



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

GABRIELA SOARES DE LIRA GOMES

**PROPOSTA DE PROGRAMAÇÃO PARA UM RESIDENCIAL NO MUNICÍPIO DE
JOÃO PESSOA/PB UTILIZANDO A TÉCNICA LINHA DE BALANÇO (LOB)**

JOÃO PESSOA

2020

GABRIELA SOARES DE LIRA GOMES

**PROPOSTA DE PROGRAMAÇÃO PARA UM RESIDENCIAL NO MUNICÍPIO DE
JOÃO PESSOA/PB UTILIZANDO A TÉCNICA LINHA DE BALANÇO (LOB)**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Coordenação do Curso de Engenharia Civil do
Centro de Tecnologia da Universidade Federal da
Paraíba, como parte dos requisitos para obtenção
do título de Engenheiro Civil.

Orientadora: Prof^ª. Dra. Cibelle Guimarães Silva
Severo

JOÃO PESSOA

2020

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

G633p Gomes, Gabriela Soares de Lira.

Proposta de programação para um residencial no município de João Pessoa/PB utilizando a técnica Linha de Balanço (LOB) / Gabriela Soares de Lira Gomes. - João Pessoa, 2020.

71 f. : il.

Monografia (Graduação) - UFPB/CT.

1. Planejamento. 2. Lean Construction. 3. Longo Prazo.
4. Sistemas Produtivos. I. Título

UFPB/BC

FOLHA DE APROVAÇÃO

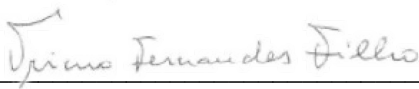
GABRIELA SOARES DE LIRA GOMES

PROPOSTA DE PROGRAMAÇÃO PARA UM RESIDENCIAL NO MUNICÍPIO DE JOÃO PESSOA/PB UTILIZANDO A TÉCNICA LINHA DE BALANÇO (LOB)

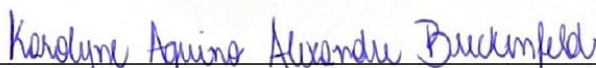
Trabalho de Conclusão de Curso em 06/08/2020 perante a seguinte Comissão Julgadora:



Prof^ª. Dra. Cibelle Guimarães Silva Severo
Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UFPB
(Orientadora)



Prof.Dr. Primo Fernandes Filho
(Examinador) UFPB



Karolyne Aquino Alexandre Breckenfeld
(Examinador Externo) FPB

Prof^ª. Andrea Brasiliano Silva
Matrícula Siape: 1549557
Coordenadora do Curso de Graduação em Engenharia Civil

*Aos meus pais,
Valéria Lira e Otávio Filho*

AGRADECIMENTOS

À Valeria Lira e Otavio Filho, meus pais, pois não mediram esforços para me incentivar e apoiar na realização deste sonho.

À Luiza, Carolina, Beatriz, Kaline e Bianca, minhas irmãs, pelo apoio, carinho e amizade.

À Jessé Gomes, meu companheiro de vida, pelo amor, parceria, carinho, compreensão e paciência durante todos estes anos de graduação e em toda nossa vida juntos.

A meus familiares, que ao longo de toda a caminhada da graduação me ajudaram e incentivaram estando sempre presentes e oferecendo todo o amparo e amor possível.

Aos amigos que sempre estiveram ao meu lado.

À professora Dra. Cibelle pela orientação, disponibilidade e generosidade que tornaram possível a conclusão deste trabalho.

Aos professores do curso de Engenharia Civil, por todo conhecimento compartilhado e toda a contribuição na minha formação enquanto profissional.

Muito obrigada!

RESUMO

A retomada no crescimento do mercado da construção civil somado ao aumento do nível de exigência por parte dos consumidores e a busca constante por redução de custos tem como consequência o aumento de competitividade entre as empresas do setor. Essa situação tem estimulado as empresas do ramo a buscar melhores níveis de desempenho, fazendo com que as construtoras busquem alternativas de melhoria de seus sistemas produtivos através da aplicação de Gestão da Produção e de princípios inicialmente desenvolvidos para o ambiente industrial. Neste cenário, umas das alternativas na busca do alcance de uma maior eficácia e colocação no mercado, em conjunto com o menor custo e maior qualidade dos produtos é a utilização de processos de planejamento de gestão da obra. Logo, este trabalho tem como objetivo principal simular a programação de um residencial multifamiliar de pequeno porte utilizando a técnica Linha de Balanço (*Line of Balance* - LOB). A pesquisa aborda a aplicação da filosofia *Lean Construction* na programação a longo prazo de um residencial a ser implantado no município de João Pessoa/PB. Com base nas revisões bibliográficas realizadas foi possível calcular os ritmos dos pacotes de serviço e com o sequenciamento das atividades garantir a continuidade dos serviços ao longo do período de execução do empreendimento. Ao término do trabalho foi gerada a representação gráfica da Linha de Balanço, na qual foi possível definir com objetividade quais atividades deverão ser executadas nas unidades base de repetição, delimitando as datas de início e término desta.

Palavras-chave: Planejamento; Lean Construction; Longo Prazo; Sistemas Produtivos

ABSTRACT

The resumption of growth in the civil construction market coupled with the increase in the level of demand from consumers and the reduced availability of financial resources has resulted in an increase in competitiveness among companies in the sector. This situation has encouraged companies in the industry to seek better levels of performance, making construction companies seek alternatives to improve their production systems through the application of Production Management and principles initially developed for the industrial environment. In this scenario, one of the alternatives in the pursuit of achieving greater efficiency and placing on the market, together with the lowest cost and highest quality of products, is the use of work time planning processes. This work has as main objective to simulate the programming of a small multifamily residential using the Line of Balance (LOB) technique. The research addresses the application of the Lean Construction philosophy in the long-term schedule of a residential to be implemented in the city of João Pessoa / PB, more specifically through the use of the Line of Balance technique. Based on the bibliographic reviews carried out, it was possible to calculate the rhythms of the service packages and, with the sequencing of activities, guarantee the continuity of services throughout the period of execution of the project. At the end of the work, the graphical representation the Line of Balance was generated, in which it was possible to define objectively which activities should be performed in the base repetition units, delimiting the start and end dates of this.

Key words: Planning; Lean Construction; Long Term; Productive Systems.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Relação PIB Brasil (%) e Taxa Real de Crescimento da Construção Civil (a.a%)	16
Figura 2 – Modelo de conversão do processo de produção tradicional.....	20
Figura 3 – Modelo de Processo da Construção Enxuta	24
Figura 4 – As Cinco Fases do Planejamento da Dimensão Horizontal	30
Figura 5 – Estrutura Analítica so Projeto (EAP) da construção de uma casa	32
Figura 6 – Diagrama de rede	33
Figura 7 – Caminho crítico no diagra de flechas.....	34
Figura 8 – Exemplo de cronograma no formato Gráfico de Gantt.....	34
Figura 9 – Linha de Balanço conceitual para um processo	36
Figura 10 – Curva de produção de processos consecutivos	37
Figura 11 – Informações do diagrama da Linha de Balanço.....	37
Figura 12 – Linha de Balanço x Diagrama de Gantt	38
Figura 13 – Demonstração de cálculo do ritmo.....	40
Figura 14 – Classificação da pesquisa.....	42
Figura 15 – Planta baixa do pavimento tipo	43
Figura 16 – EAP em formato de árvore.....	45

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Produção Convencional x Produção Enxuta.....	25
Tabela 2 – Informações sobre a obra.....	42
Tabela 3 – Descrição das atividades dos pacotes de serviço.....	45
Tabela 4 – Relações de precedência.....	47
Tabela 5 – Demanda Hh/m ²	49
Tabela 6 – Número de oficiais alocados em cada pacote de serviço.....	50
Tabela 7 – Tempo de ciclo de cada atividade.....	51
Tabela 8 – Duração dos pacotes de trabalho	52
Tabela 9 – Duração total e ritmo dos pacotes.....	53
Tabela 10 – Datas de início e fim dos pacotes de serviço	54

LISTA DE ABREVIACÕES E SIGLAS

CBIC	Câmara Brasileira da Indústria da Construção
CPM	<i>Critical Path Method</i>
EAP	Estrutura Analítica do Projeto
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IP	Índices de Produtividade
LOB	<i>Line of Balance</i>
MRP	<i>Material Requirement Planning</i>
PAC	Programa de Aceleração do Crescimento
PCP	Planejamento e Controle da Produção
PERT	<i>Project Evaluation and Review Technique</i>
PIB	Produto Interno Bruto
SEBRAE	Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas
TCPO	Tabelas de Composições e Preços para Orçamento
TPS	<i>Toyota Production System</i>
TQM	<i>Total Quality Management</i>
VSM	<i>Value Stream Mapping</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
1.1	Considerações Iniciais	11
1.2	Justificativa	12
1.3	Objetivos.....	13
1.3.1	Geral	13
1.3.2	Específicos.....	13
1.4	Estrutura do trabalho.....	13
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	15
2.1	Indústria da construção civil no Brasil	15
2.1.1	Peculiaridades da Construção Civil.....	17
2.2	Planejamento e Controle na Construção Civil.....	18
2.3	Dificuldades do sistema de planejamento tradicional.....	19
2.4	Filosofia <i>Lean</i>	21
2.4.1	Aspectos Históricos	21
2.4.2	Princípios do <i>Lean Thinking</i>	22
2.5	<i>Lean Construction</i>	23
2.5.1	Princípios da <i>Lean Construction</i>	25
2.6	Dimensões do planejamento	29
2.6.1	Dimensão Horizontal.....	30
2.6.2	Dimensão Vertical	31
2.7	Técnicas de Programação de Obras	31
2.7.1	Preparação do Planejamento de Longo Prazo	31
2.7.2	Diagrama de Gantt ou de barras	34
2.7.3	Técnica de Rede	35
2.8	Linha de Balanço	35
2.8.1	Definição da técnica de Linha de Balanço	36
2.8.2	Método de aplicação da técnica de Linha de Balanço.....	38
2.8.3	Balanceamento das operações	40
3	METODOLOGIA	41

3.1	Classificação da Pesquisa	41
3.2	Caracterização da Obra	42
3.3	Uso de software para o planejamento	43
3.4	Elaboração do planejamento de longo prazo	44
3.4.1	Determinação da unidade base de repetição	44
3.4.2	Identificação das atividades	44
3.4.3	Definição da precedência	46
4	RESULTADO E DISCUSSÕES	48
4.1	Determinação dos quantitativos	48
4.2	Dimensionamento das equipes	49
4.3	Duração das atividades	50
4.4	Montagem da Linha de Balanço	51
4.5	Duração total e ritmo	53
4.6	Data de início e término dos pacotes	54
4.7	Equipes adotadas	55
4.8	Representação gráfica da Linha de Balanço	55
4.9	Linha de Balanço segundo filosofia <i>Lean</i>	55
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	57
5.1	Conclusão	57
5.2	Sugestões para Trabalhos Futuros	58
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA	59
	APÊNDICE A – QUADRO RESUMO	63
	APÊNDICE B – LINHA DE BALANÇO	64

1 INTRODUÇÃO

1.1 Considerações Iniciais

Nos últimos anos, o setor da construção civil vem sofrendo alterações significativas, pela intensificação da competitividade, globalização dos mercados e demandas mais exigentes dos clientes quanto à qualidade dos produtos e prazos de entrega (FORMOSO, 2001). No entanto, historicamente, o setor é deficiente quando se trata da utilização de ferramentas de gestão da produção investindo pouco em técnicas que visão a melhoria dos processos produtivos (ALVIM, 2013).

Quando se analisa o cenário da construção civil brasileira pode-se destacar a deficiência na industrialização dos processos. Enquanto em países desenvolvidos o aumento da produtividade, no Brasil a produtividade ainda é um grande problema.

Diante desse cenário as empresas construtoras vêm modificando suas formas de gerenciar a produção e de melhorar o desempenho, através de mudanças nos padrões de planejamento e controle de produção tradicional (BERNARDES, 2001). A incorporação de práticas, desenvolvidas originalmente para sistemas de produção industrial automobilística, com o objetivo de otimizar suas metodologias construtivas e produzir produtos cada vez melhores, tem proporcionado essas mudanças no âmbito dos processos produtivos da construção.

Womack, Jones e Roos (1992), baseados no Sistema Toyota de Produção (*Toyota Production System* – TPS), enfatizam que o processo produtivo em fluxo, introduziu pela primeira vez o conceito de *Lean Production* (Produção Enxuta), sendo uma forma de otimizar o sistema, produzindo cada vez mais e utilizando cada vez menos recursos. Womack e Jones (1996), mais tarde, criaram o termo *Lean Thinking* (Mentalidade Enxuta), aplicando os conceitos do *Lean Production* para todos tipos de processos, sejam esses industriais ou não (JUNQUEIRA, 2006).

Neste contexto, o autor Koskela (1992) em sua publicação *Application of the New Production Philosophy to Construction*, desafiou os profissionais da construção a quebrar os paradigmas de gestão da produção ao adaptar técnicas e ferramentas desenvolvidas com sucesso pelo TPS, lançando assim as bases do *Lean Construction* (Construção Enxuta).

Desde o trabalho pioneiro (1992), diversos pesquisadores têm buscado interpretar seus conceitos para o ambiente da construção civil (FORMOSO, 2002; BALLARD & HOWELL, 1998, HOWELL 1999).

O termo construção enxuta trata de uma nova filosofia de administração da produção, que busca consolidar os conhecimentos obtidos na indústria de manufatura, aplicando-os na construção civil, observando as peculiaridades do setor (JUNQUEIRA, 2006).

Para Bernardes (2003), a melhor forma de introduzir a filosofia *Lean Construction* em empresas do ramo da construção civil é por meio de técnicas e ferramentas de planejamento e controle da produção. Dentro das técnicas disponíveis, a Linha de Balanço (*Line of Balance* – LOB) está entre as melhores opções para consolidar o ciclo do planejamento, programação e controle, sem que se perca a operacionalidade necessária. Sua aplicação apresenta resultados mais claros e de fácil entendimento, conduzindo com simplicidade informações a respeito do tempo e posicionamento das equipes na obra (MAZIERO, 1990).

1.2 Justificativa

A motivação para o desenvolvimento deste tema surgiu da busca por um aprofundamento do aprendizado sobre a aplicabilidade de novos sistemas de Planejamento e Controle da Produção (PCP) estabelecidos no setor da construção civil. Atualmente, poucas empresas utilizam algum tipo de técnica gerencial na área, e um número menor ainda monitora a evolução para redirecionar o planejamento quando necessário.

Picchi (1993) relata que a indústria da construção civil apresenta uma estrutura de produção bastante defasada em relação a outros setores e indústrias no que diz respeito ao desenvolvimento de técnicas gerenciais e de planejamento. Segundo o autor, esta defasagem se reflete em problemas de qualidade, baixa produtividade e elevado índice de desperdícios, estimados em pelo menos 30%, em relação ao custo total da obra.

O setor da construção civil no Brasil tem mostrado deficiência no que tange à melhoria da produtividade de sua força de trabalho. Somados a esse fato é notório que a atual situação econômica trouxe à tona a urgência da implantação de melhorias no modo de planejamento da construção.

É necessário construir de forma enxuta, consumindo menos recursos, com proatividade, entregando projetos de qualidade, dentro do prazo e custo inicialmente estabelecido. Nesse sentido, o tema abordado se alinha às inovações no aspecto do Planejamento e Controle da Produção estabelecidos no setor da construção civil.

1.3 Objetivos

1.3.1 Geral

Desenvolver uma Linha de Balanço para uma obra residencial multifamiliar de pequeno porte localizada em João Pessoa/PB, utilizando os conceitos *Lean Construction*.

1.3.2 Específicos

Para uma melhor compreensão do tema atribuído a esse trabalho, e visando alcançar o objetivo principal, fez-se necessário a determinação dos seguintes objetivos específicos:

- Descrever um panorama geral da indústria da construção civil no Brasil;
- Viabilizar o controle e acompanhamento da execução dos serviços;
- Descrever o processo de elaboração da Linha de Balanço;
- Simplificar o modelo de visualização do planejamento na obra;
- Apontar futuras necessidades de pesquisas e desenvolvimentos dentro do universo do trabalho.

1.4 Estrutura do trabalho

Esse trabalho apresenta-se dividido conforme segue:

O capítulo 1 consiste na introdução, na qual são apresentadas as considerações iniciais, a justificativa, os objetivos (geral e específico) e sua estrutura.

No capítulo 2 é apresentada uma revisão bibliográfica sobre os principais assuntos e temas deste trabalho, com a finalidade de buscar uma fundamentação teórica e embasamento para o desenvolvimento do mesmo. Inicialmente, nesse capítulo, foi realizado um breve panorama sobre a situação da indústria da construção civil no Brasil bem como suas peculiaridades. Em seguida são introduzidos os conceitos de PCP e suas dimensões bem como as dificuldades encontradas na aplicação do sistema de planejamento tradicional. São definidos os conceitos da filosofia *Lean* e suas aplicações na indústria da construção civil através do *Lean Construction*, prosseguindo com a definição das técnicas de programação de obra. Por fim são descritos os critérios para a elaboração do planejamento de longo prazo com ênfase na técnica de Linha de Balanço.

No capítulo 3 é apresentada a metodologia utilizada na elaboração deste trabalho, que conta com a descrição do empreendimento objeto do estudo. Neste capítulo também são especificados os softwares utilizados para a elaboração do planejamento de longo prazo.

No capítulo 4 são apresentados os resultados e discussões referentes aos temas estudados neste trabalho e também são elencados os pontos positivos a aplicação da técnica de Linha de Balanço

Por fim, no capítulo 5 estão as Considerações finais acerca do trabalho.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo tem como objetivo fornecer base teórica que ofereça sustentação necessária às análises dos resultados deste trabalho, apresentando conceitos relacionados ao planejamento e controle de produção de obras.

Inicialmente será feita uma abordagem sobre a indústria da construção civil no Brasil, na qual serão elencados os pontos de deficiência desse setor. Na sequência serão apresentados e discutidos os conceitos sobre planejamento e controle da produção e as dificuldades de implementação dos sistemas tradicionais na indústria da construção civil.

Dando prosseguimento, serão conceituadas as filosofias *Lean* e *Lean Construction* e também serão apresentadas as principais técnicas e ferramentas a serem utilizadas no processo de planejamento de obras dando ênfase a técnica de Linha de Balanço, tema do presente trabalho.

2.1 Indústria da construção civil no Brasil

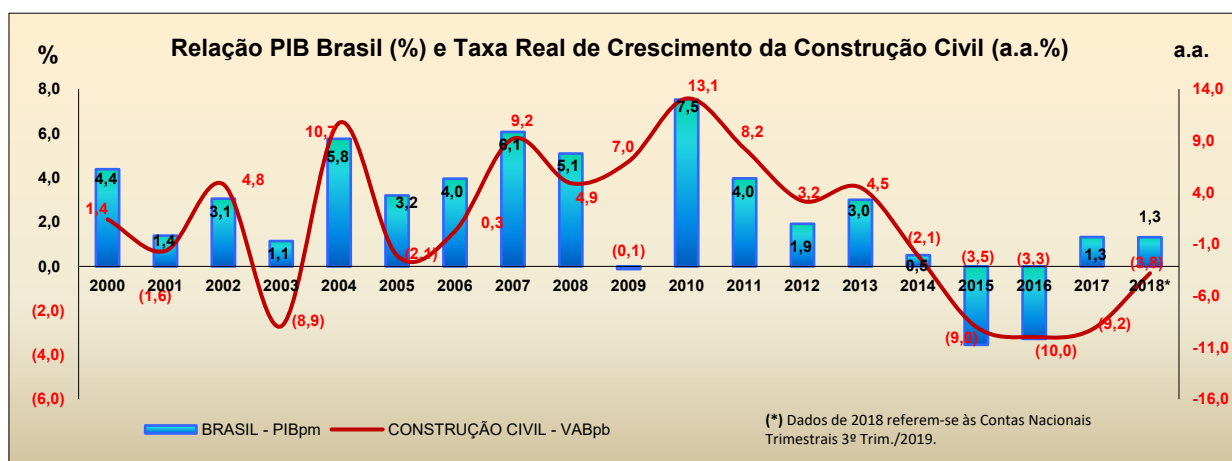
A indústria da construção civil é um dos setores produtivos mais expressivos do Brasil. A atividade movimenta diferentes áreas e exerce de forma direta e indireta, forte influência no desenvolvimento econômico do país. A capacidade produtiva e o desenvolvimento nacional estão diretamente ligados ao desempenho do setor em questão. Ainda nesse aspecto, a cadeia produtiva do setor construtivo exerce importante papel social, pois cria oportunidades de trabalho para uma faixa da população com baixa escolaridade e pouca qualificação profissional (SEBRAE, 2016).

O setor passou por uma significativa expansão e este resultado foi reflexo de programas como o “Minha Casa, Minha Vida”, que tem como finalidade o financiamento de imóveis com taxas de juros atrativas voltado para às classes média e baixa, bem como o Programa de Aceleração do Crescimento (PAC), incentivo ao desenvolvimento com a finalidade de promoção do crescimento econômico (ALVIM, 2013).

Após o crescimento, o cenário econômico nacional sofreu uma forte queda devido a fatores internos e externos, como crises financeira e política, denúncias de envolvimento de grandes empreiteiras com corrupção impactando diretamente no mercado da construção civil.

Para demonstrar tais variações, a Figura 1 relaciona o Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro (%) com a Taxa real de crescimento da construção civil (%), e nela observa-se uma queda no nível de atividade do setor da construção iniciada no ano de 2010 e atingindo sua mínima em 2016. Já para os períodos seguintes nota-se uma melhora de desempenho do setor que pode ser apresentado como um reaquecimento do mercado da construção.

Figura 1 – Relação PIB Brasil (%) e Taxa Real de Crescimento da Construção Civil (a.a.%)



Fonte: IBGE *apud* Banco de Dados CBIC, 2018.

Nesse contexto, as empresas do setor têm buscado alternativas de melhoria de seus sistemas produtivos para acompanhar o mercado. Uma das metodologias de mercado que pode ser analisada nesse aspecto é a aplicação de uma gestão de produção equilibrada e que potencialize o uso dos recursos de forma eficiente.

A competitividade de uma empresa está diretamente ligada à capacidade que esta desenvolve para se adequar ao mercado em que opera, de maneira a garantir e, ou ainda, ampliar sua participação e dinamismo no ambiente em que estão inseridos (PEREIRA FILHO, SILVA, & ROCHA, 2004).

Mesquita (2012) afirma que nos últimos anos, a indústria da construção civil é um dos ramos produtivos que mais vem sofrendo alterações. Com a intensificação da competitividade, a globalização dos mercados, a demanda por bens mais modernos, o aumento do grau de exigência dos clientes e a reduzida disponibilidade de recursos financeiros, os administradores das empresas se deram conta de que, realizar investimentos em gestão, planejamento e controle é inevitável para o sucesso do empreendimento. Neste contexto, o autor acrescenta que, estudos realizados no Brasil e no exterior indicam que deficiências em

planejamento e controle estão entre as principais causas da baixa produtividade do setor da construção civil e de suas elevadas perdas.

Segundo Vieira (2006), estudos apontam que empresários do setor entendem a necessidade de um maior enfoque nas atividades produtivas, como planejamento e controle, porém ainda existe uma grande carência em discutir e trocar informações entre os agentes envolvidos no processo construtivo de edificações.

2.1.1 Peculiaridades da Construção Civil

Segundo Costa B. F. (2017) por tratarem-se de empreendimentos com alto número de recursos alocados e pelo caráter de alto grau de valorização do produto, a construção civil mostra uma inegável necessidade de aplicação dos conceitos de planejamento e controle.

Para Vieira (2006) a indústria da construção civil diferencia-se de forma significativa de outras indústrias seriadas em sua concepção geral. Enquanto estas apresentam a sede manufatureira fixa, operações repetitivas e constantes, aquela apresenta características diametralmente opostas, das quais são detalhadas a seguir:

- a) Produto imóvel, os colaboradores que se deslocam ao longo dos postos de trabalho;
- b) Indústria móvel, os processos, mão-de-obra, materiais-prima e equipamentos mudam de local para local;
- c) Emprego da mão-de-obra tem caractere eventual e suas possibilidades de promoção são pequenas, motivo que gera baixa motivação para o trabalhador;
- d) Mão-de-obra pouco qualificada e alta rotatividade no setor;
- e) Tempo elevado de produção de uma unidade do produto;
- f) Custo de produção de uma unidade do produto extremamente elevado;
- g) Produção sujeita às intempéries – o produto é totalmente exposto durante sua produção;
- h) Criação de produtos únicos e não seriados – segue um padrão de baixa repetitividade;
- i) Complexidade do sistema produtivo, ou seja, são envolvidas especificações complexas e muitas vezes confusas, projetos executivos normalmente com obras em andamento;
- j) Responsabilidade muitas vezes dispersa – zona sem responsáveis explícitos;

- k) Muitos processos artesanais com possibilidades limitadas para automatização;
- l) Interferência e interveniência entre tarefas, operações unitárias em paralelo – equipes de pedreiros, azulejista, encanadores, eletricitas, marceneiros entre outros;
- m) A cadeia de suprimentos não apresenta distribuição física, o cliente final que vai até o produto.

As dificuldades de aplicação dos conceitos referentes ao PCP na indústria da construção civil são diversas, porém o esforço para a aplicação destes conceitos deve ser contínuo e a busca por sua adaptação e modernização é sempre necessária (COSTA B. F., 2017).

2.2 Planejamento e Controle na Construção Civil

Para Ackoff (1974) *apud* Filho & Andrade (2010) planejamento é algo que se faz antes de agir, uma espécie de tomada antecipada de decisão. Ainda destaca que, o planejamento é necessário quando a consecução do estado futuro que desejamos envolve um conjunto de decisões interdependentes, isto é, um sistema de decisões.

Formoso (2001) define planejamento como sendo, um processo gerencial de tomada de decisão, no qual deve-se estabelecer metas e determinar meios de atingi-los, sendo de fato efetivo quando o mesmo possui um controle. O autor também afirma que quando o controle não é realizado de forma proativa (exemplo: controle baseado na troca de informações verbal entre o engenheiro e o mestre de obras, sem vínculo com o plano de longo prazo) muitas vezes o resultado é a utilização ineficiente de recursos.

Planejamento pode ser considerado como a definição de um futuro desejado e de meios eficazes a alcança-los (ACKOFF, 1974). Com essa definição pode-se verificar que a tomada de decisão está intimamente ligada com o planejamento, pois é através deste processo que as metas estabelecidas nas programações podem ser cumpridas.

Assim, o planejamento de um projeto conduz ao seu controle, permitindo avaliar a qualidade daquilo que foi planejado. Portanto, planejamento e controle são complementares entre si. Logo um não faz sentido sem o outro, implicando, assim, num processo decisório contínuo onde o planejamento busca decidir antecipadamente e o controle objetiva conhecer e atuar sobre desvios que venham ocorrer sobre o elemento que fora planejado (LIMMER, 1996).

Mattos (2010), elenca os seguintes benefícios do planejamento:

- Conhecimento pleno da obra;
- Detecção de situações desfavoráveis;
- Agilidade nas decisões;
- Otimização na alocação de recursos;
- Referência para acompanhamento;
- Padronização;
- Referência para metas;
- Documentação e rastreabilidade;
- Criação de dados históricos para a construtora;
- Profissionalismo.

2.3 Dificuldades do sistema de planejamento tradicional

Para Laufer e Tucker (1987), o planejamento de métodos a serem utilizados deveria preceder a tomada de decisão relativa a recursos e prazos. Os autores ainda acrescentam que na maioria das vezes é dada maior ênfase aos prazos e custos do que à alocação de recursos. Para Bernardes (2003), a realidade consiste em um dos grandes problemas do modelo de planejamento tradicional, uma vez que se administra uma obra de forma a cumprir prazos e custos, deixando de lado questões como qualidade e segurança no trabalho.

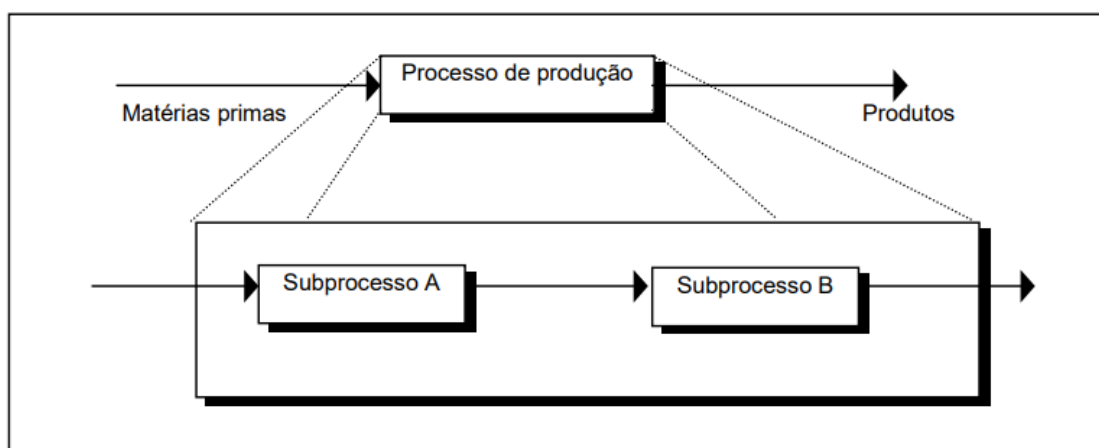
Do ponto de vista conceitual, os sistemas de gestão de produção tradicionais são criticados por Koskela (1992). O autor afirma que o modelo tradicional de gestão pressupõe que a produção é conceituada como um processo de conversão, apresentando as seguintes características:

- a) O processo de conversão pode ser subdividido em subprocessos, que também são processos de conversão.
- b) O custo total do processo pode ser reduzido, reduzindo-se o custo de cada subprocesso;
- c) O valor de saída de um processo (produto) é associado com os custos (valor) das entradas do mesmo processo.

Formoso (2010) afirma que o modelo conceitual dominante na construção civil é baseado num conjunto de atividades de conversão. Nesse modelo a conversão se dá pela transformação de insumos (matérias e informações) em produtos intermediários (fundação, alvenaria, laje) ou final (edificação), caracterizando a utilização de processos construtivos

conforme ilustrado na Figura 2. Ainda sobre esse ponto, Novais (2000) complementa que essa visão processual acaba gerando grandes perdas de materiais, retrabalhos, baixa produtividades e uma grande aversão à possíveis mudanças.

Figura 2 – Modelo de conversão do processo de produção tradicional



Fonte: Formoso (1991).

Para Bernardes (2003) a partir da aplicação deste modelo no ambiente da construção civil, pode-se afirmar que os sistemas tradicionais de PCP são fortemente baseados no método do caminho crítico (CPM) e na técnica de avaliação e revisão de programa (PERT). Todavia, a aplicação de tais técnicas mostra-se inadequadas para o contexto, visto que foram desenvolvidas com a finalidade de serem aplicadas em situações que podem ter um controle central. Tal característica é raramente encontrada na construção civil, sendo, portanto, inapropriadas para o contexto em questão.

Devido ao elevado dinamismo, a alta variabilidade e ao grau de incerteza presente nos processos relacionados ao planejamento de atividades na construção civil, é difícil elaborar planos detalhados confiáveis como muita antecedência da execução as atividades. Nesse contexto, apenas seguir um planejamento mestre estabelecido no início do empreendimento, nem sempre é o ideal na hora de decidir qual será o próximo trabalho e a qualidade a ser executada por uma equipe no curto prazo (BALLARD, 2000 *apoud* BERDARDES, 2003).

Laufer e Tucker (1987), acrescentam que as técnicas de rede deixam a desejar por necessitar de um excessivo grau de detalhamento. Tendo em vista que o planejamento de um empreendimento requer um elevado grau de detalhamento e que, a realização de alterações nas

redes consome muito tempo, as técnicas de CPM e PERT consideram que a variabilidade e a interferência raramente ocorram.

Para Bernardes (2003), é muito frequente que as atividades planejadas tenham que ser modificadas por força maior que fogem ao controle da empresa construtora, uma vez que diversas organizações estão envolvidas no processo construtivo.

Com a finalidade de sanar tais problemáticas apresentadas pelo modelo tradicional de planejamento (PCP tradicional), novos modelos de produção surgiram e foram sendo estruturados. Destaca-se aqui o surgimento da *Lean Construction* (Construção Enxuta, em português), baseada em conceitos da filosofia *Lean Production* (Produção Enxuta) que serão apresentados nos próximos itens.

2.4 Filosofia Lean

2.4.1 Aspectos Históricos

Com o fim da segunda guerra mundial, a montadora japonesa Toyota, buscando posicionar-se no mercado das grandes montadoras mundiais, decide basear-se nos conceitos da produção em massa utilizada nos Estados Unidos, idealizado por Henry Ford, em 1914. Porém, a empresa japonesa não conseguiu adotar a mesma sistemática de Ford, pois o mercado japonês apresentava algumas peculiaridades: uma dimensão espacial menor; um menor capital disponível; falta de conhecimento da demanda e exigência de qualidade no produto por parte dos clientes (ROEHRS, 2013).

A *Lean Production*, ou Nova Filosofia de Produção, foi desenvolvida pelo engenheiro da Toyota, Taichi Ohno, onde o termo *Lean* é utilizado para refletir a redução das perdas em comparação as outras formas de produção. Ohno precisava produzir carros de acordo com a demanda dos clientes, reduzindo assim o tempo de *set up* (preparação para a produção), e influenciado pelo *Total Quality Management* (TQM), produzir para clientes específicos, entregas instantâneas sem a necessidade de estoques intermediários (HOWELL, 1999).

Segundo Howel (1999), Ohno buscava atingir a perfeição nas indústrias Toyota, onde o zero defeito requeria a coordenação entre o progresso do produto na linha de montagem e o suprimento das partes. Retrabalhos devido a erros não eram tolerados e a linha de produção era parada para se descobrir a origem da falha, descobrindo-se assim a variabilidade injetada no processo. Segundo o mesmo autor, Ohno descentralizou o gerenciamento do chão de fábrica, fazendo com que todos os envolvidos tivessem uma visão da produção (modelo de transparência) possibilitando assim a tomada de decisão pela produção e não pela gerência.

Segundo Prado (2006) o sistema de produção enxuta foca na diminuição e eliminação de desperdício, que pode ser definido como tudo aquilo que não é necessário no ciclo produtivo de um produto ou mesmo um serviço. Sobre esse aspecto Koskela (1992) acrescenta, que a base da Produção Enxuta é a consideração de que a produção tem três aspectos fundamentais: fluxo, conversão e valor. Os três aspectos consomem custo e tempo, porém só a conversão é que agrega valor e parte da informação que é transformado em produto.

2.4.2 Princípios do *Lean Thinking*

O pensamento enxuto é apresentado por Womack e Jones (1996), no qual são elencados os cinco princípios, ou passos fundamentais, mostrando que os conceitos do modelo podem ser aplicados em qualquer indústria ou organização:

- Especificação do valor: É definido pelo ponto de vista do cliente final, é tudo aqui que o cliente considera importante, sendo o ponto motivador que faz com que o consumidor (cliente final) queira adquirir determinado produto.
- Fluxo do valor: Examinar de forma holística os processos para se criar um fluxo de valor único e mais racional, dessa forma devem ser observadas e identificadas as atividades que agregam e as que não agregam valor ao produto final (FORMOSO, 2002).

Ações que agregam valor: são as etapas do processo produtivo que efetivamente transformam matéria prima com o objetivo de dar forma ao produto final; os produtos ganham atributos que o cliente final reconhece e está disposto a pagar (KOSKELA, 1992);

Ações que não agregam valor: são atividades que consomem tempo, recursos e espaço sem agregar valor ao produto final (JUNQUEIRA, 2006).

Segundo Rother & Shook (1998), identificar e mapear com precisão o fluxo de valor completo do produto é uma atividade indispensável para enxergar possíveis desperdícios em cada processo e, assim, facilitar a implantação de ações para eliminá-las, criando um novo fluxo de valor otimizado. A ferramenta que pode auxiliar na implementação desse fluxo de valor é o Mapeamento do Fluxo de Valor (*Value Stream Mapping* - VSM).

- Fluxo Contínuo: Fazer com que o fluxo otimizado flua de forma contínua, caracteriza-se pela criação de um fluxo contínuo das atividades que criam valor ao produto. A meta nesse ponto é diminuir ao máximo o tempo de espera e retrabalho ou algo que agride o *lead time* (período entre o início e término de determinada atividade) de forma a otimizar a produção.
- Produção puxada: Esse conceito consiste em produzir apenas quando é realizado o pedido pelo cliente sem gerar estoque como na produção empurrada (DIEHL, 2017).

Para Womarek & Jones (1998), um dos aspectos visíveis da produção puxada é a diminuição do tempo desde o lançamento do produto até sua venda ao cliente final, ou desde a compra da matéria prima até a entrega para os clientes intermediários.

- Melhoria Contínua: Após aplicar interativamente cada um dos princípios citados, a empresa pode enxergar novas oportunidades de melhoria, permitindo a eliminação de desperdícios e outros obstáculos ao fluxo de valor (RIANI, 2006). O próximo passo para a busca de redução de custos, prazos, espaço e esforço é a realização da melhoria contínua, almejando a perfeição (WOMACK & JONER, 1998).

Uma ferramenta que pode auxiliar no processo de melhoria contínua é o ciclo PDCA (*Plan – Do – Check – Act*) (RIANI, 2006). O ciclo PDCA é uma ferramenta de gerenciamento desenvolvida originalmente por Walter Shewart, na década de 1920, mas ganhou notoriedade com Edwards Deming na década de 1950 (MATTOS, 2010).

Para Machado & Heineck (2001) quando analisada sob o ponto de vista dos fundamentos citados por Womack & Jones, é fácil constatar que a produção enxuta representa uma teoria de administração da produção extraordinária, em termos do potencial de melhoria dos sistemas produtivos que afirma promover. Os autores concluem que da forma como os fundamentos da produção enxuta são expostos, de fato, pode-se configurar como sendo um novo paradigma de administração da produção, porém é necessário ter o seu ferramental desenvolvido.

Com o objetivo de tornar mais operacionais as diretrizes genéricas propostas por Womack & Jones (1996), diversos autores apresentaram propostas para a viabilização da produção enxuta em termos de princípios mais específicos (MACHADO & HEINECK, 2001).

2.5 Lean Construction

Após o amadurecimento dos conceitos *Lean Thinking* pela indústria seriada, ela começa a virar alvo de interesse dos gerentes da construção civil, dando origem a construção enxuta. O setor da construção civil é caracterizado por altos indicadores de desperdícios, produtos com grandes ocorrências de patologias construtivas, processos ineficientes e ineficazes, se mostrando, portanto, um campo muito promissor aos resultados que podem ser obtidos através da aplicação dos conceitos da construção enxuta (JUNQUEIRA, 2006).

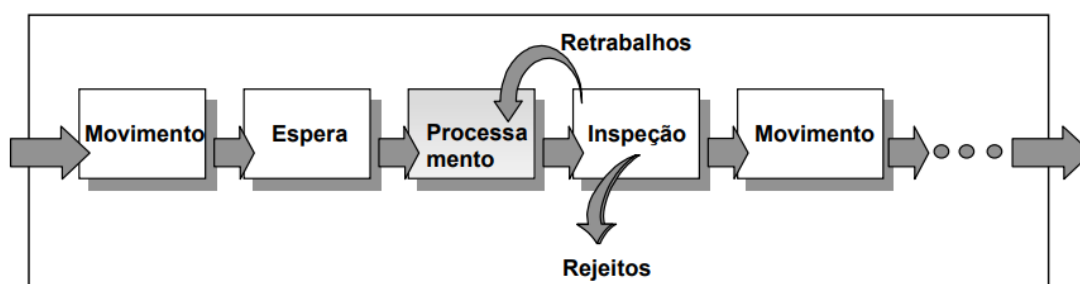
Junqueira (2006), afirma que a adaptação dos conceitos do modelo de produção desenvolvido na indústria automobilística japonesa para a construção civil ocidental é um dos problemas enfrentados para a construção da teoria sobre essa nova abordagem. Somando-se a

este, outro grande problema está relacionado à postura conservadora característica de grande parte dos profissionais envolvidos no setor (FORMOSO, 2001).

Contrapondo-se à filosofia tradicional surge a Nova Filosofia de Produção na Construção Civil (*Lean Construction*), tendo como seu marco inicial a publicação de um relatório técnico intitulado *Application of the New Production Philosophy to Construction*, por Lauri Koskela em 1992. Neste relatório o autor desafia os profissionais da construção a quebrar os paradigmas de gestão da produção ao adaptar técnicas e ferramentas desenvolvidas com sucesso pelo TPS, lançando assim as bases dessa nova filosofia adaptada à construção civil (KOSKELA, 1992).

Para Formoso (2001) o modelo de processo da construção enxuta, diferentemente dos modelos de produção antigos, assume que o processo consiste em um fluxo, desde a matéria prima até o produto final, constitui-se por atividade de transporte, espera, processamento/conversão e inspeção (Figura 3). Nesse modelo as atividades de transporte, espera e inspeção não geram valor ao produto final, sendo por essa razão denominadas de atividades de fluxo.

Figura 3 – Modelo de Processo da Construção Enxuta



Fonte: Koskela (1992).

Para Koskela (1992), o melhoramento das atividades de fluxo deve primeiramente ser focada na sua redução ou eliminação, enquanto as atividades de conversão devem ser feitas de forma mais eficiente. O autor justifica essa afirmação ao estabelecer que enquanto todas as atividades possuem um custo embutido e consomem tempo, apenas as atividades de conversão adicionam valor ao material ou informação, sendo, portanto, transformado em um produto. O autor acrescenta que em função desse cenário, ao não considerar atividades que não agregam valor, ferramentas tradicionais de planejamento e controle, redes PERT/CPM, por exemplo, não são as mais adequadas para representar a indústria da construção civil.

Ballard e Howell (1998) afirmam que a construção enxuta possui pelo menos dois focos que a distinguem do gerenciamento tradicional da construção: um sobre a perda e suas reduções e outro sobre o gerenciamento dos fluxos. Koskela (1992) propões uma comparação entre a produção convencional e a produção enxuta, conforme ilustrado na Tabela 1.

Tabela 1 – Produção Convencional x Produção Enxuta

	Produção Convencional	Produção Enxuta
Conceito de produção	• Produção consistente em conversão; • Todas as atividades agregam valor.	• Produção consistente em conversão e fluxos; • Existem atividades que agregam valor e as que não agregam.
Foco do controle	• Custo das atividades.	• Custo, tempo e valor dos fluxos.
Foco de melhoria	• Inserção de eficiência pela implantação de novas tecnologias.	• Eliminação ou redução de atividades que não agregam valor; • Incremento de eficiência em atividades que agregam valor, através da melhoria continua e novas tecnologias.

Fonte: Koskela (1992).

2.5.1 Princípios da *Lean Construction*

A Construção Enxuta é baseada em uma serie de princípios que visam melhorar o fluxo do processo na atividade de produção, podendo ser rapidamente e eficientemente melhorada. Tais princípios são citados abaixo (KOSKELA, 1992):

1. Reduzir a parcela de atividades que não agregam valor

Arantes (2010), afirma que esse princípio busca trazer para os processos uma melhor eficiência através da redução de perdas. Essa melhoria não acontece apenas pela melhoria da eficiência nas atividades de conversão e de fluxo, mas também pela eliminação de alguma dessas atividades.

O processo de planejamento e controle tem função de facilitar a implantação desses princípios uma vez que busca reduzir atividades de espera, movimentação, transporte e outras atividades que consomem tempo, porém não agregam valor ao cliente final (BERNARDES, 2001).

2. Aumentar o valor do produto através da consideração das necessidades do cliente final

Para Koskela (1992) o valor não é uma qualidade inerente ao processo de conversão, mas é gerado como consequência do atendimento aos requisitos do cliente, podendo este ser o consumidor final ou a próxima atividade no processo de produção.

Arantes (2010) afirma que esse princípio pode ser atendido através da disponibilização de dados com os requisitos e referências informados pelo cliente final por meio de contrato.

3. Reduzir a variabilidade

Existem dois pontos de vista que explicam a necessidade por reduzir a variabilidade. O primeiro deles é o cliente que deduz uma maior aceitação por produtos uniformes. O segundo refere-se a quem executa o processo, que por conta do problema com a variabilidade, acaba necessitando de tempos maiores para executar tarefas além de aumentar a quantidade de atividades que não agregam valor (KOSKELA, 1992).

Arantes (2010) sugere a aplicação de procedimentos padronizados durante a execução dos processos de forma a reduzir a variabilidade, diminuindo problemas e eliminando a incidência de retrabalho.

4. Reduzir o tempo de ciclo

O fluxo de produção pode ser caracterizado pelo tempo do ciclo de produção que é o tempo necessário para que uma peça particular percorra o fluxo. Esse processo pode ser implementado pelo processo de PCP, na medida que se consegue reduzir a parcela de atividades que não agregam valor ao processo produtivo, através das decisões nos diferentes níveis de planejamento (BERNARDES, 2003).

Heineck e Machado (2002) *apud* Junqueira (2006) sugerem vantagens no uso da técnica Linha de Balanço em relação às demais técnicas, em decorrência de sua eficiência em responder às perguntas básicas do planejamento, referentes à quando fazer, o que fazer, quando fazer, onde fazer e com que recursos.

5. Simplificar através da redução do número de passos entre atividades

A simplificação pode ser entendida como a redução do número de componentes de um produto ou a redução do número de partes num fluxo de matérias ou informações (BERNARDES, 2003).

Para Bernardes (2001) o PCP pode implementar a simplificação através de uma análise de métodos executivos do processo, que de preferência deve ser feita durante a etapa de projeto, na qual melhorias são mais visíveis e tendem a ser mais facilmente implantadas. Conforme mais repetitivas são as etapas do processo, maior é a facilidade em identificar áreas de simplificação, por isso é recomendado a divisão em zonas de trabalho similares durante a preparação do planejamento

Para atingir a simplificação, Koskela (1992) sugere a utilização de elementos pré-fabricados, participação de equipes multidisciplinares e planejamento eficaz dos processos de produção. Segundo Isatto et al. (2000), através da simplificação pode-se eliminar atividades que não agregam valor ao processo de produção, pois quanto maior o número de componentes ou de passos num processo, maior tende a ser o número de atividades que não agregam valor.

6. Incrementar flexibilidade das saídas do processo

Koskela (1992) define este princípio como sendo o aumento das possibilidades ofertadas ao cliente sem que seja necessário o aumento do preço do produto. O autor apresenta as seguintes sugestões para a aplicação deste: minimização do tamanho do lote, redução do tempo de preparação e troca de ferramentas e equipamentos e uso de mão de obra intermitente.

Segundo Isatto et al. (2000), o aumento de flexibilidade de saída está vinculado ao conceito de processo, como gerador de valor, e refere-se à possibilidade de alterar as características dos produtos entregues aos cliente, sem aumentar substancialmente os custos dos mesmos.

7. Aumentar a transparência no processo

Pode-se diminuir a possibilidade de ocorrência de erros na produção proporcionando maior transparência aos processos produtivos. Isso ocorre porque à medida que esse princípio é utilizado pode-se identificar problemas com maior facilidade (KOSKELA, 1992).

Para o autor, a identificação desses problemas é facilitada pela implementação de uma gestão visual eficiente no canteiro de obras, emprego de indicadores de desempenho que tornem visíveis os desvios do projeto e possibilitem a sugestão de melhorias ao longo do processo e a remoção de obstáculos visuais bem como o emprego de programas voltados para a manutenção da organização e limpeza do canteiro.

8. Foco do controle no processo global

O controle de todo o processo possibilita a identificação e a correção de possíveis desvios que venham a interferir no prazo de entrega do produto (BERNARDES, 2003).

Koskela (1992) entende que esse princípio está relacionado ao impacto negativo de se analisar partes de um determinado processo sem observar ao todo. O autor afirma que a partir do momento em que etapas ou partes de um processo passam a ser focadas existem perdas inerentes. Quando se busca melhorar a parcela do trabalho de cada subprocesso individualmente acaba que o desempenho geral não é considerado.

9. Introduzir um ciclo de melhoria contínua no processo

Segundo Koskela (1992), os esforços para a redução do desperdício e de aumento de valor do produto devem ocorrer de maneira contínua. À medida que os princípios vão sendo cumpridos a melhoria contínua pode ser alcançada (JUNQUEIRA, 2006).

Para Isatto et al. (2000), o trabalho em equipe e a gestão participativa constituem os requisitos essenciais para a introdução do princípio da melhoria contínua no processo. Bernardes (2003) acrescenta que esse princípio pode ser implementado através do processo PCP na medida em que são analisadas as decisões tomadas, para a correção de desvios oriundos da coleta de dados do plano de curto prazo.

Koskela (1992) sugere alguns métodos para a aplicação desse princípio:

- Monitorar a melhoria;
- Estipular metas;
- Adotar medidas de reconhecimento da mão de obra;
- Disseminar padrões de melhoria prática através de procedimentos que buscam elevar os seus níveis de qualidade;
- Vincular a melhoria ao setor de controle.

10. Balanço entre melhorias nos fluxos e nas conversões

Para Koskela (1992), no processo de produção existe diferenças de potencial de melhoria em conversão e fluxo. Em geral, quanto maior a complexidade do processo de produção, maior é o impacto das melhorias e quanto maior os desperdícios inerentes ao processo de produção, mais proveitosos serão os benefícios nas melhorias do fluxo em comparação com as melhorias na conversão (JUNQUEIRA, 2006).

Koskela (1992) complementa, afirmando que as melhorias dentro do processo de fluxo de conversão estão diretamente ligadas, uma vez que:

- Melhores fluxos requerem menor capacidade de conversão de menor investimento;
- Quanto mais controlados, os fluxos promovem a implantação de novas técnicas de conversão;
- Melhores técnicas de conversão podem diminuir a variabilidade beneficiando o fluxo

11. Aplicar a prática de *benchmark*

Para Isatto et al. (2000), o processo de aplicação do *benchmark* permite aprender práticas de outras empresas consideradas referências no determinado segmento da produção. Koskela (1992) descreve os requisitos para a aplicação deste princípio:

- Conhecer os próprios processos da empresa;
- Identificar as práticas no mercado;
- Entender os princípios destas práticas;
- Aplicá-las de acordo com a realidade da empresa.

2.6 Dimensões do planejamento

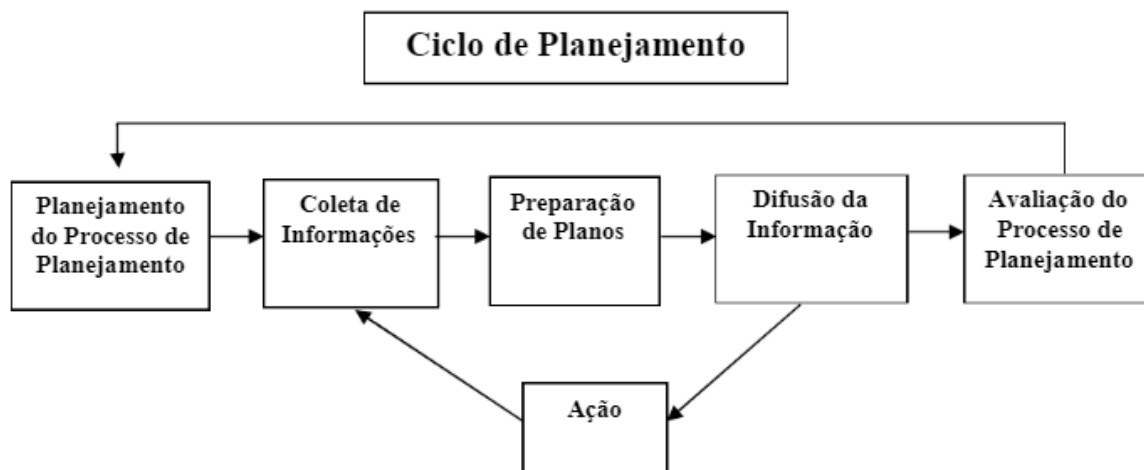
Segundo Laufer & Tucker (1987) o planejamento é mais bem compreendido se tal processo for dividido em duas dimensões: a dimensão horizontal e a vertical. A primeira refere-se às etapas pelas quais o processo de planejamento e controle é realizado (planejamento do processo de planejamento, coleta de informações, preparação dos planos, difusão da informação e avaliação do processo de planejamento) e enquanto a segunda define como as etapas são vinculadas entre diferentes níveis gerenciais de uma organização (estratégico, tático e operacional).

Laufer & Tucker (1987) acrescentam que os planos não devem ser preparados sem a definição dos métodos de produção e que o planejamento de métodos deveria preceder a tomada de decisão relativa a recursos e prazos. Segundo os autores, o planejamento só será eficiente se integrado ao sistema de controle. Essa integração tem como principal objetivo assistir o gerente na direção da empresa, coordenar as entidades envolvidas na construção do empreendimento, possibilitar o controle da produção e permitir a comparação de alternativas, facilitando assim a tomada de decisão (MOURA, 2008).

2.6.1 Dimensão Horizontal

De acordo com Laufer e Tucker (1987), na dimensão horizontal, o processo de planejamento pode ser dividido em seis etapas, esquematizadas na Figura 4, e descrita na sequência.

Figura 4 – As Cinco Fases do Planejamento da Dimensão Horizontal



Fonte: Laufer e Tucker (1987).

a) Planejamento do Processo de Planejamento

Nesta etapa são definidos procedimentos e padrões a serem adotados na execução do processo. Consiste na preparação do planejamento, onde são tomadas as decisões relativas ao alcance, nível de detalhamento, frequência do replanejamento e grau de controle a ser efetuado (BERNARDES, 2003).

b) Coleta de Informações

São coletadas nesta etapa as informações necessárias para se realizar o planejamento. Segundo Bernardes (2003), geralmente essas informações são compostas por: plantas, contratos, especificações técnicas, descrições das condições de canteiro e ambientais, tecnologia a ser utilizada na construção, viabilidade da terceirização ou não de processos, índices de produtividade do trabalho, dados de equipamentos e metas estabelecidas.

c) Preparação de Planos

A preparação dos planos é a etapa que recebe maior atenção dos responsáveis pelo planejamento nas empresas de construção, sendo importante, a realização de uma análise das técnicas utilizadas no planejamento (BERNARDES, 2003).

d) Difusão da Informação

A informação gerada na etapa anterior é, então, divulgada para outros níveis de gestão, ocorrendo portanto, a distribuição dos planos aos envolvidos, tomando-se cuidado tanto com o excesso dos dados, como sua escassez, devendo conter apenas os dados necessários a cada nível gerencial e em formato adequado (FORMOSO, 2001).

e) Ação

O progresso da produção é controlado e monitorado nesta etapa. As informações resultantes desse controle são utilizadas para atualizar os planos e reparar os relatórios sobre o desempenho da produção (FORMOSO, 1991).

f) Avaliação do Processo de Planejamento

Consiste na análise das decisões tomadas durante a preparação do processo de planejamento e controle de produção, podendo ser auxiliada através do uso de indicadores globais, objetivando sua melhoria, inclusive a aplicação em futuros empreendimentos (BERNARDES, 2003).

2.6.2 Dimensão Vertical

Para Krawczyk Filho (2003) o grau de detalhamento deve variar conforme o horizonte de planejamento, devendo crescer quanto mais próximo da implementação. Paulista (2016) acrescenta que devido ao alto grau de incerteza no processo construtivo, é importante que os planos sejam preparados em cada nível com o grau de detalhamento adequado. Assim, o planejamento em sua dimensão vertical é dividido em três níveis de hierarquização:

- a) Estratégico: gerenciado pelos diretores, considera-se esse o nível de longo prazo;
- b) Tático: executado por engenheiros de produção no médio prazo;
- c) Operacional e de controle: atuando no curto prazo pelo mestre de obras.

2.7 Técnicas de Programação de Obras

Várias técnicas podem ser aplicadas no planejamento das atividades de um projeto. Dentre as mais conhecidas destacam-se o gráfico de Gantt, os métodos de rede -CPM (*Critical Path Method*) e o PERT (*Project Evaluattion and Review Technique*) - e a Linha de Balanço (BORGES & CASTRO, 2017).

2.7.1 Preparação do Planejamento de Longo Prazo

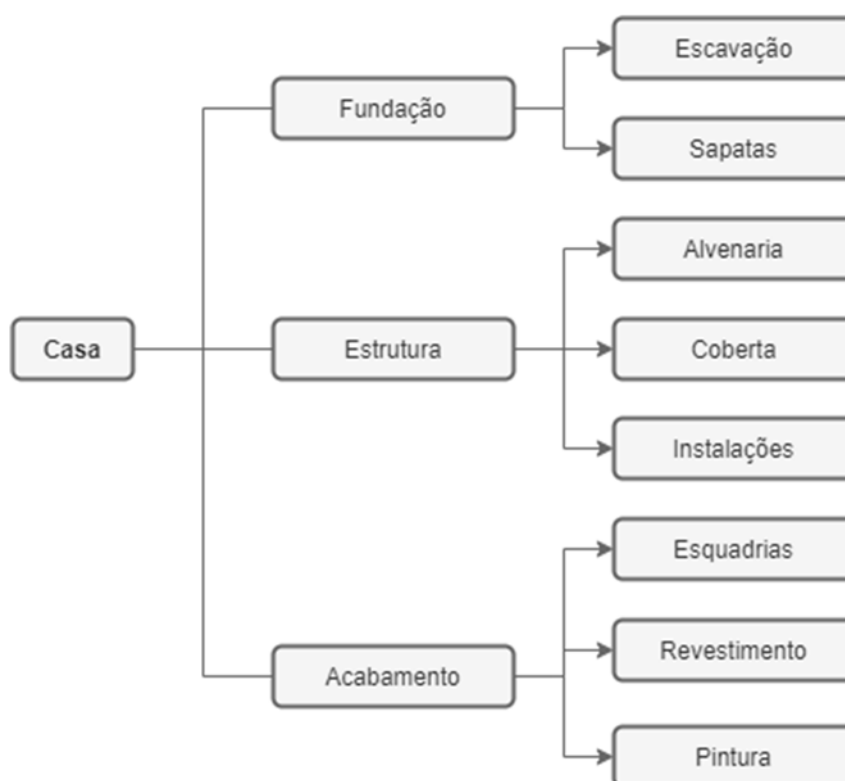
Para Mattos (2010) o planejamento de uma obra tem passos bem definidos. Em cada passo deve ser coletado elementos dos passos anteriores e a eles agrega algo. O autor

sugere um roteiro para a elaboração de planejamentos de longo prazo, que funciona de forma abrangente para obras da construção civil.

2.7.1.1 Identificação das atividades

Tem como finalidade identificar as atividades que farão parte do planejamento e do cronograma da obra. A forma mais prática de identificação de tais atividades é a elaboração da Estrutura Analítica do Projeto (EAP), que é uma estrutura hierárquica, em níveis, mediante a qual se compõem a totalidade da obra em pacotes de trabalho, conforme ilustrado na Figura 5 (MATTOS, 2010).

Figura 5 – Estrutura Analítica do Projeto (EAP) da construção de uma casa



Fonte: Mattos, 2010.

2.7.1.2 Definição das Durações

Trata-se do ato de associar a cada atividade do cronograma o tempo necessário para execução. A duração das atividades depende da produtividade (razão entre o resultado da produção e o número de colaboradores), da quantidade de serviço e dos recursos alocados (MATTOS, 2010).

Mattos (2010) ressalta, que a duração sempre é uma estimativa, e, por mais crítico que seja o projetista e o processo adotado, o resultado está sujeito à uma margem de erro. Tornando-se importante a retroalimentação do planejamento na etapa de controle, para eliminar ao máximo as incertezas que cercam as atividades.

2.7.1.3 Definição das Precedências

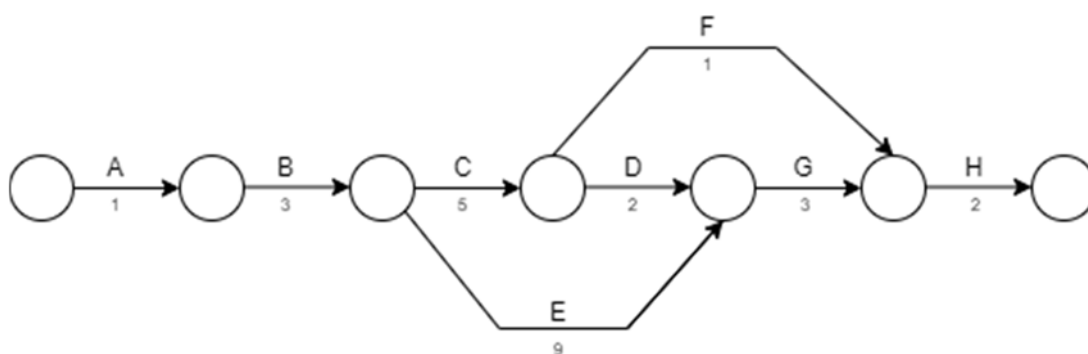
A precedência é a dependência entre as atividades com base na metodologia construtiva da obra, sendo assim, para cada atividade são definidas suas predecessoras imediatas, atividades que são condições necessárias para a realização da atividade em questão. (MATTOS, 2010).

2.7.1.4 Montagem do Diagrama de Rede

Definida as durações e a sequência lógica de execução das atividades, representa-se o resultado graficamente, por meio de um diagrama de rede. Através do diagrama de rede é possível ter uma visualização gráfica do projeto como um fluxo de atividades, com a visualização clara do inter-relacionamento entre as atividades o diagrama também serve de base para o cálculo do caminho crítico e folgas pela técnica PERT/CPM (MATTOS, 2010)

A Figura 6 ilustra a definição de precedência das atividades.

Figura 6 – Diagrama de rede



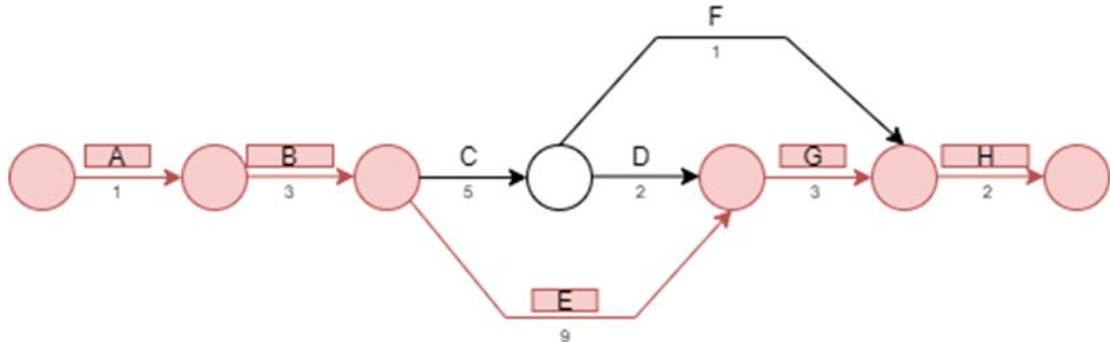
Fonte: Mattos, 2010.

2.7.1.5 Identificação do Caminho Crítico

O caminho crítico é definido como a sequência de atividades que produz o tempo mais longo dentro do projeto, definindo, portanto, o prazo total do projeto. Como consequência, atrasos ou adiantamentos na execução das chamadas atividades críticas afetam diretamente o prazo global da obra. Identificar e monitorar as atividades pertencentes a esse caminho é uma das principais atribuições do planejador e da equipe de obra. (MATTOS, 2010).

A Figura 7 destaca em vermelho um exemplo de caminho crítico no diagrama de flechas proposto por Mattos (2010).

Figura 7 – Caminho crítico no diagrama de flechas



Fonte: Mattos, 2010.

2.7.1.6 Geração do Cronograma

Por fim, chega-se ao produto final da elaboração do planejamento, o cronograma do projeto. Para Mattos (2010) a função do cronograma é apresentar de forma fácil a posição de cada atividade programada ao longo do tempo, como mostra o exemplo da Figura 8:

Figura 8 – Exemplo de cronograma no formato Gráfico de Gantt



Fonte: Autora (2020)

2.7.2 Diagrama de Gantt ou de barras

Erdmann (2000) define o diagrama de Gantt, como um gráfico ao qual se fará a distribuição de trabalhos programados com a intenção de elucidar as operações facilitando a programação e o controle de carga de trabalho.

Para Mendes Jr (1999) trata-se do método mais simples e mais utilizado tanto para planejamento quanto para o controle de obras na construção civil. Plota-se graficamente

atividades versus tempo, sendo as atividades listadas na vertical e em ordem sequencial (MAZIERO, 1990)

O Diagrama de Barras é utilizado devido a sua facilidade de execução, entretanto não mostra a sequência e interdependência entre operações. Ou seja, indica o atraso das operações em relação ao programa, mas não indica a consequência desse atraso no final do projeto (CARR, 1974 *apud* MAZIERO, 1990).

2.7.3 Técnica de Rede

O Diagrama de Rede é a representação gráfica das atividades, levando em conta as dependências entre elas (MATTOS, 2010). Para Maziero (1990), os métodos baseados em redes, tais como CPM (*Critical Path Method*) e o PERT (*Project Evaluation and Review Technique*) são aplicáveis a obras com necessidade de mais detalhamento do que aquelas onde se aplica o diagrama de barra. Ainda segundo autor, a rede CPM ilustra a sequência lógica das operações. Suas dependências e durações estimadas são usadas para determinar o tempo necessário para conclusão do projeto.

Ao longo do tempo, as duas técnicas passaram a ser tratadas como uma só, o PERT/CPM, pois ambos os processos envolvem muitas atividades encadeadas. A diferença entre elas se encontra fundamentalmente na determinação da duração das tarefas (PRADO R., 2002). No método PERT, a duração das atividades é determinada de forma probabilística, enquanto no CPM é de forma determinística (AVILA & JUGLES, 2013).

2.7.3.1 Diagrama de Gantt e a diferença entre a Técnica de rede

Para Prado (2002), as técnicas PERT e CPM montam uma rede de atividades, que demonstram as relações de dependência existente entre os serviços, a ordem e o tempo de execução estimado. Por outro lado, o gráfico de Gantt representa simplesmente o andamento e a duração dos serviços. O autor logo conclui, que a utilização isolada de cada uma das técnicas se mostra ineficiente no que tange a visualização de todo o processo. Sendo assim, o uso associado das duas técnicas constitui uma ferramenta poderosa para a programação, uma vez que uma é capaz de suprir as necessidades e defeitos da outra (PRADO R. L., 2002).

2.8 Linha de Balanço

A técnica da Linha de Balanço (LDB ou LOB, do inglês *line of balance*) foi desenvolvida em 1941 pela empresa Goodyear Tire & Rubber Company, nos EUA. Inicialmente as aplicações foram na indústria de manufatura com a finalidade de programar o

fluxo de produção. A técnica também foi aplicada com sucesso para o planejamento e controle da produção da Marinha dos Estados Unidos (MATTOS, 2010).

Inicialmente, no Brasil, a técnica foi utilizada no planejamento de conjuntos habitacionais populares nas décadas de 70 e 80. A partir da década de 90 as pesquisas tem sido direcionadas para a utilização da técnica Linha de Balanço para a programação de edifícios de múltiplos pavimentos (MENDES Jr, 1999).

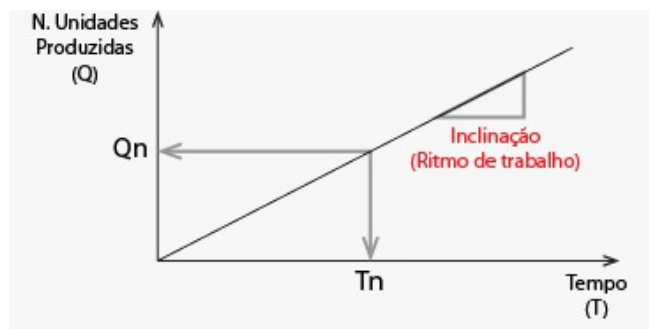
2.8.1 Definição da técnica de Linha de Balanço

Em sua essência, a técnica de Linha de Balanço é um método gráfico de programação. A utilização desta técnica permite que o planejador visualize o fluxo de trabalho do projeto e da construção através da utilização de diagramas com linhas que representam diferentes tipos de atividades, executadas por equipes de trabalho diferentes em locais distintos (MONTEIRO & MARTINS, 2011).

Na técnica de Linha de balanço as atividades são dispostas e representadas num eixo cartesiano, de forma que no eixo das ordenadas encontram-se as unidades de repetição previamente definidas, e na abscissa o tempo (LIMMER, 1996). Sendo, portanto, entendida como um diagrama de Tempo x Quantidade (MENDES Jr, 1999).

Para Mendes Jr (1999), a técnica enfatiza a conclusão de unidades completas e está baseada em um conhecimento de como muitos processos devem ser concluídos num certo momento para atender a conclusão programada das unidades. Ainda segundo o autor, o ritmo de produção para um processo pode ser determinado através de sua inclinação, como indicado na Figura 9, e expresso em termos de unidades por unidade de tempo (exemplo: casa/mês), ou inversamente em unidades de tempo por unidades de produção (exemplo: semana/pavimento).

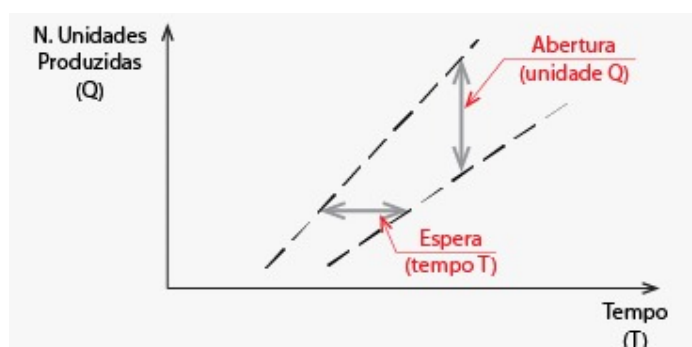
Figura 9 – Linha de Balanço conceitual para um processo



Fonte: Mendes Jr, 1999.

A distância horizontal entre duas retas representa um tempo de abertura (*time buffer*) ou espera naquela unidade. A distância vertical entre as retas consecutivas em um determinado instante representa a defasagem (*stage buffer*) naquele instante, isto é, um número de unidades na fila entre predecessora, aguardando o início das tarefas (MENDES Jr, 1999). A Figura 10 ilustra um exemplo de LOB para dois processos consecutivos.

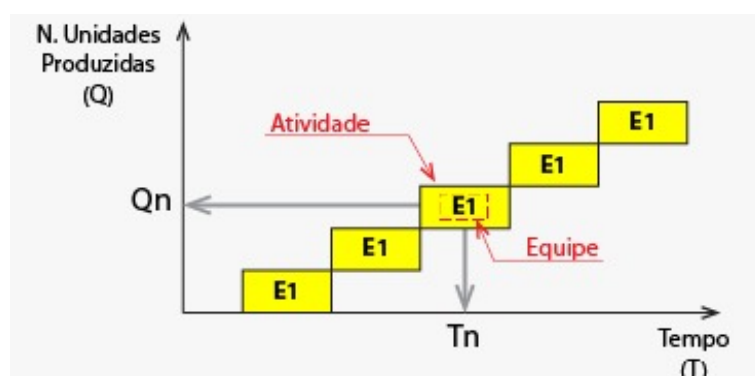
Figura 10 – Curva de produção de processos consecutivos



Fonte: Mendes Jr, 1999.

Mendes Jr. (1999) comenta que a representação gráfica da LOB em uma escala menor, conforme a Figura 11, permite representar a duração da atividade em cada unidade de repetição, onde cada barra indica a execução da atividade em determinada unidade repetitiva.

Figura 11 – Informações do diagrama da Linha de Balanço



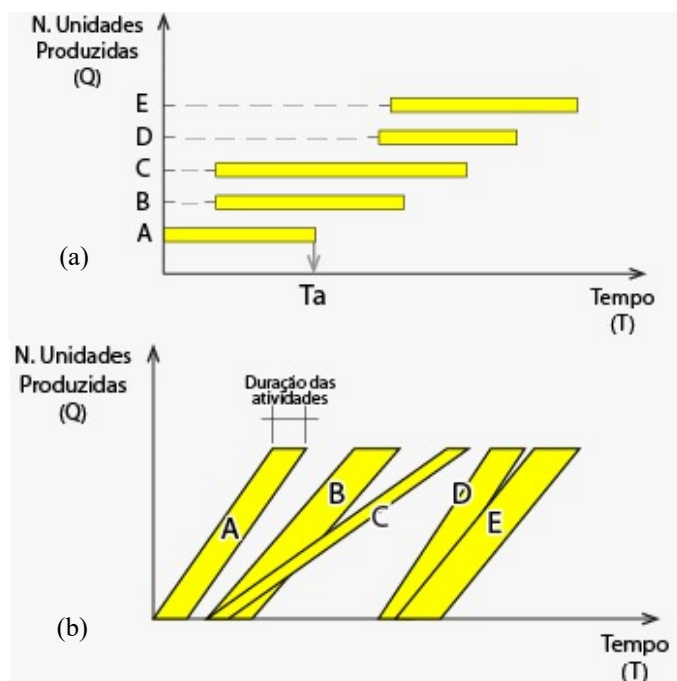
Fonte: Mendes Jr, 1999.

Para o autor a representação mais detalhada exibe algumas das principais informações de programação de um projeto, respondendo as seguintes perguntas (MENDES Jr, 1999):

- Quem? – A equipe que executará a atividade;
- O quê? – A atividade pela Linha de Balanço;
- Quando? – O instante T no eixo horizontal do plano;
- Onde? – A unidade Q no eixo vertical do plano.

O gráfico de Linha de Balanço pode ser facilmente comparado com o gráfico de Gantt, como mostrado na Figura 12. No Diagrama de Barras, Figura 12(a), o eixo vertical apresenta as atividades, cada barra representando uma atividade, e o eixo horizontal apresenta a escala do tempo. No gráfico de LOB, ilustrado na Figura 12(b), o eixo vertical apresenta as unidades repetitivas, onde cada barra tem uma inclinação que indicara o seu ritmo de execução ao longo das unidades (MENDES Jr, 1999).

Figura 12 – Linha de Balanço x Diagrama de Gantt



Fonte: Mendes Jr, 1999.

2.8.2 Método de aplicação da técnica de Linha de Balanço

Maders (1987) propõe um método para a elaboração de um projeto de LOB que compreende quatro estágios:

- Fragmentação do projeto em atividades;
- Alocação de equipes;
- Determinação de um ritmo de entrega das unidades;

iv. Sequência das atividades a este ritmo.

Para a aplicação da técnica de Linha de Balanço, assim como em outros métodos de programação baseados na produtividade, é necessário conhecer para cada atividade (MAZIERO L. P., 1990):

- Quantidade de serviço a executar;
- Produtividade das equipes.

Essas informações são necessárias para se obter a demanda de pessoal requerida para execução de cada tarefa, que é a base da distribuição dos recursos a ser realizada na programação da construção (MENDES Jr, 1999).

Com posse das informações necessárias para a aplicação, deve-se determinar as seguintes variáveis com a finalidade de calcular o ritmo das atividades (PRADO R. L., 2002):

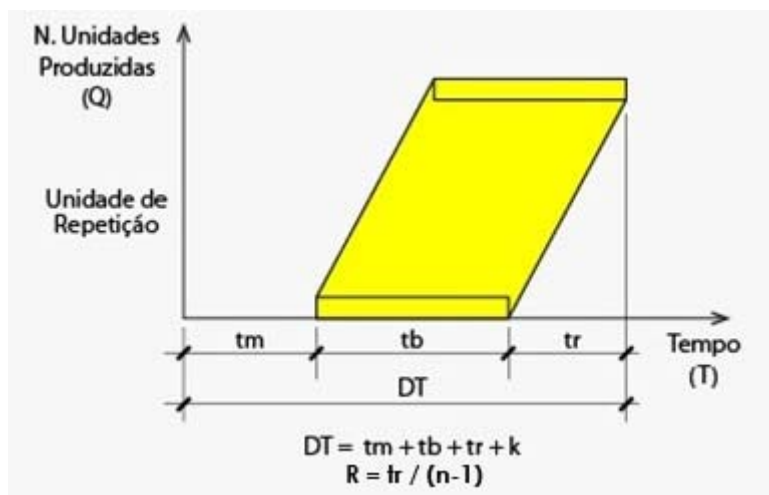
- a) Unidade de repetição: a determinação da unidade de repetição é uma decisão estratégica e depende de vários fatores (disponibilização da mão de obra e equipamento, tecnologia a ser empregada, possibilidade de agregar atividades). O número total de repetições é representado por (n);
- b) Duração total (Dt): pode ser uma imposição política, comercial ou técnica;
- c) Tempo de mobilização (Tm): tempo necessário para executar os serviços preliminares não repetitivos (exemplo: fundação, térreo, cobertura);
- d) Tempo base (Tb): tempo necessário para execução de uma unidade de repetição;
- e) Tempo de ritmo (Tr): tempo necessário para execução de todas as unidades de repetição;
- f) Ritmo (R): taxa de produção ou razão de execução definido em número de unidades por tempo;
- g) Tempo de imprevistos (k): em uma obra real é necessário prever um tempo para absorção de imprevistos. Este pode ser considerado diretamente no tempo de base (Tb) ou na duração total (Dt).

A Figura 13 ilustra as fórmulas e as variáveis descritas anteriormente para a aplicação dos conceitos da Linha de Balanço.

Em linhas gerais, ao se definir a unidade base de aplicação da LOB, deve-se determinar então as atividades envolvidas na execução desta unidade, bem como as relações de dependência entre elas. Por continuidade deve-se levar em conta os quantitativos de serviço a serem realizados e as possibilidades de agregação entre as atividades. Define-se a produção de uma equipe e as durações de execução de cada atividade, desenvolvendo-se um caminho crítico

e, por intermédio dele, o tempo total de execução da unidade base de repetição (HERTHEL, 2015).

Figura 13 – Demonstração de cálculo do ritmo



Fonte: Mendes Jr, 1999.

2.8.3 Balanceamento das operações

Mendes Jr. (1999) afirma que o balanceamento das atividades se faz necessário para que todas as atividades sejam executadas continuamente sem interferência. A simulação de todas as linhas de produção de serviços que compõem um projeto acarreta em interferências de algumas atividades em outras. Portanto, uma análise destas e de todo o conjunto do processo se faz necessária (MENDES Jr, 1999).

A partir da análise das interferências surge a ideia de balanceamento das operações, que consiste em atribuir para cada serviço um ritmo compatível com sua equipe ótima, ou seja, define a declividade ideal de sua Linha de Balanço.

Mattos (2010), afirma que para traçar as linhas referentes à serviços consecutivos, é preciso comparar o ritmo dessas duas atividades. Uma das premissas de aplicação da técnica LOB é manter a continuidade dos serviços assim desejável com a redução dos tempos de espera. O objetivo da técnica é minimizar os efeitos negativos das interrupções e maximizar os efeitos benéficos da continuidade, como redução de custos e efeito aprendizagem (PRADO R. L., 2002).

3 METODOLOGIA

No presente capítulo são apresentados os métodos com os quais a pesquisa foi conduzida objetivando à integração dos modelos apresentados no Capítulo 2.

Este capítulo é o ponto de partida para as etapas seguintes de conteúdo empírico e de análise do presente trabalho.

3.1 Classificação da Pesquisa

No contexto introduzido anteriormente, a pesquisa procura tratar de um problema real existente na indústria da construção civil: ausência e/ou precarização na gerência e aplicação do planejamento e controle da produção em obras. Dessa forma, busca-se a integração de métodos de planejamento e controle eficientes. Para isso a pesquisa em questão pode ser classificada quanto à natureza como aplicada, pois tem como objetivo solucionar problemas através da aplicação prática dos métodos explorados.

No que diz respeito a abordagem do problema a pesquisa classifica-se como qualitativa e quantitativa, pois é caracterizada e refina conceitos identificados nas bibliografias de acordo com as características observadas na empresa e visa avaliar o método aplicado através de indicadores.

Segundo Gil (2007) a pesquisa qualitativa é utilizada para detalhar as questões da pesquisa e explorar casos. Os dados são gerados através de descrições e observações, tornando o processo de pesquisa mais flexível para o desenvolvimento da teoria.

Para Silva e Menezes (2015), a interpretação e a atribuição de significados são típicas da pesquisa qualitativa, onde o ambiente natural é a fonte de coleta de dados e o pesquisador é o instrumento que descreve e analisa os dados indutivamente.

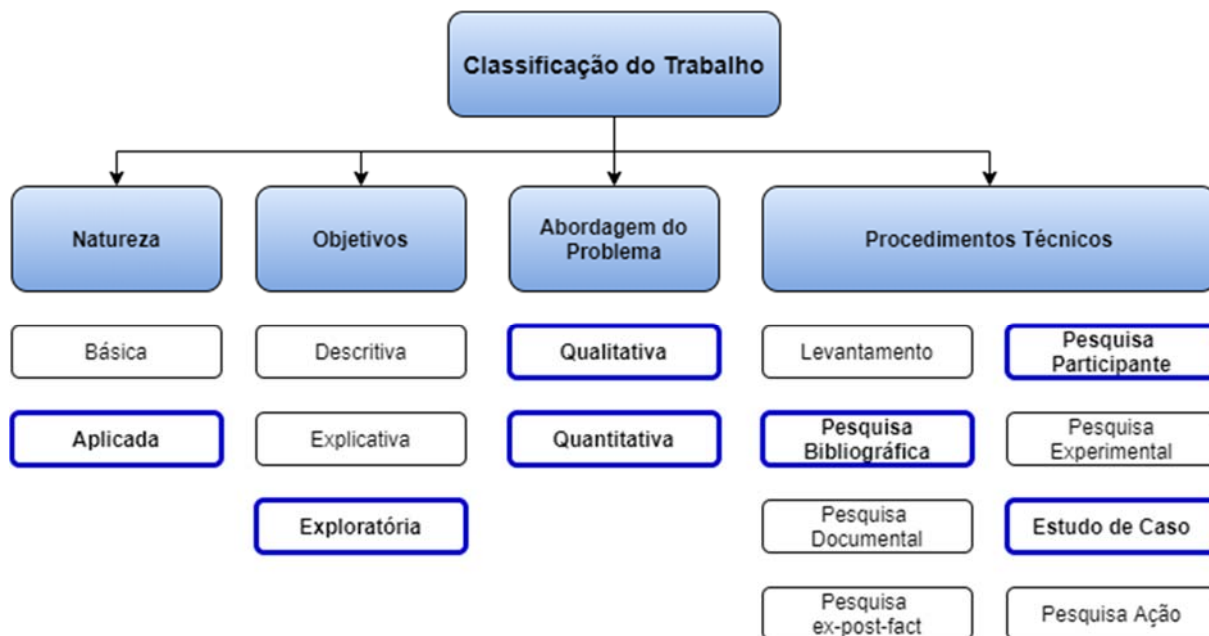
Uma das finalidades do trabalho é obter familiaridade com o problema exposto, explorando o assunto, sendo assim, caracterizada como do tipo exploratória. Segundo Andrade (2010), essa tipologia de pesquisa é o início de qualquer trabalho científico.

Ainda sobre esse ponto, Gil (2007) acrescenta, que a pesquisa exploratória tem como finalidade proporcionar maior familiaridade com o problema e torná-lo mais explícito. Para o autor, a maioria das pesquisas realizadas com o propósito acadêmico é de caráter exploratório, pois é pouco provável que neste momento o acadêmico tenha uma definição clara sobre o assunto.

A pesquisa bibliográfica foi desenvolvida com base em materiais já elaborados, sendo eles principalmente constituído por livros e artigos científicos.

A Figura 14 ilustra a classificação da pesquisa realizada com objetivo de melhorar o entendimento dos métodos utilizados.

Figura 14 – Classificação da pesquisa



Fonte: Elaborado a partir de GIL (1994).

3.2 Caracterização da Obra

O empreendimento selecionado trata-se de uma obra no município de João Pessoa-PB situada no bairro Geisel e com as características descritas na Tabela 2 :

Tabela 2 – Informações sobre a obra

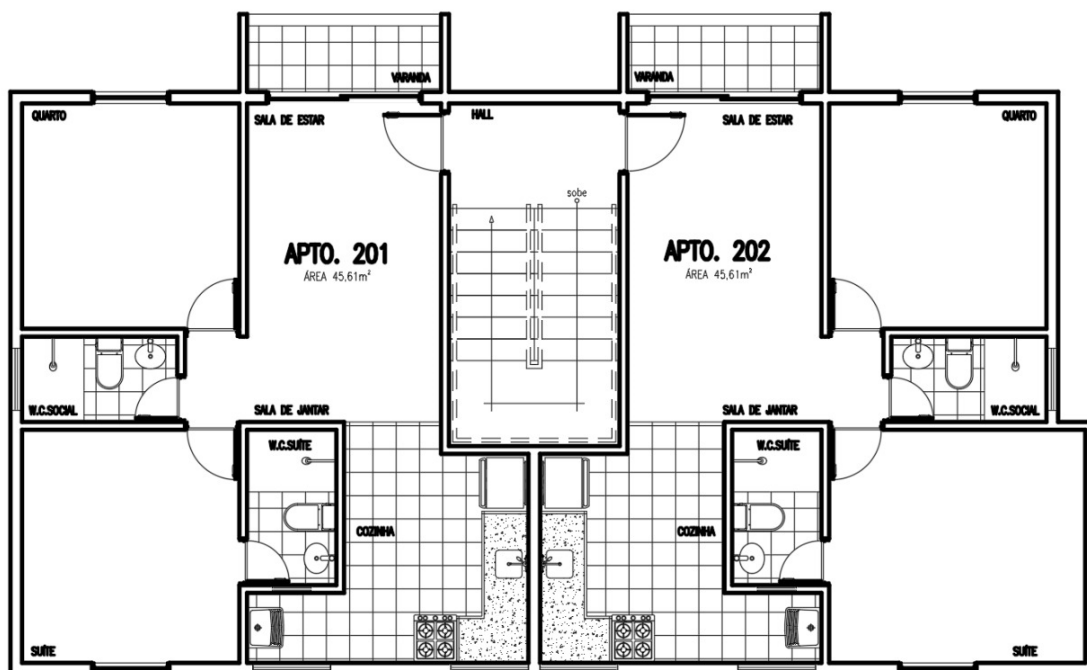
CARACTERIZAÇÃO DA OBRA	
Tipologia	Unidade Multifamiliar Padrão Baixo
Número de pavimentos	Térreo + 3 pavimentos
Número de apartamento/andar	2
Número total de apartamento	8
Área do pavimento tipo	108,3 m ²
Área total construída	433,2 m ²
Método construtivo	Alvenaria estrutural com blocos cerâmicos e laje com vigotas pré-moldadas e tavela de cerâmica

Fonte: Construtora, elaborado pela autora.

O início da construção do empreendimento está previsto pra o primeiro trimestre de 2021. A Figura 15 ilustra a planta baixa do projeto arquitetônico do pavimento tipo.

Para o projeto em questão a construtora ainda não desenvolveu o planejamento nem a programação do empreendimento. Para tanto adotou-se a data de início da construção como o dia 04 de janeiro de 2021.

Figura 15 – Planta baixa do pavimento tipo



Fonte: Dados da empresa.

3.3 Uso de software para o planejamento

Para a elaboração do trabalho, foram utilizados os seguintes programas:

- AutoCad:** A partir dos projetos disponibilizados pela construtora foram realizados os levantamentos de quantitativos, através de medições de áreas e distâncias;
- Microsoft Excel:** O programa foi utilizado na elaboração das tabelas de quantitativos e cálculo das durações para o planejamento;
- MS Project:** No programa foi inserida a EAP com dados de precedência e duração, com a finalidade de facilitar a elaboração do desenho da Linha de Balanço.

3.4 Elaboração do planejamento de longo prazo

3.4.1 Determinação da unidade base de repetição

Inicialmente, para elaborar a programação de longo prazo do empreendimento estudado, utilizando a técnica de linha de balanço foi necessário determinar a unidade base de repetição. No caso de edifícios de múltiplos pavimentos, com um único bloco, a unidade de repetição pode ser definida como o pavimento.

A unidade base definida para aplicar a Linha de Balanço foi o pavimento tipo, devido as características semelhantes sendo esta uma unidade utilizada por projetistas na aplicação da técnica. Cada unidade base representa um conjunto de atividades que serão repetidas em cada pavimento do empreendimento.

Para o desenvolvimento da técnica, definiu-se seguir o trabalho segundo as diretrizes propostas por Mendes Jr e Heineck (1997) a qual a rede da unidade base deve ser calculada pelo método do caminho crítico (CPM).

A definição do caminho crítico contou com o auxílio do software MS Project já para a modelagem da LOB foi utilizado o software Excel como forma de facilitar a visualização final.

3.4.2 Identificação das atividades

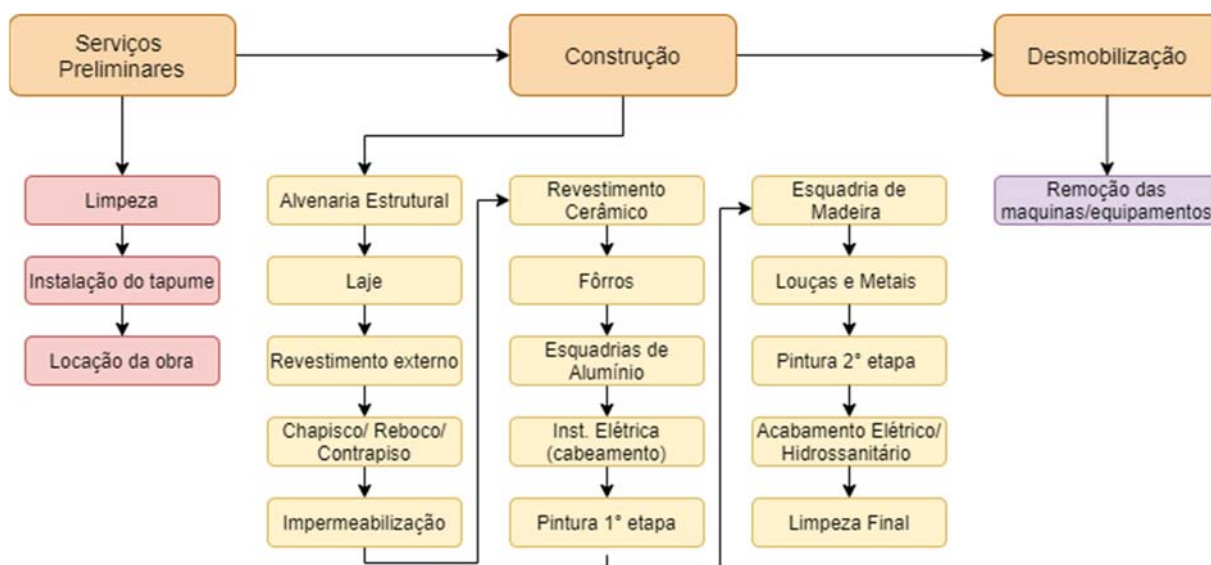
Foi realizada a identificação das atividades que farão parte do cronograma da obra, essa etapa foi elaborada através da construção de uma Estrutura Analítica do Projeto (EAP). A aplicação da EAP permite decompor o projeto em partições menores, identificando a sequência de execução e precedência entre atividades consecutivas.

A EAP é definida por Mattos (2010) como sendo uma estrutura hierárquica, em níveis, mediante a qual se decompõe a totalidade da obra em pacotes de trabalho progressivamente menores.

Para essa primeira etapa foi necessária uma leitura meticulosa dos projetos e plantas e um maior entendimento sobre a metodologia construtiva empregada na obra em questão (alvenaria estrutural). Na Figura 16 está apresentada a EAP em formato de árvore.

Após a elaboração da EAP inicial e com posse das informações coletadas com o engenheiro responsável e o gerente de obras foi possível definir os pacotes de trabalho a serem empregados na obra e a melhor sequência executiva dos serviços.

Figura 16 – EAP em formato de árvore



Fonte: Autora (2020).

A AEP elaborada para a obra decompõe o projeto em pacotes de serviço. Para uma programação mais detalhada do empreendimento, estes pacotes devem ser subdivididos em serviços menores, como definido na Tabela 3.

Tabela 3 – Descrição das atividades dos pacotes de serviço

Pacote de serviço		Descrição
1	Serviços preliminares	Ligação provisória de água e energia, demolição (mecânica), raspagem e limpeza do terreno, instalação do tapume, construção do canteiro e locação da obra.
2	Fundação (escavação, apiloamento, reaterro, embasamento)	Escavação das valas (com auxílio de Bobcat), apiloamento das valas, reaterro com pedra argamassada, regularização e execução do embasamento (canaleta), montagem das fôrmas das sapatas concretagem das sapatas.
3	Alvenaria Estrutural (inclusive: armaduras, grautes, tubulações e eletrodutos)	Conferência da locação dos eixos das alvenarias, execução de alvenaria estrutural (inclusive: armaduras, graute, tubulações e eletrodutos), execução de vergas e contra vergas, montagem e instalação das fôrmas e armaduras da escada/ pilares (concreto armado), lançamento e adensamento de concreto (escada/pilares).
4	Laje	Instalação das vigotas pré-moldadas e tabelas de cerâmica, lançamento e adensamento de concreto.
5	Fachada (inclusive chumbamento de contramarco)	Aplicação de chapisco, emboço, reboco, argamassa colante, revestimento cerâmico e contramarcos de alumínio.

Tabela 3 – Descrição das atividades dos pacotes de serviço (continuação)

6	Chapisco	Aplicação de chapisco no piso e paredes internas.
7	Reboco	Aplicação de reboco no piso e paredes internas.
8	Contrapiso	Aplicação do contrapiso interno.
9	Impermeabilização	Aplicação de impermeabilizante líquido nas áreas de respingo.
10	Cerâmica/Soleira/Bancada	Instalação de piso cerâmico 60x60 cm, rodapé cerâmico com 7cm de altura, soleiras em granito (banheiros) e bancadas em granito (banheiros e cozinha).
11	Forro Gesso	Instalação de placas de gesso 100x100cm.
12	Esquadria de Alumínio	Instalação de janelas, portas e portões.
13	Inst. Elétrica	Cabeamento.
14	Pintura 1º etapa	Emassamento e lixamento.
15	Esquadria de Madeira	Instalações das portas de entrada e internas.
16	Louças e Metais	Instalação das louças e metais.
17	Pintura 2º etapa	Aplicação de 3 demão de látex nas paredes e 2 demãos no forro de gesso.
18	Acabamento Elétrico	Finalização das instalações elétricas.
19	Limpeza Final e Comunicação Visual	Limpeza final do piso, esquadrias e equipamentos e instalar placas de identificação e comunicação visual.

Fonte: Autora (2020)

Durante a elaboração da EAP deve-se atentar ao nível de controle adotado. A decomposição do projeto em um grande número de atividades implica em uma rede muito extensa e um custo de controle muito elevado (MATTOS, 2010). Logo essas subdivisões dos pacotes devem ser levadas em consideração para o planejamento de médio e curto prazo, os quais não estão no escopo do presente trabalho.

3.4.3 Definição da precedência

Para a elaboração dessa etapa foi definida uma rede de precedência lógica baseada nos conhecimentos compartilhados pelo engenheiro civil e o gerente de obras da construtora, somados aos conhecimentos da autora sobre os métodos construtivos adotados na obra estudada e inserido os dados no software MS Project.

O tipo de precedência mais utilizada foi o Término-Início (TI), e em algumas situações específicas, como a relação entre a espera da cura do concreto da laje anterior e a conferência da locação dos eixos de alvenaria do pavimento posterior, foi utilizada a precedência Término-Início (TI). Em algumas situações foi necessário criar latência, a fim de respeitar períodos de liberação entre o fim e o início de determinadas atividades.

As relações de precedência adotadas para o planejamento do projeto estudado estão descritas na Tabela 4.

Tabela 4 – Relações de precedência

Pacotes		Precedência
1	Serviços preliminares	
2	Fundação	Serviços preliminares
3	Alvenaria Estrutural	Fundação
4	Laje	Alvenaria Estrutural (inclusive: armaduras, grautes, tubulações e eletrodutos)
5	Fachada (inclusive chumbamento de contramarco)	Fim da alvenaria estrutural
6	Chapisco	Alvenaria Estrutural (inclusive: armaduras, grautes, tubulações e eletrodutos)
7	Reboco	Chapisco (TI+3dias)
8	Contrapiso	Reboco
9	Impermeabilização	Contrapiso (TI +28dias), cura do material
10	Cerâmica/Soleira/Bancada	Impermeabilização; Reboco (TI+28dias), cura do material
11	Forro Gesso	Revestimento cerâmico
12	Esquadria de Alumínio	Revestimento cerâmico
13	Inst. Elétrica (cabearamento)	Reboco
14	Pintura 1º etapa	Forro Gesso; Esquadrias de Alumínio
15	Esquadria de Madeira	Pintura 1º etapa
16	Acabamento Hidrossanitário (louças e metais)	Revestimento Cerâmico
17	Pintura 2º etapa	Esquadria de Madeira
18	Acabamento Elétrico	Pintura 2º etapa
19	Limpeza Final e Comunicação Visual	Acabamento Elétrico/Hidrossanitário (louças e metais)

Fonte: Construtora, elaborado pela autora.

4 RESULTADO E DISCUSSÕES

A utilização da técnica de Linha de Balanço permite programar os fluxos de trabalho no empreendimento, além de melhorar a compreensão e avaliação por conta da representação gráfica. Com posse dos dados (APÊNDICE A) e cálculos foi elaborado a representação gráfica da técnica nem questão.

A partir do gráfico (APÊNDICE B), é possível elencar algumas informações essenciais para a programação da obra. Os resultados obtidos e a análise dos dados encontram-se no decorrer deste capítulo.

4.1 Determinação dos quantitativos

A definição da duração das tarefas constitui o dado numérico de tempo em função do qual o cronograma será gerado, nessa etapa são empregados os Índices de Produtividade (IP) de cada equipe.

A construtora não possui um histórico de dados relativos à produtividade das equipes. Os serviços são liberados em função do andamento das obras, quando uma equipe finaliza o serviço em um dos empreendimentos, esta geralmente é realocada para outro canteiro.

Maders (1987) afirma que a programação não trará benefícios à produção se não estiver baseada em fatos reais, para tanto, não foi possível levantar os dados para obter os IP reais das equipes, logo optou-se por usar dados encontrados na bibliografia sobre o assunto, mas aconselha-se, quando possível, atualizar os dados, com a finalidade de obter um planejamento o mais próximo da realidade para a construtora.

O quantitativo de serviço foi realizado para uma unidade de repetição, assim como as constantes de produtividade para cada serviço e a área total de cada componente.

Com a descrição dos pacotes de serviço e os quantitativos obtidos através dos arquivos de plantas fornecidos pela construtora foi possível determinar a produtividade. As constantes de produtividade adotadas neste trabalho foram extraídas do TCPO (Tabelas de Composições e Preços para Orçamento) 13ª edição e da publicação do autor Mattos (2010).

A Tabela 5 apresenta os índices de produtividade adotados, bem como a quantidade de homens-hora (Hh) necessária para execução de cada pacote de serviço em uma unidade base de repetição.

Tabela 5 – Demanda Hh/m²

Pacotes	Hh/m²	Qtde. Serviço (Hh/pav)
Alvenaria Estrutural (inclusive: armaduras, grautes, tubulações e eletrodutos)	1,17	831,87
Laje	1,17	126,36
Chapisco	0,40	43,20
Reboco	1,12	120,96
Contrapiso	0,40	43,20
Impermeabilização	0,12	3,00
Cerâmica/Soleira/Bancada	0,90	97,20
Forro Gesso	0,50	54,00
Esquadria de Alumínio	0,14	2,80
Inst. Elétrica (cabearamento)	0,20	8,00
Pintura 1º etapa	0,50	174,00
Esquadria de Madeira Semi-Oca	0,18	1,80
Acabamento Hidrossanitário (louças e metais)	0,25	3,00
Pintura 2º etapa	1,05	365,40
Acabamento Elétrico	0,06	2,16
Limpeza Final e Comunicação Visual	0,31	33,48

Fonte: TCPO 13ª edição e Mattos (2010), elaborado pela autora.

4.2 Dimensionamento das equipes

As equipes de produção são compostas pelos seguintes profissionais: pedreiro, servente, carpinteiro e especialistas. Os especialistas são profissionais necessários a execução dos serviços de instalação, esquadrias, revestimento, pintura e acabamento.

A determinação das equipes destinadas à realização dos serviços na unidade base de repetição foi realizada através das informações colhidas com o gerente de obras da construtora, bem como informações extraídas do TCPO (Tabelas de Composições e Preços

para Orçamento) 13ª edição e da publicação de Mattos (2010). As composições das equipes estão descritas no quadro resumo (APÊNDICE A).

A Tabela 6 mostra o número de oficiais envolvidos na execução de cada pacote de serviço.

Tabela 6 – Número de oficiais alocados em cada pacote de serviço

Pacotes	Qtde. Serviço (Hh/pav)	Equipes (oficiais)
Alvenaria Estrutural	831,87	6
Laje	126,36	5
Chapisco	43,20	3
Reboco	120,96	2
Contrapiso	43,20	2
Impermeabilização	3,00	1
Cerâmica/Soleira/Bancada	97,20	3
Forro Gesso	54,00	2
Esquadria de Alumínio	2,80	1
Inst. Elétrica (cabearamento)	8,00	1
Pintura 1º etapa	174,00	4
Esquadria de Madeira	1,80	1
Acabamento Hidrossanitário (louças e metais)	3,00	1
Pintura 2º etapa	365,40	4
Acabamento Elétrico	2,16	1
Limpeza Final e Comunicação Visual	33,48	2

Fonte: TCPO 13ª edição e Mattos (2010), elaborado pela autora.

4.3 Duração das atividades

Determinado o quantitativo de serviço (Hh), o tamanho das equipes de produção (oficiais) e da carga horária efetiva de trabalho (horas/dia), é possível determinar o tempo de ciclo de cada pacote de serviço através das equações apresentadas na Figura 13.

Os valores de duração adotados foram obtidos arredondando o resultado para o número inteiro imediatamente superior. A Tabela 7 apresenta as durações calculadas para cada atividade, em uma unidade base de repetição, as durações estão representadas referentes a dias úteis.

Tabela 7 – Tempo de ciclo de cada atividade

Pacotes	Hh/m²	Qtde. Serviço (Hh/pav)	Duração (dias)
Alvenaria Estrutural (inclusive: armaduras, grautes, tubulações e eletrodutos)	1,17	831,87	18
Laje	1,17	126,36	4
Chapisco	0,40	43,20	3
Reboco	1,12	120,96	8
Contrapiso	0,40	43,20	4
Impermeabilização	0,12	3,00	2
Revestimento Cerâmica/Soleira/Bancada	0,90	97,20	7
Forro Gesso	0,50	54,00	7
Esquadria de Alumínio	0,14	2,80	2
Inst. Elétrica (cabearamento)	0,20	8,00	2
Pintura 1º etapa	0,50	174,00	6
Esquadria de Madeira	0,18	1,80	2
Acabamento Hidrossanitário (louças e metais)	0,25	3,00	2
Pintura 2º etapa	1,05	365,40	11
Acabamento Elétrico	0,06	2,16	2
Limpeza Final e Comunicação Visual	0,31	33,48	2

Fonte: Autora (2020).

4.4 Montagem da Linha de Balanço

A utilização da técnica LOB permite programar os fluxos de trabalho no empreendimento aplicando ritmos de execução as atividades. O caráter gráfico desta técnica, também, tem objetivo de simplificar o entendimento da programação e facilita a visualização por todos os envolvidos no processo construtivo.

Para a determinação da LOB inicialmente foi necessário definir a unidade base, essa é definida por além de compor o projeto ser repetida até sua conclusão. A determinação da unidade base depende da dimensão do empreendimento, para a situação de edifícios de múltiplos pavimento pode-se levar em consideração como unidade base o pavimento tipo ou parte dele (MAZIERO L., 1990). A unidade base definida para elaboração deste trabalho foi o pavimento tipo ilustrado na Figura 15.

Alguns dos pacotes de serviços definidos no tópico 3.4.2 não são aplicados a unidade base, mas fazem parte do caminho crítico do desenvolvimento da construção. Logo, para esses foi calculado a duração total em dias úteis, essa situação foi aplicada para os pacotes 1, 2 e 5, suas durações totais serão apresentadas no quadro resumo (Apêndice A). A Tabela 8 apresenta as durações por unidade base para cada pacote de serviço e as durações totais.

Tabela 8 – Duração dos pacotes de trabalho

Pacotes	Duração (dias)
Alvenaria Estrutural	18
Laje	4
Chapisco	3
Reboco	8
Contrapiso	4
Impermeabilização	2
Revestimento Cerâmica/Soleira/Bancada	7
Forro Gesso	7
Esquadria de Alumínio	2
Inst. Elétrica (cabearamento)	2
Pintura 1º etapa	6
Esquadria de Madeira	2
Acabamento Hidrossanitário (louças e metais)	2
Pintura 2º etapa	11
Acabamento Elétrico	2
Limpeza Final e Comunicação Visual	2

Fonte: Autora (2020).

De posse dos dados: sequenciamento das atividades, tempo destinado a cada atividade e dimensionamento da mão de obra foi possível elaborar o estudo dos fluxos de trabalho na unidade base.

A técnica da Linha de Balanço tem como premissa a não ocorrência da mesma atividade em duas unidades bases distintas simultaneamente, cada pacote em uma determinada unidade base foi determinada como predecessora para à mesmo pacote na unidade base subsequente.

Alguns pacotes foram definidos com sentido de cima para baixo do empreendimento são eles: fachada (não calculada para a unidade base), cabeamento elétrico, limpeza final e comunicação visual. A LOB completa foi plotada no programa Excel e está no Apêndice B do presente trabalho.

4.5 Duração total e ritmo

Considerando que o tempo de ciclo dos pacotes é constante em todas as unidades base de produção, a duração total da atividade pode ser calculada multiplicando seu tempo de ciclo pelo número de unidade de repetição do projeto.

Outro ponto importante a ser determinado é o ritmo adotado para cada serviço. Este é calculado dividindo o número de unidades base de repetição pela duração total da respectiva atividade (Tabela 9).

Tabela 9 – Duração total e ritmo dos pacotes

Pacotes	Duração Total (dias)	Ritmo (pav/dia)
Alvenaria Estrutural	72	0,06
Laje	16	0,25
Chapisco	12	0,33
Reboco	32	0,13
Contrapiso	16	0,25
Impermeabilização	8	0,50
Revestimento Cerâmica/Soleira/Bancada	28	0,14
Forro Gesso	28	0,14
Esquadria de Alumínio	8	0,50
Inst. Elétrica (cabeamento)	8	0,50
Pintura 1º etapa	24	0,17
Esquadria de Madeira	8	0,50
Acabamento Hidrossanitário (louças e metais)	8	0,50
Pintura 2º etapa	44	0,09
Acabamento Elétrico	8	0,50
Limpeza Final e Comunicação Visual	8	0,50

Fonte: Autora (2020).

Pode-se verificar que os pacotes de serviço apresentaram ritmos diversos, variando de 0,06 a 0,50 pavimento/dia. A título de exemplo, o pacote “Alvenaria Estrutural” apresenta o ritmo baixo e, portanto demanda um maior tempo de execução, mesmo possuindo a maior

equipe alocada (APÊNDICE A), isso se deve ao fato do pacote contemplar, além da elevação da alvenaria, as atividades de execução de armaduras, grauteamento, posicionamento de tubulações e eletrodutos.

É possível ainda desenvolver um balanceamento das atividades em caso de choque entre pacotes que não podem ser executados concomitantemente, porém como não é objetivo dessa pesquisa, e o empreendimento não possui restrição quanto a datas optou-se por adotar os ritmos calculados na Tabela 9.

4.6 Data de início e término dos pacotes

Aplicando toda a rede de precedência adotada para o empreendimento e o tempo de ciclo de cada pacote de serviço, foi possível determinar as datas de início e término dos serviços. Estas informações são apresentadas na Tabela 10.

Tabela 10 – Datas de início e fim dos pacotes de serviço

	Pacotes	Início	Fim
1	Serviços preliminares	04/01/2021	15/01/2021
2	Fundação	18/01/2021	01/02/2021
3	Alvenaria Estrutural	02/02/2021	08/06/2021
4	Laje	02/03/2021	22/06/2021
5	Fachada	28/06/2021	03/12/2021
6	Chapisco	12/07/2021	21/07/2021
7	Reboco	20/07/2021	01/09/2021
8	Contrapiso	17/08/2021	07/09/2021
9	Impermeabilização	31/08/2021	09/09/2021
10	Revestimento Cerâmica/Soleira/Bancada	03/09/2021	28/09/2021
11	Forro Gesso	04/10/2021	10/11/2021
12	Esquadria de Alumínio	21/10/2021	01/11/2021
13	Inst. Elétrica (cabeamento)	13/09/2021	04/10/2021
14	Pintura 1º etapa	26/10/2021	30/11/2021
15	Esquadria de Madeira	23/11/2021	02/12/2021
16	Acabamento Hidrossanitário (louças e metais)	25/11/2021	06/12/2021
17	Pintura 2º etapa	29/11/2021	25/01/2022
18	Acabamento Elétrico	18/01/2022	09/02/2022
19	Limpeza Final e Comunicação Visual	28/01/2022	09/02/2022

Fonte: Autora (2020).

4.7 Equipes adotadas

A quantidade de equipes necessárias para a execução do projeto é diretamente proporcional ao ritmo das atividades. O resultado do produto entre o ritmo da obra e a duração das atividades gerou a quantidade de equipes de produção. Portanto, foi definido que todos os pacotes de serviço devem ser executados com uma única equipe, seguindo assim o ritmo anteriormente calculado.

As composições das equipes adotadas durante a programação bem como o quadro resumo dos cálculos está representada no Apêndice A.

4.8 Representação gráfica da Linha de Balanço

Uma das principais vantagens da aplicação da técnica da Linha de Balanço é que esta apresenta um caráter essencialmente gráfico. A visualização da programação é clara, simples e acessível, facilitando a troca de informações entre os diferentes níveis hierárquicos envolvidos no projeto.

Foram geradas Linhas de Balanço trimestrais do empreendimento, onde é possível definir facilmente qual atividade deverá ser executada, seu período de duração e em que unidade base está esta alocada. O eixo horizontal do gráfico indica a escala de tempo, dividida em dias úteis, no eixo vertical estão dispostas as unidades de repetição do empreendimento, bem como a fundação e a cobertura (as atividades referentes a elas foram calculadas separadamente). Os pacotes estão discriminados por cores diferentes para facilitar a visualização. A representação da Linha de Balanço para o empreendimento estudado está ilustrada no Apêndice B do presente trabalho.

A representação trimestral da Linha de Balanço evidenciou uma das principais vantagens da aplicação da técnica, a objetividade na coleta de informações. Rapidamente é possível verificar no gráfico qual atividade deverá ser executada, o local que deve ser executada e que equipe está alocada na execução, evidenciando outra vantagem da utilização da técnica Linha de Balanço que é auxiliar diretamente no controle dos prazos e demandas do empreendimento.

4.9 Linha de Balanço segundo filosofia *Lean*

A técnica de Linha de Balanço se mostra muito eficaz na transparência proporcionada a respeito das atividades a serem executadas, assim como seus prazos. Desta

maneira sua aplicação é viabilizada para uma melhor visualização da programação de longo prazo

As vantagens da aplicação da técnica Linha de Balanço estão atreladas as diretrizes e parâmetro da filosofia *Lean Construction*, podendo elencar-se os seguintes ganho com sua implementação:

- Organização do sequenciamento das atividades;
- Simplicidade na aplicação;
- Interpretação gráfica rápida e simples;
- Utilização continua de recursos;
- Visualização das dependências entre as atividades
- Possibilidade de continuo controle do planejamento através da visualização do andamento da obra.

Os ganhos com a implementação da técnica estão diretamente relacionados ao aumento da transparência o que traz uma maior facilidade em identificar problemas e desvios durante a execução dos serviços, reduzindo a possibilidade de erros.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

5.1 Conclusão

Grande parte das empresas do ramo da construção civil ainda tem deficiência na aplicação de metodologias de planejamento e controle da produção, sendo esse um dos grandes problemas enfrentado por elas. Dentre estas, algumas optam por usar da experiência dos gestores e mestres de obra no desenvolvimento de atividade, sejam elas relacionadas a projeto ou à execução, como solução a esse problema.

Com o desenvolvimento do planejamento é possível obter uma simplificação dos processos, definir prazos de forma a possibilitar uma melhor organização das fases do empreendimento, o que reduz as incertezas, aumentando, portanto, as vantagens competitivas da empresa no mercado.

Neste contexto a *Lean Construction* se apresenta como uma filosofia que visa, entre outros objetivos, aumentar a transparência e controlar as etapas dos processos criando, portanto, um fluxo de trabalho contínuo e otimizado. Assim a técnica de Linha de Balanço, objeto de estudo do presente trabalho, apresenta compatibilidade com os objetivos elencados, sendo está uma técnica simples e eficaz durante o processo de programação de empreendimentos com etapas repetitivas. A simplicidade da representação gráfica da técnica facilita o entendimento e a troca de informações entre todos os níveis hierárquicos envolvidos, bem como manter o controle da produção.

Diante do exposto, ao realizar a programação de longo prazo de um edifício residencial multifamiliar de pequeno porte utilizando a técnica de Linha de Balanço foi possível programar as atividades que formaram o empreendimento de acordo com a sequência executiva do projeto e a disponibilidade de equipes, respeitando os conceitos de aplicação da técnica construtiva adotada.

Neste aspecto a elaboração do horizonte de longo prazo através da aplicação da técnica de Linha de Balanço torna a visualização do planejamento mais clara, permitindo uma maior transparência e um maior controle da cadeia produtiva.

É possível observar que através da implementação da técnica Linha de Balanço a empresa pode vir a se beneficiar através da especialização de equipes alocadas fixamente em uma atividade até a fim da construção do empreendimento. Além deste ganho, a aplicação da técnica, pode possibilitar uma melhor organização no sequenciamento de atividades, visto que

é possível visualizar mais facilmente como as atividades se relacionam em cada unidade base de repetição.

A participação do corpo técnico da empresa executora do empreendimento foi de fundamental importância, as informações obtidas permitiram a elaboração de uma EAP de acordo com a realidade do empreendimento. No entanto, visto que a técnica de Linha de Balanço está diretamente relacionada aos índices de produtividade, a ausência de dados referentes a produtividade das equipes, por parte da empresa, tornou-se um entrave no processo de programação.

Para sanar essa dificuldade fez-se necessário coletar dados referentes aos índices de produtividade em bibliografias pertinentes ao assunto, porém, a grande variabilidade destes resultados pode levar a uma programação distante da realidade para a obra estudada, assim destaca-se a importância de manter um histórico de dados da empresa e quando possível atualizar os dados.

5.2 Sugestões para Trabalhos Futuros

Como recomendações para trabalhos futuros têm-se:

- Aplicar os índices de produtividades reais através da averiguação destes no campo, a partir da inserção dos dados obter nova linha de balanço e comparar as duas situações;
- Desenvolver um banco de dados de produtividade para as atividades da construção civil em João Pessoa – PB, de forma a desenvolver uma bibliografia mais próxima da realidade do mercado da cidade;
- Realizar o planejamento completo da obra estudada, incluindo todas as atividades não repetitivas, bem como elaborar os planos de médio e curto prazo;
- Estudar a aplicabilidade da técnica CPM no planejamento de médio prazo e curto prazo. Determinar se a técnica facilita a definição da sequência ideal dos fluxos de trabalho dentro dos pacotes de serviço.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

- ACKOFF, R. L. (1974). *Planejamento Empresarial*. LTC.
- ALVIM, C. M. (2013). *Aplicação do planejamento e controle da produção na construção civil - estudo de caso na Ribeiro Alvim Engenharia LTDA*. Juiz de Fora.
- ANDRADE, M. (2010). *Introdução à metodologia do trabalho científico: elaboração de trabalhos na graduação*. (10, Ed.) São Paulo: Atlas.
- ARANTES, F. T. (2010). *Modelo de diagnóstico da maturidade da Construção Enxuta e estudo de casos em empresas da construção civil*. Tese de Doutorado. : Universidade São Paulo.
- AVILA, A. V., & JUGLES, A. E. (2013). *Gestão do Controle e Planejamento de Empreendimentos*. Florianópolis: Fundação Biblioteca Nacional.
- BALLARD, G., & HOWELL, G. (1998). Shielding production: an essential step in production control. *Journal of Construction Engineering in Management*, v.121, p.18-24.
- BALLARD, H. (2000). *The Last Planner System of Production Control*. University of Birmingham, Birmingham: Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - School of Civil Engineering, Faculty of Engineering.
- BERNARDES, M. (2001). *Desenvolvimento de um modelo de planejamento e controle da produção para micro e pequenas empresas de construção*. Porto Alegre: Tese (Pós-Graduação em Engenharia Civil) - Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- BERNARDES, M. (2003). *Planejamento e Controle da Produção para Empresas de Construção Civil*. Rio de Janeiro: LTC - Livro técnico e Científico Editora S.A.
- CASTRO, C. L., & BORGES, M. D. (2017). *Aplicação e Controle da Técnica da Linha de Balanço no Planejamento de Obra Vertical*. Goiânia: Monografia (Graduação) . Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Goiás.
- CBIC. (20 de JANEIRO de 2020). *CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO*. Fonte: CBIC DADOS: <http://www.cbicdados.com.br/glossario/p/>
- COELHO, H. O. (2003). *Diretrizes e requisitos para o planejamento e controle da produção em nível de médio prazo na construção civil*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- COSTA, A. H. (2017). *Aplicações da Curva S e do Método do Caminho Crítico no Planejamento de Obras*. Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- COSTA, B. F. (2017). *Estudo sobre os ganhos obtidos com a adoção do Last Planner System aplicado ao planejamento e controle na construção de uma usina hidrelétrica de grande porte*. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

- DIEHL, C. H. (2017). *Integração dos métodos Critical Path e Last Planner System para a gestão do projeto de edificações: um estudo de caso*. TCC (Monografia Engenharia de Produção); Universidade do Vale do Taquari - UNIVATES.
- FILHO, A. G., & ANDRADE, B. S. (2010). *Planejamento e Controle em Obras Verticais*. Universidade da Amazônia, Belém.
- FORMOSO, C. T. (1991). *A knowledge Based Framework for Planning House Building Projects*. Salford: University of Salford – Department of Quantity and Building Surveying.
- FORMOSO, C. T. (2001). *Planejamento e controle da produção em empresas de construção*. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- FORMOSO, C. T. (2002). *Lean Construction: princípios básicos e exemplos*. (Vol. 15). Porto Alegre: Construção Mercado: custos, suprimentos, planejamento e controle de obras.
- GIL, A. (2007). *Como elaborar projetos de pesquisa*. (4, Ed.) São Paulo: Atlas.
- HEINECK, L. F., & MACHADO, R. L. (2002). *A Gestão de cartões de produção na programação enxuta de curto prazo e obra*. Fortaleza: II Simpósio Brasileiro de Gestão da Qualidade e Organização Trabalho no Ambiente Construído - SIBRAGEC.
- HERTHEL, A. F. (2015). *ANÁLISE DE VIABILIDADE DE APLICAÇÃO DA LINHA DE BALANÇO EM OBRAS DE EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS EM JOÃO PESSOA – PB: ESTUDO DE CASO*. João Pessoa: Trabalho de conclusão de curso (Graduação).
- ISATTO, E., & et al. (2000). *Lean Construction: Diretrizes e Ferramentas para o Controle de Perdas na Construção Civil*. Sebrae, Porto Alegre.
- JUNQUEIRA, L. E. (2006). *Aplicação da Lean Construction para redução dos custos da produção da casa 1.0*. São Paulo: Dissertação (Especialização) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Produção.
- KOSKELA, L. (1992). *Application of New Production Philosophy to Construction*. CIFE Technical Report n. 72, Center for Integrated Facility Engineering, Department of Civil Engineering, Stanford University.
- KRAWCZYK FILHO, M. (2003). *Diretrizes para a Programação de Recursos em Obras de Curto Prazo*. Porto Alegre: (Mestrado Profissionalizante) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- LAUFER, A., & TUCKER, R. (1987). *Is construction project planning really doing its job? A critical examination of focus, role and process*. (Vol. 5). London.
- LIMMER, C. V. (1996). *Planejamento, Orçamento e Controle de Projetos e Obras*. Rio de Janeiro: LCT.
- MACHADO, L. F., & HEINECK, K. L. (2001). *Desenvolvimento de um sistema de controle operacional para o processo de alvenaria: proposta baseada em estudo de caso*. Florianópolis: Dissertação de Mestrado: PPGEP/UFSC.
- MACHADO, R. L., & HEINECK, L. F. (2009). *Estratégias de produção para a construção enxuta*. Goiânia/GO: NUPENGE Puc Goiás.

- MADERS, B. (1987). *Técnica de programação e controle da construção repetitiva – linha de balanço – estudo de caso de um conjunto habitacional*. Porto Alegre: Dissertação de Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- MATTOS, A. D. (2010). *Planejamento e Controle de Obras*. São Paulo : PINI.
- MAZIERO, L. (1990). *Aplicação do conceito do método da linha de balanço no planejamento de obras repetitivas. Um levantamento das decisões fundamentais para sua aplicação*. Florianópolis: Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade Federal de Santa Catarina.
- MENDES Jr, R. (1999). *Programação da Produção da Construção de Edifícios de Múltiplos Pavimentos usando Linha de Balanço*. Florianópolis: Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Produção. Universidade Federal de Santa Catarina.
- MESQUITA, E. P. (2012). *Mini Curso Lean Construction, capítulo 4*. Ceará: Universidade Federal do Ceará.
- MONTEIRO, A., & MARTINS, J. P. (2011). *Linha de Balanço: Uma nova abordagem ao planejamento e controle na construção*. In: 2º Fórum Internacional de Gestão da Construção: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- MOURA, C. B. (2008). *Avaliação do Impacto do Sistema Last Planner no Desempenho de Empreendimentos da Construção Civil*. Porto Alegre: Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil); Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- NOVAIS, S. G. (2000). *Aplicação de ferramentas para o aumento da transparência no processo de planejamento e controle de obra na construção civil*. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina.
- PAULISTA, A. M. (2016). *Proposta de programação de um edifício residencial de múltiplos pavimentos utilizando a técnica de linha de balanço*. Florianópolis: Trabalho de conclusão de curso (Graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina.
- PEREIRA FILHO, J. I., SILVA, L. M., & ROCHA, R. M. (03 a 05 de novembro de 2004). *Planejamento e Controle da Produção na Construção Civil para gerenciamento de custos*. XXIV Encontro Nac. de Eng. de Produção.
- PICCHI, F. A. (1993). *Sistema de Qualidade: uso em empresas da construção de edifícios*. São Paulo.
- PRADO, C. S. (2006). *Proposta de um modelo de desenvolvimento de Produção Enxuta com utilização da ferramenta Visioneering*. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção. USP/SC. São Carlos.
- PRADO, R. L. (2002). *Aplicação e acompanhamento da programação de obras em edifícios de múltiplos*. *Aplicação e acompanhamento da programação de obras em edifícios de múltiplos*. Florianópolis: Dissertação de Mestrado. UFSC.
- ROEHRS, R. T. (2013). *Planejamento e controle de produção: aplicação do sistema last planner*. TCC Graduação Engenharia Civi, Ijuí.

- ROTHER, M., & SHOOK, J. (1998). *Learning to See: Value Stream Mapping to Create Value and Eliminate Muda*. v. 1.1. Oct., The Lean Enterprise Inst., Brookline.
- SEBRAE. (2016). *Cenário e Projeções Estratégicas: Construção Civil*.
- SILVA, E., & MENEZES, E. (2015). *Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação*. (4, Ed.) Florianópolis: UFSC.
- TOSTA, J. (2013). *Restrições de Processos Construtivos de Edifícios: uma Abordagem a Partir das Percepções de Engenheiros de Obras*. Universidade Federal do Espírito Santo: Dissertação de Mestrado.
- VIEIRA, H. F. (2006). *Logística Aplicada à Construção Civil - Como melhorar o fluxo de produção nas obras*. São Paulo: PINI.
- WOMACK, J. P., & JONES, D. R. (1998). *A mentalidade enxuta nas empresas: Elimine o desperdício e crie riquezas*. Rio de Janeiro.
- WOMACK, J., & JONES, D. (1996). *Lean Thinking – Banish Waste and Create Wealth in your Corporation*. New York: Simon & Schuster.

APÊNDICE A – QUADRO RESUMO

Pacotes		Precedência	Compos. da equipe (*)	Equipes (oficiais)	Duração Total (dias)	Ritmo (pav/dia)	Início	Fim
1	Serviços preliminares		-	-	10	-	04/01/2021	15/01/2021
2	Fundação (escavação, apiloamento, reaterro, embasamento)	Serviços preliminares	2P + 4S	-	11	-	18/01/2021	01/02/2021
3	Alvenaria Estrutural (inclusive: armaduras, grautes, tubulações e eletrodutos)	Fundação	2P + 2S +2E	6	72	0,06	02/02/2021	08/06/2021
4	Laje	Alvenaria Estrutural	2P + 2S + 1A	5	16	0,25	02/03/2021	22/06/2021
5	Fachada (inclusive chumbamento de contramarco)	Fim da alvenaria estrutural	-	-	120	-	28/06/2021	03/12/2021
6	Chapisco	Alvenaria Estrutural	2P + 1S	3	12	0,33	12/07/2021	21/07/2021
7	Reboco	Chapisco (TI+3dias)	2P +2S	2	32	0,13	20/07/2021	01/09/2021
8	Contrapiso	Reboco	1P + 1S	2	16	0,25	17/08/2021	07/09/2021
9	Impermeabilização	Contrapiso (TI +28dias), cura do material	1P + 1S	1	8	0,50	31/08/2021	09/09/2021
10	Revestimento Cerâmica/Soleira/Bancada	Impermeabilização; Reboco (TI+28dias), cura do material	3E	3	28	0,14	03/09/2021	28/09/2021
11	Forro Gesso	Revestimeto cerâmico	2E	2	28	0,14	04/10/2021	10/11/2021
12	Esquadria de Alumínio	Revestimento cerâmico	1E	1	8	0,50	21/10/2021	01/11/2021
13	Inst. Elétrica (cabearmento)	Reboco	1E	1	8	0,50	13/09/2021	04/10/2021
14	Pintura 1º etapa	Forro Gesso;Esquadrias de Alumínio	4E	4	24	0,17	26/10/2021	30/11/2021
15	Esquadria de Madeira	Pintura 1º etapa	2E	1	8	0,50	23/11/2021	02/12/2021
16	Acabamento Hidrossanitário (louças e metais)	Revestimento Cerâmico	2E	1	8	0,50	25/11/2021	06/12/2021
17	Pintura 2º etapa	Esquadria de Madeira	4E	4	44	0,09	29/11/2021	25/01/2022
18	Acabamento Elétrico	Pintura 2º etapa	1E	1	8	0,50	18/01/2022	09/02/2022
19	Limpeza Final e Comunicação Visual	Acabamento Elétrico/Hidrossanitário (louças e metais)	2S	2	8	0,50	28/01/2022	09/02/2022

(*) Legenda: A - armador; P - pedreiro; S - servente; E - especialista (podendo ser terceirizado ou não)

APÊNDICE B – LINHA DE BALANÇO

1° Trimestre

[illegible]

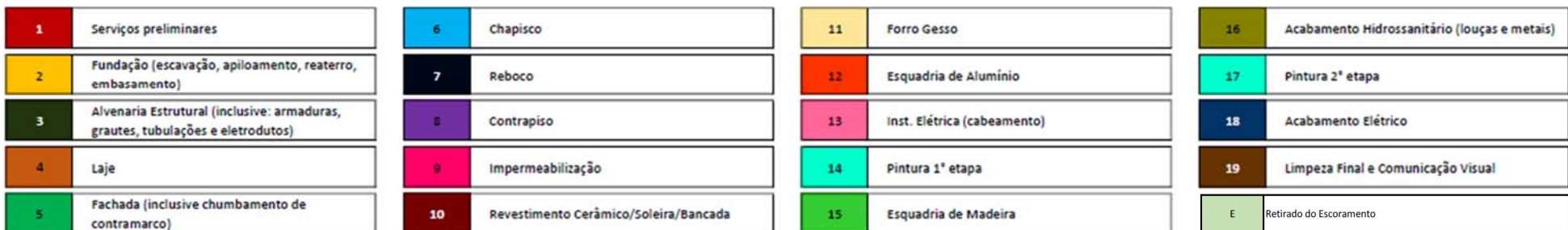
1	Serviços preliminares
2	Fundação (escavação, apiloamento, reaterro, embasamento)
3	Alvenaria Estrutural (inclusive: armaduras, grautes, tubulações e eletrodutos)
4	Laje
5	Fachada (inclusive chumbamento de contramarco)

6	Chapisco
7	Reboco
8	Contrapiso
9	Impermeabilização
10	Revestimento Cerâmico/Soleira/Bancada

11	Forro Gesso
12	Esquadria de Alumínio
13	Inst. Elétrica (cabearnento)
14	Pintura 1ª etapa
15	Esquadria de Madeira

16	Acabamento Hidrossanitário (louças e metais)
17	Pintura 2ª etapa
18	Acabamento Elétrico
19	Limpeza Final e Comunicação Visual
E	Retirado do Escoramento

1	Serviços preliminares	6	Chapisco	11	Forro Gesso	16	Acabamento Hidrossanitário (louças e metais)
2	Fundação (escavação, apiloamento, reaterro, embasamento)	7	Reboco	12	Esquadria de Alumínio	17	Pintura 2ª etapa
3	Alvenaria Estrutural (inclusive: armaduras, grautes, tubulações e eletrodutos)	8	Contrapiso	13	Inst. Elétrica (cabearamento)	18	Acabamento Elétrico
4	Laje	9	Impermeabilização	14	Pintura 1ª etapa	19	Limpeza Final e Comunicação Visual
5	Fachada (inclusive chumbamento de contramarco)	10	Revestimento Cerâmico/Soleira/Bancada	15	Esquadria de Madeira	E	Retirado do Escoramento





	jan/22														fev/22																													
	03/01/22	04/01/22	05/01/22	06/01/22	07/01/22	10/01/22	11/01/22	12/01/22	13/01/22	14/01/22	17/01/22	18/01/22	19/01/22	20/01/22	21/01/22	24/01/22	25/01/22	26/01/22	27/01/22	28/01/22	31/01/22	01/02/22	02/02/22	03/02/22	04/02/22	07/02/22	08/02/22	09/02/22	10/02/22	11/02/22	14/02/22	15/02/22	16/02/22	17/02/22	18/02/22	19/02/22	20/02/22	21/02/22	22/02/22	23/02/22				
	SEG	TER	QUA	QUI	SEX	SEG	TER	QUA	QUI	SEX	SEG	TER	18/01/22	19/01/22	20/01/22	21/01/22	24/01/22	25/01/22	26/01/22	27/01/22	28/01/22	31/01/22	01/02/22	02/02/22	03/02/22	04/02/22	07/02/22	08/02/22	09/02/22	10/02/22	11/02/22	14/02/22	15/02/22	16/02/22	17/02/22	18/02/22	19/02/22	20/02/22	21/02/22	22/02/22	23/02/22			
	252	253	254	255	256	257	258	259	260	261	262	263	264	265	266	267	268	269	270	271	272	273	274	275	276	277	278	279	280	281	282	283	284	285	286	287	288	289	290	291	292			
COBERTA																																												
3° PAV								17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	18	18																									
																				19	19																							
2° PAV	17	17	17	17	17	17	17								18	18																												
1° PAV														18	18																													
TÉRREO												18	18																															
FUNDAÇÃO																																												

1	Serviços preliminares
2	Fundação (escavação, apiloamento, reaterro, embasamento)
3	Alvenaria Estrutural (inclusive: armaduras, grautes, tubulações e eletrodutos)
4	Laje
5	Fachada (inclusive chumbamento de contramarco)

6	Chapisco
7	Reboco
8	Contrapiso
9	Impermeabilização
10	Revestimento Cerâmico/Soleira/Bancada

11	Forro Gesso
12	Esquadria de Alumínio
13	Inst. Elétrica (cabearamento)
14	Pintura 1ª etapa
15	Esquadria de Madeira

16	Acabamento Hidrossanitário (louças e metais)
17	Pintura 2ª etapa
18	Acabamento Elétrico
19	Limpeza Final e Comunicação Visual
E	Retirado do Escoramento