da produtividade dos colaboradores, bem como um maior empenho de todos os envolvidos.

Segundo informações que nos foram disponibilizadas pela Construtora S, os planejadores utilizaram os índices de produtividades constante nos dados de históricos das obras já concluídos para o melhor dimensionamento dos pacotes de serviços, de mão de obra própria ou as terceirizadas como instalações elétricas, hidráulicas, ar condicionado, pintura, entre outros, mas outro ponto que chamou nossa atenção foi a grande experiência de todos os envolvidos no planejamento, como os engenheiros, encarregados de obras e do gerente de obras, ficando nítido durante o estudo o engajamento e a sintonia entre os planejadores e os colaboradores das equipes de frente de trabalhos dentro do canteiro de obra.

Na sequência será demostrado através de algumas tabelas exemplos de pacotes de serviços que foram montados pelos planejadores e que posteriormente foram lançados na linha de balanço (Quadros 10 a 12).

Quadro 10 pacote de trabalhos

Reboco Interno	
Atividades envolvidas	Quantitativo
Reboco interno parede	2.194,40 (m²)
Reboco nichos	138,60 (m²)
Muchetas/requadros	24,00 (m²)
Total pacote	2.357,00 (m²)
Duração do pacote	22 (dias)
Equipe	
2 Pedreiros	
1 Servente	

Fonte: Dados da pesquisa, 2021.

Quadro 11 – Pacote de trabalhos

Azulejo Bold	
Atividades envolvidas	Quantitativo
Azulejo banheiro	388,50 (m²)
Nichos banheiros	16,50 (m²)
Azulejo Cozinha	120,00 (m²)
Total pacote	525,00 (m²)
Duração do pacote	15(dias)
Equipe	
1 Azulejista	
1 Servente	

Fonte: Dados da pesquisa, 2021.

Quadro 12 – Pacote de trabalhos

Reboco Teto	
Atividades envolvidas	Quantitativo
Taqueação teto	---
Reboco teto	685,00 (m²)
Total pacote	685,00 (m²)
Duração do pacote	10(dias)
Equipe	
2 Pedreiros	
1 Servente	

Fonte: Dados da pesquisa, 2021.

3.3.4 Montagem da Linha de Balanço

A linha de balanço é um processo concreto de planejamento que foi criado pela Goodyear na década de 1940.

Ainda é amplamente utilizada na construção civil, principalmente em projetos que possuem padrão de repetição, como prédios ou loteamentos. A técnica engloba alguns de seus princípios de construção padronizada.

O balanceamento em linhas consiste em um planejamento em que os locais da obra, por exemplo, pavimentos, lotes, casas, trechos, são dispostos no eixo y, enquanto o calendário segue o eixo x. As atividades ou serviços que serão realizados estão na junção dos dois, formando um gráfico com diversas retas. Além das linhas, o planejamento pode ser visualizado também em um conjunto de blocos, em que a espessura equivale a duração da atividade (PREVISION, 2021).

Para dar início a montagem da linha de balanço a equipe de planejamento da construtora S primeiramente analisou a data de entrega do empreendimento ao cliente final, e o prazo dado para execução do edifício previamente estipulada pela diretoria da empresa. E, de posse desta informação, e baseados na descrição previa da obra e nos processos produtivos selecionados, os planejadores posteriormente começaram os lançamentos dos pacotes de trabalho na Linha de Balanço, por meio de tentativas, seguindo o plano de ataque por meio do sequenciamento das atividades, e com uma atenção especial em manter um balanceamento entre as atividades. Pois, de acordo Mendes Júnior, (1999), o objetivo do balanceamento é dar a possibilidade de executar todas as atividades de uma maneira continua sem interferência.

Como pode-se se verificar na Linha de Balanço no anexo 1, no eixo horizontal tem-se a definição de tempo (dia, semana, mês e ano), e no eixo vertical os pavimentos. Nos andares tipos os pacotes de trabalho foram lançados de modo sequencial, de forma a começar um trabalho apenas depois de terminado o serviço predecessor e sempre em uma direção, ou seja, de baixo para cima, com exceção dos pacotes de fachadas que foram locados em um local específicos dos serviços não repetitivos.

Outro ponto relevante que pode ser ressaltado durante a montagem da Linha de Balanço são as inclinações das retas, na qual quanto mais íngreme, maior sua taxa de produtividade, ou seja, a inclinação está diretamente relacionada ao ritmo que será aplicado durante a execução da obra, e quanto mais similaridades na inclinação das retas dos pacotes, melhor e mais fácil será sua programação, bem como sua execução. (PREVISION, 2021).

3.4 ACOMPANHAMENTO DA OBRA

O acompanhamento na obra ocorreu no período de 05 a 30 de abril de 2021, apesar do curto tempo da pesquisa dentro do canteiro de obra, pode- se verificar o desafio que envolve a execução de uma obra de grande porte, mas também o quanto enriquecedor este convívio para a nossa formação acadêmica.

Inicialmente conhecemos as instalações do canteiro de obra, localizada no andar térreo. Posteriormente prosseguiu-se com uma visita em todos os pavimentos para uma averiguação de todas as frentes de trabalhos que estavam acontecendo, e uma visão geral atualizada da execução da obra. Alguns pontos chamaram a atenção como a organização do canteiro de obra, ao que se refere a limpeza e organização, (Figuras 24 e 25). E, em conversa com vários colaboradores ficou nítido o engajamento de todos com o planejamento da obra, pois respondiam com facilidade o prazo das suas atividades, bem como, os das atividades antecedentes e subsequentes, e qual profissional era ou seria responsável pelas suas execuções.

Figura 24 – Armário do vestiário.

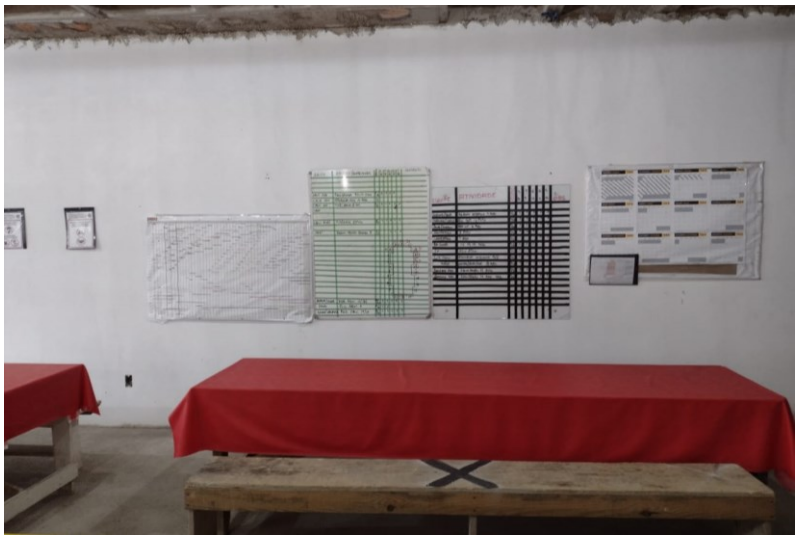
Fonte: Elaboração dos Autores, 2021.

Figura 25 – Refeitório da obra

Fonte: Elaboração dos Autores, 2021.

Voltando ao andar térreo fomos até o refeitório da obra, local onde eram realizadas as reuniões semanais de planejamento de curto prazo, lá pode-se observar que a apresentação do planejamento era feita de forma simples e objetiva, utilizando muito a questão visual, (Figura 26), ali estava exposto uma cópia impressa da Linha de Balanço da obra, e ao lado os quadros de "*Last Planner*" *System*, pois segundo os administradores da obra, desta forma o planejamento fica de fácil acesso e visível a todos, assim sendo, tem-se um maior engajamento de todos os envolvidos na execução da obra

Figura 26 – Local onde acontece as reuniões semanais de planejamentos



Fonte: Elaboração dos Autores, 2021.

No "*Last Planner*" normalmente o ciclo de controle é semanal e, através da medição do Percentual de planejamento concluído (PPC) e da análise sistemática das causas para o não cumprimento das tarefas pode-se agir sobre as causas raiz (MOURA, 2008). A preocupação do planeamento semanal não é somente a de que as atividades sejam executadas de acordo com o plano geral do projeto. Na base da estruturação do planejamento semanal surge a conversação, onde a pessoa responsável pela execução da tarefa se compromete a terminá-la como planejado perante os gestores da obra (GRENHO, 2009).

Dessa maneira, espera-se que se aprenda com os erros, a fim de aumentar a produtividade das equipes, uma vez que se evita reincidência de alguns problemas, visando melhores resultados no desempenho dos empreendimentos (MOURA, 2008).

Para poder controlar as metas sobre a execução dos pacotes de trabalho era realizado o planejamento de curto prazo toda a sexta-feira, através de reuniões com todos os "*Last Planners*" (planejadores, engenheiros, empreiteiros, mestre de obras e gerente de obras). Nesta reunião primeiramente avaliava-se a atual situação da obra, verificando se havia atraso ou não, na sequência, são relembradas as atividades registradas no quadro que foram planejadas na semana anterior, e era avaliado se conseguiu ou não executar o que se foi planejado. Após, os responsáveis realizam o Percentual de planejamento concluído (PPC) e registram através de fotos, para gerar relatórios de PPC e, dos problemas citados para justificar as atividades não concluídas, e que serão armazenadas no banco de dados históricos da empresa (que servirão de parâmetros no planejamento de futuros projetos).

Posteriormente o responsável apaga o quadro, e inicia junto com os envolvidos o planejamento das atividades a serem realizadas na semana seguinte. Deste modo os planejadores com base na Linha de Balanço apontam as frentes de trabalho e analisam juntamente com os "*Last Planners*" o que eles têm que executar na semana seguinte para poder atender as exigências do planejamento.

Antes do início da primeira reunião o engenheiro responsável deu uma breve explicação do quadro de reunião e o porquê do uso das cores preta e vermelha nas anotações do quadro.

Nas Figuras 27 e 28, podemos observar que os pacotes de serviços eram controlados metodicamente, por exemplo: se o pacote de reboco interno tem como meta 21 dias uteis para sua execução, esta meta foi dividida em 5 semanas, ou seja, na primeira semana gera-se 2/21, na segunda 7/21, na terceira 12/21, que é o que estava

programado para ser executado durante a semana da primeira reunião, na quarta 17/21 e na quinta 21/21, esta divisão de metas é realizada para se obter um melhor controle.

Em relação a cor pode-se observar as atividades expressas no quadro, onde as atividades escritas com a cor preta são aquelas que foram planejadas para serem executadas no decorrer da semana e as de cor vermelha são aquelas que surgem por motivo emergenciais, de subdimensionamento das atividades, entre outros. Esta última não entra no percentual do PCC. Já em relação a anotação dos números, os em cor preta, representam a quantidade de profissionais que irão trabalhar naquela atividade que foi programada, e os em vermelho representa a quantidade de profissionais que realmente trabalharam nela.

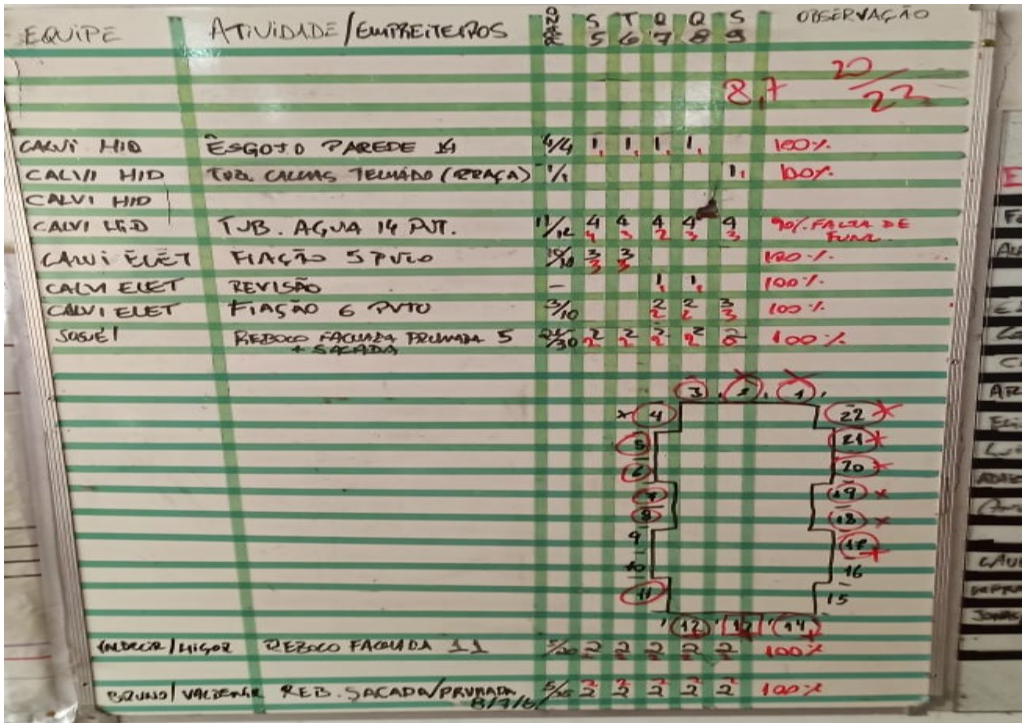
Outro ponto esclarecido foi o desenho simples que constava no canto do quadro, conforme Figura 27, ele representa uma planta baixa do andar tipo numerado de 1 a 22. Ele auxilia os administradores a acompanhar de forma simples e didática a sequência de execução das descidas de jaú das fachadas.

Na sequência será apresentada o relato mais detalhado das quatros reuniões que aconteceram durante o período de acompanhamento da obra

3.4.1 Primeira Reunião

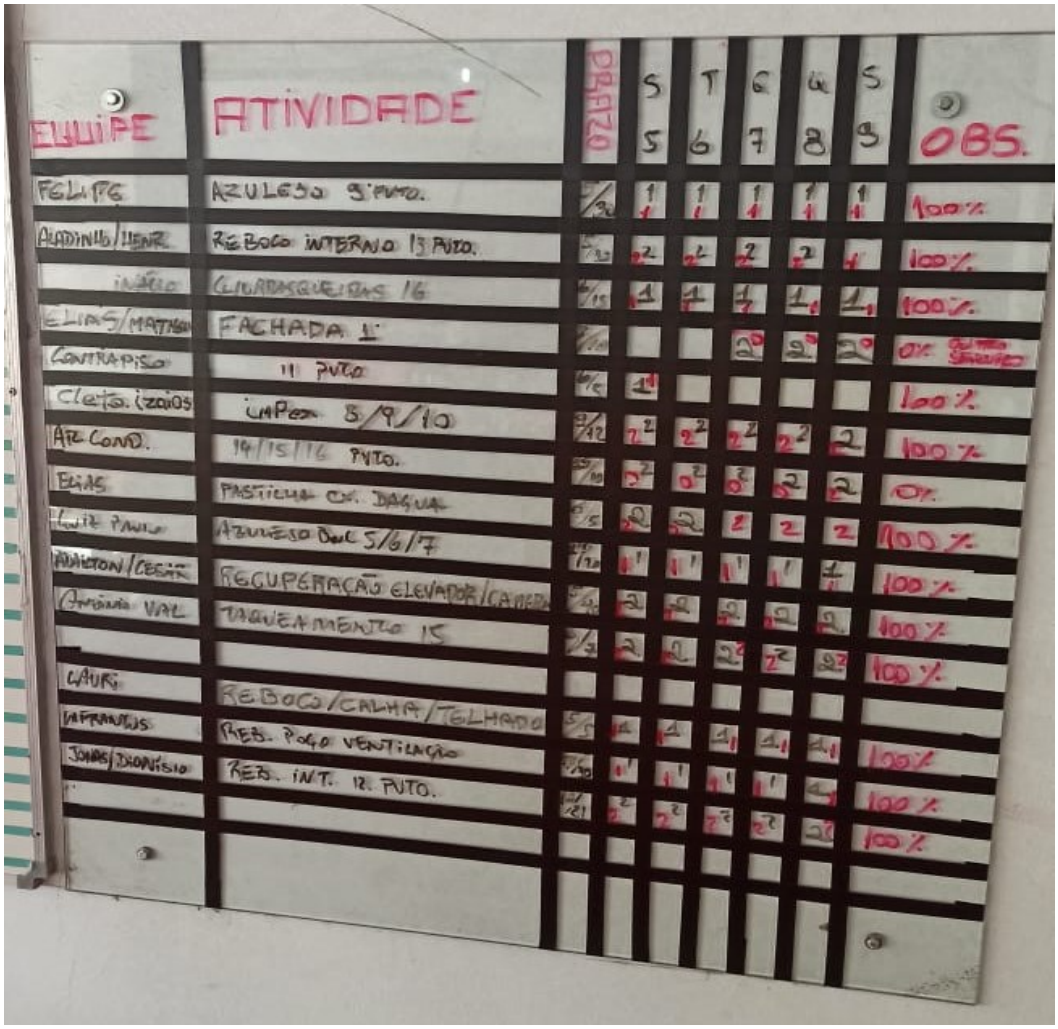
A primeira reunião ocorreu dia (09/04/2021), e pode-se observar que os planejadores, tinham programado 23 atividades para serem executadas no período de 05/04 a 09/04, com mão de obra própria e terceirizadas, conforme Figuras 27 e 28.

Figura 27 – Planejamento a curto prazo (Plano semanal de 05/04 a 09/04)



Fonte: Dados da pesquisa, 2021.

Figura 28 – Planejamento a curto prazo (Plano semanal de 05/04 a 09/04)



Fonte: Dados da pesquisa, 2021.

Das 23 atividades programadas de mão de obra própria ou tercerizada para serem executadas durante o periodo de 05/04 á 09/04, 20 foram concluídas com sucesso, e três não foram executadas, os motivos foram levantados entre os envolvidos na reunião e na sequência serão relatados:

1. Na atividade “Tub.agua 14° pvto” : o motivo foi a falta de funcionário, pois o único dia que a equipe esteve completa conforme o que foi executado foi no dia 05/04, nos demais dias sempre trabalhou com déficit de profissionais.

2. Na atividade “Fachada 1”: não se especificou motivo, mas refere a colocação de pastilha na fachada, ela estava programada para ser executada de 07/04 á 09/04, porém não foi realizada, pois dos dois pastilheiros que estavam programados para esta atividade, só conseguiram terminar a atividade “Pastilha da caixa d’água” na sexta-feira (09/04), o motivo anotado foi outro serviço.

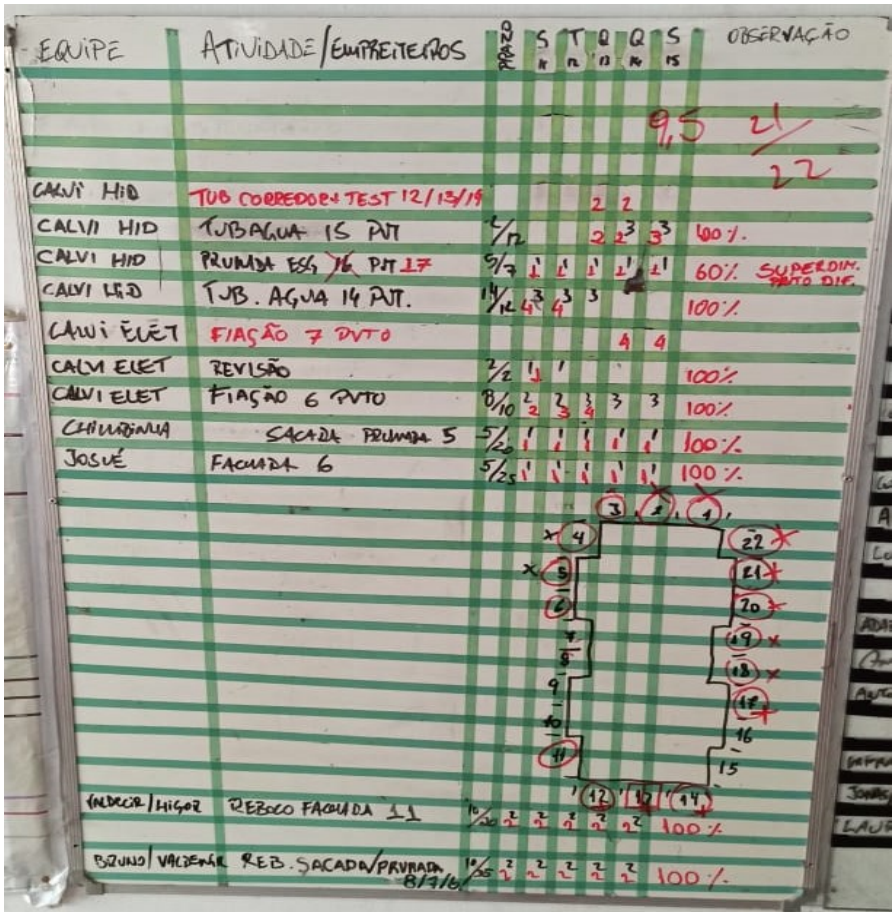
3. Na atividade “ar cond, 14°/15° e 16° pvtos” pode se observar que estava programado para acontecer de 05/04 á 09/04, com dois profissionais, mas só começou na sexta-feira (09/04) não esta citado mas o motivo foi anotado como falta de funcionario.

O PPC da semana correspondente 05/04 á 09/04 teve um percentual de 87% das atividades concluidas, e segundo os planejadores ficou dentro dos parametros aceitaveis da empresa, apesar das atividades que foram programadas e não serem concluidas, elas poderam ser reprogramadas para semana seguinte e não causa danos imediato ao planejamento da obra.

3.4.2 Segunda Reunião

A segunda reunião aconteceu dia (16/04/2021), e pode-se observar que os planejadores tinham programado 22 atividades para serem executadas no periodo de 11/04 á 16/04, com mão de obra propria ou tercerizadas, conforme Figuras 29 e 30.

Figura 29 – Planejamento a curto prazo (Plano semanal de 11/04 a 16/04)



Fonte: Dados da pesquisa, 2021.

Figura 30 – Planejamento a curto prazo (Plano semanal de 11/04 a 16/04)

Fonte: Dados da pesquisa, 2021.

Das 22 atividades programadas para serem executadas com mão de obra própria e tercerizadas, apenas a atividade “Plumada do esg. Pvto. 17°” não foi concluida, pois foi programado para executar (5/7 ou 71,43%) da atividade no periodo de 11/04 á 16/05, e foi concluído apenas 40%. O problema que se conclui entre os participantes da reunião, foi que no momento da programagação da Linha de Balanço passou despercebidos pelos programadores que esta atividade para aquele pavimento necessitaria de um período maior para sua execução, e o motivo locado foi atividade superestimada.

Também foram realizadas mais três atividades que não estavam programadas para serem executadas no periodo de 11/04 á 16/04, descritas a seguir:

1. A atividade “testagem da tub. do corredor 12°,13° e 14°”: foi executada pois segundo o empreiteiro ele trouxe mais um encanador de outra obra e que ele não estava na programação da semana, isto reforçou a equipe de hidráulica.

2. A atividade “Fiação do 7° pvto”: como ocorrido na atividade anterior, também foi executada mesmo não estando na programação semanal, pois houve acréscimo de mais um profissional de outra obra que não estava comprometido com nenhuma atividade, mas ajudou a equipe de instalações elétricas em praticamente todas as atividades programadas para o período de 11/04 á 16/04.

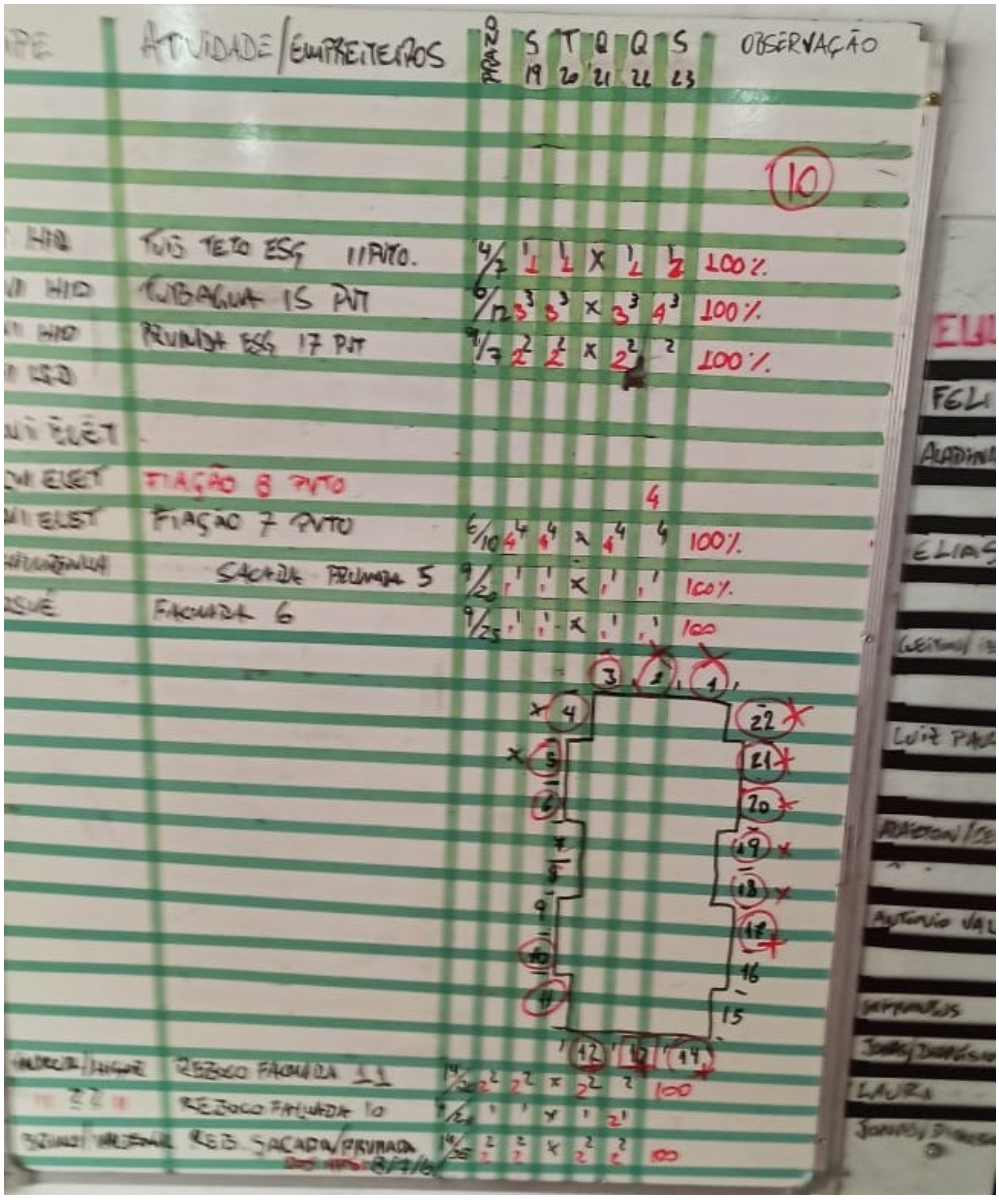
3. A atividade “Piso 507”: não estava planejado, mas foi executado porque houve um pedido da direção da construtora para fazer um apartamento modelo, assim deslocou-se azulejista para executar esta atividade, sem comprometer a meta de atividades programadas para este profissional.

O PPC da semana de 11/04 á 16/04 ficou com um percentual de 95% das atividades programadas concluidas, segundo os programadores este percentual foi muito bom, pois a atividade que não se conseguiu se concluir, tratava-se de um erro durante a elaboração da Linha de Balanço como já foi citado, e não da programação semanal estipulada na obra.

3.4.3 Terceira Reunião

A terceira reunião foi realizada no dia 23/04/2021, e foi planejado para serem executada 21 atividades entre os dias 19/04 a 23/04, conforme Figuras 31 e 32.

Figura 31 – Planejamento a curto prazo (Plano semanal de 19/04 a 23/04)



Fonte: Dados da pesquisa, 2021.

Figura 32 – Planejamento a curto prazo (Plano semanal de 19/04 a 23/04)

Fonte: Dados da pesquisa, 2021.

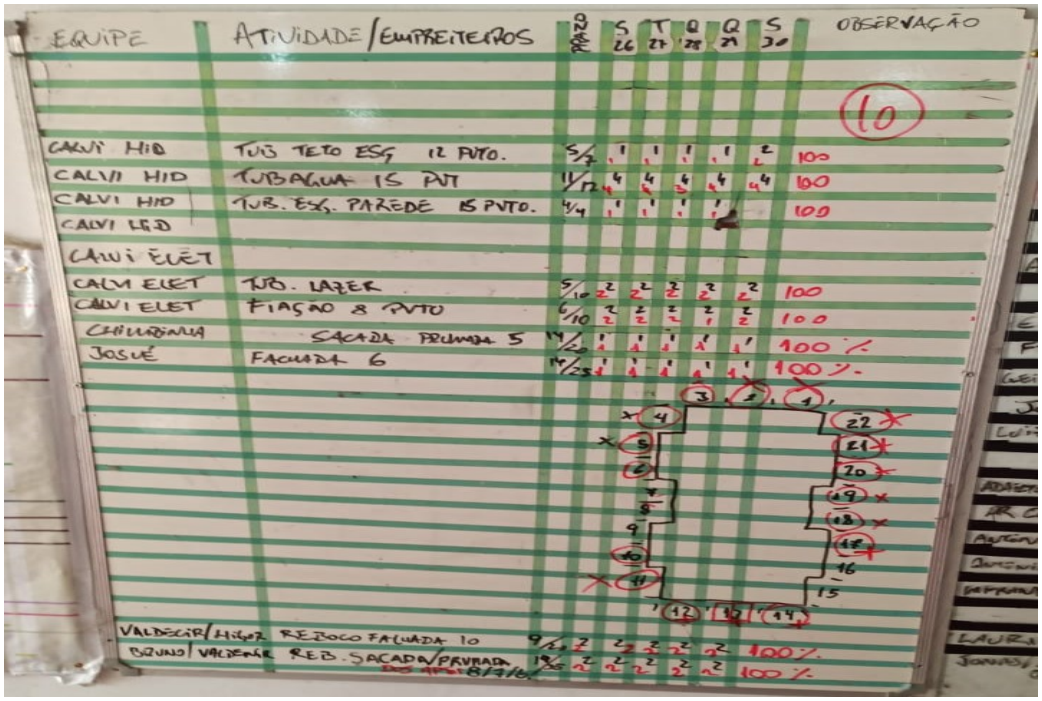
Durante esta semana todas as atividades foram concluidas no prazo estipulado, e apenas uma atividade que não havia sido planejada foi executada, “fiação do 8°pvto” a justificativa apresentada durante a reunião é que houve uma produção maior da equipe de instalações elétricas do que a estipulada.

O PPC da semana de 19/04 a 23/04 teve um percentual de 100% das atividades concluidas, e segundo os programadores só não foi uma semana exemplar pelo fato de haver uma atividade que foi executada sem ter sido planejada.

3.4.4 Quarta Reunião

A quarta reunião aconteceu no dia 30/04/2021, e para a semana de 26/04 a 30/04 foram programadas 24 atividades, conforme Figuras 33 e 34.

Figura 33 – Planejamento a curto prazo (Plano semanal de 26/04 a 30/0



Fonte: Dados da pesquisa, 2021.

Figura 34 – Planejamento a curto prazo (Plano semanal de 26/04 a 30/04)

Fonte: Dados da pesquisa, 2021.

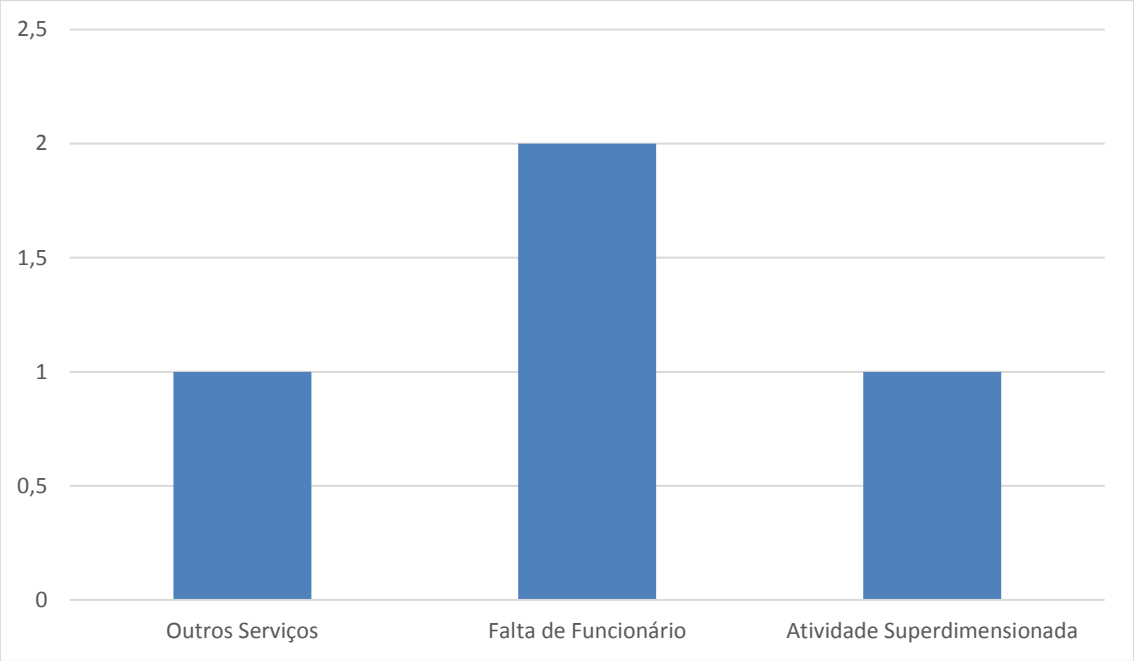
Nesta semana todas as atividades programadas foram concluidas, e não houve nenhum outro incidente, conforme os ocorridos e relatados nas reuniões semanais anteriores. Para os envolvidos na programação semanal esta foi uma semana perfeita, pois segundo eles já haviam 16 semanas que não se conseguia uma semana impecável como esta.

O PPC da semana de 26/04 a 30/04 obteve um percentual de 100% das atividades concluidas, e como relatado acima foi uma semana exemplar.

3.5 LEVANTAMENTO DOS DADOS

Durante o período de acompanhamento das 4 reuniões semanais, foi efetuado o levantamento de dados demonstrados em três Gráficos a seguir.

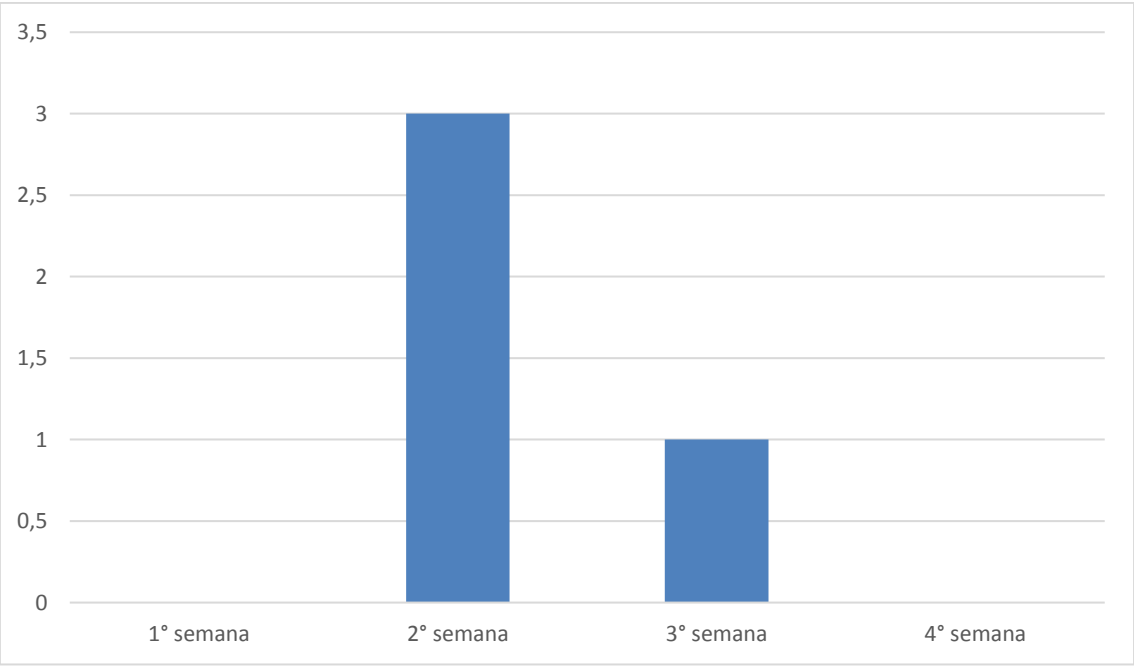
Gráfico 1 – Frequência dos problemas



Fonte: Dados da pesquisa, 2021.

Sobre o Gráfico 1, é possivel analisar que houveram apenas quatro problemas durante o acompanhamento das 4 reuniões semanais na obra, identificados por meio do sistema *Last Planner*, já narrados no decorrer das reuniões semanais.

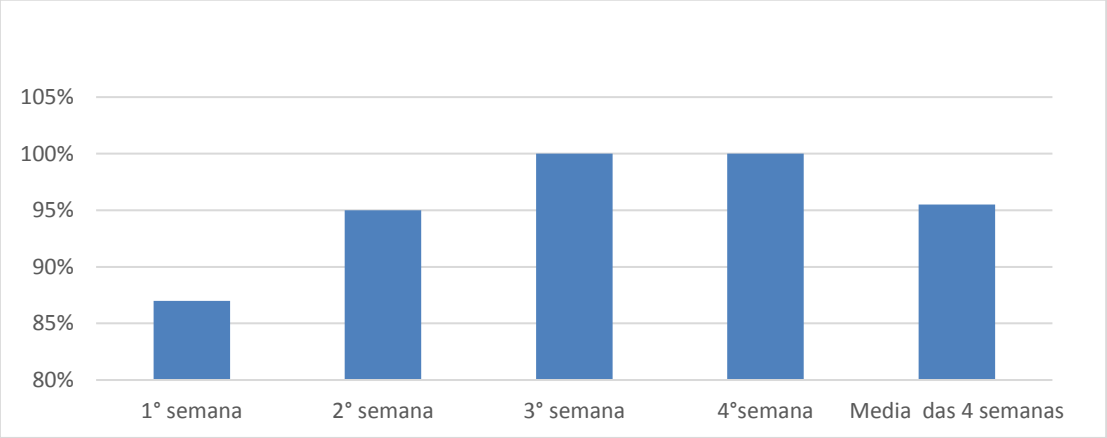
Gráfico 2 – atividades executadas sem ter sido planejada



Fonte: Dados da pesquisa, 2021.

No Gráfico 2, obseva-se que no período de 05/04 a 30/04, quatro atividades não planejadas foram executadas, mas os planejadores salientaram que mesmo que este tipo de evento não cause muitos problemas na execução do planejamento, ele merece uma atenção especial pois se essa atividade fosse planejada durante a reunião semanal ela teria sido melhor locada dentro do planejamento semanal. E, os motivos dos ocorridos já foram relatados anteriormente nas semanas em que eles aconteceram.

Gráfico 3 – Percentual de planejamento concluído (PPC)



Fonte: Dados da pesquisa, 2021.

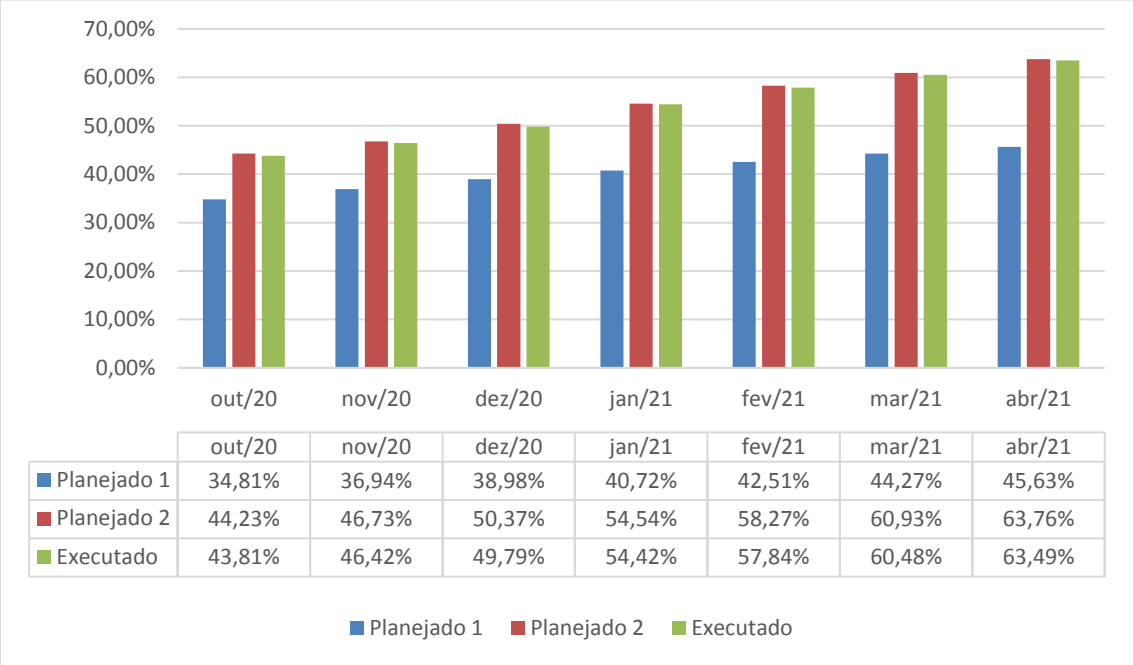
É importane lembrar que o PPC é gerado por meio do *Last Planner*, tem como objetivo a estabilidade da produção, e analisando o gráfico 3 pode-se observar que o PPC das quatros semanas de acompanhamento na obra, apresentam que uma média de 95,5% das atividades programadas foram executadas dentro do período estipulado, mesmo com a obra com várias frentes de trabalho, pois segundo os planejadores quanto maior a quantidade de atividades a serem executadas durante um período, menor é a probabilidade de todas serem concluídas.

Outro fator citado pelos planejadores em relação a média alta alcançada no PPC das quatro semanas foi que durante este tempo houve pouca ou quase nenhuma incidência de chuva durante o período de trabalho na obra, segundo eles um maior número de dias chuvosos atrapalharia uma série de frentes de trabalho como: reboco de fachadas e poços; colocação de pastilhas; entre outros, e que por experiencia deles esse percentual seria em média 20% menor.

3.6 PARALELO ENTRE O PLANEJADO E EXECUDADO NA LINHA DE BALANÇO

Neste tópico vamos apresentar um paralelo entre o planejado e executado da Linha de Balanço da obra da Construtora S, na sequência será ilustrado graficamente a evolução mensal cumulativa da obra do período de outubro/20 a abril/21.

Gráfico 4 – Evolução mensal cumulativa da obra



	out/20	nov/20	dez/20	jan/21	fev/21	mar/21	abr/21
Planejado 1	34,81%	36,94%	38,98%	40,72%	42,51%	44,27%	45,63%
Planejado 2	44,23%	46,73%	50,37%	54,54%	58,27%	60,93%	63,76%
Executado	43,81%	46,42%	49,79%	54,42%	57,84%	60,48%	63,49%

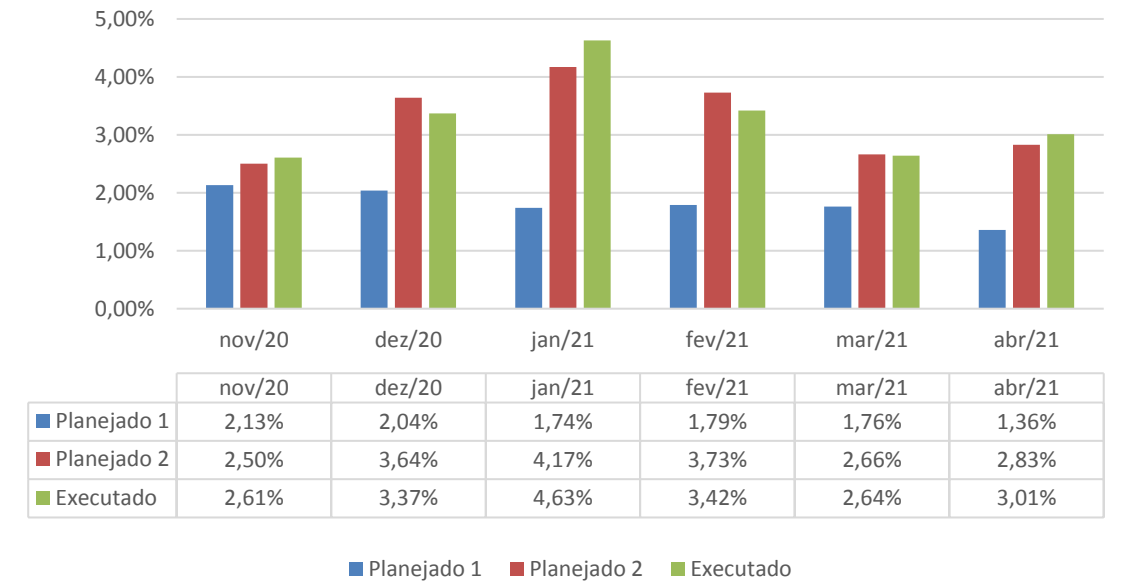
Fonte: Dados da pesquisa, 2021.

No Gráfico 4, observa-se que tem as colunas Planejado 1 e Planejado 2, isto aconteceu pois em um certo momento da obra ela foi reprogramada, mais precisamente em junho/20. Por ordem da direção da empresa o prazo final foi antecipado em seis meses, passando o prazo final de fev/23 para ago/22, o motivo que foi nos relatado é que devido a pandemia da covid-19, os materiais de construção de uma forma geral começaram a ficar escassos e por consequência começaram a sofrer reajuste nos preços. E, que alguns materiais podiam ser comprados antecipadamente para aproveitar o preço e ser estocados como: tijolos, porcelanatos, portas, aluminio, etc. Mas, outros materiais como massa estabilizada, concreto, as industrias não conseguiam segurar o preço por tempos mais prolongados, e segundo informações do setor de compra da empresa, algumas indústrias, em especial a de concreto e argamassa, estipularam um cronograma

de aumento de preço a cada 120 dias, e só garantia aquele valor no material já entregue até a data pré fixada entre as partes.

Para uma melhor avaliação do paralelo entre o planejado e o executado, foi demostrado no Gráfico 5 o periodo out/20 a abr/21, com dados disponibilizados pela Costrutora S, e os levantados pelos autores do estudo. Analizando o gráfico pode-se concluir que o planejamento esta sendo executado no prazo, pois mesmo com um ritmo maior estipulado pela direção da empresa, podemos obsevar que nos setes meses analizados o planejado e executados se mantém com uma diferença muito pequena, fato que não ira comprometer o final da obra dentro do prazo, segundo os responsaveis pelo setor de pranejamentos da Construtora S.

Gráfico 5 – Evolução mensal não cumulativa da obra



	nov/20	dez/20	jan/21	fev/21	mar/21	abr/21
Planejado 1	2,13%	2,04%	1,74%	1,79%	1,76%	1,36%
Planejado 2	2,50%	3,64%	4,17%	3,73%	2,66%	2,83%
Executado	2,61%	3,37%	4,63%	3,42%	2,64%	3,01%

Fonte: Dados da pesquisa, 2021.

No Gráfico 5 foi demostrada a evolução mensal não cumulativa da obra do presente estudo, e assim como no Gráfico 5 foram utilizados dados de um período maior do que o do tempo pesquisado. Ao analisar este gráfico verifica-se com maior clareza que ocorreu um aumento considerável entre o planejamento 1 e 2. Outro ponto que chama atenção foi o avanço da obra no meses de dez/20 e jan./21, segundo os planejadores dois fatores ajudaram para que isso ocorresse:

1) com a pandemia os funcionários que costumavam tirar férias de 30 dias, normalmente entre 20 de dezembro a 20 de janeiro, durante as festas de dezembro

optaram em viajar em outras datas para visitar seus familiares, e com isso trabalharam o mês de dez/20 e jan./21 completo.

2) é que uma outra obra da empresa finalizou em dez/20 e alguns colaboradores foram alocados na obra do estudo.

Ao analisar o mês de abril/21 no qual houve o acompanhamento semanal da obra podemos observar que o executado foi um pouco mais de 6% superior ao planejado para o período, mas se comparamos com outros meses do gráfico, apenas jan/21 esse índice foi superior, mas foi um mês atípico conforme explicado no parágrafo anterior, esse saldo positivo do mês de abril pode ser pequeno, mas pelo ritmo acelerado que a obra se encontra esse resultado foi muito valioso.

4 CONSIDERAÇOES FINAIS

O aprendizado obtido no decorrer da concepção desta pesquisa foi de extrema importância na complementação da formação acadêmica dos autores. A oportunidade de poder acompanhar a execução de uma obra com unidades comerciais e residenciais, foi extremamente importante, pois mostrou de forma clara os problemas encontrados durante o planejamento e a execução de uma obra deste porte.

Durante o acompanhamento ficou evidente a dedicação dos planejadores e dos envolvidos na execução (engenheiro, mestre de obra, gerente de obra, empreiteiros e de todos os colaboradores do servente, da equipe de limpeza, das equipes dos profissionais, das frentes de trabalhos), não só com o planejamento, mas também com a organização, limpeza, qualidade e pontualidade dos trabalhos executados.

A linha de Balanço se mostrou uma ferramenta gerencial simples, mas muito eficaz, isto ficou explícito durante a pesquisa. Ela facilita a troca de informações entre os gestores da obra e a mão de obra do canteiro, a escolha do local para expor o planejamento da obra pelos gestores tornou a comunicação mais eficiente. Desta forma, todos os envolvidos conseguiam entender de forma fácil o cronograma e o que precisava realizar em cada etapa da obra, democratizando a informação.

O sistema "*Last Planner*" demostrou ser uma ferramenta muito importante, que consiste em um processo de planejamento e controle como demonstrado na apresentação das 4 reuniões semanais, tendo como seu principal objetivo a transparência, permitindo que todos os envolvidos se comprometam em realizar as tarefas que foram programadas, com ritmos e pacotes estipulados semanalmente.

O objetivo proposto para esta pesquisa foi avaliar os reflexos de diferentes tempos de ciclo dos processos de produção em planos de ataque de edifícios de múltiplos pavimentos realizando um paralelo da Linha de Balanço, do planejado com o executado, por meio de um estudo de caso em uma obra localizada no município de São José/SC, para que o objetivo geral fosse alcançado, foram delineados quatro objetivos específicos.

No que diz respeito ao alcance dos objetivos específicos apresentados nesta pesquisa, existem indicativos robusto para se afirmar que todos foram atingidos.

O primeiro objetivo específico era descrever os pontos e o tipo de cronograma utilizados para a maior eficiência da Linha de Balanço, o que foi explicado de forma clara no decorrer do capítulo 3.

O segundo objetivo específico, destinava-se a apresentar os benefícios obtidos pela empresa no uso das Linhas de Balanço, entre o projetado e executado, o que ficou evidente na apresentação das Figuras 4 e 5.

O terceiro objetivo específico consistia em demostrar a importância da aplicação do sistema "*Last Planner*" na estabilidade da produção, isto ficou demostrado durante os relatos das 4 reuniões acompanhadas pelos autores.

E, por último, identificar quais os reflexos das alterações dos tempos de ciclo proporcionaram no planejamento do empreendimento em termos operacionais, isso ficou evidente quando houve necessidade de reprogramação da Linha de Balanço para a antecipação em seis meses da entrega da obra, pois os ritmos mensais de execução foram alterados conforme representado nos Gráficos 4 e 5.

Finalizando, infer-se que por esta pesquisa tratar-se de um estudo de caso, se for aplicada em outra obra ou construtora pode não surtir o mesmo êxito que vem ocorrendo nos últimos projetos da Construtora S, pois durante o trabalho pode-se observar uma série de variáveis que podem influenciar em muito o resultado final do planejamento de uma obra de grande porte.

Sugere-se para futuras pesquisas uma abordagem mais aprofundada sobre o tema no que tange:

a) utilizar uma relação entre o projetado e executado, gerando resultados obtidos nas empresas estudadas;

b) realizar análises mais profundas e que demonstram benefícios e retornos a curto/longo prazo na execução ou no projeto;

c) é necessário maior tempo de estudo para o método proposto ser mais eficaz.

REFERÊNCIAS

ALVES, M. C.; COELHO R. Q.; LIMEIRA U. R. **Simulação da linha de balanço em edifício alto através do programa Time line utilizando dados de campo**: estudo de caso. 1996. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1996.

ASSUMPÇÃO, J. **Gerenciamento de empreendimentos na construção civil**: modelo paraplanejamento estratégico da produção de edifícios. 1996. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade de São Paulo: São Paulo, 1996.

ASSUMPÇÃO, J. **Programação de obras**: uma abordagem sobre técnicas de programação e uso de softwares. 1988. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – . Universidade de São Paulo: São Carlos, 1988.

BALLARD, G.; HOWELL, G. Implementing lean construction: Stabilizing work flow. In: ANNUAL CONFERENCE ON LEAN CONSTRUCTION, 2., 1994, Santiago. **Anais** [...]. Santiago: Catolica Universidad de Chile, 1994.

BERNARDES, M. M. S. *et al*. **Diretrizes para avaliação de sistemas de lanejamento e controle da produção para micro e pequenas empresas de construção**. [S. L]: ENTAC 2002.

CASTRO, C. L. F.; BORGES, M. R. **Aplicação e controle da técnica da linha de balanço no planejamento de obra vertical**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Goiás: Goiânia, 2017. Disponível em: https://is.gd/3BELna. Acesso em: 10 jun. 2021.

FRUGONI, L. V. S.; VOLTA, C. B.; MAGALHÃES, I. A. Aplicação do método da Linha de Balanço no planejamento de controle de obras com atividades repetitivas. *In*: SEMINÁRIO ESTUDANTIL DE PRODUÇÃO ACADÊMICA, 13., 2014, Salvador. **Anais** […]. Salvador: UNIFACS, 2014.

GEROLLA, G. **Qual percentual médio do orçamento corresponde a cada etapa da obra**. 2016. Disponível em: https://www.uol.com.br/universa/listas/qual-percentual-medio-do-orcamento-corresponde-a-cada-etapa-da-obra.htm. Acesso em: 12 jun. 2021.

GRENHO, L. F. S. **Last-Planner System e Just-in-Time na Construção**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade do Porto: Porto, 2009, Disponível em: https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/57699/1/000142436.pdf. Acesso em: 10 jun. 2021.

HEINECK, L. Efeito aprendizagem, efeito continuidade e efeito concentração no aumento da produtividade na alvenaria. *In*: SIMPÓSIO DE DESEMPENHO DE MATERIAIS ECOMPONENTES DE CONSTRUÇÃO CIVIL, 3., 1991. Florianópolis. **Anais** [...]. Florianópolis: ANTAC, 1991.

HEINECK, L. F. Dados básicos para a programação de edifícios altos por linha de balanço. *In*: CONGRESSO TÉCNICO CIENTÍFICO DE ENGENHARIA CIVIL, 1.,1996, Florianópolis. **Anais** [...], Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 1996.

HERNANDES, F. S. **Análise da importância do planejamento de obras para contratantes e empresas construtoras**. 2002. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) –Universidade Federal de Santa Catarina: Florianópolis, 2002.

HERTHEL, A. B. F. **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. Disponível em: https://is.gd/R4QqS6. Acesso em: 10 jun. 2021.

KOSKELA, L. **An exploration towards a production theory and its application to construction**. 2000. Dissertation (Doctor of Philosophy) – Helsinki University of Technology, 2000. Disponível em: https://www.vttresearch.com/sites/default/files/pdf/publications/2000/P408.pdf. Acesso em: 14 jun. 2021

KOSKELA, L. **Application of the new production philosophy to construction**. Califórnia: Stanford University, 1992. Disponível em: https://www.leanconstruction.org/media/docs/Koskela-TR72.pdf. Acesso em: 14 jun. 2021

LAUFER, A.; TUCKER, R. L. Is construction project planning a job? A critical examination of focus, role and process. **Construction management and economics**, v. 5, n. 3, p. 243-266, 1987.

LIMMER, C. **Planejamento, orçamentação e controle de projeto de obras**. Rio de Janeiro: Livros técnicos e científicos, 1997.

LOSSO, I. R.; ARAÚJO, H. N. Aplicação do método da linha de balanço: estudo de caso. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 6., 1995, Rio de Janeiro. **Anais** [...]. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1995. p. 149-154.

MATTOS, A. D. **Planejamento e controle de obras**. São Paulo: PINI, 2010.

MAZIERO, L. T. P. **Aplicação do conceito do método da linha de balanço no planejamento de obras repetitivas**: um levantamento das decisões fundamentais para a sua aplicação. 1990. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1990. Disponível em: https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/75687/80333.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 12 jun. 2021.

MENDES JÚNIOR, R. **Programação da produção da construção de edifícios de múltiplos pavimentos**. 1999. Tese (Doutorado em Engenharia da Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1999. Disponível em: https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/80616/170797.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 12 jun. 2021.

MENDES JÚNIOR, R.; HEINECK, L. F. M. Dados básicos para programação de edifícios com linha de balanço: estudo de caso. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 7.,1998, Florianópolis. **Anais** [...]. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 1998.

MENDES JÚNIOR, R.; VARGAS, C. L. S. **Programação de obras com a técnica da linha de balanço**. Curitiba, 1999. Apostila do curso de Programação de Obras. Curso de Especialização de Engenharia Civil. Universidade Federal do Paraná.

MOURA, C. B. **Avaliação do Impacto do Sistema Last Planner no desempenho de empreendimentos da Construção Civil**. 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia) –Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

PRADO, R. L. **Aplicação e acompanhamento da programação de obras em edifícios de múltiplos pavimentos utilizando a técnica de linha de balanço**. 2002. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002. Disponível em: https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/82966/201299.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 12 jun. 2021.

PREVISION. **O que é linha de balanço**. 2020. Disponível em: https://www.prevision.com.br/blog/linha-de-balanco-o-que-e/. Acesso em: 10 jun. 2021.

RAUEN, F. J. **Roteiros de iniciação científica**: os primeiros passos da pesquisa científica desde a concepção até a produção e a apresentação. Palhoça: Ed. Unisul, 2015.

SANTA ODILA. **Construção civil emprega 10 milhões de trabalhadores e impulsiona economia brasileira**. 2020. Disponível em: https://www.santaodila.com.br/santa-ajuda/construcao-civil/construcao-civil-emprega-10-milhoes-de-trabalhadores-e-impulsiona-economia-brasileira/. Acesso em: 17 jun. 2021

SENA, D. F.; ANDRADE, F. B. **Gerenciamento de obras**: planejamento e controle. 2021. Disponível em: https://semanaacademica.org.br/system/files/artigos/dalva.pdf. Acesso em: 10 jun. 2021.

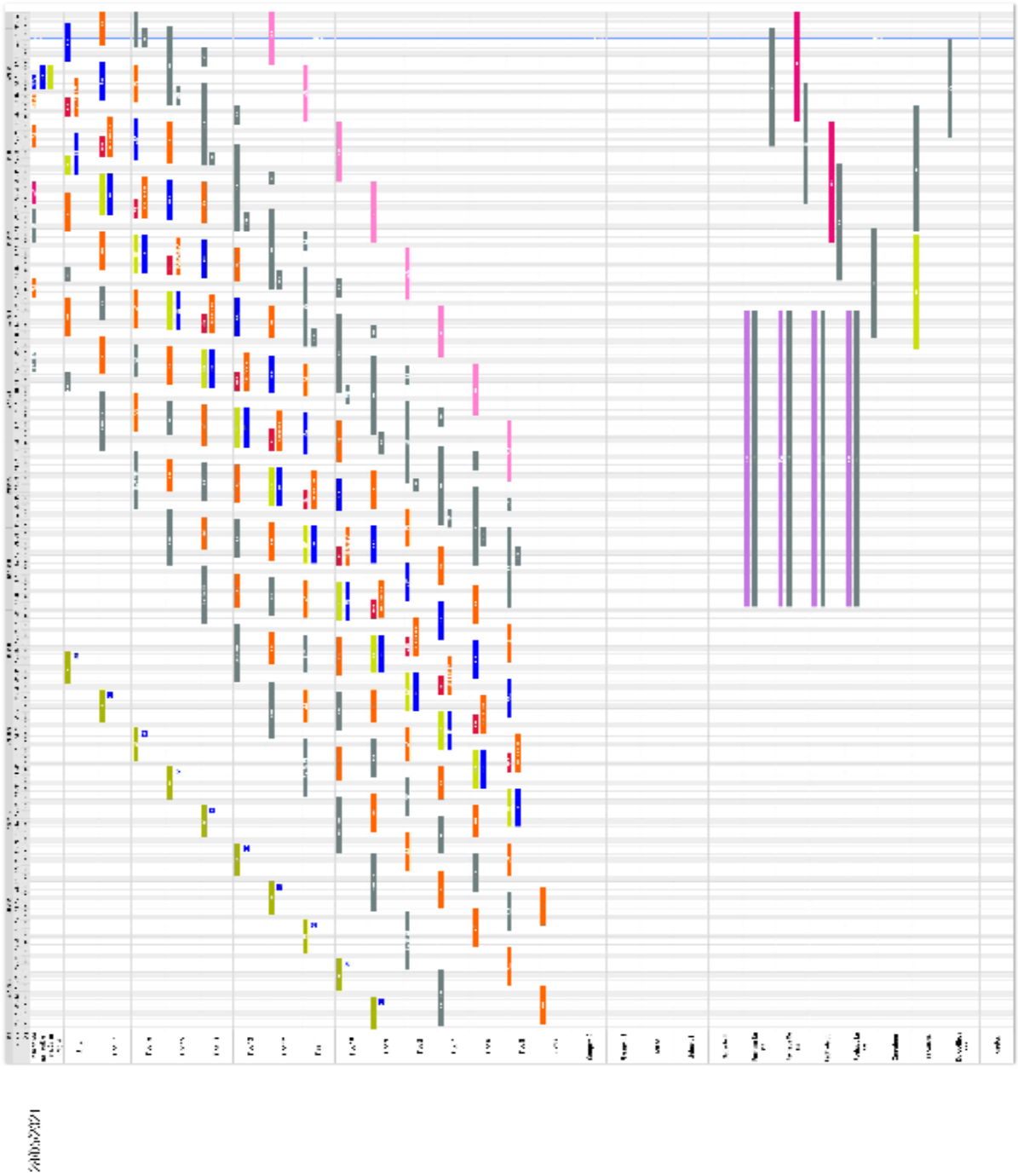
STROHAECKER, A. **Aplicação do planejamento de obra**: estudo de caso: recuperação do cronograma de implantação de um edifício comercial no município de Teutônia/RS. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Centro Universitários Univates. Lageado, 2017.

THOMAS, H.; MATHEWS, C. E.; WARD, J. Learning curve models of construction productivity. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 112, n. 2, 1986.

YIN, R. K. **Estudo de caso**: planejamento e métodos. 2. ed. São Paulo: Bookman, 2001.

ANEXO

ANEXO A – LINHA DE BALANÇO (FONTE: EMPRESA S)



Fonte: Dados da pesquisa, 2021.