

**UNIEVANGÉLICA**

**CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**JUNIEL GARCIA SILVA**

**ESTUDO DE MÉTODOS DE TRABALHO NO  
PLANEJAMENTO DE OBRAS**

**ANÁPOLIS / GO**

**2018**

**JUNIEL GARCIA SILVA**

**ESTUDO DE MÉTODOS DE TRABALHO NO  
PLANEJAMENTO DE OBRAS**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO  
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA**

**ORIENTADOR: GLEDISTON NEPOMUCENO COSTA  
JUNIOR**

**ANÁPOLIS / GO: 2018**

## FICHA CATALOGRÁFICA

SILVA, JUNIEL GARCIA

Estudo de Métodos de trabalho no Planejamento de Obras

55P, 297 mm (ENC/UNI, Bacharel, Engenharia Civil, 2018).

TCC - UniEvangélica

Curso de Engenharia Civil.

- |                             |                        |
|-----------------------------|------------------------|
| 1. Planejamento de Obras    | 2. Métodos de Trabalho |
| 3. <i>Lean Construction</i> | 4. Linha de Balanço    |
| I. ENC/UNI                  | II. Título (Série)     |

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

SILVA, Juniel Garcia. Estudo de Métodos de Trabalho no Planejamento de Obras. TCC, Curso de Engenharia Civil, UniEvangélica, Anápolis, GO, 55p. 2018.

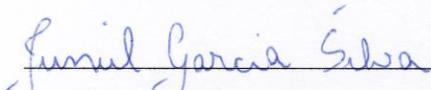
## CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Juniel Garcia Silva

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO: Estudo dos Métodos de Trabalho no Planejamento de Obras.

GRAU: Bacharel em Engenharia Civil ANO: 2018

É concedida à UniEvangélica a permissão para reproduzir cópias deste TCC e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte deste TCC pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

  
Juniel Garcia Silva

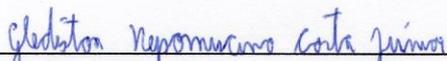
E-mail: junielgarcia@gmail.com

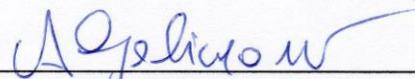
**JUNIEL GARCIA SILVA**

**ESTUDO DE MÉTODOS DE TRABALHO NO  
PLANEJAMENTO DE OBRAS**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO CURSO DE  
ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA COMO PARTE DOS REQUISITOS  
NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL

**APROVADO POR:**

  
\_\_\_\_\_  
**GLEDISTON NEPOMUCENO COSTA JUNIOR, Mestre (UniEvangélica)**  
**(ORIENTADOR)**

  
\_\_\_\_\_  
**AURELIO CAETANO FELICIANO, Especialista (UniEvangélica)**  
**(EXAMINADOR INTERNO)**

  
\_\_\_\_\_  
**WANESSA MESQUITA GODOI QUARESMA, Mestre (UniEvangélica)**  
**(EXAMINADOR INTERNO)**

**DATA: ANÁPOLIS/GO, 05 de JUNHO de 2018.**

## RESUMO

A construção civil é um dos principais setores da economia brasileira. O mercado está cada vez mais exigente, então, planejar é cada vez mais importante no setor da construção civil. Fazer um planejamento bem feito é um caminho seguro para alcançar os objetivos. Ao planejar uma obra, é adquirido um alto grau de conhecimento do empreendimento, permitindo mais eficiência na execução dos trabalhos. Para que os objetivos sejam alcançados de acordo com os padrões preestabelecidos durante a implantação de um projeto, os métodos definidos para sua execução têm de ser controlados, cuja principal função é detectar falhas, garantido que o plano do projeto seja cumprido, de forma mais próxima possível do planejado. Existem diversas metodologias para o planejamento e controle de obras. Esses métodos auxiliam de uma maneira mais organizada, trabalhando de uma forma mais produtiva a cumprir os objetivos. Para melhor entender, vão ser feitos estudos mais específicos abordando as metodologias *Lean Construction* e Linha de Balanço.

**Palavras chave:** Planejamento de obras. Construção civil. Métodos de trabalho.

## **ABSTRACT**

Civil construction is one of the main sectors of the Brazilian economy. The market is becoming more demanding, so planning is increasingly important in the construction industry. Good planning is a surefire way to achieve goals. When planning, one can acquire a high degree of knowledge of the enterprise, allowing for more efficiency in the execution of work. In order for the objectives to be achieved according to the pre-established standards during the implementation of a project, the methods defined for its execution must be controlled. Through this, failures can be detected, ensuring that the project plan is fulfilled as accurately as possible. There are several methodologies for planning and controlling. These methods help maintain organization, by working more productively to achieve goals. To better understand, more specific studies will be done addressing the Lean Construction and Balance Sheet methodologies.

**Keywords:** Planning. Construction. Methods of work.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Recursos utilizados no processo de produção da Indústria da Construção Civil....	15
Figura 2 - Grau de oportunidade da mudança em função do tempo.....	16
Figura 3 - Estrutura Analítica do Projeto (EAP) da construção de uma casa:.....	18
Figura 4 - Diagrama de rede: (a) diagrama de flechas; (b) diagrama de blocos.....	20
Figura 5 - Caminho crítico no diagrama de flechas.....	20
Figura 6 - Curva S genérica.....	22
Figura 7 - Casa do Sistema Toyota de Produção (TPS).....	23
Figura 8 - Fluxo Contínuo x Modelo Tradicional.....	24
Figura 9 - Processo de planejamento e controle de produção.....	32
Figura 10 - Funcionamento do Last Planner System.....	33
Figura 11 - Os passos do Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV).....	35
Figura 12 - Linha de Balanço Conceitual.....	39
Figura 13 - Linha de Balanço Teórica.....	40
Figura 14 - Linha de Balanço Conceitual para atividades consecutivas.....	40
Figura 15 - Linha de Balanço de atividades na obra.....	41
Figura 16 - Linha com interferência de atividades.....	43
Figura 17 - Balanceamento das atividades com a programação paralela.....	44

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Os principais benefícios de um planejamento.....	14
Quadro 2 - As causas da deficiência em planejamento e controle .....	17
Quadro 3 - Quadro de sequenciação.....	19
Quadro 4 - Cronograma de Gantt .....	21
Quadro 5 - Comparação entre os princípios <i>Lean Thinking</i> e <i>Lean Construction</i> .....	27
Quadro 6 - Comparação entre o sistema de gestão convencional de construção e <i>Lean Construction</i> .....	30
Quadro 7 – Sequência e duração das atividades.....	49
Quadro 8 - Linha de Balanço.....	50

## LISTA DE ABREVIATURA E SIGLA

EAP	Estrutura Analítica do Projeto.
LDB	Linha de Balanço.
TDS	Sistema Toyota de Produção
JIT	<i>Just in Time</i>
PCP	Planejamento e Controle de Produção
LPS	<i>Last Planner System</i>
MFV	Mapeamento de Fluxo de Valor
LOB	Linha de Balanço

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>11</b>
1.1 JUSTIFICATIVA.....	11
1.2 OBJETIVOS .....	12
<b>1.2.1 Objetivo geral .....</b>	<b>12</b>
<b>1.2.2 Objetivos específicos.....</b>	<b>12</b>
1.3 METODOLOGIA .....	12
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>13</b>
2.1 PLANEJAMENTO .....	13
<b>2.1.1 A importância do planejamento.....</b>	<b>13</b>
<b>2.1.2 O planejamento na execução de obras .....</b>	<b>13</b>
<b>2.1.3 Dificuldades das empresas.....</b>	<b>16</b>
<b>2.1.4 Roteiro do Planejamento .....</b>	<b>18</b>
<b>2.1.5 Curvas S .....</b>	<b>21</b>
2.2 ORÇAMENTO .....	22
<b>3 MÉTODOS DE TRABALHO.....</b>	<b>23</b>
3.1 <i>LEAN CONSTRUCTION</i> .....	23
<b>3.1.1 Origem da metodologia <i>Lean Construction</i>.....</b>	<b>23</b>
<b>3.1.2 Princípios da <i>Lean Construction</i> .....</b>	<b>27</b>
<b>3.1.3 Adaptação da metodologia <i>Lean</i> na Construção .....</b>	<b>29</b>
<b>3.1.4 Ferramentas de aplicação da <i>Lean Construction</i>.....</b>	<b>32</b>
3.1.4.1 Planejamento e controle de produção (PCP).....	32
3.1.4.2 <i>Last Planner System</i> (LPS) .....	33
3.1.4.3 <i>Just in Time</i> (JIT) .....	34
3.1.4.4 Mapeamento de fluxo de valor (MFV) .....	34
3.1.4.5 5S .....	37
3.1.4.6 Kanban .....	37
<b>3.1.5 Vantagens e desvantagens da <i>Lean Construction</i> .....</b>	<b>37</b>
3.2 LINHA DE BALANÇO.....	38
<b>3.2.1 Origem da metodologia Linha de Balanço (LDB).....</b>	<b>38</b>
<b>3.2.2 Princípios da Linha de Balanço (LDB) .....</b>	<b>39</b>
<b>3.2.3 Adaptação da Linha de Balanço na construção .....</b>	<b>40</b>

3.2.4	Aplicação da Linha de Balanço na construção .....	42
3.2.5	Vantagens e desvantagens do método da linha de balanço .....	44
<b>4</b>	<b>MODELO DE TRABALHO BASEADO NOS PRINCÍPIOS DA LEAN</b>	
	<b>CONSTRUCTION .....</b>	<b>45</b>
4.1	Redução das atividades que não agregam valor.....	45
4.2	valor do produto em consideração a necessidade do cliente.....	45
4.3	Redução da variedade .....	46
4.4	reduzir o tempo de ciclo.....	46
4.5	simplificar através da redução de passos, partes e ligações.....	46
4.6	Aumentar a flexibilidade do produto final.....	47
4.7	Aumentar a transparência dos processos.....	47
4.8	focar o controle no processo total .....	47
4.9	equilíbrio entre melhorias de fluxo e nas convenções .....	47
4.10	introduzir melhoria contínua do processo.....	48
4.11	Fazer <i>benchmarking</i> .....	48
<b>5</b>	<b>MODELO DE TRABALHO BASEADO NOS PRINCÍPIOS DA LINHA DE</b>	
	<b>BALANÇO .....</b>	<b>49</b>
<b>6</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>51</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>52</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A construção civil é destacada como um dos principais setores da economia brasileira. Compreende inúmeras atividades em todo o país, possuindo um papel fundamental para o crescimento do PIB e geração de empregos. Porém, apresenta atrasos tecnológicos quando comparado as outras atividades.

Atualmente, devido aos grandes problemas econômicos e políticos enfrentados pelo nosso país, a área da construção civil sofre uma fase de instabilidades, deixando mais claro a necessidade de organizar e planejar, antes mesmo de agir. Desta forma, faz com que os profissionais do ramo, trabalhem com mais coesão e transparência, diminuindo assim as falhas e aumentando o custo benefício em relação ao produto final.

O planejamento deve abranger toda a concepção de um serviço, incluindo desde o estudo da viabilidade do empreendimento, quanto a projetos e a efetiva execução de obras. Neste último caso, o detalhamento de informações deve ser a mais preciso possível, uma vez que a execução de obras trata de valores expressivos.

Para ser ter sucesso em um empreendimento, é necessário, antes de tudo, de um planejamento e gerenciamento eficaz em todas as etapas, especialmente na fase de projetos.

### 1.1 JUSTIFICATIVA

Os imprevistos são uma realidade na construção civil e não podem ser antecipados. No entanto, com um bom planejamento, os efeitos dos imprevistos podem ser amenizados ao serem identificados as principais situações recorrentes em obras, e assim, incluir as ações a serem tomadas caso elas ocorram.

No Brasil, geralmente, os planejamentos são incompletos, ocasionando perdas, desperdícios e atrasos nas obras. Portanto, um planejamento de obra cuidadoso auxilia a manter os imprevistos e o caos das obras sob controle, prevendo as entregas e mantendo as atividades dentro do prazo estabelecido.

Dada a grande importância do planejamento na construção civil, ao longo deste estudo ficara visível a sua relevância para o sucesso do empreendimento.

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo geral

O trabalho pesquisado tem como objetivo geral apresentar métodos de trabalhos baseados nos princípios dos métodos *Lean Construction* e Linha de Balanço.

### 1.2.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos do trabalho são:

- Apresentar a importância de um planejamento de obras;
- Compreender os conceitos e princípios das metodologias *Lean Construction* e Linha de Balanço;
- Descrever técnicas e ferramentas associados aos princípios dos métodos *Lean Construction* e Linha de Balanço.

## 1.3 METODOLOGIA

Inicialmente foi realizado uma pesquisa bibliográfica a respeito do tema planejamento de obras, identificando as vantagens e as deficiências em implementar um planejamento no processo de construção.

Após a pesquisa, foi feito um estudo de práticas eficientes, focado nos métodos *Lean Construction* (Construção Enxuta) e o Método da Linha de Balanço.

## **2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 PLANEJAMENTO**

#### **2.1.1 A importância do planejamento**

Segundo Mattos (2010), o processo de planejamento passou a cumprir papel fundamental devido ao impacto causado no desempenho das empresas. A baixa produtividade está relacionada diretamente com a deficiência em planejar.

Para Goldman (2004), o sucesso de um empreendimento depende de um planejamento eficaz. Em relação à construção predial, é necessário um sistema que armazene informações e conhecimentos dos diversos setores e, em seguida, direcioná-los de modo que as informações e conhecimentos sejam adaptados para a construção.

Para Simão (2015), os imprevistos durante um sistema de produção são minimizados quando elaborado um planejamento. Os riscos não são eliminados, mas é possível minimizá-los. Planejar é atingir os objetivos do projeto, evitando erros.

Segundo Gonzalez (2008), em razão da instabilidade do setor, o planejamento do empreendimento deve ser feito em níveis diferentes, considerando prazos de longo, médio e curto prazos.

Para Nocêra (2000), o planejamento é o processo que procura estabelecer, com antecedência, as ações a serem executadas visando o objetivo definido, procurando estabelecer não só as ações, mas também os recursos a serem usados, os métodos e os meios necessários para alcançar os objetivos.

#### **2.1.2 O planejamento na execução de obras**

Conforme Mattos (2010), ao planejar uma obra, é adquirido um alto grau de conhecimento do empreendimento, permitindo mais eficiência na execução dos trabalhos. Construtoras com problemas de prazos para entrega de projetos, orçamentos estourados ou com falta de material na execução de seus serviços. Esses problemas atingem a imagem da empresa de forma negativa, diante clientes e colaboradores.

Muitas vezes, tudo acontece pelo fato de as construtoras não se planejarem e controlarem suas obras até o fim do projeto. Se preocuparem em planejar até certo ponto e,

quando os problemas aparecem, recorrem ao imprevisto. Ainda segundo Mattos (2010), nos dias atuais, planejar é garantir de certa forma a perpetuidade da empresa pela capacidade que os gestores adquirem na tomada de decisões rápidas e certeiras na execução das obras.

Os principais benefícios trazidos pelo planejamento são descritos no quadro 1:

**Quadro 1 - Os principais benefícios de um planejamento.**

Conhecimento pleno da obra
Detecção de situações desfavoráveis
Agilidade de decisões
Relação como orçamento
Otimização da alocação de recursos
Referência para acompanhamento
Padronização
Referência para metas
Documentação e rastreabilidade
Criação de dados históricos
Profissionalismo

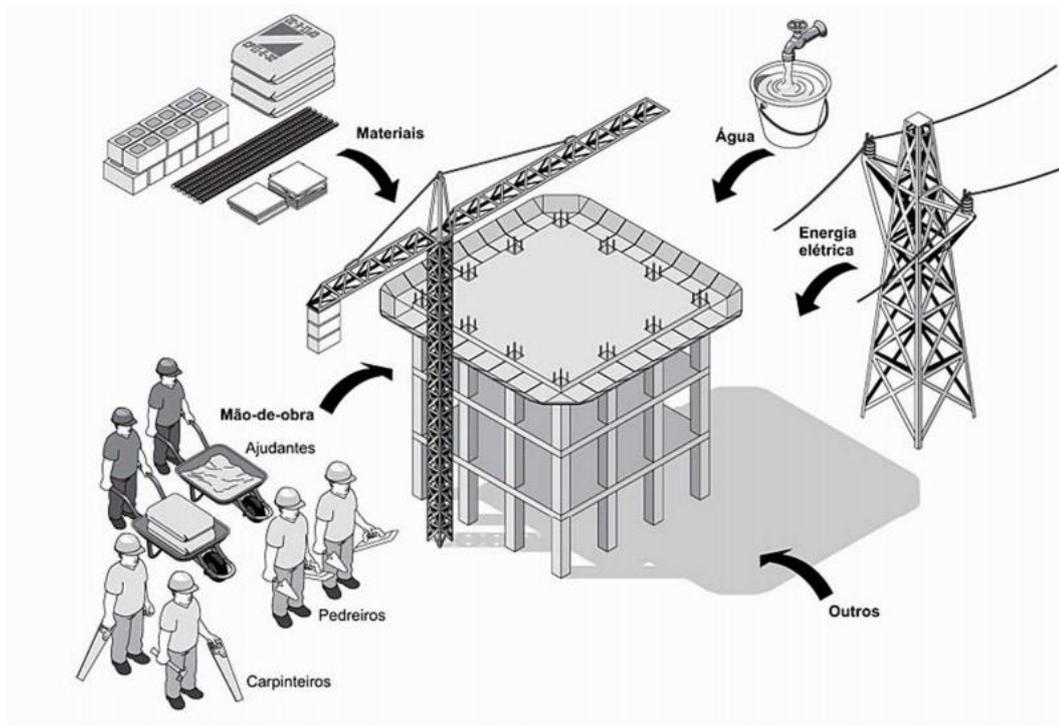
Fonte: MATTOS, 2010 (adaptado)

Limmer (2008), ressalta outros aspectos importantes ao planejar a execução de uma obra:

- Definir o processo de execução;
- A escolha dos equipamentos para execução de uma obra;
- Definir as etapas diferentes da obra;
- Analisar as necessidade da mão-de-obra, tanto quantitativa quanto qualitativa;
- Avaliar os recursos financeiros necessários.

Para Souza (2006), em função da relevância nos custos de produção, os procedimentos destacados são os materiais. A figura 1 demonstra os recursos utilizados no processo de produção da indústria da construção civil.

**Figura 1 - Recursos utilizados no processo de produção da Indústria da Construção Civil**

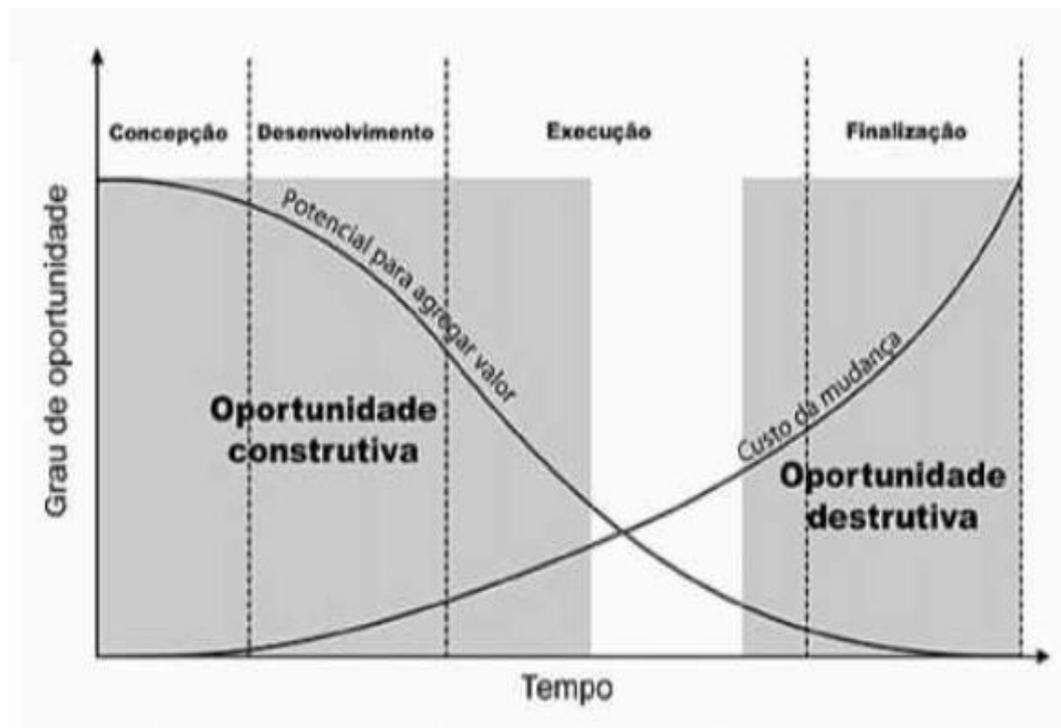


Fonte: SOUZA, 2006

Mattos (2010), destaca que para a elaboração do planejamento é necessário que o profissional estude o projeto, buscando conhecer os detalhes produtivos da obra, planejando de forma prévia a prestação de serviços.

Segundo Mattos (2010), quando se tem a previsão oportuna de situações desfavoráveis, permite que o profissional responsável pela execução da obra possa tomar medidas preventivas e corretivas, evitando impactos no custo e no prazo. A figura 2, ilustra o período chamado de "oportunidade construtiva", que é quando se pode mudar o rumo de um serviço a custo relativamente baixo, e o período chamado "oportunidade destrutiva", que é quando ao passar do tempo, a intervenção passa ser menos eficaz e sua implementação, mais cara.

Figura 2 - Grau de oportunidade da mudança em função do tempo



Fonte: MATTOS, 2010

Segundo Limmer (2008), para que os objetivos sejam alcançados de acordo com os padrões preestabelecidos durante a implantação de um projeto, os métodos definidos para sua execução têm de ser controlados, cuja principal função é detectar falhas, garantido que o plano do projeto seja cumprido, de forma mais próxima possível do planejado.

Sacomano et al. (2004) acrescenta que sistemas de controle devem ser adequados ao contexto do processo, dependendo do modelo de administração de cada empresa. De acordo com o tipo de obra, a empresa adotará um modelo de controle de sua escolha, podendo ser manual por meio de planilhas ou até mesmo com o uso de softwares no auxílio, porém, o mais importante é ter documentadas as informações.

### 2.1.3 Dificuldades das empresas

Para Mattos (2010), a ausência ou a inadequação de um planejamento de obras no mundo da construção civil, se manifesta em graus diferentes. Existe empresas que planejam, mas de forma errada, outras possui um bom planejamento, mas não controlam e aquelas que funcionam a base do total imprevisto.

Segundo Mattos (2010), as causas das dificuldades de uma empresa quanto a planejamento bem sucedido está associado a aspectos estabelecidos de longa data. As deficiências abordadas são descritas no quadro 2 a seguir:

**Quadro 2 - As causas da deficiência em planejamento e controle**

Planejamento e controle como atividades de um único setor
Descrédito por falta de certeza nos parâmetros
Planejamento excessivamente informal
Mito do tocador de obras

Fonte: MATTOS, 2010 (adaptado)

Segundo Oliveira (2001), é um desafio para o setor da construção civil em adaptar os princípios de um planejamento de qualidade, por possuir características que dificultam as mudanças. Ainda de acordo com Oliveira (2001), essas características compreendem: produtos singulares e não em série, caráter nômade, utilização de mão de obra sem qualificação, responsabilidades pouco definidas.

De acordo com Mattos (2010), as empresas confundem planejamento e controle como um trabalho isolado de um setor da empresa, ao invés de serem vistos como um processo que está em todo o processo da estrutura da empresa. Outro problema comum é ser feito o planejamento inicial, mas não o atualizá-lo periodicamente.

Para Souza (1995), a falta de integração entre os responsáveis nas etapas de planejamento é um fator importante a ser superado.

Prever, dentro de um cenário admissível o impacto das atividades, deve ser visto no planejamento como um exercício. Mattos (2010) ressalta que à incerteza é característica peculiar na construção e se deve pela versatilidade das condições locais e do produto.

Para Souza (1995), a informalidade excessiva dificulta a comunicação dos setores da empresa, é necessário um plano estratégico em conjunto com o plano de prioridades e com o plano de ações (onde, quando, como, quanto).

Segundo Mattos (2010), a construção se desenvolveu ao longo dos tempos com informalidade, o desperdício era visto como "aceitável" e na falta de um gerente se valorizava o profissional "tocador de obras", aquele que tem um postura em tomar decisões rápidas, com base somente em sua experiência com construções, sem o planejamento apropriado.

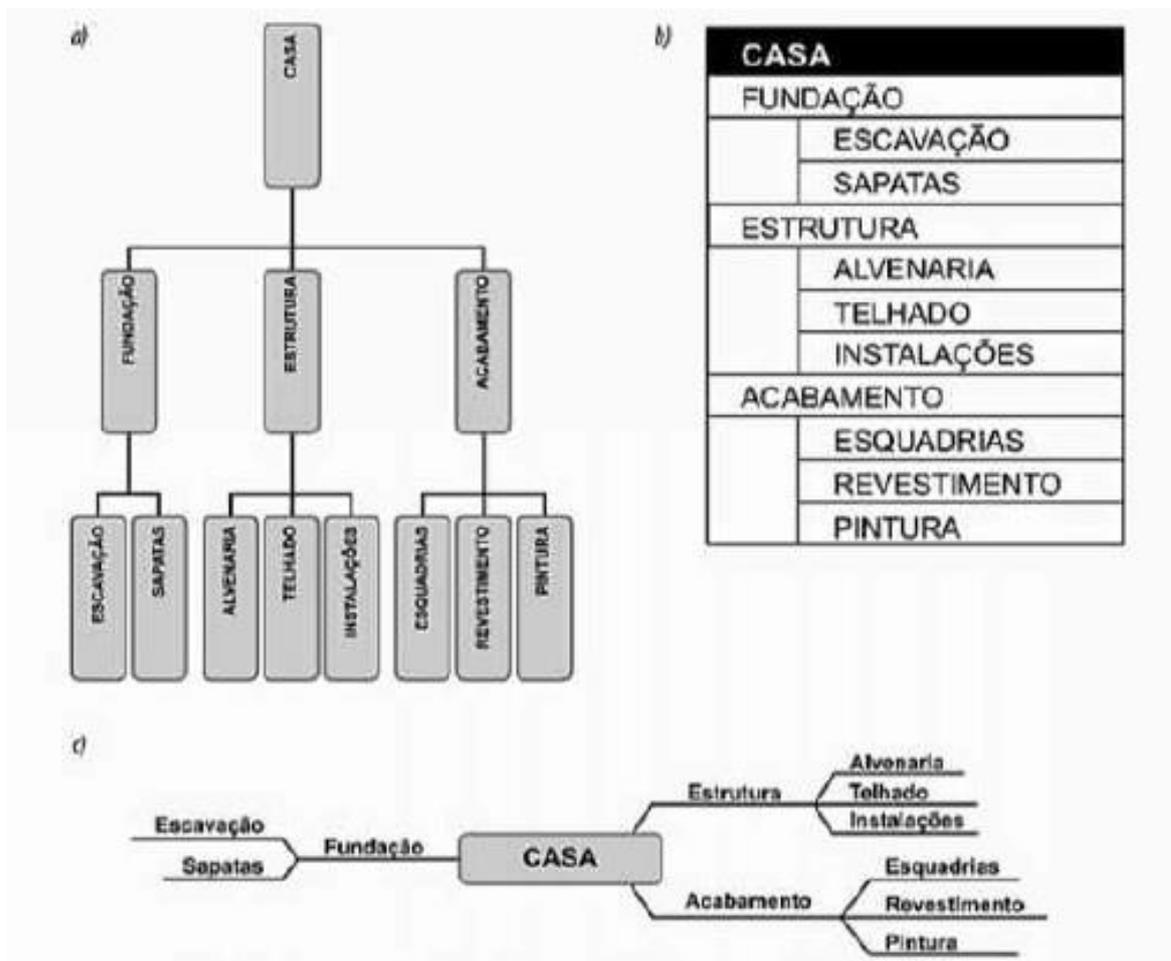
### 2.1.4 Roteiro do Planejamento

O planejamento de acordo com Mattos (2010), segue os passos:

- Identificar as atividades que compõe o cronograma da obra. O modo mais prático de identificar as atividades é através da Estrutura Analítica do Projeto (EAP), método que consiste em decompor o conjunto da obra, e as formas de trabalhar em etapas menores. Também pode-se utilizar de uma estrutura em árvore, método que subdivide ramos em ramos menores. A figura 3 ilustra a EAP nas duas três possíveis configurações:

Figura 3 - Estrutura Analítica do Projeto (EAP) da construção de uma casa:

(a) formato árvore; (b) formato analítico; (c) mapa central.



Fonte: MATTOS, 2010

- Definir o tempo em que a atividade do cronograma precisa para ser executada.

- Definir a sequência das atividades, para cada atividade deve ser atribuída a sua predecessora, identificando os pré-requisitos para início e término de cada atividade, baseados na metodologia usada na construção da obra. O quadro 3 descreve a etapa de sequenciação:

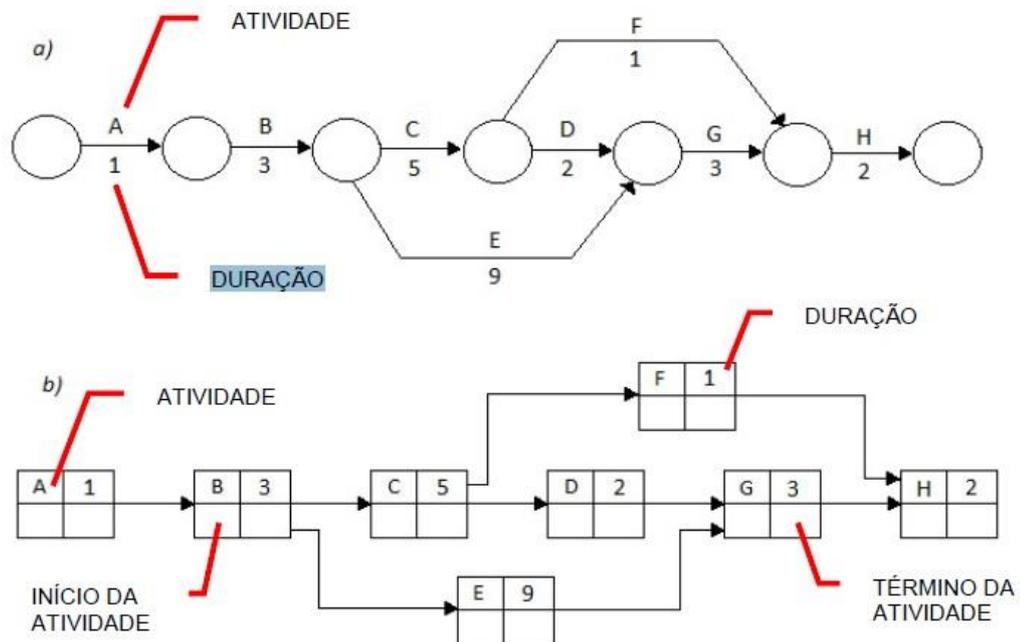
**Quadro 3 - Quadro de sequenciação**

<b>Quadro de sequenciação</b>			
<b>Atividade</b>		<b>Duração</b>	<b>Predecessora</b>
<b>FUNDAÇÃO</b>			
A	ESCAVAÇÃO	1 dia	—
B	SAPATAS	3 dias	Escavação
<b>ESTRUTURA</b>			
C	ALVENARIA	5 dias	Sapatas
D	TELHADO	2 dias	Alvenaria
E	INSTALAÇÕES	9 dias	Sapatas
<b>ACABAMENTO</b>			
F	ESQUADRIAS	1 dia	Alvenaria
G	REVESTIMENTO	3 dias	Telhado, instalações
H	PINTURA	2 dias	Esquadrias, revestimento

Fonte: MATTOS, 2010 (adaptado)

- Definido a sequência e duração das atividades, o passo a seguir é desenvolver o diagrama de rede, que representa de forma gráfica o método de execução do projeto como um fluxo de atividades. A figura 4 faz a representação do diagrama descrito por Mattos (2010):

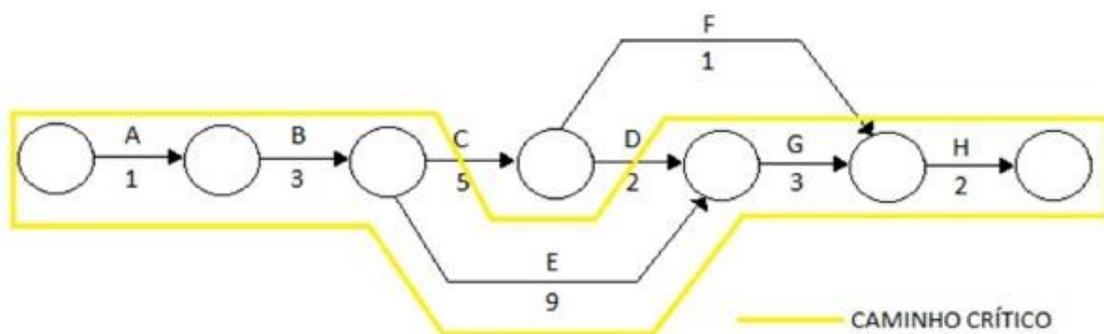
Figura 4 - Diagrama de rede: (a) diagrama de flechas; (b) diagrama de blocos



Fonte: MATTOS, 2010

- Terminado o diagrama de rede, a sequência de atividades que compreendem o tempo mais longo de duração podem ser identificadas, definida como caminho crítico, facilitam a visualização de atividades em que não se podem ocorrer atrasos, havendo ganho de tempo, o prazo total do projeto pode ser reduzido. A figura 5 faz a representação do caminho crítico no diagrama de rede;

Figura 5 - Caminho crítico no diagrama de flechas



Fonte: MATTOS, 2010

- O cronograma da obra e cálculo de folgas é o produto final do planejamento. Apresenta de forma fácil a situação de cada atividade durante o tempo. Também possibilita analisar as atividades não críticas, e observar que essas são mais flexíveis na sua duração, não afetando em caso de atrasos o prazo total da obra. É dado o nome de folga a esse período de tempo em que a atividade tem flexibilidade além de sua duração. No quadro 6 é mostrado o cronograma de Gantt por Mattos (2010) em uma casa:

**Quadro 4 - Cronograma de Gantt**

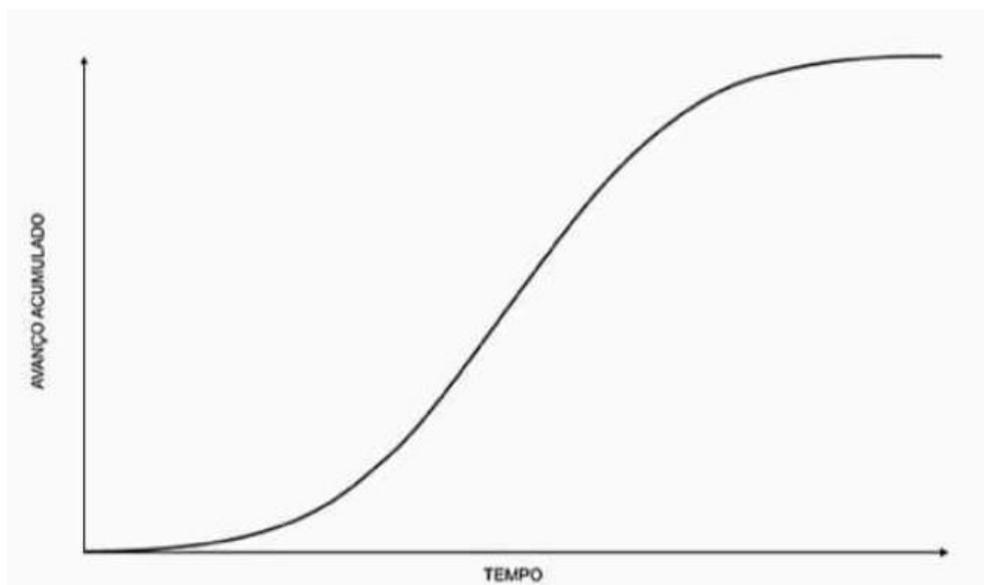
ATIVIDADE		DUR (dias)	DIA																	
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
A	ESCAVAÇÃO	1	■																	
B	SAPATAS	3		■	■	■														
C	ALVENARIA	5					■	■	■	■	■									
D	TELHADO	2									■	■								
E	INSTALAÇÕES	9					■	■	■	■	■	■	■	■						
F	ESQUADRIAS	1									■									
G	REVESTIMENTO	3															■	■	■	
H	PINTURA	2																	■	■

Fonte: MATTOS, 2010 (adaptado)

### 2.1.5 Curvas S

Para Mattos (2010), a curva S é um parâmetro que possibilita ter controle do andamento do projeto e verificar se as etapas estão de acordo com o objetivo planejado. A curva S pode identificar os desvios entre o que foi planejado e o que foi realizado, mostrando o desenvolvimento da execução do projeto do início ao fim.

Para elaboração do gráfico, as informações se decorrem do cronograma desenvolvido durante o planejamento. A forma da curva não é a mesma em todos os projetos, seu aspecto vai depender da ordem das atividades, valor monetário e tempo total para o projeto ser realizado. A figura 6 faz demonstração de um gráfico em curva S:

**Figura 6 - Curva S genérica**

Fonte: MATTOS, 2010

## 2.2 ORÇAMENTO

De acordo com Limmer (2008), orçamento pode ser entendido como a determinação dos gastos necessários ao realizar um projeto, com planos de execução previamente elaborados no planejamento da obra.

Mattos (2006) inicia diferenciando orçamento de orçamentação, sendo o orçamento o produto final e orçamentação o processo. Uma orçamentação eficiente é um dos principais fatores na obtenção de resultados lucrativos.

Para Gonzalez (2008), orçamento é a previsão dos gastos de uma obra, o custo total da obra é resultado dos gastos necessários para sua execução. Ainda é ressaltado necessidade de formalização do orçamento, tornando-a em uma ferramenta essencial no planejamento da obra.

### 3 MÉTODOS DE TRABALHO

Existem diversas metodologias para o planejamento e controle de obras. Esses métodos auxiliam na implantação do planejamento de uma maneira mais organizada, trabalhando de uma forma mais produtiva a cumprir os objetivos. Neste trabalho serão abordadas as metodologias: *Lean Construction* e Linha de Balanço.

#### 3.1 LEAN CONSTRUCTION

##### 3.1.1 Origem da metodologia *Lean Construction*

Em 1950, em consequência da Segunda Guerra Mundial, a escassez de recursos, tanto materiais, quanto financeiros e humanos eram grandes. Diante desse cenário, surgiu com Taichii Ohno e Shingeo a primeira ideia de *Lean Thinking*, onde sugeriram um método de produção para a indústria automobilística da Toyota, método de produção adaptado da indústria Ford-Motors norte-americana. Conhecido desde então como Sistema Toyota de Produção (TPS).

Para Ohno (1988), o idealizador do TPS, a essência do método é a total eliminação de desperdícios, e a ideia é sustentada por dois pilares: *Just in Time* e *Jidoka*. A figura 7 faz representação do Sistema Toyota de Produção (TPS):

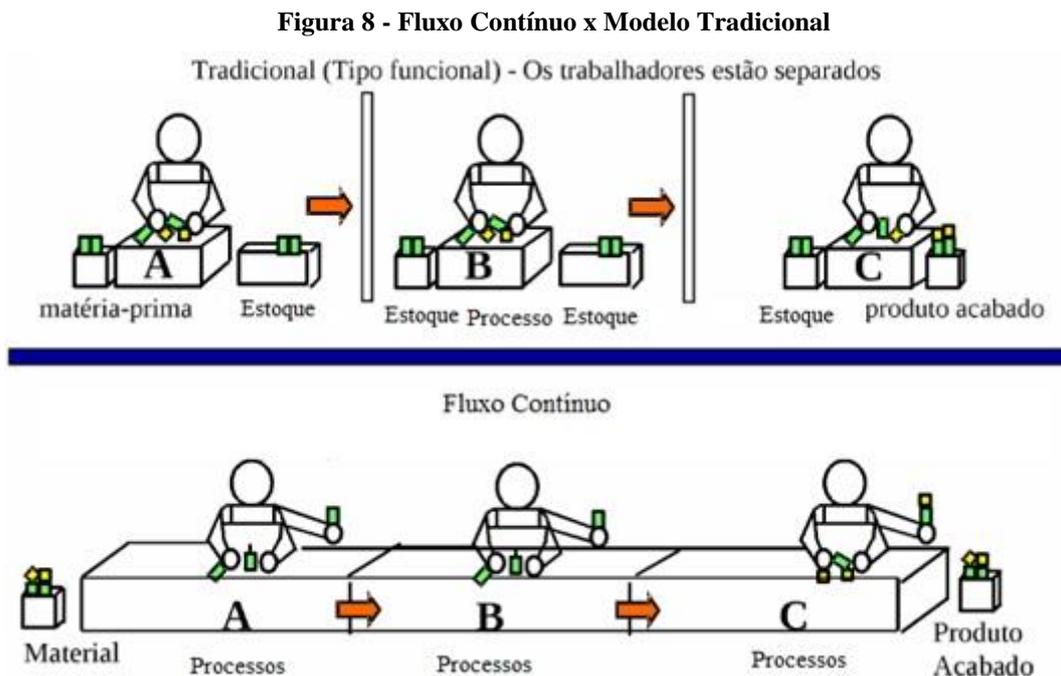
Figura 7 - Casa do Sistema Toyota de Produção (TPS)



Segundo Guinato (2000), a estabilidade é a base da qual o sistema é estruturado. Para garantir uma produção isenta de defeitos é necessário a padronização dos processos (pilar *Jidoka*), no momento e quantidade certos (pilar *Just in Time*).

Guinato (2000), descreve *Just in Time* (JIT) como uma técnica produtiva onde cada processo é fornecido com a quantidade certa de materiais, no momento certo, de acordo com a necessidade, de forma a aumentar lucros e evitar perdas. Guinato (2000) ainda ressalta a necessidade de uma mão-de-obra qualificada para o sucesso do JIT.

De acordo com Ohno (1997), com o JIT a ordem do processo produtivo é invertida, assim só é produzido o que é demandado pelo processo seguinte, de forma possibilitar um fluxo contínuo, alinhando a produção ao que é demandado. A Figura 8 demonstra o processo de fluxo contínuo comparado ao modelo tradicional:



Segundo Guinato (2000), Automação ou *Jidoka* consiste em proporcionar o operador ou à máquina a autonomia sempre que detectado alguma anormalidade no processo de produção de parar o processamento.

Pinto (2007) descreve *Jidoka*, como a automatização do maquinário, de forma que este quando detectado defeitos ou erros na produção, parar o processo imediatamente, para que sejam feitos os reparos, não deixando se propagar por toda a produção.

Ohno (1997) afirma que quando se iniciaram as experiências com o *Jidoka*, as linhas de produção paravam constantemente, e com os problemas sendo definidos e consertados, os erros começaram a diminuir de forma visivelmente claras, de tal modo que hoje o rendimento é próximo aos 100%, as linhas de produção praticamente não deixam de funcionar.

Para Guinato (2000), o princípio que sustenta o TPS é a estabilidade, para que os produtos sejam fabricados na quantidade e momento corretos, como de acordo com o pilar *Just in Time*, e sem defeitos, como recomendado pelo pilar *Jidoka*, é preciso que se tenha o controle dos processos e suas ações, chegando a serem estáveis.

De acordo com Gonçalves (2009), com sucesso do sistema Toyota de produção no Japão, este passou a ser difundido no mundo todo, podendo ser aplicado a qualquer empresa, independentemente de sua localização, tendo sua eficiência atrelada a quantidade de ferramentas utilizadas e em quais setores da corporação.

Womack e Jones (2003), classificam *Lean Thinking* como uma sistema de gestão que se baseia em eliminar os diversos tipos de desperdício num processo específico, contribuindo com a eficiência e qualidade do mesmo.

Segundo Womack e Jones (2003) os critérios do *Lean Thinking* são descritos em cinco princípios:

- Indicar o valor para cada produto: Ponto inicial devendo ser estabelecido de acordo com o entendimento com os clientes finais. A definição do valor é baseada em relação à expectativa do cliente diante o produto ou serviço final;
- Identificar a cadeia de valor: Identificar todo o conjunto de atividades de um determinado produto desde a sua criação ao seu término, da matéria prima a entrega do produto final;
- Gerar fluxo contínuo: Prevenir para que não ocorra paradas no processo produtivo que geram valor no produto final. Uma mudança na mentalidade deve ser exigida, o foco deve ser os produtos e as necessidades e não os equipamentos e máquinas. Sendo o objetivo, a redução de atividades que não acrescenta valor;
- O produto deve ser puxado pelo cliente (construção puxada): O pedido deve ser feito sob encomenda do cliente, produzindo somente o que é encomendado;

- Almejar a perfeição: Objetivo principal da filosofia *Lean*. Os princípios anteriores cooperando entre si em busca de melhorias para satisfação do cliente.

De acordo com Nunes (2010), a nomenclatura *Lean Thinking* teve origem através de James Womack e Daniel em sua obra intitulada com este nome. A partir daí, tem sido utilizada mundialmente para referir-se ao sistema de gestão que objetiva a geração de valor por meio da eliminação de desperdícios.

- Desperdícios segundo o *Lean Thinking*

Segundo Womack e Jones (2003), é considerado como desperdício quaisquer atividades que consumam recursos e não agreguem valor.

Ohno (1997), descreve como sendo setes formas de desperdícios como responsáveis por 95% dos custos em ambientes que não usam a *Lean Thinking*, são esses:

1. Excessos de produção – quantitativo e antecipado, produzir mais do que a demanda e antes que seja necessário. Uma produção antecipada pode consumir recursos não necessitados no momento e que sejam necessários na produção de outros produtos na obra;
2. Espera – materiais, produtos, equipamentos, informações. Ocorre sempre que há um interrupção no fluxo de produção ocasionado por atraso nas atividades.
3. Transporte – materiais, produtos, informações dispensáveis. O material ou informação segundo a filosofia *Lean* deve ser entregue quando necessário e no local definido;
4. Desperdício inerente ao processo – uso de material inadequado. Etapas não definidas de forma correta, acarretando em problemas no fluxo de atividades ao ter que refazer algum trabalho não estabelecido;
5. Estoques – tudo que não foi encomendo pelo cliente, seja materiais, maquinário, trabalhos em andamento, excesso de produção. Tem um impacto financeiramente ruim e dificulta a identificação dos problemas;
6. Defeitos – erros na produção ocasionam em consumo de recursos e trabalhos a serem refeitos, além de trabalho extra
7. Excesso de movimento – pessoas, informação, material. Desperdício relacionado a desorganização do ambiente de trabalho, postos de trabalhos inadequados, ferramentas e materiais dispostos em locais inapropriados.

### 3.1.2 Princípios da *Lean Construction*

*Lean Construction* é uma filosofia de produção baseada no Modelo Toyota de Produção implementada na construção civil, foi apresentada em 1992 por Koskela. Ballard & Howell (2004) ressalta que a metodologia *Lean Construction* compreende a seguinte diretriz: a melhoria na eficiência na execução das atividades, resultando na redução das perdas e eliminação de desperdícios.

No artigo publicado pela Sienge (2008), é citado que a metodologia *Lean Construction* se baseia em uma linha japonesa de pensamento que busca trabalhar com construções enxutas. Onde o foco é comprar e armazenar apenas a quantidade de materiais necessários para cada etapa. Essa metodologia organiza a rede de fornecimento, adaptando conceitos e princípios da gestão e planejamento de obras. Dessa forma, as etapas do processo produtivo são reduzidas

Para Formoso (2001), além do fluxo de materiais, também deve-se gerenciar o fluxo de trabalho, fazendo referência ao conjunto de atividades realizadas pelas equipes na construção da obra. Formoso (2001) ainda ressalta sobre a necessidade de sincronizar as equipes, para que o fluxo de trabalho se mantenha contínuo.

Para Fisher (1995), o entendimento da *Lean Construction* é a partir da definição de *Lean Thinking* de Womack e Jones, os princípios consistem em: trabalho de equipe, comunicação, eficiência no uso de recursos, eliminar desperdícios e melhoria contínua.

Conforme Koskela (1992) onze princípios foram estabelecidos para melhoria de fluxo. Estes princípios se basearam os definidos por Womack e Jones (2003). O quadro 5 descreve esses princípios:

**Quadro 5 - Comparação entre os princípios *Lean Thinking* e *Lean Construction***

<b>Princípios <i>Lean Thinking</i> de Womack e Jones</b>	<b>Princípios <i>Lean Construction</i> de Koskela</b>
<b>Valor</b>	<b>Aumentar o valor do produto através da consideração as necessidades dos clientes</b>
	<b>Reduzir o Tempo de Ciclo da produção</b>
<b>Cadeia de Valor</b>	<b>Reduzir a parcela de atividades que não agregam valor</b>
	<b>Simplificar através da redução de etapas</b>
	<b>Focar no controle do processo global</b>
	<b>Equilíbrio entre as melhorias de fluxo e nas variações</b>
<b>Fluxo Contínuo</b>	<b>Reduzir a variedade</b>

	<b>Aumentar a transparência do processo</b>
<b>Sistema Puxado</b>	<b>Aumentar a flexibilidade do resultado final</b>
<b>Perfeição</b>	<b>Introduzir melhoria contínua no processo</b>
	<b>Fazer Benchmarking</b>

Fonte: GONÇALVES, 2009 (adaptado)

Segundo Koskela (1992), onze princípios foram estabelecidos para a aplicação dos conceitos de *Lean Construction* na construção civil. Os princípios são esses:

1. O percentual de atividades que não agregam valor devem ser reduzidos - critério essencial para aplicação da metodologia, evitando o desperdício, um dos principais problemas da construção civil. O princípio deve ser analisado de forma cautelosa, pois atividades podem não ter valor para o cliente final, mas podem ser essenciais para o cliente interno;
2. O valor do produto deve ser aumentado levando em consideração a necessidade dos clientes - princípio essencial, a necessidade de satisfação do cliente é essencial para que o produto seja valorizado;
3. Reduzir a variabilidade - é considerável a quantidade de diversificação existentes na construção entre produtos e dimensões do mesmo padrão, existe também variação no tempo para processar uma atividade e a variação a demanda, relacionada aos desejos do cliente final. Nesse princípio é usada a padronização, mantendo a estabilidade dos processos, garantindo que as atividades sigam uma mesma sequência, com intervalo de tempo definido evitando desperdícios e conseguindo qualidade e produtividade nos serviços prestados;
4. Reduzir o Tempo de Ciclo (Lead Time) – relacionado ao tempo de todos os fluxos. A redução do tempo do ciclo representa a eliminação de atividades que não acrescentem valor, e que cada processo ocorra no momento certo, evitando a formação de grandes estoques, ocasionando redução no tempo de espera, o atendimento ao cliente se torna mais rápido, a gestão de processos se torna mais rápida e eficaz;
5. Simplificar através da redução de passos, partes e ligações – a simplificação do processo pode ser feita pela eliminação de tarefas que não agregam valor, como

- o uso de elementos pré-fabricados, equipes multifuncionais que realizam atividades em sequência e um eficiente planejamento do processo;
6. Aumentar a flexibilidade do produto final – resulta no aumento de capacidade em realizar modificações no produto final de acordo com a necessidade do cliente. Com um planejamento adequado, pode se ter um processo de customizações, sem que haja um considerável aumento do preço do produto;
  7. Aumentar a transparência dos processos - com um processo transparente a identificação de erros se torna mais fácil de identificar, melhora a distribuição das informações, e com isso, maior autonomia das equipes em realizar as atividades;
  8. Focar o controle no processo completo – capacidade em um todo de enxergar oportunidades para realizar melhorias e detectar desperdícios em um primeiro momento, para que um segundo momento, compreender as melhorias a serem feitas no processo;
  9. Manter equilíbrio entre melhorias de fluxo e nas convenções – considerando que as melhorias no fluxo reduzem gastos e possibilitam investimentos em novas tecnologias de conversão aos processos;
  10. Introduzir melhoria contínua no processo – a medida que os princípios vão sendo cumpridos este é alcançado. Uma melhoria contínua nos processos contribui na redução de perdas, valorizando o produto. Os métodos para implementação da melhoria contínua são vários: monitorar melhorias, definir metas a serem superadas, interação dos trabalhadores estimulando a participação de todos;
  11. Fazer benchmarking – comparação de desempenho de processos de sistemas semelhantes. Implicar procedimentos eficazes usados em empresas similares que apresentaram êxitos. Reduzindo a competitividade.

### **3.1.3 Adaptação da metodologia *Lean* na Construção**

A diversidade na indústria é grande, porém seus problemas são conhecidos: baixa produtividade, condições precárias de trabalho e mão-de-obra desqualificada.

Diversas soluções foram propostas em relações aos problemas descritos, sendo a maior parte vindos da manufatura como a pré-fabricação e industrialização. Após a inovação trazida

pela *Lean Production* na manufatura, a filosofia foi implementada na indústria da construção civil.

Segundo Womack (2007), antes de compreender o sistema de gestão da Toyota inspirado pela *Lean Construction*, é importante destacar que inicialmente foi desenvolvido para ser um sistema de gestão, antes de idealizar sobre técnicas lean específicas. Porém, as empresas que adotaram a filosofia fizeram o contrário.

De acordo com Alves et al. (2009), a filosofia *Lean* além de representar uma inovação na parte de gestão, também representa à indústria de construção um reforma no funcionamento da mesma.

Para Howell (1999), a principal diferença entre a indústria manufatureira e a indústria da construção é como o trabalho é designado as equipes de trabalho. Na manufatureira, o trabalho é definido pela linha de produção e na construção, o trabalho é definido pelo planejamento.

Segundo Abdelhamid e Salem (2005), as diferenças entre o sistema convencional de gestão da construção e o do *Lean Construction* podem ser melhores compreendidas descritas no quadro 6 a seguir:

**Quadro 6 - Comparação entre o sistema de gestão convencional de construção e *Lean Construction***

Gestão convencional de Construção	<i>Lean Construction</i>
Conhecimento sobre como transformar materiais em estruturas	O mesmo conhecimento em transformar materiais em estruturas
É esperado que aconteça mudanças de propósitos e erros no decorrer da construção, que serão resolvidos e preparados novamente pela equipe de trabalho.	Produto e processo são projetados em conjuntos evitando erros de dimensionamento que levantam questões de possibilidade de execução.
Gestores como únicos responsáveis por planejar	Os gestores planejam as fases e processos e os trabalhadores e encarregados executam.
Atribui-se que reduzir o custo em uma peça ocasionara na redução de custos de todo o projeto.	O sistema é tratado como um todo e é usado estratégias de gestões de custo para reduzir os custos de todo o projeto.
Sujeita-se a produção a nível local pensando erroneamente como sendo a forma de alcançar a eficiência global.	Aperfeiçoa-se a produção para maior elaboração do sistema, como sendo a forma de alcançar a eficiência global.

Conduzem os processos utilizando os fundamentos que referem à aumento de custos – os quais estão na base dos pagamentos.	Utilizam-se os fundamentos dos aumentos de custos como uma entrada para o planejamento e controle nos procedimentos da obras.
Guiado pelo paradigma de resultados em termos de custo/prazo/qualidade.	Ao remover as causas dos desperdícios nas etapas de produção se torna melhor e confiável o fluxo de trabalho.
Não se tem planejamento ou controle de produção obra a não ser que vejam erros no prazo e custo – é esperado que aconteçam os problemas para reagirem e assim definir o rumo do projeto.	São planejadas e controladas as etapas de produção de modo a prevenir que os projetos se desviem dos prazos e custos estabelecidos.
É considerado fornecer valor ao cliente quando o desempenho é maximizado em relação ao custo.	É considerado fornecer valor ao cliente quando a o produto corresponde as necessidades do cliente pela gestão do procedimento da construção.

Fonte: ABDELHAMID E SALEM, 2005 (adaptado)

De acordo com Pichi (2003) para a aplicação do *Lean Thinking* na construção civil, se torna necessário analisar seus diversos fluxos, os procedimentos possuem inúmeras etapas envolvidas.

Segundo Womack (2003), a filosofia *Lean Thinking* pode ser aplicada a qualquer empresa, independentemente de seu setor, desde que se considerem os fluxos fundamentais existentes.

Picchi (2003) sugeriu uma divisão em cinco fluxos que considerou relevantes em relação a qualidade, são esses:

- Fluxo de negócio – liderado pelo cliente, abrange a identificação das necessidades, planejamento geral do empreendimento, aprovação nos órgãos competentes, aquisição de financiamento, contratações, gerenciamento do projeto e execução, recebimento da construção finalizada e entrega ao cliente final;
- Fluxo de projeto – liderado pelo projetista responsável, participação do cliente, (identificando suas necessidades e briefing), juntamente com os demais projetistas;

- Fluxo de obra – liderado pela empresa executora da obra, geralmente que empregam um alto grau de subcontratação;
- Fluxo de suprimentos – liderado pela empresa executora da obra, abrange fornecedores de materiais, serviços e subfornecedores;
- Fluxo de uso e manutenção – inicia após a obra ser entregue, comparando-se ao fluxo de sustentação das indústrias manufatureiras. Inclui uso, operação e manutenção, reparos, reformas e demolições. Diferentemente das etapas anteriores, na maioria das vezes é administrada por empresas especializadas.

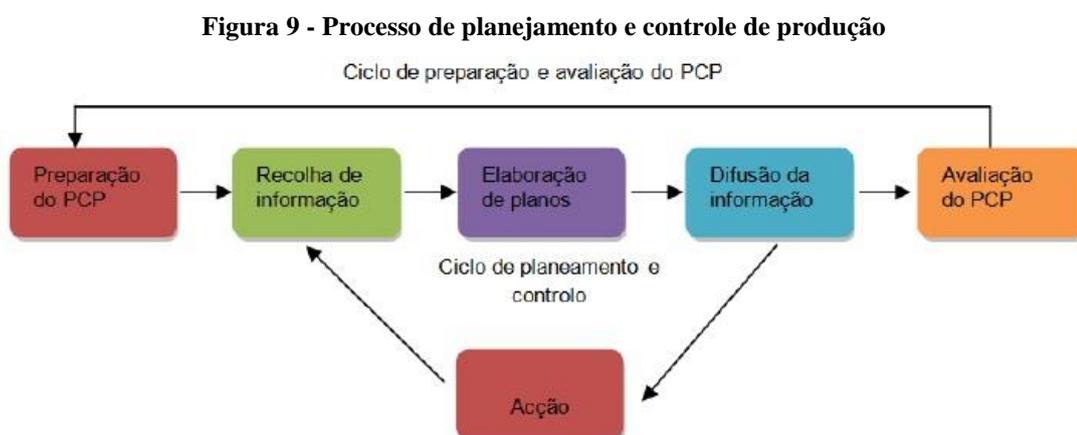
### 3.1.4 Ferramentas de aplicação da *Lean Construction*

#### 3.1.4.1 Planejamento e controle de produção (PCP)

Para Howell (1999), planejamento e controle e a filosofia *Lean Construction* são dois lados de uma mesma moeda que se invertem no decorrer do projeto. O planejamento define medidas para que o sucesso seja alcançado e para que os objetivos sejam alcançados, elabora estratégias, o objetivo do controle de produção é garantir que o planejamento seja cumprido.

Bernardes (2003) ressalta que, ao contrário de muitas propostas de melhoria, o controle de produção se apoia na aprendizagem.

Laufer e Tucker (1987) dividem o PCP em etapas, representas na figura 9 a seguir:



Fonte: LAUFER E TUCKER, 1987 (adaptado)

Na figura 9, referenciada por Laufer e Tucker (1987) dois ciclos podem ser identificados, o de planejamento e controle, realizado de forma contínua durante a execução do

empreendimento, e o ciclo de avaliação do PCP, de forma descontínua. Processo de grande importância no cenário da construção civil, devido aos seus produtos possuírem caráter único e uma alta variedade na execução das etapas. Ainda segundo Laufe e Tucker (1987), é identificado que desempenhos baixos no setor relacionados a comprimento de prazos e produtividade está relacionado a deficiências no PCP.

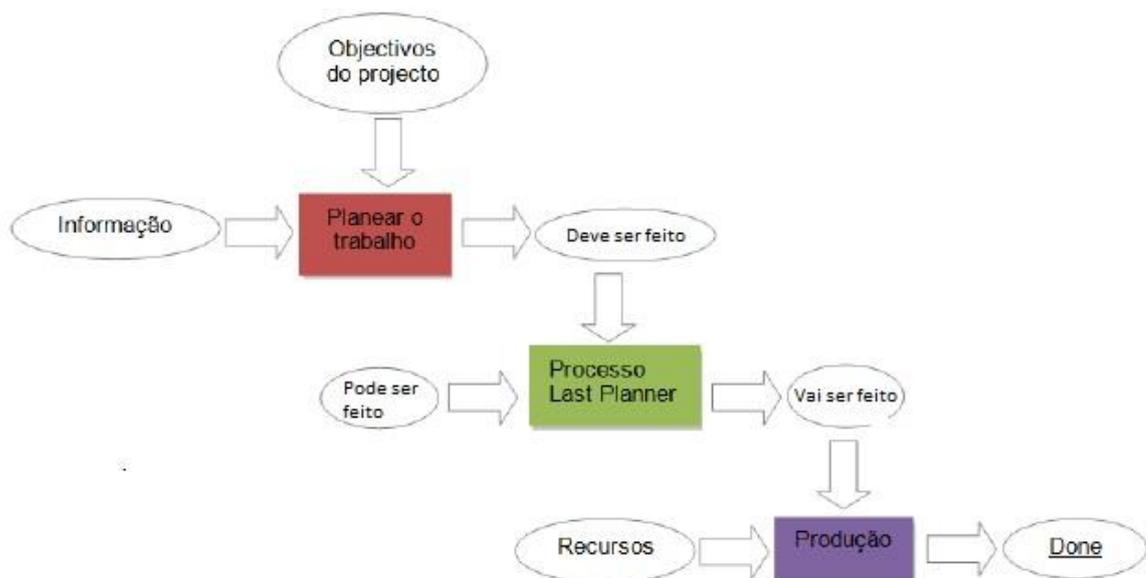
De acordo com Hopp; Spearman (2004), o PCP na indústria manufatureira é dividido em três níveis: estratégico, tático e operacional. Porém, no cenário das indústrias da construção civil admite a denominação de longo, médio e curto prazo.

#### 3.1.4.2 *Last Planner System* (LPS)

*Last Planner System* é uma ferramenta desenvolvida por Ballard e Howell nos anos 90, usada no controle de produção dos canteiros de obras.

Segundo Ballard (2000) o LPS é uma ferramenta usada para transformar o que deve ser feito no que pode ser feito, de forma a permitir criar uma elaboração do trabalho a ser realizado e a partir daí elaborar os planejamentos semanais. O esquema LPS é representado de forma esquematizada na figura 10:

**Figura 10 - Funcionamento do *Last Planner System***



Fonte: BALLARD, 2004 (adaptado)

### 3.1.4.3 *Just in Time* (JIT)

A base da filosofia *Just in Time* (JIT) é a redução de custos. Grenho (2009) refere-se a JIT como uma filosofia de produção que consiste em produzir o que é necessário, quando for necessário. Também é entendida como um sistema integrado de gestão com finalidade na eliminação de desperdícios.

Ainda segundo Grenho (2009), os aspectos da filosofia *Just in Time* são definidos em algumas expressões:

- Produção sem estoques;
- Eliminação de desperdícios;
- Produção de fluxo contínuo;
- Esforço contínuo na resolução de problemas;
- Melhoria contínua dos processos;

Para Corrêa e Gianesi (1993), alguns requisitos devem ser levados em contas na implementação do JIT, são esses:

- Compromisso da alta administração;
- Implementação de medidas de alto desempenho;
- Modificação da estrutura organizacional descentralizando o poder de decisão, organizando trabalho em equipe, uma melhor comunicação entre os setores e flexibilidade dos trabalhadores;

Conhecimento dos métodos e eliminação de serviços que não agreguem valor através do mapeamento do Fluxo de Valor;

- Melhorias no relacionamento com fornecedores garantindo qualidade e entregas conforme o prazos estabelecidos;

Ainda Segundo Corrêa e Gianesi (1993), o sistema JIT aplicado na construção se difere de forma considerável da sua aplicação na indústria manufatureira, devido à variedade, incerteza e complexidade da construção.

### 3.1.4.4 Mapeamento de fluxo de valor (MFV)

Segundo Rother e Shook (2000), MFV é uma ferramenta que em sua aplicação possibilita uma visualização geral entre os processos, possibilitando a implementação de

melhorias sistemáticas e definitivas, com o objetivo de identificar a fonte dos desperdícios e eliminá-los.

Ainda para Rother e Shook (2000), o MFV visa a representação dos processos, percorrendo todo o caminho, da aquisição da matéria prima até a entrega ao consumidor.

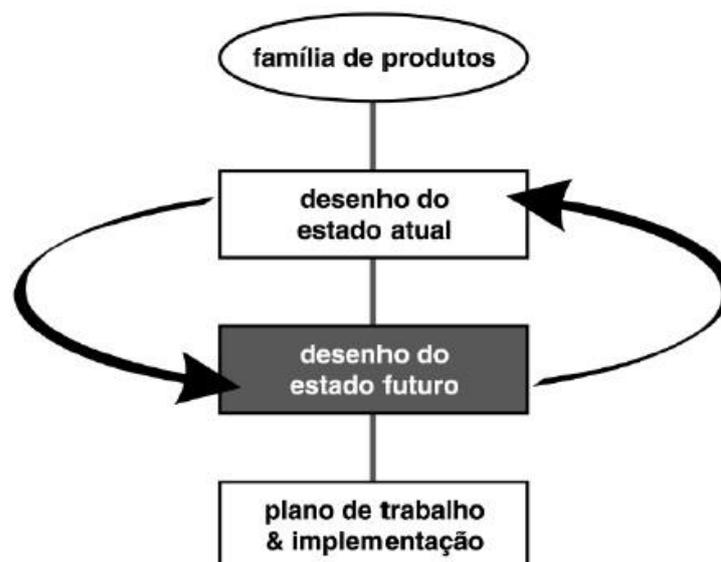
Boa parte das ferramentas existentes se preocupam em melhorar as atividades de forma individual, o MFV permite também que haja uma melhoria na ligações entre elas, no sentido de criar valor e fazendo-as fluir, dos fornecedores até aos clientes finais.

De acordo com Abdulmalek e Rajgopal, (2007), o mapeamento de fluxo de valor é dividido em três passos, sendo esses:

- Primeiro passo – escolha do produto ou família dos produtos que vão ser implementadas as melhorias;
- Segundo passo – um desenho é elaborado com estado atual do fluxo das atividades decorrentes, a partir daí, uma análise é feita de modo a identificar os defeitos e desperdícios;
- Terceiro Passo – elaborar um mapeamento do estado futuro, que é um planejamento de como o fluxo deve seguir após feitas as melhorias nas atividades que não agregam valor, fazendo desse mapa a base para mudanças necessárias;

A figura 11 faz a representação dos passos do mapeamento do fluxo de valor.

**Figura 11 - Os passos do Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV)**



Fonte: ROTHER E SHOOK, 2003

Segundo Rother e Shook (2000), para elaborar um MFV é necessário recolher informações que auxiliam na elaboração do mapa. As informações podem ser levantadas pelas seguintes questões:

1. Takt time mais próximo do cliente – Takt time é o tempo necessário para que seja produzido um produto de forma à atender a demanda dos clientes, estipulando o ritmo de produção respondendo a demanda;
2. Necessidade de implantação de um supermercado de produtos acabados – a implantação deve ser feita onde existam quebras de fluxos;
3. Possibilidade de fluxo contínuo – O tempo de ciclo é analisado, se estiver próximo ao do takt time, os processos devem ser transformados em fluxo contínuo;
4. Ponto único da cadeia de produção com possibilidade de programar a produção – É recomendado definir um único ponto para programação do processo com um conjunto. O fluxo contínuo será regularizado por esse ponto criado na etapa anterior.
5. Possibilidade de nivelar a produção no sistema puxado – A partir do nivelamento de um fluxo contínuo das etapas resultará na melhoria do tempo de espera, qualidade e custo
6. Melhorias necessárias pra que o fluxo de valor flua conforme as especificações do projeto no estado futuro – redução de tempos de processamento, redução dos lotes entregues na empresa, eliminação de desperdícios entre processos. As melhorias devem ser desenhadas no mapa do estado futuro.

Ainda segundo Rother e Shook (2000), há de se definir um plano de ação para implantação do mapeamento do estado futuro que deve seguir os seguintes aspectos:

- Planejamento das atividades a serem desenvolvidas com os tempos das etapas relacionados;
- Metas estimadas;
- Pontos de controle com prazos reais, definição da sequência e ponto de início e avaliadores;
- Previsão do impacto financeiro para que se haja probabilidades de sucesso.

#### 3.1.4.5 5S

Segundo Womack e Jones (2003), 5S é uma ferramenta que propõe a organização e padronização do ambiente de trabalho, preparando os funcionários para uma possível mudança de cultura empresarial, para posteriormente implantá-las na rotina de trabalho dos comprometidos. Ainda conforme Womack e Jones (2003), a ferramenta busca a melhoria contínua da combinação dos cinco sentidos referentes a cinco palavras japonesas iniciadas com “S”:

- *Seiri* (senso de utilização) – no ambiente de trabalho deve ser mantido somente os materiais e ferramentas necessárias pra utilização no espaço, organizando o canteiro de acordo com a utilização;
- *Seiton* (senso de organização) – ferramentas e materiais necessários identificados e localizados próximos ao local de trabalho, facilitando na movimentação e organização do local;
- *Seiso* (senso de limpeza) – local limpo, com disposição dos componentes em seus devidos locais;
- *Seiketsu* (senso de padronização) – práticas de trabalho padronizadas, e o espaço organizado como definido nas regras anteriores;
- *Shitsuke* (senso de autodisciplina) – as regras anteriores devem ser padronizadas, de forma que os hábitos antigos não retornem. Em caso de surgir novas ideias, revisar as regras anteriores.

#### 3.1.4.6 Kanban

Cartões, sinalizadores, utilizados como uma ferramenta visual que facilita o controle de fluxo de produção, assegurando que os materiais sejam entregues na quantidade correta e no momento definido, serve também com uma ferramenta no controle de segurança.

### 3.1.5 Vantagens e desvantagens da *Lean Construction*

Segundo Alves et al. (2009), os principais benefícios alcançados com o método *Lean Construction* são:

- Redução no desperdício de materiais e mão de obra;

- Aumento da produtividade;
- Aumento dos lucros;
- Custos reduzidos;
- Diminuição nas etapas de trabalho;
- Prazo menor de entrega da obra;
- Uma melhor gestão do projeto;
- Um melhor relacionamento com os fornecedores, colaboradores e clientes.

Para Alves et al. (2009), possíveis restrições podem gerar efeitos contrários ao esperado do método, sendo elas:

- Questões relacionadas aos recursos humanos, visto que deve haver uma qualificação maior dos trabalhadores e cooperação e confiança dentre os setores. Caso contrário, o método não irá gerar resultados;
- Questões relacionadas a um plano mestre, considerado que sem o cumprimento das estratégias de trabalho poderá acarretar e um fracasso organizacional.

## 3.2 LINHA DE BALANÇO

### 3.2.1 Origem da metodologia Linha de Balanço (LDB)

De acordo com Ichiara (1998), a Linha de Balanço é um dos métodos mais conhecidos em relação a projetos lineares. Desenvolvida pela Marinha Americana nos anos 50 e originada da indústria manufatureira, e posteriormente nos adaptada à uma linha de produção.

Segundo Prado (2002), se inseriu a LDB na construção civil após o fim da Segunda Guerra no planejamento e construção de conjuntos habitacionais, onde as cidades haviam sido devastadas pela guerra.

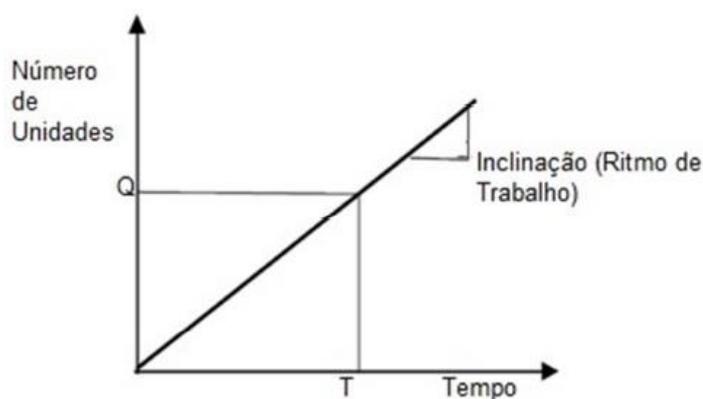
Conforme Mendes (1999), a técnica no Brasil foi utilizada nas décadas de 70 e 80 no planejamento de conjuntos habitacionais populares. Atualmente as pesquisas sobre a Linha de Balanço são direcionadas a construção de edifícios altos.

### 3.2.2 Princípios da Linha de Balanço (LDB)

Segundo Limmer (2013), o método da Linha de Balanço, consiste basicamente em traçar linhas em um eixo cartesiano, com cada linha referindo-se a uma atividade especificada. No eixo das abscissas vão se marcado o tempo e no eixo das ordenadas as unidades básicas. O que corresponderá ao o ritmo de execução é apresentado pelas linhas em declividade.

Mattila (1998), descreve Linha de Balanço como sendo um método basicamente gráfico de produção. A representação das atividades são feitas em um diagrama espaço/tempo, de forma que no eixo vertical são representadas as atividades de repetição e no horizontal representado o tempo. A figura 12 representa uma Linha de Balanço Conceitual.

Figura 12 - Linha de Balanço Conceitual



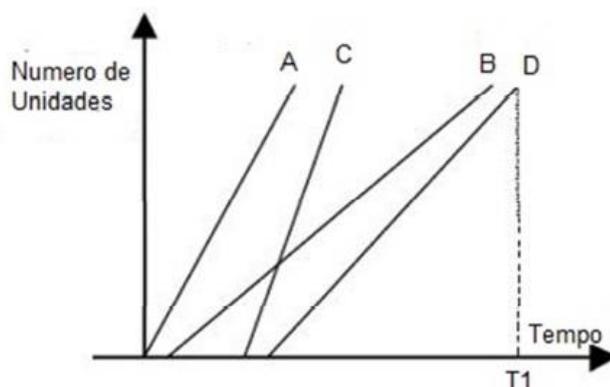
Fonte: MATTOS, 2010

De acordo com Maders (1987), o método da Linha de Balanço (LDB) é definido como a técnica das linhas de fluxo. Cada fluxo produtivo se associando ao seu ritmos de produção.

Segundo Limmer (2013), o progresso de cada atividade pode ser estabelecido considerando a demanda de serviços a serem executados, a mão de obra e os índices de produtividade.

Para Mendes (1999), quando a curva de produção de uma atividade intercepta a curva de outras atividades sucessoras, um desbalanceamento no ritmo produção acontece. A figura 13 representa uma linha de balanço teórica.

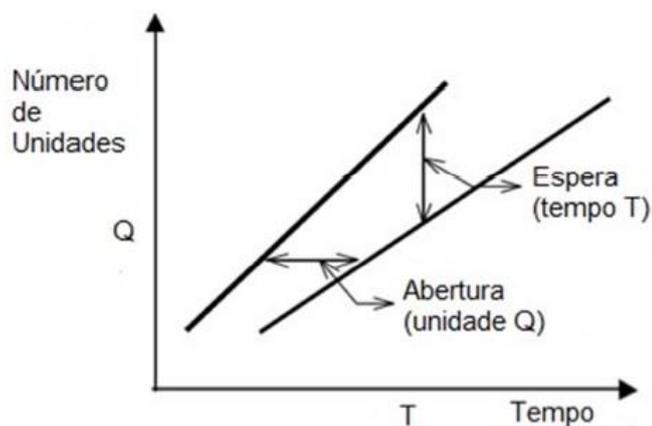
**Figura 13 - Linha de Balanço Teórica**



Fonte: MENDES, 1999

Ainda segundo Mendes (1999), considerando duas curvas que representam atividades consecutivas, a distância horizontal entre as linhas representa um tempo de abertura ou um atraso na atividade. Na vertical, a distância representa um tempo espera na atividade. A figura 14 representa uma linha de balanço de duas atividades consecutivas.

**Figura 14 - Linha de Balanço Conceitual para atividades consecutivas**



Fonte: MENDES, 1999

### 3.2.3 Adaptação da Linha de Balanço na construção

De acordo com Prado (2002), na construção de edifícios envolvem muitas ações repetitivas, ou seja, são lineares, as atividades desenvolvidas seguem de modo contínuo e sequencial. Na técnica linha de balanço o ritmo de produção é determinada por essas atividades repetitivas. São enquadrados nesse tipo construções: edifícios de múltiplos pavimentos, conjuntos habitacionais, estradas, dentre outros.

Segundo o artigo publicado pela Sienge (2016), quando adotado o método Linha de Balanço, as atividades vão seguir ritmos de execução definidos pelos projetos repetitivos. O projeto é dividido em partes e as atividades são repetidas ao longo da construção.

Para Mattos (2010), a metodologia da LDB, se baseia no argumento de que as atividades serão executadas de formas lineares durante o projeto. A produtividade dos serviços devem ser únicas no ao longo de todo a execução da obra. A produtividade é caracterizada pela inclinação da linha, quanto mais inclinada a reta for, maior será a produtividade.

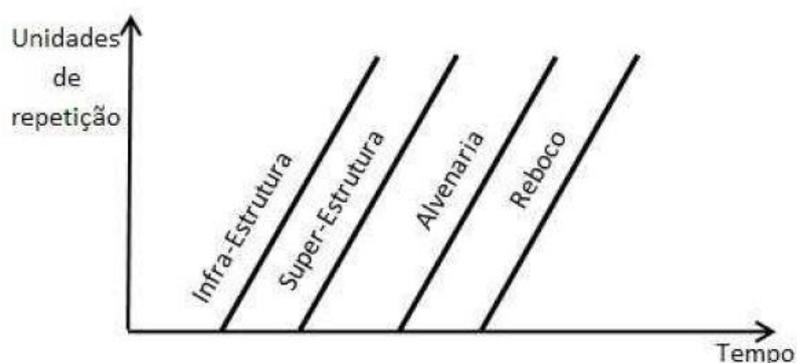
Segundo Alves et al. (1996), a Linha de Balanço é um método muito eficaz no planejamento da obra, fornece relatórios visuais de grande importância para o gerenciamento do empreendimento.

De acordo com Maziero (1990), o método da linha de balanço é direcionado a conclusão de atividades, determinar os recursos necessários para cada atividade de modo a não interferir nas atividades seguintes.

Segundo Scomazzon et al. (1985), a declividade das linhas determinadas definirão o ritmo imposto às atividades de maneira que possibilite cumprir os prazos previstos das execuções na obra.

Mendes (1999) ressalta que, as atividades devem ser programadas de tal forma que não haja intersecção de retas, pois isso pode significar problemas não programadas nas atividades, como paradas. A figura 15 representa uma linha de balanço com atividades de uma sequências sem intersecções.

**Figura 15 - Linha de Balanço de atividades na obra**



Fonte: MENDES, 1999

### 3.2.4 Aplicação da Linha de Balanço na construção

Para Mendes (1999), a aplicação da Linha de Balanço está relacionada diretamente com a tomada de decisões que resultam os principais fatores constituintes na programação da construção.

Scomzzon et al. (1985), representam a aplicação da Linha de Balanço em cinco passos:

1. Determinar atividades envolvidas na execução de uma obra e as relações de dependências entre elas.
2. Considerar possibilidade de integração entre as atividades na construção da rede.
3. Estabelecida a rede, estipular a equipe e duração necessárias na execução de cada etapa. Calcular pelo caminho crítico, o tempo necessário para execução da obra.
4. Ao definir os critérios iniciais, calcular o ritmo necessário ao transferir equipes ao das diversas etapas de construção da obra, considerando que não haja interferência entre as atividades e o cumprimento do prazo estabelecido.
5. Escolher em escalas adequadas, um gráfico, com as retas das atividades representadas em execução ao longo da obra. De modo que o gráfico seja capaz de instruir a transição da equipe ao longo da execução da obra.

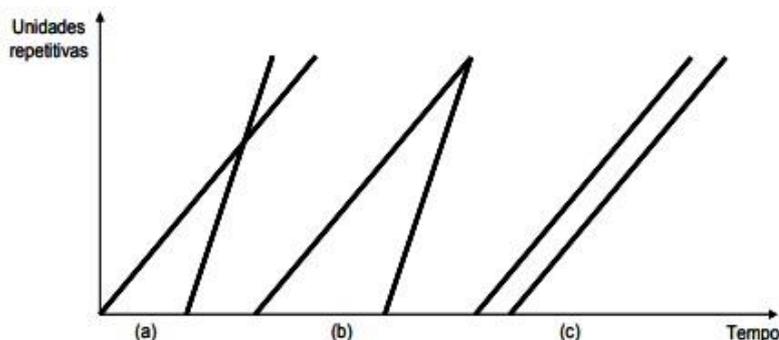
Segundo Maziero (1990), antes de adotar o método da linha de balanço, é preciso estabelecer as estratégias para execução da obra.

De acordo com Mattilla et al. (1998), a condição ideal para o método da linha de balanço é a continuação dos serviços, os trabalhos sendo feitos de forma contínua e assim reduzindo o tempo de espera. O objetivo é reduzir os impactos negativos das interrupções.

Mendes ressalta (1999), quando é feita a simulação das curvas de produção de todas as etapas de um projeto, acarretará em interferências entre atividades no processo produtivo. Com isso, uma análise das interferências e do conjunto de projetos se torna necessária, de forma a fazer o balanceamento das atividades, ou seja, a continuidade das atividades sem interferências.

O ponto a ser verificado pelo balanceamento do andamento de produção é quando uma linha que representa uma atividade intercepta outra linha de uma atividade antecedente. A figura 16 representa essa situação.

Figura 16 - Linha com interferência de atividades



Fonte: MENDES, 1999

Maziero (1990) sugere duas possíveis soluções com o balanceamento do andamento de produção:

- Redefinir o andamento das atividades em relação ao número de operários a atividade, tendo como objetivo uma programação paralela;
- Redefinir as datas de início das atividades, de forma a eliminar folgas e impedimentos pela programação natural.

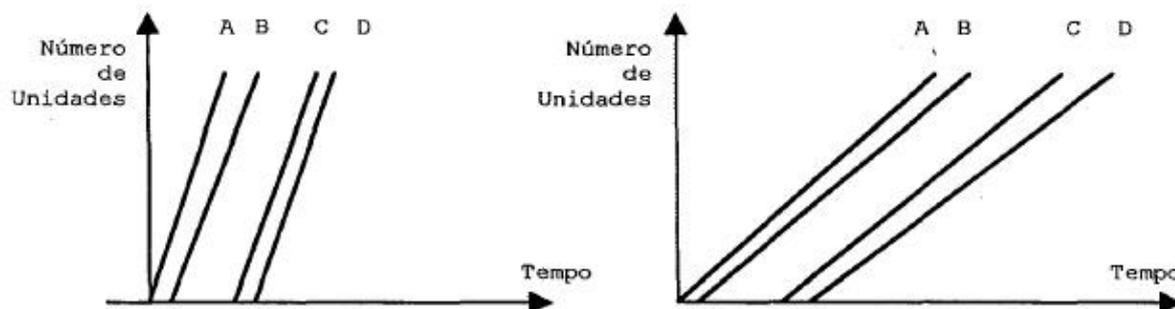
Para Mendes (1999), as soluções são comparadas com a programação paralela e programação natural (não paralela) das linhas de balanço.

Mariezo (1990) descreve dois métodos de programação da Linha de Balanço. São descritos a seguir:

- Programação paralela – todas as atividades têm um ritmo de produção semelhante. Em função disso se têm menores perdas;
- Programação natural (não paralela) – o ritmo de cada atividade é mantido, alterando o início de atividades que vêm a seguir de uma atividade com problemas.

As soluções por meio do balanceamento das operações objetivam que a execução das atividades sejam contínuas e sem interferência. A figura 17 descreve o balanceamento das atividades com o método de programação paralela.

Figura 17 - Balanceamento das atividades com a programação paralela



Fonte: MENDES, 1999

### 3.2.5 Vantagens e desvantagens do método da linha de balanço

Segundo Maziero (1990), as vantagens da Linha de Balanço são:

- Representação das etapas de execução de forma simples e clara;
- A informação da programação é transmitida com facilidade;
- Imediata visualização de serviços que desviam da programação inicial e a possível influência nas etapas seguintes;
- Representação do intervalo de tempo em que as atividades precisam ser executadas em cada etapa do projeto;
- A representação da folga existente entre as etapas de execuções das atividades.

Para Maziero (1990), as desvantagens da Linha de Balanço são devidas:

- Ao andamento da obra possuir diversas atividades com sequências de execução diferentes, sendo difícil encontrar as variáveis que possam influenciar no processo produtivo;
- A necessidade de se integrar o projeto com a forma de executar;
- A necessidade de se planejar os serviços não repetitivos a parte;
- A especialização da mão de obra, o operário se torna conhecedor apenas das atividades que ele irá executar.

## 4 MODELO DE TRABALHO BASEADO NOS PRINCÍPIOS DA *LEAN CONSTRUCTION*

O modelo de trabalho apresentará algumas ações e respectivos objetivos ao implementar um método baseado nos onze princípios da *Lean Construction*.

### 4.1 REDUÇÃO DAS ATIVIDADES QUE NÃO AGREGAM VALOR

- Planejar o layout do Canteiro – definir o espaço, definir entradas e saídas, vias de circulação, local de carga e descarga, local de armazenamento;
- *Just in Time* – atividades que não geram valor devem ser eliminadas evitando o desperdício;
- *Last Planner Sytem* – definição da sequência das atividades, da mão de obra, material e prazos de execução a serem cumpridos;
- Melhoria no sistema de transporte – eficiência no sistema de descarga e transição de materiais no canteiro de obras
- 5S – padronização nas práticas de trabalho, organização no local de trabalho.

### 4.2 VALOR DO PRODUTO EM CONSIDERAÇÃO A NECESSIDADE DO CLIENTE

- Prazo e qualidade dos serviços prestados – garantir controle de qualidade aos clientes;
- Kanban – divulgar informações referentes aos serviços em execução;
- Avaliar o sistema de produção – opiniões e sugestões;
- *Just in Time* – garantir um fluxo contínuo, evitar paradas no processo produtivo, de modo a eliminar atividades que não geram valor evitando o desperdício;
- Mapeamento de Fluxo de Valor – através de um mapeamento do estado futuro, gerenciar as etapas de produção, estimar metas e fazer previsão do impacto financeiro.

### 4.3 REDUÇÃO DA VARIEDADE

- Padronização de materiais – padrões dimensionais, técnicos;
- Padronização de fundamentos construtivos – diminuição de desperdícios;
- Planejamento e controle de produção – definição da sequência das atividades, da mão de obra, material e prazos de execução a serem cumpridos;
- Direcionar a mão de obra – mão de obra qualificada;
- 5S – padronização nas práticas de trabalho, organização no local de trabalho.

### 4.4 REDUZIR O TEMPO DE CICLO

- *Just in time* – produzir o que é necessário, quando necessário;
- Planejamento e controle de produção – definição da sequência das atividades, da mão de obra, material e prazos de execução a serem cumpridos;
- Mapeamento de Fluxo de Valor – planejar as atividades desenvolvidas com seus tempos relacionados, estabelecendo metas;
- 5S – padronização nas práticas de trabalho;
- Kanban – informações referentes aos serviços em execução de modo a assegurar que os materiais sejam entregues no momento certo e prazo estabelecidos.

### 4.5 SIMPLIFICAR ATRAVÉS DA REDUÇÃO DE PASSOS, PARTES E LIGACÕES

- Planejamento e controle de produção – recolher informações, elaborar planos e transmitir informações;
- *Last Planner System* – elaboração de planejamento semanais a partir do trabalho a ser realizado;
- *Just in time* – produzir o que é necessário, quando necessário;
- Mapeamento de fluxo de valor – através de um mapeamento do estado futuro, gerenciar as etapas de produção, estimar metas e fazer previsão do impacto financeiro;
- 5S – padronização nas práticas de trabalho, organização no local de trabalho.

#### 4.6 AUMENTAR A FLEXIBILIDADE DO PRODUTO FINAL

- Planejamento e controle de produção – processos customizáveis, diminuição do estoque de materiais;
- Direcionar a mão de obra – mão de obra qualificada que se adapte a possíveis alterações no processo produtivo;
- Mapeamento de Fluxo de Valor – previsão do impacto financeiro.

#### 4.7 AUMENTAR A TRANSPARÊNCIA DOS PROCESSOS

- Planejamento e controle de produção – recolher informações, elaborar planos e transmitir informações;
- 5S – padronização nas práticas de trabalho, organização no local de trabalho;
- Kanban – divulgar informações referentes aos exercícios executados.

#### 4.8 FOCAR O CONTROLE NO PROCESSO TOTAL

- Planejamento e controle de produção – definição da sequência das atividades, da mão de obra, material e prazos de execução a serem cumpridos;
- *Last Planner System* – elaboração de planejamento semanais a partir do trabalho a ser realizado;
- *Just in Time* – produzir o que é necessário, quando necessário, com a finalidade da eliminação de desperdícios;
- Mapeamento de Fluxo de Valor – planejar as atividades desenvolvidas com seus tempos relacionados, estabelecendo metas.

#### 4.9 EQUILÍBRIO ENTRE MELHORIAS DE FLUXO E NAS CONVENÇÕES

- Mapeamento de fluxo de valor – através de um mapeamento do estado futuro, ocasionando a redução de tempos de processamento, redução dos lotes entregues na empresa, eliminação de desperdícios entre processos;
- Planejamento e controle de produção – definição da sequência das atividades, da mão de obra, material e prazos de execução a serem cumpridos.

#### 4.10 INTRODUZIR MELHORIA CONTÍNUA DO PROCESSO

- Planejamento e controle de produção – definição da sequência das atividades, da mão de obra, material e prazos de execução a serem cumpridos;
- *Last Planner System* – planejamento semanais a partir do trabalho a ser realizado;
- Direcionar a mão de obra – mão de obra qualificada que se adapte a possíveis alterações no processo produtivo;
- 5S – padronização nas práticas de trabalho, organização no local de trabalho.

#### 4.11 FAZER *BENCHMARKING*

- Planejamento e controle de produção – prioridades, identificar atividades que precisam de melhorias, rever e alterar procedimentos da empresa;
- Mapeamento de fluxo de valor – através de um mapeamento do estado futuro, planejar o próximo passo após serem feitas as melhorias nas atividades que não agregam valor, fazendo desse mapa a base para mudanças necessárias;
- Indicadores de desempenho – conceitos de avaliação, um conhecimento melhor da própria organização, aprender com a concorrência.

## 5 MODELO DE TRABALHO BASEADO NOS PRINCÍPIOS DA LINHA DE BALANÇO

O modelo de trabalho será referente a construção de um edifício X composto de 4 pavimentos tipo com 2 apartamentos, o quadro com a sequência e duração das atividades foi proposto por Mendes (1999).

**Quadro 7 – Sequência e duração das atividades**

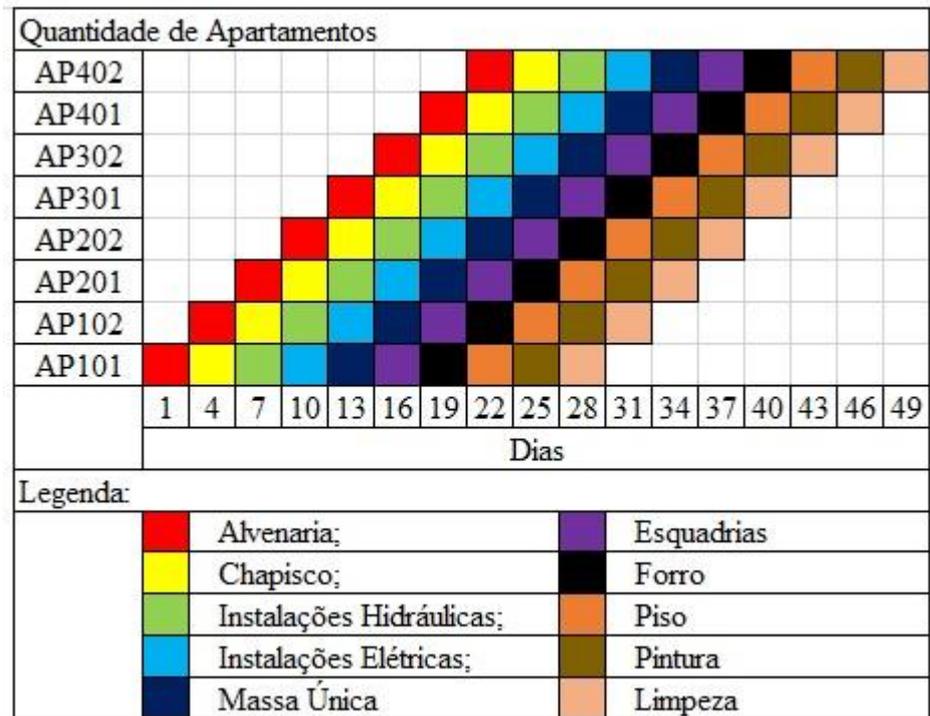
	Atividades	Antecessora	Duração(Dias)
A	Alvenaria;		3
B	Chapisco;	A	3
C	Instalações Hidráulicas;	B	3
D	Instalações Elétricas;	B	3
E	Massa Única	C,D	3
F	Esquadrias	E	3
G	Forro	F	3
H	Piso	F	3
I	Pintura	E,H	3
J	Limpeza	I	3

Fonte: MENDES (1999)

O primeiro passo é determinar a unidade básica. No modelo proposto, o apartamento foi considerado como unidade básica. Feito isso, é feita a análise e determinação dos serviços que serão executados até a sua conclusão. A determinação feita, o passo seguinte é analisar a dependência entre as atividades e definir o tempo de duração das mesmas, para que uma ordem de execução seja determinada.

O modelo de trabalho elaborado representará uma programação balanceada paralela, no caso, irá admitir uma duração de 3 dias para cada atividade a ser executada, o tempo de espera utilizado na programação também será de 3 dias, referente ao início e término de cada atividade. Com as datas iniciais e finais definidas, traça-se a Linha de Balanço.

Quadro 8 - Linha de Balanço



Fonte: Próprio Autor, 2018

A Linha de Balanço descrita no quadro anterior representa um sistema construtivo linear, com padronização no tempo de duração das atividades por meio do balanceamento paralelo, com intervalo entre cada atividade executada de 3 dias. É destacado que a linha de balanço traçada em uma programação paralela representa como o menor tempo possível de execução da obra.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O planejamento busca compatibilizar as necessidades dos clientes, de acordo com as condições ou recursos no mercado. É fundamental na construção civil que os profissionais envolvidos conheçam a realidade do empreendimento e suas características, para garantir o bom andamento do processo de construção, desde a sua fase inicial, planejamento e andamento da obra.

Como já foi relatado, a importância do planejamento se dá por ser um processo que procura estabelecer com antecedência, as ações a serem executadas visando o objetivo definido, procurando estabelecer não só as ações, mas também os recursos a serem usados, os métodos e os meios necessários para alcançar os objetivos. As empresas tem dificuldade de realizar um planejamento eficaz, como já foi relatado, devido ao fato de confundirem como um trabalho isolado de um setor da empresa, ao invés de ser visto como um processo presente em toda estrutura da empresa. Existe empresas que planejam, mas de forma errada, outras possui um bom planejamento, mas não controlam e tem aquelas que funcionam a base do total improvisado.

Como já apresentado, os métodos de trabalho auxiliam para que haja um planejamento de obras mais eficaz, dessa forma, é importar ressaltar os métodos e ferramentas usadas para que isso aconteça. O método *Lean Construction* permite por meio de suas ferramentas de aplicação, a melhoria na eficiência na execução das atividades, resultando na redução das perdas e eliminação de desperdícios. E por meio da aplicação do método da Linha de Balanço é direcionada a conclusão de atividades, determinação dos recursos necessários para execução de cada atividade de modo a não interferir nas atividades seguintes.

O estudo realizado neste trabalho possibilitou a elaboração dos modelos de trabalhos propostos. No primeiro trabalho foi apresentado um modelo onde foram indicadas ações baseadas nos princípios e na ferramentas da *Lean Construction* com o propósito de se obter um eficiente planejamento em um sistema construtivo. O segundo modelo de trabalho apresentado foi a representação de uma Linha de Balanço, em um sistema construtivo linear com programação paralela, onde as atividades são executadas de formas sequenciais e com durações iguais em todo o processo de construção. Dessa forma, o objetivo principal proposto pelo trabalho foi concretizado.

## REFERÊNCIAS

ABDELHAMID, T, & SALEM, O. “**Lean Construction: A new Paradigm for Managing Construction Projects**”. **The International Workshop on Innovations in Materials and Design of Civil Infrastructure**. Cairo, 2005.

ABDULMALEK, F; RAJGOPAL, J. 2007. **Analyzing the benefits of lean manufacturing and value stream mapping via simulation: A process sector case study**. International Journal of Production Economics, 2007.

ALVES, M. C.; COELHO R. Q.; LIMEIRA U. R. **Simulação da linha de balanço em edifício alto através do programa Time line utilizando dados de campo - Estudo de caso**. Curso de Pós Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1996.

ALVES, T.C.L.; NETO, J.P.; HEINECK, L.F.M.; KEMMER, S.L.; PEREIRA, P.E. **Incentives and Innovation to Sustain Lean Construction Implementation**. Proceedings of the 15th International Group for Lean Construction Conference. EUA, 2009.

ARANTES, P.C.F.G. **Lean Construction - Filosofia e Metodologias**. FEUP. Porto, Portugal. 2008.

BALLARD, G.; HOWELL, A. **Competing construction management paradigms**. **Lean Construction Journal**, 2004.

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

BERNADES, M. M. S. **Planejamento e Controle da Produção para Empresas da Construção Civil**. Rio de Janeiro: LTC, 2003.

CONSTRUÇÃO MERCADO. Disponível em: <<http://construcaomercado17.pini.com.br/negocios-incorporacao-construcao/85/artigo282841-1.aspx>>. Acesso em 20 de Setembro de 2017.

CORRÊA, H. L; GIANESI, I. G. N. **Um enfoque estratégico**. 2ª ed. Just in Time, MRPII e OPT, Brasil: Atlas, 1993. **Empreendimentos e obras**. Dissertação (Mestrado) – Instituto Superior Engenharia Civil – Universidade Federal do rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1987.

FISHER, D. **The knowledge process**. In L. Alarcón. Roterdão: Balkema, 1995.

FORMOSO, T. C. (2001). **Planejamento e controle da produção em empresas de construção**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

GHINATO, P. **Elementos Fundamentais do Sistema Toyota de Produção**. In: **Produção & Competitividade: Aplicações e Inovações**, Ed.: Adiel T. de Almeida & Fernando M. C. Souza, Editora da UFPE, Recife, 2000.

GOLDMAN, P. **Introdução ao planejamento e controle de custos na construção civil brasileira**. 4. ed. São Paulo: PINI, 2004.

GONÇALVES, W. **Utilização de Técnicas Lean e Just in Time na Gestão de Empreendimentos e Obras**. Dissertação de mestrado – Instituto Superior Técnico, Portugal, 2009.

GONZALEZ, M.A.S. **Noções de Orçamento e Planejamento de Obras**. Unisinos. Porto Alegre, Rio Grande do Sul. p.6, 2008.

GREHNO, L.F.S. **Last Planner System e Just in Time na Construção**. Dissertação (Mestrado) – Curso de Engenharia Civil, Universidade do Porto, Porto, 2009.

HOPP, W; SPEARMAN, M. 2004. **To pull or not to pull: what is the question? Manufacturing and Service Operations Management**, 2004.

HOWELL, G. **What is Lean Construction**. Proceedings of the 7th Annual Conference of the International Group for Lean Construction. EUA, 1999.

ICHIHARA, J. A. **Um método de solução heurística para a programação de edifícios dotados de múltiplos pavimentos - tipo**. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina, 1998.

KOSKELA, L. (1992). **Application of the new production philosophy to construction**. Technical Report No. 72. Center for Integrated Facility Engineering. Department of Civil Engineering, Stanford University.

LAUFER, A.; TUCKER, R. L. **Is Construction Planning Really Doing its Job? A critical examination of focus, role and process**. *Construction Management and Economics*, v. 5, 1987.

LIMMER, C. V. **Planejamento, orçamentação e controle de projetos e obras**. Rio de Janeiro: LTC, 2008.

MADERS, B. **Técnica de programação e controle da construção repetitiva – Linha de Balanço – Estudo de caso de um conjunto habitacional**. Porto Alegre, 1989.

MATTILA, K. G; ABRAHAM, D. M. Resource leveling of linear schedules using integer linear programming. *Journal of construction engineering and management*. May/June, 1998.

MATTOS, A. D. **Planejamento e Controle de Obras**. 1. ed. São Paulo: PINI, 2010.

MATTOS, A.D. **Como preparar orçamentos de obras: dicas para orçamentistas, estudos de caso, exemplos**. São Paulo: PINI, 2006.

MAZIERO, Lucia Teresinha Peixe. **Aplicação do conceito do método da linha de balanço no planejamento de obras repetitivas**. Um levantamento das decisões fundamentais para sua aplicação. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1990.

MELHADO, S. B. **Novos desafios da gestão da qualidade para a indústria da construção civil**. São Paulo, 1998.

MENDES, R. J. **Programação da produção na construção de edifícios de múltiplos pavimentos** (Tese de doutorado). Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1999.

NOCERA, R. J. **Planejamento e Controle de Obras: na prática: com o Microsoft Project 98**. São Paulo, Ed. Técnica de Engenharia, 2000.

NUNES, I. J. D. **Aplicação de ferramentas Lean no planejamento de obras**. Dissertação (Mestrado) – Instituto Superior Técnico. Universidade Técnica de Lisboa. Lisboa, 2010.

OHNO, T. **O sistema Toyota de produção: além da produção em larga escala**. Porto Alegre: Bookman Companhia Editora, 1997.

OHNO, T. **Toyota Construction System: beyond large –scale production**. Cambridge, MA: Productivity Press, 1988.

OLIVEIRA, O. J. **Sistemas da qualidade na indústria da construção civil do Brasil**. Pensamento e Realidade. 2001.

PICCHI, F.A. **Oportunidades da aplicação do *Lean Thinking* na construção**. 1.ed São Paulo: Ambiente Construído, 2003.

PINTO, J. ***Lean Thinking* - Glossário de termos e acrônimos**. Comunidade *Lean Thinking*, 2007.

PRADO, R. L. **Aplicação e acompanhamento da programação de obras em edifícios de múltiplos pavimentos utilizando a técnica da linha de balanço**. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina, 2002.

ROTHER, M.; SHOOK, J. **Learning to See – Value stream mapping to create value and eliminate muda**. Massachusetts, EUA: The Lean Enterprise Institute, 1998.

SACOMANO, J. B.; GUERRINI, F. M.; SANTOS, M. T. S.; MOCCELIN, J.V. **Administração de produção na construção civil**. São Paulo: Arte e Ciência, 2004.

SCOMAZZON, B. R.; SOIBELMAN, L.; SILVA, N. **Planejamento, programação e controle de obras repetitivas Técnica da linha de balanço**. Curso de Pós Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1985.

SIENGE. Disponível em: <<https://www.sienge.com.br/blog/planejamento-de-obra-passo-a-passo/>>. Acesso em 20 de Abril de 2017.

SIENGE. Disponível em: <<https://www.sienge.com.br/blog/planejamento-de-obras-metodo-tempo-caminho/>>. Acesso em 20 de Abril de 2017.

SIMAO, C. A.; **Como Construir ou reformar sua casa.** São Paulo, 2015.

SOUZA, R. **Sistema de gestão da qualidade para empresas construtoras.** São Paulo: Pini, 1995.

SOUZA, U. E. L. **Como aumentar a eficiência da mão de obra: manual de gestão da produtividade na construção civil.** São Paulo: Pini, 2006.

WOMACK, J. **Das Ferramentas enxutas (*lean tools*) ao gerenciamento enxuto (Lean Management): a situação da mentalidade *Lean* em 2007.** São Paulo: Lean Institute Brasil, 2007.

WOMACK, J; JONES, D. ***Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation.*** 2. ed. UK: FREE PRESS BUSINESS, 2003.