

UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE  
ESCOLA DE ENGENHARIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

MATHEUS BENTO MONTEIRO

**PROPOSTA DE PRÁTICAS DA CONSTRUÇÃO ENXUTA E PRINCÍPIOS DO  
PMBOK PARA A MELHORIA NO GERENCIAMENTO DE OBRAS**

PROJETO DE CONCLUSÃO DE CURSO I

Niterói  
2020

MATHEUS BENTO MONTEIRO

**PROPOSTA DE PRÁTICAS DA CONSTRUÇÃO ENXUTA E PRINCÍPIOS DO  
PMBOK PARA A MELHORIA NO GERENCIAMENTO DE OBRAS**

PROJETO DE CONCLUSÃO DE CURSO I

Projeto de Conclusão de Curso  
apresentado ao curso de Graduação em  
Engenharia Civil da Universidade Federal  
Fluminense, como requisito parcial para  
conclusão do curso.

Orientador:  
Prof.<sup>a</sup> Dr. Sergio Luiz Braga França

Niterói  
2020

Ficha catalográfica automática - SDC/BEE  
Gerada com informações fornecidas pelo autor

M772p Monteiro, Matheus Bento  
Proposta de práticas da construção enxuta e princípios do PMBOK para a melhoria no gerenciamento de obras / Matheus Bento Monteiro ; Sergio Luiz Braga França, orientador. Niterói, 2020.  
74 f. : il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil)-Universidade Federal Fluminense, Escola de Engenharia, Niterói, 2020.

1. Construção civil. 2. Construção enxuta. 3. Gerenciamento de projeto. 4. Produção intelectual. I. França, Sergio Luiz Braga, orientador. II. Universidade Federal Fluminense. Escola de Engenharia. III. Título.

CDD -

MATHEUS BENTO MONTEIRO

**PROPOSTA DE PRÁTICAS DA CONSTRUÇÃO ENXUTA E PRINCÍPIOS DO  
PMBOK PARA A MELHORIA NO GERENCIAMENTO DE OBRAS**

Trabalho de conclusão de curso  
apresentado ao curso de Graduação em  
Engenharia Civil, como requisito parcial  
para conclusão do curso.

Aprovada em \_\_14\_\_ de \_Dezembro\_ de 2020.

**BANCA EXAMINADORA**

---

**Prof. Sergio Luiz Braga França (Orientador), D.Sc - UFF**

---

**Prof. Marcelo Jasmim Meiriño, D.Sc - UFF**

---

**Prof. Osvaldo Luiz Gonçalves Quelhas, D.Sc - UFF**

Niterói  
2020

## RESUMO

Esta pesquisa aborda o tema gerenciamento de obras relatando alguns problemas e peculiaridades que dificultam a introdução do pensamento enxuto no setor de construção civil. Para este fim, o objetivo geral do trabalho é propor um modelo de Gerenciamento de Projetos para a melhoria do desempenho de obras com base no PMBOK e nos princípios e ferramentas de Construção Enxuta. A coleta de dados foi realizada por meio de artigos científicos, livros e trabalhos de conclusão de curso. As informações e dados foram consolidadas e analisadas utilizando o *software Microsoft Excel*. Por fim, o principal resultado da pesquisa é a proposição de um modelo de gerenciamento de obra que traz benefícios visando a redução do prazo da obra, dos desperdícios, retrabalhos e melhoria do desempenho da construção.

**Palavras-chave:** Construção civil, Construção Enxuta, Gerenciamento de Projetos, PMBOK, Desempenho.

## **ABSTRACT**

This research talk about the topic construction management, reporting some problems and peculiarities that hinder the introduction of lean thinking in the civil construction sector. To this end, the general objective of the work is to propose a Project Management model to improve the performance of works based on the PMBOK and the Lean Construction principles and tools. Data collection was made out through scientific articles, books and undergraduate final work. The information and data were consolidated and analyzed using Microsoft Excel software. Finally, the main result of the research is the proposition of a construction management model that brings benefits aiming at reducing the construction deadline, waste, rework and improving construction performance.

**Keywords:** Civil Construction, Lean Construction, Project Management, PMBOK, Performance.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Custo da baixa produtividade do setor da construção civil.....	10
Figura 2 – Grupos de processos de gerenciamento de projetos e mapeamento das áreas de conhecimento.....	15
Figura 3 – Exemplo de interações de grupo de processos dentro de um projeto ou fase .....	17
Figura 3 – Ciclo de vida de um projeto .....	22
Figura 4 – A casa da produção <i>Lean</i> .....	26
Figura 5 – Modelo de processo na filosofia gerencial tradicional.....	32
Figura 6 – Modelo de processo da construção enxuta.....	32
Figura 7 – Processo de planejamento <i>Last Planner</i> .....	40
Quadro 1 : Estágios do ciclo de um projeto .....	20
Quadro 2: Análise críticas dos princípios da Construção Enxuta .....	52
Quadro 3: Modelo de gerenciamento de projetos.....	55
Quadro 4: Modelo de gerenciamento e sua relação com o PMBOK.....	57
Quadro 5: Processos do PMBOK que não são abordados nesse Modelo de Gerenciamento ..	59
Quadro 6: Número de utilizações de cada ferramentas Quadro 3 .....	59
Quadro 7: Número de utilizações de cada princípio de construção enxuta no Quadro 3.....	61
Quadro 8: Quantidade de princípios e ferramentas diferentes em cada etapa.....	62

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABRAIN	Associação Brasileira de Incorporadoras Imobiliárias
CPM	<i>Critical Path Method</i>
DIEESE	Departamento Intersindical de Estatística e Estudos Socioeconômicos
EAP	Estrutura Analítica do Projeto
FGV	Fundação Getúlio Vargas
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IGLC	<i>International Group for Lean Construction</i>
MGI	<i>Mckinsey Global Institute</i>
NR	Norma Regulamentadora
PDCA	<i>Plan, Do, Check, Act</i>
PIB	Produto Interno Bruto
PMBOK	<i>Project Management Body of Knowledge</i>
PMCD	<i>Project Management Competency Development</i>
PMI	<i>Project Management Institute</i>
PPC	Porcentagem de Planejamento Concluído
SEBRAE	Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas
STP	Sistema Toyota de Produção
SWOT	<i>Strengths, Weaknesses, Opportunities e Threats</i>

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>8</b>
1.1 Considerações Iniciais .....	8
1.2 Situação Problema .....	9
1.3 Objetivos da Pesquisa.....	11
1.3.1 Objetivo geral .....	11
1.3.2 Objetivos específicos .....	12
1.4 Organização da Pesquisa .....	12
<b>2. REVISÃO DA LITERATURA .....</b>	<b>13</b>
2.1 Gerenciamento de Obras .....	13
2.1.1 Construção Civil e Gerenciamento de Obra .....	13
2.1.2 Gerenciamento de projetos .....	14
2.2 Construção Enxuta.....	24
2.2.1 Sistema Toyota de Produção (STP).....	24
2.2.2 Princípios da Produção Enxuta.....	27
2.2.2.1 Valor .....	27
2.2.2.2 Fluxo de valor.....	27
2.2.2.3 Fluxo Contínuo.....	28
2.2.2.4 Produção Puxada .....	28
2.2.2.5 Perfeição .....	28
2.2.3 Histórico da Construção Enxuta .....	29
2.2.4 Implantação da Construção Enxuta .....	30
2.2.5 Sete Desperdícios .....	30
2.2.6 Modelo Tradicional x Pensamento Enxuto .....	32
2.2.7 Princípios da Construção Enxuta.....	33
2.2.7.1 Diminuição das atividades que não agregam valor .....	33
2.2.7.2 Aumentar o valor do produto ou serviço por meio da consideração das necessidades e expectativas dos clientes .....	34
2.2.7.3 Reduzir variabilidade.....	34
2.2.7.4 Reduzir o tempo do ciclo de produção .....	35
2.2.7.5 Simplificar por meio da diminuição do número de passos ou partes .....	35
2.2.7.6 Aumentar a flexibilidade de saída do produto.....	36
2.2.7.7 Maximizar a transparência do processo .....	36
2.2.7.8 Focar o controle do processo todo.....	36
2.2.7.9 Implementar a melhoria contínua no processo .....	37
2.2.7.10 Equilibrar as melhorias no fluxo com as melhorias nas conversões .....	37
2.2.7.11 Buscar referências de ponta (fazer <i>benchmarking</i> ) .....	38
2.3 Ferramentas utilizadas na Construção Enxuta.....	39
2.3.1 <i>Last Planner</i> .....	39
2.3.2 Metodologia 5S .....	41
2.3.3 <i>Kanban</i> .....	42
2.3.4 <i>Takt Time</i> .....	43
2.3.5 <i>Poka Yoke</i> .....	44
2.3.6 5W 2H .....	44
2.3.7 5 Porquês .....	45
2.3.8 <i>Kaizen</i> .....	46

2.3.9	PDCA ( <i>Plan, Do, Check, Act</i> ) .....	47
<b>3.</b>	<b>METODOLOGIA CIENTÍFICA .....</b>	<b>49</b>
3.1	Instrumento de Coleta de Dados.....	49
3.2	Análise e Tratamento de Dados.....	50
<b>4.</b>	<b>ANÁLISE DAS PRÁTICAS DE CONSTRUÇÃO ENXUTA PARA A MELHORIA DO DESEMPENHO DE OBRAS .....</b>	<b>52</b>
4.1	Análise dos princípios da Construção Enxuta utilizadas no Gerenciamento de Obras .....	52
4.2	Proposta de Modelo de Gerenciamento de Projetos com base nos princípios da Construção Enxuta.....	54
<b>5.</b>	<b>CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES PARA FUTURAS PESQUISAS.....</b>	<b>63</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>66</b>

# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1 Considerações Iniciais

Segundo Lima, Sousa e Sousa (2019), o desenvolvimento do setor de construção civil é atrapalhado por problemas como, por exemplo, altos índices de desperdícios e retrabalhos, baixa produtividade e utilização de processos produtivos defasados e pouco eficientes que chegam a ser considerados “artesanais”. Moreira (2019) complementa que a mão de obra usada na construção civil é desqualificada e possui alta rotatividade.

Picchi (1993) alerta que uma das causas de problemas tão recorrentes na área da construção como, por exemplo, obras de baixa qualidade e muitas perdas e desperdícios durante o processo construtivo é a clara diferença entre os sistemas produtivos da indústria da construção civil e dos setores em que os princípios de qualidade aplicados na construção civil foram baseados, que são as indústrias de transformação. O autor atenta também que conceitos e métodos de qualidade usados na construção civil são obsoletos em relação aos das indústrias de transformação.

Lorenzon (2008) cita que a partir dos anos 90 e também acelerado pela Norma Regulamentadora (NR) de número 18 (NR-18) no ano de 1995 das Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção, o setor da construção civil vem se modificando, evoluindo e se adaptando as novas condições e exigências do mercado tanto da parte dos clientes (internos ou externos), quanto dos trabalhadores.

Segundo Junqueira (2006), o setor da construção tem grande potencial de crescimento com a aplicação dos princípios da construção enxuta, pois como se sabe o setor possui inúmeros problemas e possibilidades de melhorias como, por exemplo, obras e construções entregues atrasadas e com custos elevados, índices altos de desperdícios e retrabalhos, dentre outros exemplos.

De acordo com Seppänen, Evinger e Mouflard (2014), embora seja preciso a adequação e adaptação para a sua aplicação nos projetos de engenharia civil, o PMBOK tem sido bastante utilizado pelas construtoras.

As boas práticas são consagradas para uma atividade quando existe um consenso a respeito dos modos mais eficientes e eficazes de realizá-la, segundo procedimentos comprovados ao longo do tempo por uma quantidade significativa de pessoas experientes no assunto. Um documento que formaliza boas práticas torna-se uma referência e contribui para

a melhoria da qualidade de atividades e seus resultados, podendo ser incorporado a uma estrutura de regulamentação e tornar-se não somente orientativo, mas também um instrumento regulatório e/ou contratual de empresas, instituições ou de um setor. (CLETO et al., 2005)

Silva Junior e Santos (2015) utilizando principalmente o PMBOK como base desenvolveu um estudo com caráter quantitativo a fim de se esclarecer quais os principais aspectos nas construtoras que influenciam o desenvolvimento e monitoramentos dos cronogramas das obras. Nessa pesquisa foi utilizado o método da regressão linear múltipla e se chegou à conclusão que: 72% do processo de desenvolvimento e monitoramento do cronograma dos projetos nas empresas de construção civil pesquisadas pode ser explicado através dessas variáveis independentes geradas: Descrição das Entregas do Projeto, Durações das atividades desenvolvidas a partir de técnicas específicas e Monitoramento do andamento do escopo e do cronograma com análise de variação. (SILVA JUNIOR e SANTOS, 2015)

Sendo assim, os autores defendem a escolha com base na literatura dos métodos para o desenvolvimento dos cronogramas dos projetos de engenharia adaptando para a realidade e situação de sua organização. E processos do PMBOK como definir escopo, definir atividades que serão executadas e a elaboração da Estrutura Analítica do Projeto (EAP) são fundamentais na elaboração dos projetos de uma construção.

Segundo Ferreira (2015), o setor da construção civil é conservador a introdução de mudanças, com pouca inteligência e estratégia de mercado, com taxas de lucros que giram em torno de 5%, possuindo obras caras de má qualidade, com altos índices de desperdícios, acidentes e abrangendo mão de obra com pouca instrução. Para o autor, caso as obras fossem gerenciadas de forma adequada e eficaz utilizando os princípios e boas práticas estabelecidas pelo PMBOK e suas pesquisas e trabalhos derivados, além de termos como benefícios como, por exemplo, um setor aberto a mudanças e inovações, decisões tomadas com base no conhecimento de projeto, diminuição dos índices de desperdícios, acidentes e retrabalhos. Esses benefícios seriam alcançados com um menor investimento financeiro.

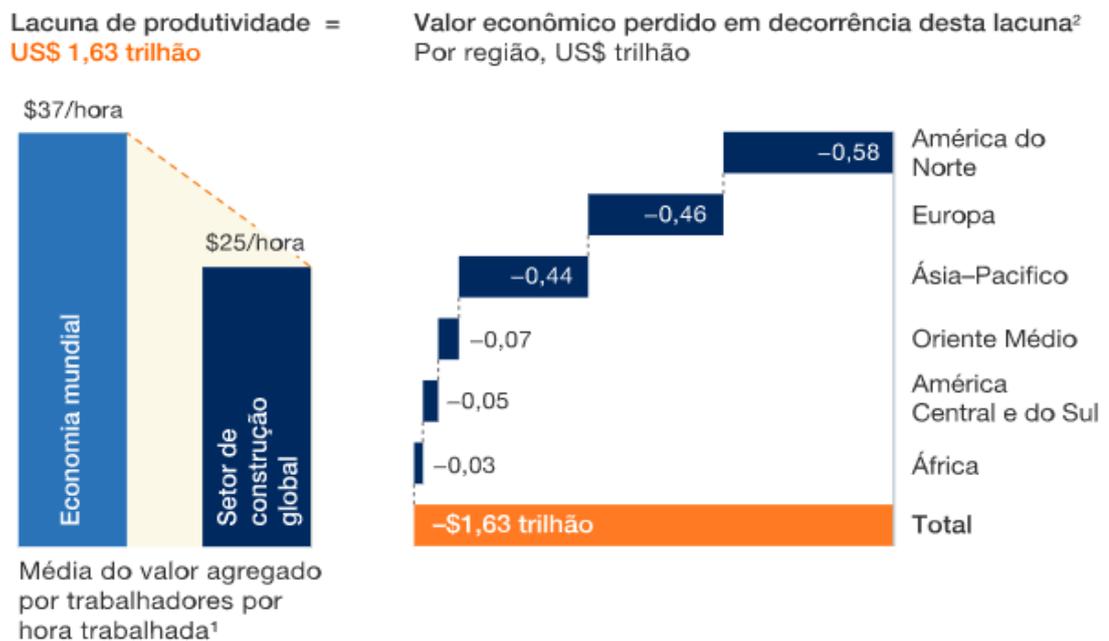
## **1.2 Situação Problema**

Segundo o relatório da McKinsey (2017), o setor da construção emprega cerca de 7% da população mundial em idade ativa e consome em bens e serviços cerca de US\$ 10 trilhões de dólares ao ano. Além disso, no mundo todo nos últimos 20 anos o incremento dos índices

de produtividades dos profissionais do setor foi em média de 1 % ao ano, enquanto que a média da economia mundial foi de 2,8% ao ano e somente o setor de indústrias foi de 3,6% ao ano. Abaixo (Figura 1) é demonstrado o custo à economia mundial dessa baixa produtividade do setor da construção civil.

Figura 1 – Custo da baixa produtividade do setor da construção civil

### A baixa produtividade do setor de construção custa US\$ 1,6 trilhão ao ano para a economia mundial.



<sup>1</sup>Dados de 2015 em dólares reais de 2005.

<sup>2</sup>Assume que a produtividade do setor de construção atinge o nível de produtividade da economia total e que os trabalhadores atuais são reempregados com o nível de produtividade da economia total.

McKinsey&Company

Fonte: McKinsey (2017)

Segundo Polito (2010), problemas e peculiaridades enfrentadas pelo setor como, por exemplo, muitos participantes nos processos atravessando várias especialidades, problemas na definição, na confecção e depois no controle do escopo e dificuldades em gerenciar as equipes de trabalho, dentre outros problemas acabam por prejudicar o gerenciamento e a execução correta de uma construção civil, se tornando uma tarefa desafiadora para o gerente de projetos. Esses problemas acontecem apesar de existirem um grande número de bibliografias como, por exemplo, o *Project Management Body of Knowledge (PMBOK)* que possui vasto conhecimento e métodos para a auxiliar a gestão de projetos (obras).

Souza (1997) vislumbra uma grande lacuna de melhoria de eficiência dos processos e dos produtos gerados para as empresas do ramo da construção civil. Essa oportunidade pode ser aproveitada com a implantação de programas de melhorias com objetivos de eliminar falhas e problemas que ocorrem tanto internamente no ambiente empresarial, quanto nos canteiros de obras e até mesmo na fase de pós-ocupação das edificações, que acabam gerando perdas e desperdícios.

Segundo Picchi (2003), há grandes oportunidades de se aplicar o *lean thinking* no ambiente da construção civil como, por exemplo, nos fluxos de projeto, na cadeia de suprimentos e na obra. Entretanto muitas áreas ainda não estão sendo exploradas pelos profissionais de engenharia e isso também se deve as distinções existentes entre o ambiente onde o pensamento enxuto foi criado e onde ele está sendo implantado no momento.

Segundo Soibelman (1993), existem algumas diferenças do ramo da construção civil em comparação com as outras indústrias que corroboram para um possível fracasso nas tentativas de profissionais de aplicarem um sistema de gerenciamento nas suas obras.

Vrijhoef e Koskela (2005) complementa que as 3 características principais que tornam o ambiente da construção únicos em relação as indústrias de transformação são: a construção ser um produto único com características específicas e construídas em uma determinada situação específica, produção local e organização temporária. Embora em alguns casos têm se procurado utilizar os conceitos e procedimentos da construção enxuta visando atacar e resolver esses 3 problemas, a grande maioria ainda usa o método tradicional e a transição para o método enxuto tem sido feita de maneira muito lenta.

Com base na problemática supracitada, a razão da pesquisa está relacionada com a seguinte questão: como melhorar o desempenho da construção a partir dos princípios de construção enxuta e gerenciamento de projetos?

### **1.3 Objetivos da Pesquisa**

#### **1.3.1 Objetivo geral**

Esta pesquisa tem como objetivo geral propor modelo de gerenciamento de projetos para a Construção Civil considerando os princípios do PMBOK, com base nas ferramentas e técnicas de Construção Enxuta.

### **1.3.2 Objetivos específicos**

- Identificar as etapas do gerenciamento projeto (PMBOK) e “contextualizá-las” no ambiente da Construção Civil;
- Identificar as ferramentas de Construção Enxuta utilizadas no gerenciamento de obras;
- Analisar os princípios de Construção Enxuta utilizadas para a melhoria no desempenho das obras, com base na revisão da literatura.

## **1.4 Organização da Pesquisa**

A pesquisa se estrutura em 5 capítulos.

No primeiro capítulo se encontra a introdução com a apresentação dos problemas enfrentados pelo setor que justificam a pesquisa, além dos objetivos a serem cumpridos.

No segundo capítulo se encontra a revisão da literatura de todos os assuntos que foram julgados pertinentes, que é a base de todo o trabalho.

O terceiro capítulo explicita a metodologia usada na pesquisa, ou seja, como os dados foram coletados, analisados e consolidados.

No quarto capítulo são apresentadas a análise crítica dos princípios e das ferramentas da Construção Enxuta e a proposta de um modelo de gerenciamento com base na Construção Enxuta e no PMBOK.

E por fim, o quinto capítulo é a conclusão onde se apresenta uma análise crítica de todo o desenvolvimento, dos resultados obtidos com a pesquisa e recomendações para futuras pesquisas.

## **2. REVISÃO DA LITERATURA**

### **2.1 Gerenciamento de Obras**

#### **2.1.1 Construção Civil e Gerenciamento de Obra**

De acordo com o Aulete (2020), gerenciar significa dirigir, gerir, administrar uma empresa, negócio ou serviço. Já de acordo com o Michaelis (2015), gerenciar possui significado de administrar qualquer negócio na função de gerente.

Segundo Cavalcanti (2011), no Brasil a construção civil é um setor que abrange expressivos números de trabalhadores de diferentes tipos e níveis de qualificações em diversas localizações geográficas do país, além do setor contribuir para a alavancagem do Produto Interno Bruto (PIB).

De acordo com o relatório do Departamento Intersindical de Estatística e Estudos Socioeconômicos (DIEESE) (2020) a respeito dos dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (2020), a participação da construção civil no PIB do ano de 2019 foi de 3,7%, sendo o PIB total do país de R\$ 7,257 trilhões.

Entretanto segundo dados de uma parceria entre Associação Brasileira de Incorporadoras Imobiliárias (Abrainc) e Fundação Getúlio Vargas (FGV) (2019), o déficit habitacional no Brasil aumentou em 7% no período de 10 anos entre 2007-2017, chegando a um número de 7,78 milhões de moradias que faltam no país e não há previsões de que esse número diminua.

De acordo com Farah (1992), no processo de construção de edificações existem a participação de trabalhadores com diversas qualificações diferentes que participam de etapas sequenciais e diversificadas, que envolvem diferentes tipos de equipamentos e materiais.

Silva (2013) alerta sobre a importância da construção civil para a economia do Brasil e sobre a complexidade do setor e argumenta que a construção civil pode abranger profissionais de setores como, por exemplo, mineração, meio ambiente, saúde, transporte, informática e comércio.

Segundo Lorenzon (2008), o setor da construção civil se caracteriza por ser extremamente heterogêneo possuindo empresas e conglomerados com diferentes tamanhos, objetivos, níveis econômicos, estratégias e formas de gerenciamento. O autor também ressalta o fato do setor da construção abranger trabalhadores com diferentes níveis de qualificação, como também equipamentos, ferramentas e materiais bem distintos. Desde ferramentas e

materiais muito simples como, por exemplo, martelo e cimento respectivamente, mas também utilizarem equipamentos, ferramentas e materiais com alta tecnologia embarcada, dependendo da construção. Sendo assim, o setor pode gerar produtos com diferentes níveis de qualidade, preço e tecnologia.

De acordo com Costa (2017), um conjunto de situações assolaram o país nestes últimos anos e afetaram de maneira significativa o setor da construção da civil como, por exemplo, grave crise política e financeira, redução e atrasos dos repasses do governo federal e dos bancos para as obras e escândalos de corrupção envolvendo as maiores construtoras do país, dentre outras situações. Segundo o autor, esses problemas causaram um cenário de crescimento do desemprego no Brasil e atenuaram mais ainda a crise contribuindo para a precarização das condições trabalhistas. Sendo assim, devido todos esses aspectos há uma necessidade cada vez maior e virou questão de sobrevivência para as construtoras gerenciarem suas construções de modo eficiente e eficaz, planejando da maneira correta e havendo um rígido controle para que tudo saia conforme o planejado atacando as formas e fontes de perdas e desperdícios.

Ribeiro, Giesta e Maciel (2019) afirmam a necessidade das organizações de cortarem ou pelo menos mitigarem obstáculos como, por exemplo, ausência da informatização e baixa modernização no gerenciamento de obras e incompatibilidade nos diferentes projetos. Para que assim as empresas se tornem ou continuem competitivas no contexto da crise vivenciada pelo setor nos últimos anos.

Segundo Borges (2013) para que uma empresa consiga se manter no atual mercado é fundamental que a gestão estratégica da empresa esteja totalmente ligada com a gestão dos custos da obra. Sendo assim, além dos recursos financeiros necessários para se executar os projetos, é imprescindível a implementação de um sistema de gerenciamento que promova uma análise qualitativa e quantitativa e forneça informações e dados reais, precisos e atualizados possibilitando o controle dos prazos e custos da edificação.

### **2.1.2 Gerenciamento de projetos**

Conforme citado por Leandro (2012) a qualidade das construções das pirâmides do Egito, que ocorreram por volta de 2500 a.C., é admirada e estudada até os dias atuais e é coerente pensar que havia a contratação temporária de mão de obra pelos Faraós e profissionais responsáveis pelo planejamento e execução, por exemplo. Portanto, os Faraós

possivelmente tinham algum conhecimento em princípios de gerenciamento de projetos consolidados até os dias atuais, ou seja, gerenciamento de projetos enquanto conhecimento seria algo que vem desde o início da antiguidade clássica.

Já Koskela (1992) afirma que, após o término da Segunda Guerra Mundial (1939-1945) houve a inserção de várias inovações tecnológicas no ambiente da engenharia civil resultando em inúmeros benefícios, pois o setor da construção civil apresentava e ainda apresenta métodos bem defasados devido ser bem antigo.

A definição de projeto e gerenciamento de projetos segundo a 6ª edição do *Project Management Body of Knowledge* (PMBOK) são:

Um esforço temporário empreendido para criar um produto, serviço ou resultado exclusivo. (PMI, 2017).

Gerenciamento de projetos é a aplicação de conhecimentos, habilidades, ferramentas e técnicas às atividades do projeto a fim de cumprir os seus requisitos. O gerenciamento de projetos é realizado através da aplicação e integração apropriadas dos processos de gerenciamento de projetos identificados para o projeto. O gerenciamento de projetos permite que as organizações executem projetos de forma eficaz e eficiente. (PMI, 2017).

De acordo com o PMI (2017), atualmente o PMBOK apresenta 10 áreas de conhecimentos que totalizam 49 processos que os gerentes de projetos devem ter atenção para serem realizados durante o seu projeto. As 10 áreas de conhecimento são: Integração, escopo, cronograma, custos, qualidade, recursos, comunicações, riscos, aquisições e partes interessadas do projeto. Esses 49 processos também se dividem em 5 grupos de processos que são: Iniciação, planejamento, execução, monitoramento e controle e encerramento.

Abaixo (Figura 2) o gráfico representa os grupos de processos de gerenciamento de projetos e mapeamento das áreas de conhecimento

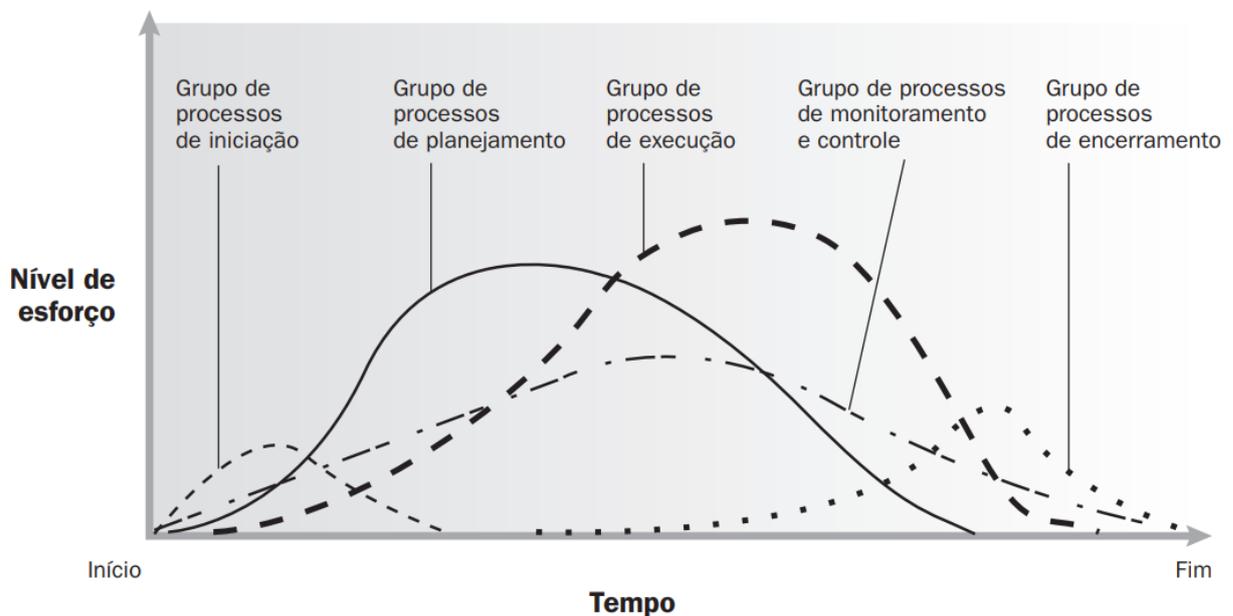
Figura 2 – Grupos de processos de gerenciamento de projetos e mapeamento das áreas de conhecimento

Áreas de conhecimento	Grupos de processos de gerenciamento de projetos				
	Grupo de processos de iniciação	Grupo de processos de planejamento	Grupo de processos de execução	Grupo de processos de monitoramento e controle	Grupo de processos de encerramento
<b>4. Gerenciamento da integração do projeto</b>	4.1 Desenvolver o Termo de Abertura do Projeto	4.2 Desenvolver o Plano de Gerenciamento do Projeto	4.3 Orientar e Gerenciar o Trabalho do Projeto 4.4 Gerenciar o Conhecimento do Projeto	4.5 Monitorar e Controlar o Trabalho do Projeto 4.6 Realizar o Controle Integrado de Mudanças	4.7 Encerrar o Projeto ou Fase
<b>5. Gerenciamento do escopo do projeto</b>		5.1 Planejar o Gerenciamento do Escopo 5.2 Coletar os Requisitos 5.3 Definir o Escopo 5.4 Criar a EAP		5.5 Validar o Escopo 5.6 Controlar o Escopo	
<b>6. Gerenciamento do cronograma do projeto</b>		6.1 Planejar o Gerenciamento do Cronograma 6.2 Definir as Atividades 6.3 Sequenciar as Atividades 6.4 Estimar as Durações das Atividades 6.5 Desenvolver o Cronograma		6.6 Controlar o Cronograma	
<b>7. Gerenciamento dos custos do projeto</b>		7.1 Planejar o Gerenciamento dos Custos 7.2 Estimar os Custos 7.3 Determinar o Orçamento		7.4 Controlar os Custos	
<b>8. Gerenciamento da qualidade do projeto</b>		8.1 Planejar o Gerenciamento da Qualidade	8.2 Gerenciar a Qualidade	8.3 Controlar a Qualidade	
<b>9. Gerenciamento dos recursos do projeto</b>		9.1 Planejar o Gerenciamento dos Recursos 9.2 Estimar os Recursos das Atividades	9.3 Adquirir Recursos 9.4 Desenvolver a Equipe 9.5 Gerenciar a Equipe	9.6 Controlar os Recursos	
<b>10. Gerenciamento das comunicações do projeto</b>		10.1 Planejar o Gerenciamento das Comunicações	10.2 Gerenciar as Comunicações	10.3 Monitorar as Comunicações	
<b>11. Gerenciamento dos riscos do projeto</b>		11.1 Planejar o Gerenciamento dos Riscos 11.2 Identificar os Riscos 11.3 Realizar a Análise Qualitativa dos Riscos 11.4 Realizar a Análise Quantitativa dos Riscos 11.5 Planejar as Respostas aos Riscos	11.6 Implementar Respostas aos Riscos	11.7 Monitorar os Riscos	
<b>12. Gerenciamento das aquisições do projeto</b>		12.1 Planejar o Gerenciamento das Aquisições	12.2 Conduzir as Aquisições	12.3 Controlar as Aquisições	
<b>13. Gerenciamento das partes interessadas do projeto</b>	13.1 Identificar as Partes Interessadas	13.2 Planejar o Engajamento das Partes Interessadas	13.3 Gerenciar o Engajamento das Partes Interessadas	13.4 Monitorar o Engajamento das Partes Interessadas	

Fonte: PMI (2017)

Abaixo (Figura 3) o gráfico representa como cada grupo de processo se distribui durante o ciclo de vida um projeto

Figura 3 – Exemplo de interações de grupo de processos dentro de um projeto ou fase



Fonte: PMI (2017)

O guia PMBOK (PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE [PMI], 2017) é publicado pelo PMI e agrega um conjunto de conhecimento de gestão já consagrado por práticas de mercado. O controle do prazo do projeto ocorre a partir da confecção do cronograma, com a divisão da obra (escopo do projeto) em uma Estrutura Analítica de Projeto (EAP) ou pacotes de trabalho. Os pacotes de trabalho são então divididos em atividades que são sequenciadas. O sequenciamento dos pacotes de trabalho auxilia na determinação do tempo, que, após o sequenciamento, é determinado pelo Método do Caminho Crítico ou *Critical Path Method* (CPM), que é utilizado em mais de 90% dos projetos nos Estados Unidos (LOWE et al., 2012).

Para abordar aspectos particulares da indústria da construção, o PMI editou a extensão denominada *Construction Extension to the PMBOK® Guide*. Do ponto de vista estrutural do guia, foram incluídas duas áreas de conhecimento adicionais inerentes à construção: Gerenciamento da Saúde, Segurança, Proteção e Meio Ambiente do projeto, e Gerenciamento Financeiro do Projeto (PMI, 2016).

A extensão para a construção do guia PMBOK afirma que projetos de construção ocorrem em constante mudança, ambientes complexos e geralmente com elevado nível de risco e estão sujeitos a penalidades em caso de conclusão fora do prazo. Também abrangem condições do local, ambientes físicos, construções existentes e ampla variedade de requisitos de partes interessadas (PMI, 2016).

De acordo com o PMI (2017), utilizando a Project Management Competency Development (PMCD) (Estrutura de Desenvolvimento da Competência em Gerenciamento de Projetos) às habilidades de que os gerentes de projetos necessitam são explicitadas pelo Triângulo de Talentos® do PMI. Essas habilidades são Gerenciamento de Projetos Técnicos, Liderança e Gerenciamento Estratégico e de Negócios.

- Gerenciamento de Projetos Técnico: Conhecimento, habilidades e comportamentos relativos a domínios específicos de gerenciamento de projetos, programas e portfólios. Os aspectos técnicos da execução da sua função.
- Liderança: Conhecimento, habilidades e comportamentos necessários para orientar, motivar e dirigir uma equipe, para ajudar a organização a atingir suas metas de negócio.
- Gerenciamento estratégico e de negócios. Conhecimento e expertise no setor e na organização, de forma a melhorar o desempenho e fornecer melhor os resultados do negócio. (PMI, 2017).

De acordo com Mattos (2010), ele utiliza e define o conceito de “projeto” semelhantemente ao estabelecido pelo PMBOK e a partir disso o autor define algumas características importantes de um projeto de uma construção:

- Temporário: significa que o projeto tem um alcance no tempo, uma duração finita, com início e fim bem definidos, o fim acontece quando os objetivos estabelecidos forem alcançados;
- Produto único: a unicidade se traduz pela concretização do produto físico e material que representa a consecução do objetivo do projeto, não se trata de uma linha de montagem ou fabricação em série, mas um esforço para gerar um bem tangível único. Mesmo que uma construtora esteja produzindo blocos de apartamentos iguais, não se anula o caráter de unicidade porque não se trata de produção em massa, mas da realização de produtos similares que obedecem a um espírito de projeto. (MATTOS, 2010).

O padrão de gestão usado na maioria das construtoras é baseado em processos de conversão que transformam insumos em produtos intermediários ou finais, porém essa definição de produção tem ignorado muitas vezes algumas atividades que compõem os fluxos físicos entre as atividades de conversão como, por exemplo, a movimentação de materiais, de pessoas e informações. Essas atividades são caracterizadas por não agregar valor ao produto. (KOSKELA, 1992).

De acordo com Silva (2011), devido ao surgimento de cada vez mais novos concorrentes no mercado da construção civil, aumentou a importância dada a fase de planejamento e as inovações tecnológicas. Sendo assim, aumentando a qualidade e a produtividade do setor se tornando imprescindível mão de obra especializada e um gerenciamento dos processos eficaz para se alcançar essas melhorias.

Segundo Mattos (2010), em virtude de muitos engenheiros só tomarem ações de contingência depois que o risco se torna realidade e a utilização de improvisos no ambiente da construção dificultam mais ainda o gerenciamento correto de uma obra, pois já não é um trabalho fácil devido ao ambiente está em constante modificação e ser influenciado por diversos fatores.

Já de acordo com Vivancos (2001), as organizações têm buscado a implantação de um sistema de gestão de qualidade, como forma de se manterem vivas e competindo em alto nível em virtude do aumento da concorrência verificado na década de 1990.

Formoso (2001) explica que as construtoras com objetivos de aumentarem cada vez mais suas produções e assim lucrarem mais, têm procurado progressivamente aumentar o nível de gerenciamento de seu sistema de produção e introduzindo inovações tecnológicas no setor. Ele complementa que os fatores que causaram esse movimento por parte das construtoras são o aumento da concorrência no mercado e com isso clientes cada vez mais exigentes e seletivos e em determinados casos até a escassez de recursos.

Para Silva (2011), gestores de obras estão encontrando vários problemas para conseguir executar os empreendimentos conforme planejado no que tange a prazo, custo e qualidade, gerando em alguns casos até demandas judiciais. Ela salienta que se deve investir em programas disponíveis para que garantam um planejamento correto.

Mattos (2010) afirma que cada vez mais os profissionais das empresas vão chegando à conclusão que planejar e controlar de maneira adequada o andamento de seu empreendimento possui influência direta e importância no sucesso do projeto em relação ao custo dentro do

orçamento previsto, prazo cumprido conforme o combinado e sobretudo o lucro. Portanto, planejamento e controle passaram a ser vitais para a sustentabilidade da empresa no mercado e devem fazer parte do seu sistema de gestão.

Já Pinto (2012) afirma que, caso houvesse uma maior capacitação dos profissionais relacionados ao ramo da construção civil, tanto de engenheiros quanto de arquitetos sobre gerenciamento de projetos ainda no momento do curso de graduação, teríamos como benefícios construções baseadas em práticas mundiais e bem mais eficientes no que tange as fases de planejamento e controle e áreas como, por exemplo, prazos, riscos, custos e comunicação com as partes interessadas.

Pires (2014) argumenta que para que o engenheiro possa obter conhecimentos das construções sabendo com antecedência onde deve dar maior atenção e que ele saiba controlar os custos para que saiam conforme o planejado e seja rápido na tomada de atitudes, dentre outras atividades relacionadas ao gerenciamento de obras. É imprescindível que haja um planejamento adequado e um controle durante a execução da obra.

Thompson e Strickland (2000) alertam sobre a importância de o planejamento estratégico empresarial da organização caminhar junto com as boas práticas do gerenciamento de projetos para que a organização consiga progredir.

De acordo com Mattos (2010), cada etapa do desenvolvimento de um projeto ou execução de uma obra gera variáveis de saída intermediárias que serão variáveis de entrada no processo seguinte e assim por diante até conseguir gerar o resultado final. Sendo que essas etapas necessitam ter um fluxo lógico em seu ordenamento e uma duração necessária para que suas variáveis de saída estejam em conformidade com que foram combinadas e planejadas.

Mattos (2010) retrata abaixo (Quadro 1) os estágios do ciclo de vida de um projeto relacionado a construção civil e suas atividades em cada etapa.

Quadro 1 : Estágios do ciclo de um projeto

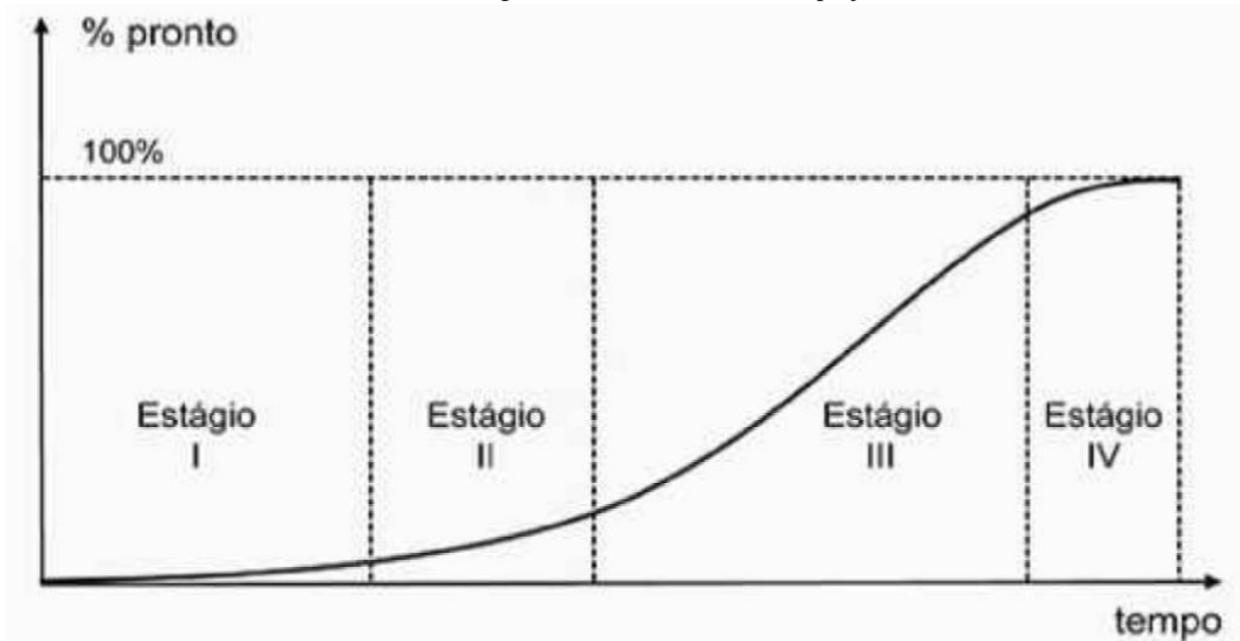
<b>Concepção</b>	Definição do escopo	Processo de determinação do programa de necessidades, isto é, as linhas gerais do objeto a ser projetado e construído
	Formulação do empreendimento	Delimitação do objeto em lotes, fases, forma de contratação etc.
	Estimativa de custos	Orçamento preliminar por meio da utilização de indicadores históricos
	Estudo de viabilidade	Análise de custo-benefício, avaliação dos resultados a serem obtidos em função do custo orçado, determinação

<b>e viabilidade</b>		do montante requerido ao longo do tempo
	Identificação da fonte orçamentária	Recursos próprios, empréstimos, linhas de financiamento, solução mista
	Anteprojeto Projeto básico	Desenvolvimento inicial do anteprojeto, com evolução até o projeto básico, quando já passa a conter os elementos necessários para orçamento, especificações e identificação dos serviços necessários
<b>Detalhamento do projeto e do Planejamento</b>	Orçamento analítico	Composição de custos dos serviços, com relação de insumos e margem de erro menor que a do orçamento preliminar
	Planejamento	Elaboração de cronograma de obra realista, com definição de prazo e marcos contratuais
	Projeto básico & Projeto executivo	Detalhamento do projeto básico, com inclusão de todos os elementos necessários à execução da obra.
<b>Execução</b>	Obras civis	Execução dos serviços de campo, aplicação de materiais e utilização de mão de obra e equipamentos
	Montagens mecânicas e instalações elétricas e sanitárias	Atividades de campo
	Controle da qualidade	Verificar se os parâmetros técnicos e contratuais foram observados
	Administração contratual	Medições, diário de obras, aplicação de penalidades, aditivos ao contrato etc.
	Fiscalização de obra ou serviço	Supervisão das atividades de campo, reuniões de avaliação do progresso, resolução de problema e etc.
<b>Finalização</b>	Comissionamento	Colocação em funcionamento e testes de operação do produto final
	Inspeção final	Testes para recebimento do objeto contratado
	Transferência de responsabilidade	Recebimento da obra e destinação final do produto
	Liberação de retenção contratual	Caso a empresa contratante tenha retido dinheiro da empresa executante
	Resolução das últimas pendências	Encontro de contas, pagamento de medições atrasadas, negociações de pleitos contratuais etc.
	Termo de recebimento	Provisório e definitivo

Fonte: Mattos (2010)

Mattos (2010) complementa abaixo (Figura 3) como é o desenvolvimento mais comum do ciclo de vida em projetos em cada um dos estágios apresentados acima (Quadro 1).

Figura 3 – Ciclo de vida de um projeto



Fonte: Mattos (2010)

Sendo esse modelo de definição dos estágios do ciclo de vida de uma obra proposto por (MATTOS, 2010) utilizado e citado por diversos autores no que tange ao assunto gerenciamento de projetos de engenharia civil como, por exemplo, (CAVALLI, 2014), (ALIANI, 2015), (HONESKO, 2014) e (ÁVILA, 2013).

De acordo com Oliveira, Cabral e Oliveira (2016), no projeto de construção de uma escola pública no município de Teófilo Otoni-MG em conformidade com as normas técnicas brasileiras, os padrões de qualidade da empresa e também com o escopo definido e o contrato assinado. Utilizando-se as boas práticas de gerenciamento de projetos, o custo final se apresentou 5% menor ao previsto (De R\$ 2.196.655,18 foi para 2.086.213,25), os riscos que se tornaram realidade foram abaixo dos previstos, utilizando-se em torno de 50% da reserva de contingência. Já o prazo máximo de conclusão da obra que era de 10 meses (300 dias), conseguiu-se entregar a obra ao cliente final 16 dias antes do planejado.

De maneira geral, os resultados satisfatórios no planejamento e gestão devem-se a algumas variáveis e fatores importantes do projeto, tais como:

- Correta aplicação das boas práticas nos Planos de Gerenciamento propostos, que foram elaborados com boa base teórica e prática;
- Redução dos índices de retrabalhos e ausência de atrasos devido à falha na aquisição de produtos ou serviços. Os insumos foram entregues, na maior parte das

vezes, dentro do prazo previamente planejado e as eventuais falhas de aquisição não impactaram no prazo de execução;

- Uma boa gestão da equipe produtiva, que superou as expectativas com suas entregas dentro do prazo estabelecido, e com uma menor quantidade de horas trabalhadas. As não conformidades encontradas sempre foram corrigidas de forma que a programação de serviços não fosse prejudicada;
- O plano de comunicações foi efetivo e eficiente, facilitando a rápida tomada de decisões, permitindo que as informações importantes chegassem sempre às respectivas partes interessadas;
- O gerenciamento das partes interessadas possibilitou ao Gerente do Projeto engajar seus principais apoiadores durante todo o ciclo de vida do mesmo, facilitando todas as tomadas de decisões.
- Organização e disciplina na execução dos procedimentos e técnicas e, o cumprimento das especificações e projetos. Além da motivação e satisfação da equipe de projeto e obra;
- Não houveram atrasos significativos relacionados à qualidade executiva dos serviços. As não conformidades encontradas sempre foram corrigidas de forma que o cronograma da execução de serviços não fosse prejudicado. (OLIVEIRA, CABRAL E OLIVEIRA, 2016).

Segundo Melhado & Violani (1992) apud Melhado (1995), os projetos têm sido vistos pelos construtores como somente uma obrigação legal que não tem nenhum benefício para a construção, entendendo que projetar de maneira correta e adequada não tem nenhuma relação com a execução de uma obra com sucesso. Sendo assim, dando a mínima atenção em tempo e dinheiro e deixando as decisões serem tomadas dentro do ambiente da construção com a obra já em execução.

De acordo com Melhado (1995), durante a elaboração do projeto de uma construção para que esta seja finalizada com sucesso e atenda as exigências de qualidade, o projeto deve atender os requisitos de seus clientes. Nesse caso, geralmente, vão existir clientes em que seus requisitos vão ter mais importância do que os de outros clientes. Esses clientes, segundo o autor, são o empreendedor que tem objetivos empresariais de vender ou alugar, o empreiteiro responsável pela construção de fato e o cliente que irá usar (“consumir”) aquela construção.

## **2.2 Construção Enxuta**

### **2.2.1 Sistema Toyota de Produção (STP)**

Segundo Ohno (1997), após o Japão ter sido devastado pelos efeitos da Segunda Guerra Mundial, essa data marcou o início de uma nova história para a Toyota em que objetivo era alcançar o mesmo nível das fábricas norte-americanas e foi nesse contexto que surgiu a ideia do Sistema Toyota de Produção (STP).

Já de acordo com Womack, Jones e Roos (1990), na década de 1940 o engenheiro japonês Eliji Toyoda e o engenheiro Taiichi Ohno após terem visitado a fábrica da Ford em Detroit, nos Estados Unidos da América, concluíram que seria impossível implantar aquele modelo de produção em massa no território japonês. Nos dias atuais a qualidade da Toyota e de seu sistema de produção são invejáveis, mas no seu início ela era menosprezada pelo próprio povo japonês e ficando até conhecida por apelidos pejorativos. Entretanto ela também enfrentava vários problemas e dificuldades devido características do seu próprio país como, por exemplo, mercado limitado, país devastado no pós-guerra e leis trabalhistas rígidas.

Entretanto segundo o próprio Ohno (1988), o STP só começou a atrair olhares da indústria nipônica para seus resultados após a crise petrolífera dos anos de 1973 que provocou a estagnação da economia do país.

Segundo Womack, Jones e Roos (1990), Ohno chegou à conclusão que para eliminar os intermináveis estoques de peças que acabavam gerando custos e ocultando outros problemas, o ideal seria produzir lotes com um número menor de peças gerando assim uma economia de gastos. Para se resolver o problema da mão de obra, a Toyota propôs soluções para que os funcionários ficassem por toda a vida profissional na empresa como, por exemplo, remuneração com base no tempo que ele está empregado na empresa e a garantia de diversos direitos trabalhistas.

O STP é mais que um sistema de produção comum. Ele foi criado com o objetivo de ser um sistema gerencial compatível com os mercados globais e com os melhores sistemas computadorizados informacionais. (OHNO, 1988).

Segundo Morgan e Liker (2008), no ano de 1990 a publicação do livro “A Máquina que mudou o mundo” escrito por James Womack, Daniel Jones e Daniel Roos apresentou a Toyota e sua tremenda superioridade entre as demais indústrias do setor automobilístico.

O objetivo do sistema Toyota era reduzir os estoques finais e intermediários; logo, ele trabalhava com pequenos lotes de produção e uma alta quantidade de entregas e transportes. (SHINGO, 1996).

Segundo Ghinato (1996), o STP prega a eliminação das perdas durante o processo de produção, ou seja, a eliminação das atividades que não agregam valor ao produto e a otimização de atividades que não agregam valor, mas que são necessárias para o processo. Em consequência disso, conseguindo um aumento dos lucros da organização.

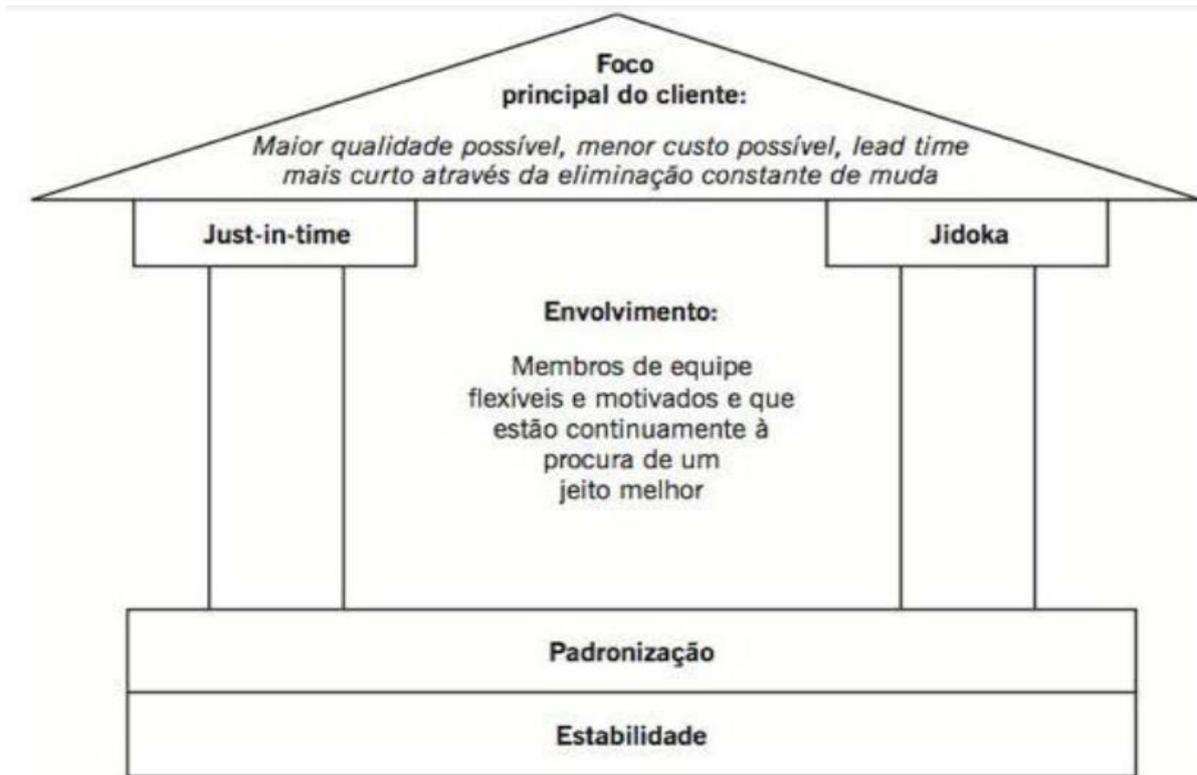
Ohno (1988) explica que o objetivo principal do Sistema Toyota de Produção é a completa eliminação de perdas e desperdícios e esse objetivo está alinhado com dois conceitos básicos do STP: *Just-in-time* e Autonomiação. Para Arantes (2008) também, os dois conceitos primordiais para o sucesso do STP são o *just-in-time* e a autonomiação (*jidoka*).

Segundo Ohno (1988), *just-in-time* seria produzir somente a peça pedida na quantidade necessária e no momento que ela foi solicitada, ou seja, o cliente final solicitaria um produto e cada peça produzida de cada etapa do seu processo de produção seria produzida na quantidade exata e no momento necessário para ser entregue a etapa subsequente.

Olhemos agora para este fluxo de produção na ordem inversa: um processo final vai para o processo inicial para pegar apenas o componente exigido na quantidade necessária. Neste caso, não seria lógico para processo anterior fazer somente o número de componentes retirados? No que tange à comunicação entre os muitos processos, não seria suficiente indicar claramente o que e quanto é preciso? (OHNO, 1988).

Segundo Ohno (1988), o outro pilar do STP é a autonomiação, ou seja, automação com o toque humano. Atualmente, a maioria das máquinas automatizadas caso ocorra um mínimo problema com uma mínima anormalidade, podem ocorrer a produção de vários itens defeituosos caso seja um sistema de produção em massa. Sendo assim, o foco da Toyota é em máquinas que evitariam esse problema com a utilização de dispositivos que parassem automaticamente a produção e assim evitasse a produção de mais itens defeituosos, ou seja, o desperdício.

Dennis (2008) mostra abaixo (Figura 4) a “A Casa da Produção *Lean*”.

Figura 4 – A casa da produção *Lean*

Fonte: Dennis (2008)

A base do sistema *lean* é estabilidade e padronização. As paredes são a entrega de peças e produtos: *just-in-time* e *jidoka* (a automação com uma mente humana). A meta (o telhado) do sistema é o foco no cliente: entregar a mais alta qualidade para o cliente ao mais baixo custo, no *lead time* mais curto. O coração do sistema é o envolvimento: membros de equipe flexíveis e motivados, constantemente a procura de uma forma melhor de fazer as coisas. (DENNIS, 2008).

De acordo com Spear e Bowen (1999), a explicação da dificuldade em se decodificar o Sistema Toyota de Produção se encontra na incapacidade das pessoas em conseguirem entender o paradoxo que existe. Esse paradoxo consiste na dualidade das operações nas fábricas da Toyota serem altamente flexíveis e adaptáveis, enquanto que há um controle rígido das descrições para a execução das atividades e os fluxos de produção. E o grande ponto para se conseguir explicar essas duas afirmações que se contradizem, é que a flexibilidade e adaptabilidade são garantidas pela especificação rígida. Eles completam que mesmo fábricas japonesas como, por exemplo, a Nissan e a Honda não conseguem alcançar o nível da Toyota.

Na Toyota, a redução dos custos através da eliminação das perdas passa por uma análise detalhada da cadeia de valor ou fluxo de valor, isto é, a sequência de processos pela qual passa o material, desde o estágio de matéria-prima até ser transformado em produto acabado. (WOMACK; JONES, 2004).

### **2.2.2 Princípios da Produção Enxuta**

De acordo com Womack e Jones (1996), existem 5 princípios da Manufatura enxuta e são eles: Valor pela visão do cliente, fluxo de valor, fluxo contínuo, produção puxada e perfeição.

Segundo Rezende, Domingues e Mano (2012), esses 5 princípios são utilizados para se atingir os objetivos principais da filosofia *lean*, que são a eliminação de desperdícios através da eliminação ou diminuição das etapas do processo que não agregam valor pela ótica do cliente.

Esses princípios opunham-se ao *status quo* do conceito único de produtividade existente, baseado na produção em massa. Percebeu-se que alta eficácia e eficiência podiam ser conseguidas com alta variedade de produtos e baixos volumes de produção, com investimentos reduzidos e elevados padrões de qualidade, além da redução de operários em fábrica, espaço de fabricação, estoques, defeitos e tempo para desenvolver novos produtos. (SIMÕES, 2009).

#### **2.2.2.1 Valor**

O ponto de partida essencial para o pensamento enxuto é o valor. O valor só pode ser definido pelo cliente final. E só é significativo quando expresso em termos de um produto específico (um bem, um serviço ou, muitas vezes, ambos) que atenda às necessidades do cliente a um preço específico em um momento específico. O valor é criado pelo produtor. Do ponto de vista do cliente, é para isso que os produtores existem. Entretanto, por diversos motivos, é muito difícil definir produtor com precisão. (WOMACK; JONES, 2004).

#### **2.2.2.2 Fluxo de valor**

O Fluxo de Valor é o conjunto de todas as ações específicas necessárias para se levar um produto específico (seja ele um bem, um serviço, ou cada vez mais, a combinação dos

dois) a passar pelas três tarefas gerenciais críticas em qualquer negócio: a tarefa de solução de problemas que vai da concepção até o lançamento do produto passando pelo projeto detalhado e pela engenharia, a tarefa de gerenciamento da informação que vai do recebimento do pedido até a entrega seguindo um detalhado cronograma, e a tarefa de transformação física que vai da matéria-prima ao produto acabado nas mãos do cliente. A identificação do fluxo de valor inteiro para cada produto (ou, em alguns casos, para cada família de produtos) é o próximo passo no pensamento enxuto, um passo que as empresas raramente tentaram dar, mas que quase sempre expõe quantidades enormes, e até surpreendente de desperdício. (WOMACK; JONES, 2004).

### **2.2.2.3 Fluxo Contínuo**

Segundo Womack e Jones (2004), após as etapas anteriores de definição do valor pela visão do cliente e definição do fluxo de valor, deve-se definir um fluxo contínuo sem interrupções durante a produção eliminando estoques intermediários.

### **2.2.2.4 Produção Puxada**

Segundo Lorenzon (2008), esse princípio se opõe a modelo de tradicional em que se empurra a produção para o cliente, seja ele final ou intermediário, gerando estoques excessivos. Portanto, a ideia do pensamento enxuto é somente produzir após a solicitação do cliente entregando no momento desejado e na quantidade requerida, ou seja, é o cliente que puxa a produção.

### **2.2.2.5 Perfeição**

De acordo com Lorenzon (2008), a empresa deve buscar permanentemente a maximização do valor e a extinção das perdas e desperdícios inerentes ao processo produtivo.

À medida que as organizações começarem a especificar valor com precisão, identificarem o fluxo de valor total, à medida que fizerem com que os passos para a criação de valor fluam continuamente, e deixem que os clientes puxem o valor, algo muito estranho começará a acontecer. Ocorre aos envolvidos que o processo de redução de esforço, tempo, espaço, custo e erros é infinito e, ao mesmo tempo, oferece um produto que se aproxima ainda

mais do que o cliente realmente quer. De repente, a perfeição, o quinto e último conceito do pensamento enxuto, não parece uma ideia maluca. Os quatro princípios iniciais integrarem entre si em um círculo poderoso. Fazer com que o valor flua mais rápido sempre expõe os desperdícios ocultos no fluxo de valor. E, quanto mais você puxar, mais revelará os obstáculos ao fluxo, permitindo sua eliminação. (WOMACK; JONES, 2004).

### 2.2.3 Histórico da Construção Enxuta

Segundo Koskela (1992), a filosofia da construção enxuta foi adaptada do Sistema Toyota de Produção.

Segundo Formoso (2002), o marco da adaptação da Produção Enxuta para o uso na construção civil foi a obra “*Application of the new production philosophy in the construction industry*” (Aplicação da nova filosofia de produção na indústria da construção) pelo finlandês Lauri Koskela no ano de 1992.

Fonseca, Bezerra e Farias Filho (2006) explicam que após a divulgação do trabalho de Koskela em 1992, com o objetivo de tornar popular estes novos conhecimentos sobre a mentalidade enxuta na construção civil em diversos locais do mundo, foi criado o *International Group for Lean Construction* (IGLC).

Já Monte et al. (2017), argumenta que posteriormente a obra de Koskela houve movimentos de vários profissionais para se conseguir saber cada vez mais sobre essa filosofia de construção enxuta. Sendo assim, com objetivo de unir os profissionais em busca de um objetivo comum que era chegar a novas conclusões e entendimentos ainda não descobertos ou pouco investigados e assim desenvolver o conteúdo da filosofia enxuta, foi criado o IGLC.

Conforme mencionado por Arantes (2008), a Construção enxuta ou também conhecida em inglês como *Lean Construction* se origina da *Lean Manufacturing* e precisou sofrer por certas modificações e adaptações devido o setor da construção civil possuir algumas peculiaridades em relação a uma indústria. Igualmente a Manufatura Enxuta, a Construção Enxuta também possui como objetivos deixar o processo mais eficiente com a eliminação de desperdícios. E Formoso (2002) aponta que para se aplicar o pensamento enxuto na construção civil se deve modificar a maneira de interpretar os processos, pois a diferença se encontra nos conceitos.

#### 2.2.4 Implantação da Construção Enxuta

De acordo com Venturini (2015), só a partir dos anos de 1980 que se iniciou a implantação de métodos de gestão no ambiente da construção. Entretanto os profissionais da época ainda possuíam uma perspectiva muito pequena sobre o que seria desperdício em uma obra. Eles achavam que desperdícios eram somente entulhos, cascalhos ou materiais excedentes. E que se eliminassem esses empecilhos, teriam resolvido o problema da ineficiência da obra.

De acordo com Conte (2009), um dos objetivos que a construção enxuta possui é aumentar a previsibilidade da construção civil facilitando a sua gestão e identificação com antecedência de onde estão os riscos, problemas e gargalos para sua resolução ou diminuição da probabilidade de ocorrência. Portanto, reduzindo as chances de prejuízos na construção.

Embora a implantação dos conceitos *lean* tenha como objetivo o aumento da competitividade das empresas, isto pode não ocorrer imediatamente, fatores como o tipo de empresa do produto e o método empregado podem impactar os resultados (LEWIS, 2000).

#### 2.2.5 Sete Desperdícios

De acordo com Ohno (1988), deve-se trabalhar em dois aspectos para que se consiga obter a completa extinção dos desperdícios:

- Tornar o sistema de produção mais eficiente só possuirá sentido se estiver alinhado a redução de custos. Para que se consiga isso, devemos produzir somente o necessário usando a quantidade mínima possível de mão de obra para obter esse resultado (OHNO, 1988).
- Observe a eficiência de cada trabalhador e de cada linha de produção. Observe então os trabalhadores como um grupo, e depois a eficiência de todas as linhas de produção da fábrica. Deve-se aumentar a eficiência em cada estágio e, juntamente, para a fábrica como um todo (OHNO, 1988).

Koskela (2000) afirmou que para se obter êxito na aplicação dos conceitos de produção enxuta no âmbito da construção civil é fundamental o entendimento das perdas e desperdícios que ocorrem no ambiente da construção.

Segundo Ohno (1988) os 7 desperdícios identificados são:

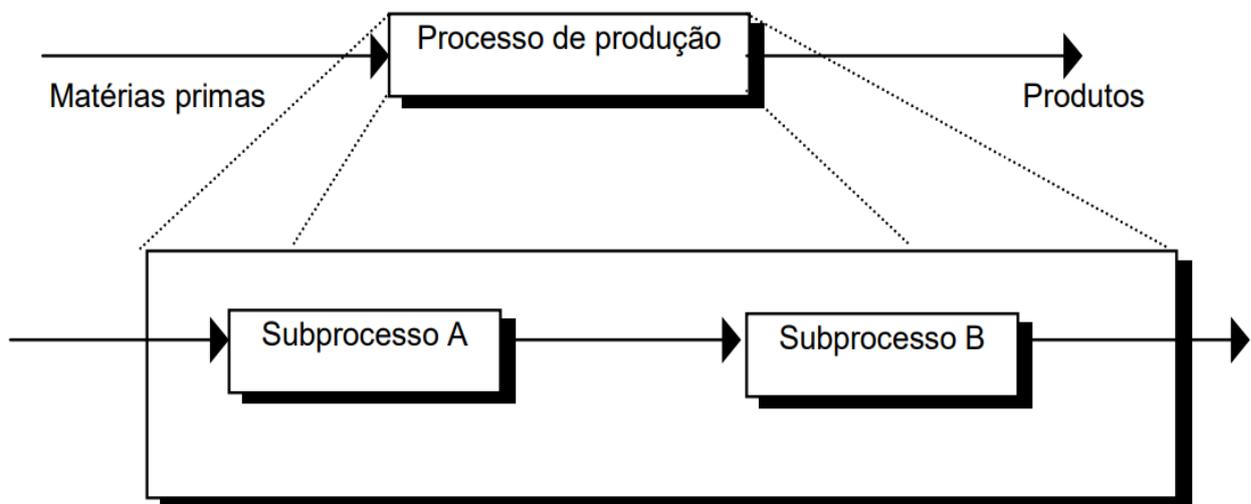
- Superprodução: De acordo com Picchi (2017), como o próprio nome diz, é produzir além do necessário e esse desperdício pode influenciar o aumento de todos os outros tipos de desperdícios;
- Espera: De acordo com Picchi (2017), paradas ou interrupções entre as etapas do processo, geralmente causadas por operadores esperando materiais ou equipamentos parados enquanto se deveria estar produzindo. Entretanto um dos princípios *lean* é o fluxo contínuo, ou seja, esse tipo de desperdício vai totalmente contra ao que é divulgado pela filosofia enxuta;
- Transporte: De acordo com Picchi (2017), movimentos desnecessários de matérias-primas internamente ou externamente em uma fábrica, estoques intermediários distante de onde serão usados e etc. Qualquer transporte que poderia ser evitado é um desperdício, pois transporte não gera nenhum valor para os clientes;
- Movimento: De acordo com Picchi (2017), qualquer movimento desnecessário das pessoas também é um desperdício, pois ela poderia estar produzindo ao invés de estar andando de um lado para o outro da fábrica desnecessariamente. De um modo geral, são causados por layouts de fábricas mal planejados como, por exemplo, necessidade de se movimentar de forma desnecessária para procurar uma peça ou ferramenta;
- Processamento em excesso: De acordo com Picchi (2017), etapas desnecessárias na produção de algo que não teriam o menor impacto no resultado final caso fossem excluídas, ou seja, processos que não fazem sentido para a fabricação daquele determinado produto;
- Estoque (inventário): De acordo com Picchi (2017), os produtos foram fabricados para serem consumidos seja pelo consumidor final ou pelos processos seguintes a ele. Caso haja sobras, haverá estoque. Além de ser capital parado, estoques excessivos podem ocultar inúmeras falhas;
- Retrabalho: De acordo com Picchi (2017), ocasiona gasto de tempo, mão de obra e recursos para executar novamente ou corrigir uma atividade em que o ideal era ter sido feita de maneira correta e perfeita na primeira vez em que foi executada (Princípio da perfeição da manufatura enxuta);

### 2.2.6 Modelo Tradicional x Pensamento Enxuto

A geração de valor é um aspecto que caracteriza os processos na construção enxuta. O conceito de valor está diretamente vinculado à satisfação do cliente, não sendo inerente à execução de um processo. Assim, um processo só gera valor quando as atividades de processamento transformam as matérias-primas ou componentes nos produtos requeridos pelos clientes, sejam eles externos ou internos (VENTURINI, 2015).

O modelo conceitual dominante na construção civil costuma definir a produção como um conjunto de atividades de conversão, que transformam os insumos (materiais, informação) em produtos intermediários (por exemplo, alvenaria, estrutura, revestimentos) ou final (edificação), conforme ilustrado abaixo (Figura 5). Por esta razão, o mesmo é também denominado de modelo de conversão. (FORMOSO, 2002).

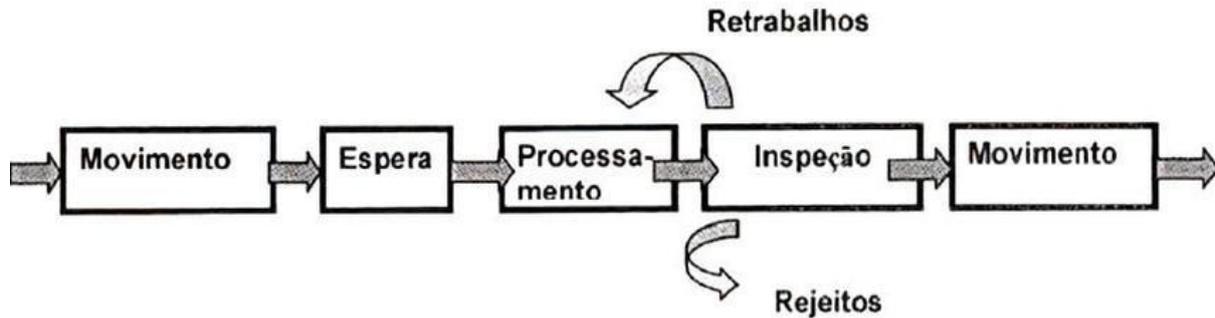
Figura 5 – Modelo de processo na filosofia gerencial tradicional



Fonte: Formoso (2002)

O modelo de processo da Construção Enxuta, por sua vez, assume que um processo consiste em um fluxo de materiais, desde a matéria-prima até o produto final, sendo o mesmo constituído por atividades de transporte, espera, processamento (ou conversão) e inspeção (Figura 6). As atividades de transporte, espera e inspeção não agregam valor ao produto final, sendo por esta razão denominadas atividades de fluxo. (KOSKELA, 1992).

Figura 6 – Modelo de processo da construção enxuta



Fonte: Koskela (1992)

Nem toda atividade de processamento agrega valor ao produto. Por exemplo, quando as especificações de um produto não foram atendidas após a execução de um processo e existe a necessidade de retrabalho, significa que atividades de processamento foram executadas sem agregar valor. (FORMOSO, 2002).

## 2.2.7 Princípios da Construção Enxuta

Koskela (1992) apresentou os 11 princípios da construção enxuta.

### 2.2.7.1 Diminuição das atividades que não agregam valor

De acordo com Arantes (2008), além de se maximizar a eficiência das atividades de conversão e de fluxo, deve-se também diminuir a parcela de atividades de fluxo que não agregam valor nenhum ao produto final, ou seja, não fazem a mínima diferença para aumentar a satisfação dos clientes. Entretanto a autora enfatiza que existem atividades de fluxo que não agregam valor, mas que são extremamente necessárias para a eficiência do produto.

Correia (2018) exemplifica algumas atividades que não agregam valor, mas que não devem ser eliminadas como, por exemplo, o tempo gasto pelo trabalhador para colocar os equipamentos para executar um trabalho em altura.

Já de acordo com Isatto et al. (2000), antes de se eliminar atividades, deve-se mapear o fluxo de valor do processo produtivo facilitando a identificação das atividades de fluxo para que assim possam ser extinguidas.

### **2.2.7.2 Aumentar o valor do produto ou serviço por meio da consideração das necessidades e expectativas dos clientes**

Segundo Formoso (2002), esse princípio se relaciona diretamente com o princípio de reduzir as atividades não agregadoras de valor, uma vez que esse princípio também envolve o mapeamento do processo para se identificar cada entrada e saída e analisa-las para se confirmar estão de acordo ou não com o esperado pelos clientes, e repassarem essas informações e dados para os devidos profissionais fazerem as correções, se necessárias. Sendo assim, esse princípio busca o conhecimento explícito de quais são os clientes (internos ou externos) e quais são as suas as necessidades e desejos para que esses pontos sejam considerados no momento da elaboração do processo de produção.

Já de acordo com Koskela (1992), o conceito de geração de valor é influenciado pela entrega do produto ou serviço das necessidades pretendidas pelos clientes, sejam eles intermediários ou finais e para que isso ocorra é fundamental identificar as partes interessadas e seus desejos.

Por exemplo, no trabalho de equipes subsequentes, a equipe responsável pelo contrapiso de uma obra deve saber os requisitos necessários como tolerâncias de desnível para aplicação dos revestimentos cerâmicos. (CORREIA, 2018).

### **2.2.7.3 Reduzir variabilidade**

A padronização dos procedimentos é, normalmente, a melhor forma de reduzir a variabilidade, tanto na conversão como no fluxo do processo de produção. (ARANTES, 2008).

Já de acordo com Fazinga (2012), organizações certificadas ainda continuam tendo problemas com prazos e custos além do planejado, apesar da padronização ser uma forma de diminuir a variabilidade e ser necessária para se certificar em Programas de Qualidade.

Formoso (2002) argumenta que existe uma parcela da variabilidade que não tem como ser totalmente excluída e restando assim apenas a mitigação de seus impactos negativos. Isso ocorre em virtude de toda a conjuntura de variabilidade que envolve o ambiente da construção, tanto nos processos de fabricação dos materiais de construção, quanto no próprio processo de construção e nos desejos dos clientes.

Segundo Isatto et al. (2000), solicitações de alterações por parte dos clientes são exemplos de variabilidades que não podem ser excluídas de um projeto, pois como essa

existem outros exemplos de variabilidades que devem ser mantidas para que se consiga atender um dos conceitos principais da construção enxuta, que é o atendimento as expectativas do cliente.

Segundo Koskela (2004), a variabilidade pode acarretar o surgimento de um problema que ele considera o 8º tipo de perdas, o chamado *making-do*.

Esse novo tipo perda acontece quando uma atividade inicia ou continua sem que todos os recursos necessários para a sua realização estejam disponíveis. (KOSKELA, 2004).

Correia (2018) exemplifica o fato de as construtoras fazerem condomínios com vários prédios iguais ou muito semelhantes, em que se pode compartilhar os projetos favorecendo e barateando a sua execução.

#### **2.2.7.4 Reduzir o tempo do ciclo de produção**

Arantes (2008) define tempo de ciclo de produção como o tempo total que um produto ou uma peça precisa gastar para ser produzida, vindo do seu transporte passando pela espera e processamento e indo até a inspeção para a entrega.

Segundo Isatto et al. (2000), a pressão em se buscar o cumprimento desse princípio originário da filosofia *just-in-time* acarreta, por consequência, o máximo corte possível das atividades que não agregam valor e são desnecessárias e a otimização das demais atividades essenciais para o processo produtivo. Sendo assim, os profissionais buscam tomar atitudes de eliminar as atividades de fluxo produzindo um lote com um menor número de produtos podendo dar uma maior atenção a esse processo e buscando eliminar as precedências desnecessárias para que mais ações possam serem feitas simultaneamente sem prejuízo para a qualidade do produto.

#### **2.2.7.5 Simplificar por meio da diminuição do número de passos ou partes**

De acordo com Formoso (2002), um processo que tem um número maior de passos ou partes possui maiores chances de ter atividades envolvidas que não agregam valor e poderiam de alguma forma serem eliminadas ou otimizadas. Para se simplificar mais o processo de construção, o autor sugere algumas práticas como, por exemplo, uso de elementos pré-fabricados, equipes multifuncionais ao invés de várias equipes especializadas, dentre outras atitudes.

### **2.2.7.6 Aumentar a flexibilidade de saída do produto**

De acordo com Correia (2018), objetivo final dos processos deve ser o atendimento das necessidades do cliente. Assim sendo, deve-se buscar uma maior flexibilidade de saída do produto postergando o máximo possível a personalização do mesmo, para que caso haja alguma solicitação ou necessidade de alteração, o custo dessa mudança seja minimizado ao máximo e sobretudo os clientes sejam satisfeitos. O autor cita o exemplo de uso de instalações que permitam facilmente mudanças e o postergamento ao máximo da instalação de divisórias feitas em material *drywall*.

A aplicação desse princípio pode ocorrer no uso de mão de obra polivalente, na finalização detalhada do produto no tempo mais tarde possível, e na utilização de processos construtivos que permitam a flexibilidade do produto sem grande prejuízo para a produção (ISATTO et al., 2000).

### **2.2.7.7 Maximizar a transparência do processo**

Segundo Arantes (2008), ao tornar um processo transparente, identificar uma falha ou um problema se torna uma ação mais fácil e rápida, além de tornar o trabalho dos operários mais ágil e diminuir as chances de alguma ação incorreta ser executada devido a visibilidade das informações e conhecimentos para se executar alguma ação.

Koskela (1992) relaciona um percentual menor de geração de resíduos, retrabalhos e falhas com processos cada vez mais transparentes, porque esses processos são mais fáceis de se identificar quando e onde ocorre o problema, facilitando o reconhecimento e a solução da causa raiz evitando a sua ocorrência novamente.

Formoso (2002) exemplifica com o emprego da metodologia 5S na organização, remoção de barreiras visuais, utilização de quadros e outros meios que possibilitem a visibilidade de indicadores de desempenho, dentre outras ações.

### **2.2.7.8 Focar o controle do processo todo**

De acordo com Isatto et al. (2000), não se deve limitar a visão em apenas controlar e melhorar o setor de operações da organização. Muito pelo contrário, deve-se buscar o engajamento de todos os departamentos da empresa e nomeando um profissional incumbido dessa missão, até mesmo em alguns casos esse processo abrange a participação de personagens de fora da organização. Sendo assim, focando no processo como um todo

analisando e identificando as relações e os impactos entre as atividades e os setores da organização, além da influência desses fatores no alcance do objetivo final da empresa. Um dos exemplos de uma prática desse princípio poderia ser a introdução da paletização dos blocos de alvenaria facilitando o seu transporte de diversas formas e podendo envolver o processo como um todo e não somente o canteiro de obras.

Há pelo menos dois pontos essenciais que devem ser cumpridos para que se haja o controle total do processo. Primeiramente, devem existir métricas e indicadores para o processo ser medido e, por fim, deve existir uma autoridade responsável pelo o controle de todo o processo (KOSKELA, 1992).

Um processo de produção pode atravessar inúmeros níveis organizacionais, podendo inclusive ir além dos limites da empresa envolvendo fornecedores e clientes. O emprego do elemento responsável por todo o processo e a utilização de equipes de funcionários auto gerenciáveis possibilita o controle de um processo de produção. Até mesmo processos complexos, devem apresentar condições de serem controlados e medidos, de preferência pela aplicação de indicadores globais que indicadores locais (LORENZON, 2008).

Segundo Peneirol (2007), uma das formas de se estabelecer o controle do processo otimizado é a utilização de equipes auto gerenciáveis no controle e estabelecer uma relação duradoura e saudável com os fornecedores em que os dois lados saiam ganhando.

#### **2.2.7.9 Implementar a melhoria contínua no processo**

De acordo com Lorenzon (2008), a implementação de melhoria contínua do processo em relação a eliminação das perdas e desperdícios e a maximização da agregação de valor deve ser realizada de forma iterativa e incremental.

Correia (2018) cita a busca contínua pela melhoria dos processos visto que nenhum processo produtivo pode ser considerado 100% perfeito. O autor complementa exemplificando a utilização de treinamentos recorrentes para os funcionários para que os conceitos de qualidade no momento da verificação do “produto” estejam sempre atuais e bem elucidados como, por exemplo, conhecimentos sobre verificações de prumadas nas paredes e de formas para concreto armado.

#### **2.2.7.10 Equilibrar as melhorias no fluxo com as melhorias nas conversões**

Peneirol (2007) relaciona as melhorias no fluxo com as conversões de forma que caso haja introdução de melhorias no fluxo, será necessário um menor gasto em equipamentos, além de proporcionar menor dificuldade na introdução de tecnologias de conversão.

Já Correia (2018) relaciona o controle do fluxo e conversões com a necessidade do estoque de materiais organizado. Segundo o autor, como existem materiais que possuem prazos de vencimento e condições de armazenamento bem diferentes, deve-se organizar o estoque da melhor forma possível em função desses aspectos para que se evite o acontecimento da perda ou desperdício desses materiais.

De acordo com Koskela (1992), quanto mais complexo o processo, a tendência que as melhorias na conversão tenham um impacto maior. Já os desperdícios dos processos produtivos quanto maiores, mais benéficas são as melhorias nos fluxos comparando-as com as melhorias nas conversões.

Antares (2008) exemplifica que é preciso que haja uma eliminação de desperdícios em etapas como transporte, inspeção e armazenamento para que se consiga melhores desempenhos na construção de paredes em alvenaria. E somente após esse esforço ter dado resultados que se vai buscar melhorias nas atividades de conversão como, por exemplo, a utilização de divisórias leves ou painéis pré-fabricados, segundo a autora.

#### **2.2.7.11 Buscar referências de ponta (fazer *benchmarking*)**

De acordo com Lorenzon (2008), os passos para se fazer um bom *benchmarking* são a identificação dos líderes de mercado (as referências de ponta), analisando seus resultados e onde estão suas forças e fraquezas. Portanto, após esse processo de comparação com as referências de ponta, deve-se definir metas e o que será feito para cumpri-las.

Já Peneirol (2007) indica além de se buscar a comparação com as referências de ponta do mercado conhecendo como elas realizam seu trabalho, usar a análise SWOT (*Strengths, Weaknesses, Opportunities e Threats*) em que se busca saber as forças, fraquezas, oportunidades e ameaças à sua empresa. Sendo assim, adaptando e aprimorando o conhecimento e as ações dos líderes com a realidade da sua organização para serem implantadas nesta.

Segundo Arantes (2008), deve-se conciliar os pontos fortes da própria organização com o conhecimento obtido nas outras empresas através do *benchmarking*. Por conseguinte, tornando sua própria organização cada vez mais competitiva.

Já Ohno (1997) afirma a importância de não se copiar igual ao praticado por outra organização, porque o que impactou de forma positiva em uma empresa pode não ter o mesmo efeito em outra devido as condições e os contextos serem diferentes. Entretanto se deve entender quais condições e circunstâncias levaram a esses resultados positivos para que assim se possa tirar conclusões corretas sobre que ações seriam ideais para a sua própria organização.

## **2.3 Ferramentas utilizadas na Construção Enxuta**

Borges (2015) afirma a importância de que essas ferramentas quando aplicadas em um projeto não sejam utilizadas de forma isolada sem que haja nenhuma associação ou ligação entre elas próprias, bem como com toda a filosofia *lean* para que realmente surtam efeitos positivos no projeto.

### **2.3.1 Last Planner**

Segundo Rodrigues et al. (2018), o *Last Planner System* foi uma das melhores adaptações feitas do *Lean Manufacturing* para o *Lean Construction* e esse sistema de planejamento foi apresentado pelos engenheiros Gregory Howell e Glenn Ballard na década de 1990.

O *Last Planner* (último planejador) estabelece o que irá ser executado na obra. Assim sendo, as atividades são produzidas por consequência de um processo de planejamento. Deve-se adaptar o que será executado com o que deveria ser feito, controlando e verificando as restrições do que realmente pode ser realizado. (BALLARD, 2000).

Já segundo Costa (2017), o *Last Planner System* é um sistema que possui como objetivo a redução da variabilidade do fluxo de trabalho, ou seja, que as 3 variáveis (custo, prazo e qualidade) atendam as especificações planejadas. Portanto, proporcionando uma maior previsibilidade ao processo produtivo usando um rigoroso processo de planejamento baseado nos conceitos enxutos.

Segundo Ballard (2000), o *Last Planner System* (LPS) divide o planejamento em 3 graus diferentes de planejamento: são eles o planejamento a longo prazo também chamado de planejamento mestre, o planejamento de médio prazo também conhecido como *Lookahead* (variando de 3 a 12 semanas) e o planejamento de curto prazo (semanal) também conhecido como planejamento de comprometimento. De acordo com o mesmo autor, esse planejamento

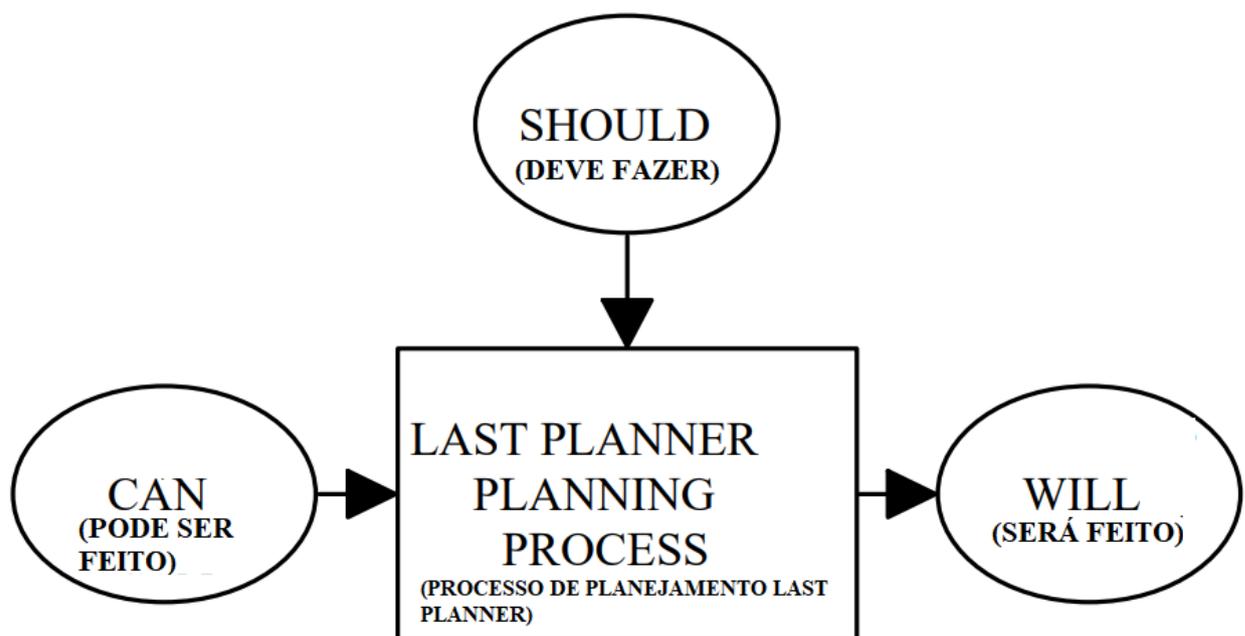
mestre indica qual será a direção do projeto, ou seja, quais serão os seus propósitos e metas estabelecendo uma sequência lógica das macroetapas com a previsão dos tempos necessários para sua execução. Essas atividades pertencentes ao planejamento mestre são os trabalhos que devem ser realizados (*should*).

De acordo com Ballard e Howell (1998), no planejamento *Lookahead* são utilizados os conhecimentos do projeto à disposição no médio prazo para o refinamento do planejamento mestre. Já segundo Ballard (2000), o planejamento de médio prazo (*Lookahead*) é utilizado para se evitar o acontecimento do *making-do* (improvisado), ou seja, somente as atividades que não possuam nenhuma restrição podem ser realizadas. Segundo o mesmo autor, essas atividades pertencentes ao planejamento de médio prazo são as atividades que estão autorizadas a serem realizadas, ou seja, tudo que pode ser feito (*can*).

Ballard (2000) afirma que o planejamento a curto prazo significa a programação do que será realizado na semana e a definição de cada grupo ou pessoa responsável por cada atividade ou grupo de atividades. Nesse planejamento o profissional ou o grupo de profissionais (*last planners*) estabelecerão quantas atividades serão executadas durante a semana, chamado pelo autor de atividades que serão feitas (*will*), e os “últimos planejadores” também decidem quais atividades serão executadas no dia seguinte.

Abaixo (Figura 7) é exemplificado nesse mapa de processo o funcionamento básico do planejamento utilizando o LPS.

Figura 7 – Processo de planejamento *Last Planner*



Fonte: Ballard (2000) adaptado

De acordo com Arantes (2008), o propósito do *Last Planner System* é a definição do indicador de Porcentagem de Planejamento Concluído (PPC) que possibilita a tomada de ações de contingência para que problemas com atividades planejadas, mas não executadas não venham ocorrer novamente no futuro através da descoberta das causas desses problemas. O PPC é calculado através da comparação entre as atividades que foram cumpridas e as atividades que foram planejadas em um período de 1(uma) semana.

Peneirol (2007) complementa que para se realizar essa prevenção para não ocorrência novamente de atividades não executadas, deve-se apurar as causas e analisa-las para corrigi-las.

### 2.3.2 Metodologia 5S

Segundo Santos et al (2006), para qualquer organização que deseja introduzir um Programa de Qualidade Total se deve inicialmente buscar a adoção da metodologia 5S, visto a rapidez e visibilidade dos seus resultados promovendo um incentivo maior a equipe para a busca da qualidade.

Já Cascaes (1999) argumenta que a metodologia é uma questão de apenas aplicação na sua organização, pois essa ferramenta não necessita de premissas e conceitos. Portanto, devendo ser a etapa a inicial na perseguição a qualidade em sua empresa.

O termo 5Ss é derivado de cinco palavras em japonês que tem por início a letra “S” e são apresentados abaixo as características de cada termo. (SANTOS et al, 2006).

- *Seiri* (Senso de utilização): O que deve ser feito primeiro na metodologia 5S. Esse senso prega a eliminação do que não é necessário classificando os materiais no que são usados frequentemente, raramente e no que não são usados. Sendo assim, após essa eliminação o ambiente de trabalho será beneficiado com a facilidade em se movimentar, aumento do espaço de trabalho, melhor controle do estoque, dentre outros benefícios;
- *Seiton* (Senso de organização): Esse senso consiste em se facilitar a localização de qualquer material através da identificação e organização dos materiais em locais de armazenamento adequados para cada tipo de material, ferramentas ou equipamentos de modo que também não haja desperdícios desse material. O autor

ressalta que os trabalhadores devem possuir um tempo diário para se organizar planejando o dia de trabalho, utilizando uma agenda para anotar e priorizar o que deve ser feito durante o dia;

- *Seiso* (Senso de limpeza): Não consiste somente em limpar, mas também na extinção das causas de sujeira e dos objetos estranhos e no aprendizado em manter limpo, ou seja, não sujar;
- *Seiktsu* (Senso de asseio): Esse senso também é conhecido como senso de saúde e higiene. Ele procura manter os 3 primeiros sentidos continuamente e padronizados proporcionando melhores condições de trabalho no que tange a saúde física e mental dos trabalhadores, criando um ambiente onde prevaleça o respeito mútuo e as relações saudáveis;
- *Shitsuke* (Senso de autodisciplina): Esse senso consiste na repetição e prática das atividades corretas até que elas se tornem rotina e o indivíduo comece a fazê-las naturalmente, ou seja, disciplinar para transformar essas boas práticas da ferramenta 5S em um hábito. Nessa repetição são desenvolvidos o hábito de observar e de seguir normas e procedimentos. Nesse senso são importantes a educação e o compromisso para o desenvolvimento físico, mental e moral.

A implementação dos 5S pode trazer o aumento de produtividade, melhoria no atendimento a prazo, redução de defeitos, aumento de segurança no trabalho, redução de material perdido e melhoria na capacidade para distinção entre condições normais e anormais de trabalho. (WEKEMA, 2006).

Os 5S são uma ferramenta de apoio à melhoria dos processos e métodos de trabalho, e promovem um espírito de rigor, disciplina e organização no posto de trabalho. (ARANTES, 2008).

### **2.3.3 Kanban**

Um *Kanban* (“etiqueta”) é um instrumento para o manuseio e garantia da produção *just-in-time*, o primeiro pilar do Sistema Toyota de Produção. Basicamente um *kanban* é uma forma simples e direta de comunicação localizada sempre no ponto que se faz necessária. Na maioria dos casos, um *kanban* é um pequeno pedaço de papel inserido em um envelope retangular de vinil. Nesse pedaço de papel está escrito quanto de cada parte tem de ser retirada ou quantas peças têm de ser montadas (OHNO, 1997).

Segundo Arantes (2008), para que o *Kanban* efetivamente funcione é necessário o atendimento de alguns requisitos:

- O saque de peças e materiais do estoque só será realizado se for preciso;
- A produção de peças nos fornecedores será feita somente na quantidade pedida e caso tenha o *kanban* de produção solicitando;
- Em estoque só deverão ter peças em perfeito estado;
- Os cartões *kanban* devem ficar no quadro *kanban* ou nos contêineres cheios;
- Os cartões *kanban* podem ter várias informações e formas de apresentação, dependendo da empresa, mas é necessário que todos possuam a referência da peça fabricada e da operação, a capacidade do contêiner, a indicação do posto de trabalho a montante e jusante e o número de *kanbans* em circulação com a mesma referência. (ARANTES, 2008).

#### **2.3.4 Takt Time**

Segundo Arantes (2008), o *takt time* é definido a partir da demanda do mercado e do ritmo necessário de produção para atendê-la. O valor do *takt time* resulta da divisão entre o tempo disponível para a produção pela quantidade de unidades que serão produzidas.

Segundo Sarcinelli (2008), utilizando o princípio *lean* de produção puxada só se deve produzir quando os clientes (intermediários ou finais) quiserem ou necessitarem consumir. Portanto, o *takt time* relaciona que a quantidade de unidades produzidas varia em função da procura dos clientes pelo produto, ou seja, caso a demanda aumente será necessária e o próprio cálculo mostrará a diminuição do tempo *takt*. Como da mesma forma, caso o número de unidades vendidas diminua, o tempo *takt* aumentará e será preciso uma diminuição do ritmo de produção a fim de se evitar a superprodução e o excesso de estoque ocultando possíveis problemas em sua produção. Sendo assim, utilizando a metodologia enxuta se deve buscar a igualdade entre os tempos que os operadores levam para produzir uma única peça ou produto com o *takt time* calculado exigido para que se atenda essa demanda e se evite problemas (excesso ou falta de peças ou produtos para o cliente).

### 2.3.5 Poka Yoke

De acordo com Arantes (2008), *Poka Yoke* é um sistema que detecta erros ou problemas que venham a prejudicar uma determinada operação evitando assim que ela ocorra de forma incorreta.

*Poka yoke* é um método que ajuda os trabalhadores a evitarem erros em seu trabalho, tais como escolha de peça errada, montagem incorreta de uma peça, esquecimento de um componente e etc. (LÉXICO LEAN, 2003).

Segundo Shingo (1996), existem dois tipos de *poka yokes* diferentes e ele argumenta que caso o defeito ocorra recorrentemente se deve optar pelo *poka yoke* de controle, mas se o defeito ocorre de forma mais rara se pode optar pelo de advertência.

- Controle: Caso haja detecção de alguma anormalidade, há a paralisação da máquina para que se possa corrigir o erro;
- Advertência: Nesse caso, ao se detectar um problema apenas será emitido algum sinal sonoro ou visual e a máquina continuará em funcionamento.

Embora Lorenzon (2008) que sinalize que a ferramenta não é muito conhecida e aplicada no ambiente da construção civil. Arantes (2008) mostra alguns exemplos de situações em que ela poderia ser utilizada como, por exemplo, em misturadores de concretos que após programados para serem usadas determinadas quantidades de cada material, avisariam aos operadores caso fossem introduzidas quantidades ou britas de granulometria erradas.

### 2.3.6 5W 2H

A técnica 5W2H é chamada de plano de ação, sendo capaz de orientar as diversas ações que deverão ser implementadas. Uma ferramenta de caráter gerencial, que se aplica à realidade das equipes de aprimoramento no planejamento e na condução de suas atividades, identificando as ações e as responsabilidades de forma organizada para sua execução (OLIVEIRA, 1996).

De acordo com o Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (Sebrae) (2008), o 5W2H possui 7 sete questionamentos que devem ser respondidos para a correta utilização da ferramenta. Esses questionamentos são:

- *What?* (Qual?): Qual será a atividade a ser feita ou o problema a ser resolvido;

- *Why?* (Por que?): Porque essa atividade tem que ser realizada ou este problema tem que ser resolvido, ou seja, os motivos;
- *Who?* (Quem?): Seleciona um ou mais responsáveis pela execução da atividade ou resolução do problema;
- *Where?* (Onde?): Define onde o que está sendo planejado irá ser feito;
- *When?* (Quando?): Definição de qual data (cronograma) ou em qual prazo será realizada a ação;
- *How?* (Como?): Definição de como ou de qual modo (método) será feita a execução da atividade para se alcançar o resultado esperado;
- *How much?* (Custo): Definição de quanto custará tudo isso que está sendo planejado ou o limite do orçamento (SEBRAE, 2008).

### 2.3.7 5 Porquês

Segundo Ohno (1997), para se chegar realmente a causa raiz do problema que está ocorrendo, que geralmente se encontra oculto por trás das causas que parecem tão óbvias, e poder consertá-lo evitando que ocorra novamente, deve-se repetir “porquê” cinco vezes.

Segundo Gonçalves (2014), semelhantemente a metodologia 5S já apresentada acima, os “5 porquês” podem ser tanto usados em alguns processos somente de forma independente ou também serem utilizados como uma ferramenta *kaizen* (será apresentado mais adiante) para a busca da melhoria contínua. O autor complementa que o grande segredo para que a ferramenta realmente produza resultados efetivos é em se responder cada “porquê” de maneira correta.

Ohno (1997) exemplifica abaixo o uso da ferramenta através de uma máquina em uma fábrica da Toyota que apresentou problemas:

- Por que a máquina parou? Porque houve uma sobrecarga e o fusível queimou;
- Por quê houve uma sobrecarga? Porque o mancal não estava suficientemente lubrificado;
- Por que não estava suficientemente lubrificado? Porque a bomba de lubrificação não estava bombeando suficientemente;
- Por que a bomba de lubrificação não estava bombeando suficientemente? Porque o eixo da bomba estava gasto e vibrando;

- Por que o eixo estava gasto? Porque não havia uma tela acoplada e entrava limalha. (OHNO, 1997).

### 2.3.8 *Kaizen*

Já segundo Imai (1996) apud Hanashiro (2005), a principal função do *kaizen* é resolver problemas. Averiguar o que está acontecendo e colher dados para posterior análise são a “espinha dorsal” desse processo, ou seja, fundamentais para que essa tentativa de resolução do problema não seja em vão. O autor complementa que existem duas estratégias que podem ser adotadas para se ter o êxito na resolução da adversidade: a primeira estratégia seria o alto investimento financeiro em inovações tecnológicas através de computadores e equipamentos topos de linha implicando em uma melhoria radical. Já a segunda estratégia, que é onde se encaixaria o *kaizen*, possuiria um baixo investimento financeiro, mas com utilização de fichas de verificação, dos esforços e da sensatez de todos da organização.

A inovação é cara. *Kaizen*, por outro lado, enfatiza os esforços humanos, moral, comunicação, treinamento, trabalho em equipe, envolvimento e autodisciplina. *Kaizen* é uma abordagem de baixo custo à melhoria. (HANASHIRO, 2005).

Segundo Araujo e Rentes (2006), o principal foco do *kaizen* é a eliminação de desperdícios com a ajuda de todos os trabalhadores da organização através de ações de melhoria contínua. Já um evento *kaizen*, que acontece em determinados setores da empresa em um determinado período curto de tempo, é um grupo unido em torno de um objetivo (a ágil inserção do *kaizen* na organização).

De acordo com Sharma e Moody (2003), a criação de um time multifuncional (em alguns casos existem até a inclusão de personagens externos a organização) unido e engajado é fundamental para o sucesso. Esse time irá trabalhar na sugestão de ideias criativas para solucionar o problema que foi conhecido e estudado pelo próprio time. Essas soluções devem ser colocadas em prática rapidamente após serem discutidas e aprovadas pelo time.

Segundo Tapping et al (2002) apud Araujo e Rentes (2006) existem algumas dicas para aproveitar melhor eventos de melhoria contínua e gerenciar melhor possíveis problemas que possam ocorrer:

- Comunicar-se com a equipe garantindo que todos que estão sabendo o que será e porque será realizado;

- Caso haja pessoas que não estejam engajadas ou estejam contra, converse privadamente com cada um deles buscando entender as suas preocupações sendo empático. Após escutá-los com o máximo de atenção, busque soluções para seus problemas e mostre os benefícios que aquelas melhorias podem trazer e que eles não serão prejudicados por essas melhorias;
- Caso haja algum problema que seja necessário parar o evento *kaizen*, identifique e resolva o problema. Após a resolução, reinicie o evento na data mais próxima assim que possível;
- Não será nada de muito estranho a ocorrência de erros durante o percurso, mas se deve aprender com cada um deles e continuar o *kaizen* utilizando cada evento como um experimento;
- Motive os componentes do time reconhecendo e recompensando cada um deles;
- A alta liderança e os gerentes devem regularmente ir ao chão-de-fábrica (*Gembar*) para motivar cada vez mais o grupo nesse processo de melhoria;
- Flexibilidade munida com comprometimento e foco são essenciais para o êxito.

De acordo com Chaves Filho (2010), se não houver ações da organização em favor da manutenção e desenvolvimento dessas melhorias, aos poucos os avanços alcançados pelo evento *kaizen* podem ir se desgastando e os problemas retornando ao longo do tempo.

Já segundo Araújo e Rentes (2006), previamente ao planejamento e execução do evento *kaizen* se deve estabelecer e desenvolver qual objetivo futuro desejado vai estar alinhado ao evento semanal. Os autores complementam que para o evento não se tornar uma mera formalidade ou algo totalmente isolado dentro da empresa, é preciso que os eventos *kaizen* estejam aderidos ao plano de ações do setor estratégico da organização.

### **2.3.9 PDCA (*Plan, Do, Check, Act*)**

O PDCA representa o ciclo eficiente na resolução de problemas, ou seja, realizar melhorias por etapas e repetir o ciclo de melhoria várias vezes (SHIBA, 1997).

O Ciclo PDCA é uma ferramenta utilizada para a aplicação de ações de controle dos processos, tal como estabelecimento da “diretriz de controle”, planejamento de qualidade, manutenção dos padrões e alteração de diretriz de controle, ou seja, realizar melhorias. Essas ações se dividem em quatro fases básicas que devem ser repetidas continuamente (LIMA, 2006).

De acordo com Andrade (2003), o PDCA é uma metodologia e para se começar a rodá-lo se deve inicialmente estabelecer uma meta para sua ocorrência. Segundo o autor, sem a definição de um objetivo a ser cumprido o PDCA perde o seu próprio sentido de existência.

Segundo Deming (1990) apud Alencar (2008), existem 4 etapas no ciclo PDCA e estas etapas estão descritas abaixo pelo o autor:

- 1º Fase – *Plan* (Planejamento): Esta fase consiste na definição da meta que irá ser cumprida, bem como o que deverá ser feito para se cumpri-la;
- 2º Fase – *Do* (Execução): Esta fase é caracterizada pelo treinamento aos envolvidos para o perfeito entendimento do que será feito, bem como colocar em prática a execução das atividades para se atingir o objetivo determinado;
- 3º Fase – *Check* (Verificação): Esta é fase é representada pela comparação entre os resultados alcançados e o planejado para avaliação do andamento da aplicação da ferramenta;
- 4º Fase – *Act* (Ação): Caso a meta não tenha sido atingida, nesta fase será diagnosticada o motivo desse acontecimento, bem como a ação para se evitar que esse problema ocorra novamente. Caso contrário e a meta tenha sido alcançada, implementação desse correto modo de agir como a nova forma de se executar as atividades.

Andrade (2003) além de alertar sobre a definição da meta e sobre a validação dos resultados obtidos para alcançar a melhoria, ele comenta que o PDCA pode ser tanto utilizado no nível operacional, quanto no nível estratégico da organização.

### 3. METODOLOGIA CIENTÍFICA

#### 3.1 Instrumento de Coleta de Dados

A pesquisa bibliográfica é definida por Gil (2002), como um apanhado constituído, principalmente, por livros e artigos científicos. Sua proposta é analisar diferentes posições que englobam um determinado assunto (Gil, 2002). Marconi (2003), declara ainda que essa pesquisa é elaborada a partir de importantes trabalhos realizados com capacidade de enriquecer o material a ser feito com dados atuais e relevantes. O estudo dessa literatura é fundamental para evitar erros e contribuir para planificação do trabalho com novas indagações relacionadas ao tema (MARCONI; LAKATOS, 2003).

Esse tipo de pesquisa é composto pelas seguintes etapas: “determinação dos objetivos; elaboração do plano de trabalho; identificação das fontes; localização das fontes e obtenção do material; tomada de apontamentos; confecção de fichas; e redação do trabalho” (Oliveira, 2011, p.7), a fim de permitir uma orientação adequada.

Em geral, pesquisas desse gênero são desenvolvidas de forma isolada, seguindo um viés científico e exigida em inúmeros estudos monográficos. Tem a finalidade de esclarecer conceitos, justificar aplicações e até propor inovações, em muitos casos, podendo ser usada para elucidar a importância de um estudo ainda não realizado (Oliveira, 2011).

Exemplo prático: ao se comprometer em publicar um artigo sobre BIM, um professor pesquisou no banco de dados CAPES, para obter conhecimento científico sobre o que já foi divulgado a respeito.

Segundo Medeiros e Tomasi (2008), para se realizar uma revisão bibliográfica correta, bem elaborada e que passe credibilidade se deve dar a preferência a busca de informações, dados e conhecimentos em artigos em periódicos científicos, livros, teses, dissertações e resumos de congresso.

Inicialmente, se planejou a revisão literária do trabalho escolhendo com a ajuda do orientador as palavras-chaves que norteariam o rumo da pesquisa. Sendo assim, iniciando uma busca por materiais e, principalmente por revisões de literatura que abordassem temas relacionados a essas palavras-chaves em sites de pesquisas gerais como, por exemplo, o *Google*, em bibliotecas digitais como, por exemplo, *Google Acadêmico*, e em repositório digitais de Universidades. Após esses processos iniciais, aprovação por parte do orientador e a comprovação de que teriam um número suficiente de materiais que estruturassem o

cumprimento dos objetivos do trabalho, se aprofundou mais a pesquisa bibliográfica com a busca de cada vez mais materiais e a escolha dos dados, informações, gráficos e quadros que melhor se adequariam a cada parte do trabalho.

Para se conseguir elaborar a identificação das etapas do gerenciamento de projetos com base no PMBOK e conseguir relacioná-las com a construção civil, buscou-se executar uma revisão teórica em documentos que já tivessem passado por uma análise para ser publicado como, por exemplo, artigos científicos, livros e trabalhos de conclusão de curso. Sendo assim, após essa leitura e coleta de dados de diferentes autores se optou pela a utilização dos dados e informações extraídos do livro (MATTOS, 2010) “Planejamento e Controle de Obras”, por se tratar de um livro conceituado no tema e ser relativamente atual, cerca de 10 anos, em relação a data de publicação desta presente pesquisa.

Semelhantemente ao objetivo de pesquisa anterior, para se conseguir realizar a análise dos princípios de Construção Enxuta utilizadas para a melhoria no desempenho de obras, foi primeiramente realizada uma revisão teórica com bases nas bibliografias publicadas a respeito do assunto, que nesse caso específico se escolheu utilizar o Quadro 1 retirado do (MATTOS, 2010) onde se atendeu o primeiro objetivo específico, realizando algumas adaptações para ser utilizado como o Quadro 2.

Conforme os outros objetivos apresentados anteriormente, a identificação e a escolha das ferramentas de Construção Enxuta abordadas na pesquisa e utilizadas no gerenciamento de obras foi feita com base na revisão bibliográfica a respeito do tema, selecionando os melhores materiais e procurando dar preferência a materiais que possuíssem foco naquela determinada ferramenta ou abrangessem a ferramenta de forma mais profunda possível e assim fosse possível retirar o máximo de informações e dados.

E quanto a escolha das ferramentas de Construção Enxuta que foram abordadas no trabalho, visto que a quantidade de ferramentas que podem ser utilizadas é maior do que a quantidade abordada. Essas ferramentas foram selecionadas com base na análise do autor de quais se encontrou embasamento teórico suficiente para o uso da ferramenta no âmbito da construção civil e quais se encaixavam no contexto e abrangência desse trabalho. Após a passagem dessas ferramentas selecionadas pelo crivo do orientador da pesquisa, se prosseguiu com a pesquisa bibliográfica nos meios já relatados no trabalho.

### **3.2 Análise e Tratamento de Dados**

Para se atender o objetivo geral dessa pesquisa que é a proposta de um modelo de gerenciamento de projeto para a construção civil considerando os princípios do PMBOK com base nas ferramentas de Construção Civil foi utilizado como base teórica o Quadro 1 apresentado na revisão da literatura em que os dados foram retirados do livro do (MATTOS, 2010) “Planejamento e Controle Obras”. Como se pode observar pelo tópico superior do trabalho, esse tópico abordado pelo autor foi a base do cumprimento da maioria dos objetivos específicos do trabalho.

Para se cumprir os objetivos, transformou-se as informações extraídas do (MATTOS, 2010) através do *software Microsoft Excel* em uma planilha com 3 colunas, utilizando esse *software* para consolidar e analisar os dados. Sendo a primeira coluna as etapas do ciclo de vida de um projeto, a segunda coluna os requisitos de cada etapa e a terceira coluna a explicação de como funciona cada requisito, com isso dando origem ao Quadro 1. Já para o Quadro 2, adaptou-se esse Quadro 1 para relacionar cada etapa de um projeto a 1 ou mais dos 11 princípios de Construção Enxuta.

Já para propor o Modelo de Gerenciamento de projeto e cumprir o objetivo geral da pesquisa, adaptou-se o Quadro 1 transformando-se no Quadro 3, em que se retirou a terceira coluna e adicionou mais duas 2 colunas, na primeira dessas duas colunas através da análise crítica do autor relacionou-se cada requisito de etapa a 1 ou mais dos 11 princípios de Construção Enxuta e na segunda coluna se buscou relacionar as ferramentas de Construção Enxuta que melhor se adequariam ao uso naquela etapa do projeto de construção civil.

## 4. ANÁLISE DAS PRÁTICAS DE CONSTRUÇÃO ENXUTA PARA A MELHORIA DO DESEMPENHO DE OBRAS

Tendo como base o Quadro 1 extraído do (MATTOS, 2010) apresentado neste trabalho a respeito do Ciclo de Vida de um Projeto e a relação entre as 4 principais etapas de um projeto e os principais requisitos de cada etapa relacionado a um projeto de Engenharia Civil. Neste capítulo do trabalho será realizado a análise crítica dos princípios da Construção Enxuta proposto por (KOSKELA, 1992) ligados as etapas do Ciclo de Vida de um Projeto proposto por (MATTOS, 2010), bem como a criação de um modelo de Gerenciamento de Projetos com base nos princípios do PMBOK que conecte as ferramentas de construção enxuta as essas etapas e princípios.

### 4.1 Análise dos princípios da Construção Enxuta utilizadas no Gerenciamento de Obras

Neste tópico buscou-se relacionar cada uma dessas 4 etapas (“Concepção e Viabilidade”, “Detalhamento do Projeto e do Planejamento”, “Execução” e “Finalização”) do Quadro 1 com os 11 princípios da Construção Enxuta apresentados por Koskela (1992) e promover uma análise crítica explicando como se aplicaria a utilização de cada princípio nessa etapa de um projeto no âmbito da Construção Civil com o objetivo de melhorar o desempenho das obras. Conforme observado no quadro abaixo, princípios podem ser utilizados em mais de uma etapa diferente ou até mesmo em todas as etapas explicitando sua importância.

Quadro 2: Análise críticas dos princípios da Construção Enxuta

Etapas	Princípios de Construção Enxuta (KOSKELA, 1992)	Análise Crítica
Concepção e viabilidade	Aumentar o valor do produto ou serviço por meio da consideração das necessidades e expectativas dos clientes	Nessa fase do Ciclo de Vida de um Projeto se deve buscar valorizar o seu produto através da busca do atendimento dos anseios do cliente (pesquisas de mercado, <i>feedbacks</i> de projetos anteriores), indo atrás do que as empresas concorrentes líderes no nível de mercado estão fazendo e fazendo um próprio <i>benchmarking</i> interno de projetos anteriores para colaborar para estimativas de tempo e custo.  Buscando já desde o início da concepção e formulação, "enxugar" e desburocratizar esse projeto ao máximo cortando as atividades que
	Buscar referências de ponta (fazer <i>benchmarking</i> )	
	Diminuição das atividades que não agregam valor	
	Simplificar por meio da diminuição do número de passos ou partes	

	<p>Reduzir o tempo do ciclo de produção</p> <p>Maximizar a transparência do processo</p> <p>Reduzir variabilidade</p> <p>Aumentar a flexibilidade de saída do produto</p>	<p>não agregam valor e elaborando um anteprojeto e um projeto básico não dando margem para possíveis erros de interpretação, planejando desde o início um ambiente de trabalho limpo, organizado e saudável.</p>
<b>Detalhamento do projeto e do planejamento</b>	<p>Diminuição das atividades que não agregam valor</p> <p>Simplificar por meio da diminuição do número de passos ou partes</p> <p>Reduzir o tempo do ciclo de produção</p> <p>Buscar referências de ponta (fazer <i>benchmarking</i>)</p> <p>Aumentar a flexibilidade de saída do produto</p> <p>Equilibrar as melhorias no fluxo com as melhorias nas conversões</p> <p>Implementar a melhoria contínua no processo</p> <p>Reduzir variabilidade</p>	<p>Nessa fase do projeto deverá se analisar, refinar e detalhar os dados obtidos anteriormente.</p> <p>Utilizando-se basicamente dos mesmos princípios citados anteriormente, buscando assim um planejamento e um projeto executivo somente com as atividades que agregam valor e necessárias para a execução do projeto, planejando a “singularização” da construção nas fases finais do cronograma, na medida do possível para que não atrapalhe ou atrase o andamento da obra. Além disso, buscando manter essa “flexibilidade de saída” para atender diferentes tipos de clientes que possuem desejos diferentes.</p> <p>Ao mesmo tempo em que se busca o aumento da flexibilidade, se deve planejar padronizar ao máximo as atividades e procedimentos tanto no escritório, quanto no canteiro de obras. Evitando que essa “variabilidade” indispensável provoque o surgimento de desperdícios.</p> <p>Planejando desde já um programa de melhoria contínua e como se espera que seja a curva de aprendizado dos profissionais, bem como quais e como serão medidos os indicadores.</p> <p>E não se esquecendo de balancear dependendo do nível de complexidade e do tipo de projeto as melhorias tanto na conversão como no fluxo, escolhendo o caminho com o melhor custo-benefício.</p>
<b>Execução</b>	<p>Diminuição das atividades que não agregam valor</p> <p>Reduzir o tempo do ciclo de produção</p> <p>Maximizar a transparência do processo</p> <p>Implementar a melhoria contínua no processo</p> <p>Focar o controle do processo todo</p> <p>Reduzir variabilidade</p> <p>Simplificar por meio da diminuição do número de passos ou partes</p> <p>Equilibrar as melhorias no fluxo com as melhorias nas conversões</p>	<p>Na “Execução” de um projeto é importante, principalmente manter o padrão de qualidade exigido e acordado durante as fases anteriores mantendo um rígido controle e fiscalização, buscando sempre cada vez mais a melhora do processo, sabendo balancear as evoluções tanto nas conversões quanto no fluxo.</p> <p>Portanto eliminando atividades desnecessárias que o cliente não está disposto a pagar (movimentos, retrabalhos e etc.), reduzindo o tempo e simplificando o ciclo de produção deixando o mais enxuto.</p> <p>E com a aplicação do 5S aliado ao princípio da maximização da transparência do canteiro de obras através da eliminação de obstáculos visuais como, por exemplo, tapumes desnecessários ou resíduos. Com isso,</p>

		<p>facilitando o controle do processo e a identificação de problemas como, por exemplo, a variabilidade.</p> <p>E durante a resolução problemas, se deve buscar olhar um processo como um todo buscando a verdadeira causa do problema utilizando as ferramentas cabíveis (5W2H e 5 porquês, por exemplo) para se chegar nessa solução.</p>
<b>Finalização</b>	Reduzir variabilidade	<p>A fase de "Finalização" deve-se basear, principalmente em simplificar essas atividades, pois isso não agrega valor aos clientes.</p> <p>Entretanto não se pode sonegar essa fase e se deve executá-la de forma correta mantendo o alto nível de qualidade e o controle sobre o processo da construção.</p> <p>Nas etapas de colocação em funcionamento do produto, testá-lo e realização da inspeção final se deve buscar sobretudo reduzir as variabilidades e os demais erros das construções através de inspeções minuciosas, mas mantendo "os tipos de variabilidades" acordados com os clientes.</p> <p>E não se esquecer de tanto manter a "transparência" eliminando obstáculos visuais para que durante a inspeção um erro seja facilmente identificado, quanto a "transparência" no sentido de manter a lisura de todo o processo de burocracia envolvendo os contratos e termos, transferência de responsabilidade a fim de se evitar que o cliente se sinta lesado.</p>
	Aumentar a flexibilidade de saída do produto	
	Maximizar a transparência do processo	
	Simplificar por meio da diminuição do número de passos ou partes	
	Focar o controle do processo todo	

Fonte: O autor (adaptado de Mattos, 2010)

#### 4.2 Proposta de Modelo de Gerenciamento de Projetos com base nos princípios da Construção Enxuta

Utilizando o Quadro elaborado acima com a relação entre as 4 fases de um projeto com os Princípios da Construção Enxuta (KOSKELA, 1992) escolheu-se propor um modelo de Gerenciamento de Projetos com base no PMBOK e nesses princípios e nas ferramentas de Construção Enxuta. Nesse modelo indicado no trabalho procurou-se relacionar a utilização de cada um desses princípios nos requisitos de cada uma dessas etapas e ligando cada requisito de etapa as ferramentas de Construção Enxuta e também relacionando cada requisito de etapa aos processos do PMBOK. Vale ressaltar que os princípios e as ferramentas de Construção Enxuta podem ser aplicados em mais de um requisito de uma mesma etapa e que em alguns requisitos se chegou à conclusão que nenhum desses princípios ou ferramentas se encaixariam

ali. E em relação aos 49 processos do PMBOK, houveram requisitos de etapas em que se conseguiu relacionar vários processos do PMBOK de áreas de conhecimentos diferentes e requisitos de etapas em que não se conseguiu relacionar a algum processo do PMBOK.

Quadro 3: Modelo de gerenciamento de projetos

<b>Etapas</b>	<b>Requisitos de etapas</b>	<b>Princípios de Construção Enxuta (KOSKELA, 1992)</b>	<b>Ferramentas de Construção Enxuta</b>
<b>Concepção e viabilidade</b>	Definição do escopo	Aumentar o valor do produto ou serviço por meio da consideração das necessidades e expectativas dos clientes	5W 2H 5 Porquês
		Buscar referências de ponta (fazer benchmarking)	<i>Benchmark</i>
	Formulação do empreendimento	Diminuição das atividades que não agregam valor	PDCA (P)
		Simplificar por meio da diminuição do número de passos ou partes	
		Reduzir o tempo do ciclo de produção	
		Maximizar a transparência do processo	
	Estimativa de custos	Buscar referências de ponta (fazer <i>benchmarking</i> )	<i>Benchmark</i>
	Estudo de viabilidade		
	Identificação da fonte orçamentária		
	Anteprojeto → Projeto básico	Diminuição das atividades que não agregam valor	<i>Last Planner</i> Metodologia 5S 5W 2H PDCA (P)
Aumentar o valor do produto ou serviço por meio da consideração das necessidades e expectativas dos clientes			
Reduzir variabilidade			
Simplificar por meio da diminuição do número de passos ou partes			
Reduzir o tempo do ciclo de produção			
Aumentar a flexibilidade de saída do produto			
Maximizar a transparência do processo			
<b>Detalhamento do projeto e do planejamento</b>	Orçamento analítico		
	Planejamento	Diminuição das atividades que não agregam valor	<i>Last Planner</i>
		Simplificar por meio da diminuição do número de passos ou partes	<i>Kanban</i> <i>Takt Time</i>
		Reduzir o tempo do ciclo de produção	5W 2H
		Buscar referências de ponta (fazer <i>benchmarking</i> )	PDCA (P)
		Aumentar a flexibilidade de saída do produto	
		Equilibrar as melhorias no fluxo com as melhorias nas conversões	

		Implementar a melhoria contínua no processo	
	Projeto básico → Projeto executivo	Diminuição das atividades que não agregam valor	<i>Last Planner</i> Metodologia 5S 5W 2H / PDCA (P)
		Reduzir variabilidade	
		Simplificar por meio da diminuição do número de passos ou partes	
		Aumentar a flexibilidade de saída do produto	
<b>Execução</b>	Obras civis	Diminuição das atividades que não agregam valor	PDCA (D)
		Reduzir o tempo do ciclo de produção	Metodologia 5S
		Maximizar a transparência do processo	<i>Takt Time</i>
		Implementar a melhoria contínua no processo	<i>Poka Yoke / Kanban</i>
	Montagens mecânicas e instalações elétricas e sanitárias	Reduzir o tempo do ciclo de produção	PDCA (D) / <i>Kanban</i>
		Maximizar a transparência do processo	Metodologia 5S
		Implementar a melhoria contínua no processo	<i>Takt Time / Poka Yoke</i>
	Controle da qualidade	Focar o controle do processo todo	<i>Kaizen</i>
		Reduzir variabilidade	5 Porquês / PDCA (C)
	Administração contratual	Focar o controle do processo todo	<i>Kanban</i>
		Maximizar a transparência do processo	<i>Takt Time</i>
	Fiscalização de obra ou serviço	Diminuição das atividades que não agregam valor	Metodologia 5S 5W2H 5 Porquês <i>Takt Time</i> PDCA (C e A) <i>Kaizen</i>
		Reduzir variabilidade	
		Simplificar por meio da diminuição do número de passos ou partes	
Reduzir o tempo do ciclo de produção			
Maximizar a transparência do processo			
Focar o controle do processo todo			
Implementar a melhoria contínua no processo			
Equilibrar as melhorias no fluxo com as melhorias nas conversões			
<b>Finalização</b>	Comissionamento	Reduzir variabilidade	PDCA
		Aumentar a flexibilidade de saída do produto	
		Maximizar a transparência do processo	
	Inspeção final	Maximizar a transparência do processo	PDCA (C e A)
	Transferência de responsabilidade	Simplificar por meio da diminuição do número de passos ou partes	PDCA
		Maximizar a transparência do processo	Metodologia 5S
	Liberação de retenção contratual	Simplificar por meio da diminuição do número de passos ou partes	5W2H
	Resolução das últimas pendências	Focar o controle do processo todo	PDCA (A)
Simplificar por meio da diminuição do número de passos ou partes		5W2H	

Termo de recebimento
----------------------

Fonte: O autor (adaptado de Mattos, 2010)

Quadro 4: Modelo de gerenciamento e sua relação com o PMBOK

Etapas	Requisitos de etapas	Processos do PMBOK	
Concepção e viabilidade	Definição do escopo	Coletar os requisitos Definir o escopo Criar a EAP	
	Formulação do empreendimento	Desenvolver o termo de abertura do projeto Definir as atividades Sequenciar as atividades Estimar a duração da atividade	
	Estimativa de custos	Estimar os custos	
	Estudo de viabilidade		
	Identificação da fonte orçamentária	Estimar os recursos da atividade	
	Anteprojeto → Projeto básico		
Detalhamento do projeto e do planejamento	Orçamento analítico	Determinar o orçamento	
	Planejamento	Desenvolver o plano de gerenciamento do projeto Planejar o gerenciamento dos custos Planejar o gerenciamento da qualidade Planejar o gerenciamento dos recursos Planejar o gerenciamento das aquisições Planejar o gerenciamento do escopo Planejar o gerenciamento do cronograma Desenvolver o cronograma	
	Projeto básico		

	→ Projeto executivo		
<b>Execução</b>	Obras civis	Adquirir recursos Desenvolver a equipe Gerenciar a equipe Orientar e gerenciar o trabalho do projeto	Gerenciar o conhecimento do projeto
	Montagens mecânicas e instalações elétricas e sanitárias	Adquirir recursos Desenvolver a equipe Gerenciar a equipe	Orientar e gerenciar o trabalho do projeto Gerenciar o conhecimento do projeto
	Controle da qualidade	Gerenciar a qualidade Controlar a qualidade Monitorar e Controlar o trabalho do projeto	
	Administração contratual	Controlar as aquisições Controlar os recursos Controlar o escopo	Controlar o cronograma Controlar os custos Monitorar e Controlar o trabalho do projeto
	Fiscalização de obra ou serviço	Realizar o controle integrado de mudanças Controlar o cronograma Controlar os custos Controlar o escopo	
<b>Finalização</b>	Comissionamento	Validar o escopo	
	Inspeção final	Validar o escopo	
	Transferência de responsabilidade	Encerrar o projeto ou fase	
	Liberção de retenção contratual	Encerrar o projeto ou fase	
	Resolução das últimas pendências	Encerrar o projeto ou fase	
	Termo de recebimento	Encerrar o projeto ou fase	

Fonte: O autor (adaptado de Mattos, 2010)

Um ponto importante a se comentar sobre o modelo de gerenciamento proposto é o fato que estágio de ciclo de vida de um projeto de uma construção proposto pelo (MATTOS, 2010) não aborda em suas etapas e requisitos processos de áreas de conhecimento do PMBOK que são essenciais para que um projeto de uma construção possa ser executado de forma correta como, por exemplos, riscos, partes interessadas e comunicações. Sendo assim, é recomendável a adição dos processos do PMBOK relacionados a essas áreas de conhecimento nas etapas do ciclo de vida de um projeto desse modelo de gerenciamento. O Quadro 5 abaixo relata quais são os processos que não são abrangidos e qual etapa do PMBOK (grupo de processo) ele pertence.

Quadro 5: Processos do PMBOK que não são abordados nesse Modelo de Gerenciamento

<b>INICIAÇÃO</b>	<b>PLANEJAMENTO</b>
Identificar as partes interessadas	Planejar o gerenciamento das comunicações
	Planejar o gerenciamento dos riscos
	Identificar os riscos
	Realizar a análise qualitativa dos riscos
	Realizar a análise quantitativa dos riscos
	Planejar as respostas aos riscos
	Planejar o engajamento das partes interessadas
<b>EXECUÇÃO</b>	<b>MONITORAMENTO E CONTROLE</b>
Gerenciar as comunicações	Monitorar as comunicações
Implementar respostas aos riscos	Monitorar os riscos
Gerenciar o engajamento das partes interessadas	Monitorar o engajamento das partes interessadas

Fonte: O autor

O Quadro 6 apresenta a quantidade de vezes que cada ferramenta se repetiu e a porcentagem de requisitos de etapas em que ela foi usada. Como se pode constatar a soma das porcentagens é superior a 100%, visto em que um mesmo requisito de etapa poderiam ser usadas várias ferramentas.

Quadro 6: Número de utilizações de cada ferramentas Quadro 3

	<b>Qtd.</b>	<b>%</b>
<b>PDCA</b>	12	60%
<b>5W 2H</b>	7	35%
<b>Metodologia 5S</b>	6	30%
<b>Takt Time</b>	5	25%

<b><i>Kanban</i></b>	4	20%
<b>5 Porquês</b>	3	15%
<b><i>Last Planner</i></b>	3	15%
<b><i>Kaizen</i></b>	2	10%
<b><i>Benchmark</i></b>	2	10%
<b><i>Poka Yoke</i></b>	2	10%

Fonte: O autor

No Quadro 6 constata-se que no modelo de gerenciamento de projetos proposto as ferramentas que se destacam são a PDCA, 5W2H e Metodologia 5S e essas também são as únicas ferramentas que são usadas nas 4 etapas do ciclo de vida de um projeto.

O PDCA (*Plan, Do, Check e Act*) representa sobretudo o funcionamento de um projeto sendo, portanto, imprescindível a sua utilização em todas as etapas. O PDCA vai acompanhando cronologicamente o ciclo de vida do projeto. Nas fases de “Concepção e Viabilidade” e “Detalhamento do projeto e do planejamento”, o profissional planeja o que será feito e tudo que faz parte de um o projeto (*Plan*), na fase de “Execução” o profissional irá executar de fato o projeto, irá mantê-lo sobre seu controle e irá agir para corrigir problemas ou tomará ações para melhorar o seu projeto (*Do, Check e Act*). Enquanto que na fase de “Finalização” o profissional irá ainda controlar e agir para que se obtenha êxito no encerramento do projeto (*Check e Act*).

Já o 5W2H pode ser tanto usado na solução de problemas para definir as condições e a viabilidade de uma determinada ação ser colocada em prática nas fases de “Execução” e “Finalização”, como também pode ser utilizado nas duas primeiras etapas para, por exemplo, definir o plano de ação em um projeto, como também a definição de escopo.

Assim como as duas ferramentas comentadas acima, a Metodologia 5S pode e deve ser aplicada no ambiente do escritório de projetos e na elaboração dos projetos iniciais, como também deve ser aplicada no ambiente do canteiro de obras. Sendo também importante a sua aplicação nas fases finais, quando vão acontecendo as inspeções finais e nas etapas de entrega em que há possibilidade de os clientes finais estarem presentes no ambiente da obra, podendo ser vital essa imagem que a construtora passa de uma obra limpa e extremamente organizada para uma possível futura nova compra de outro imóvel ou indicação para outras pessoas.

No entanto, apesar de algumas ferramentas no plano proposto terem sido planejadas para serem usadas em poucos requisitos de etapas, ou mesmo somente em um. O seu uso não

pode ser renegado e mesmo que seu uso seja restrito somente em uma fase, ele pode ser importante para que os princípios *lean* continuem sendo aplicados na obra.

O Quadro 7 apresenta a quantidade de vezes que cada princípio se repetiu e a porcentagem de requisitos de etapas em que ele foi usado. Como se pode constatar a soma das porcentagens é superior a 100%, visto em que um mesmo requisito de etapa poderiam ser usados vários princípios.

Quadro 7: Número de utilizações de cada princípio de construção enxuta no Quadro 3

	<b>Qtd.</b>	<b>%</b>
<b>Maximizar a transparência do processo</b>	9	45%
<b>Simplificar por meio da diminuição do número de passos ou partes</b>	7	35%
<b>Diminuição das atividades que não agregam valor</b>	6	30%
<b>Reduzir o tempo do ciclo de produção</b>	6	30%
<b>Reduzir variabilidade</b>	5	25%
<b>Aumentar a flexibilidade de saída do produto</b>	4	20%
<b>Focar o controle do processo todo</b>	4	20%
<b>Implementar a melhoria contínua no processo</b>	4	20%
<b>Buscar referências de ponta (fazer <i>benchmarking</i>)</b>	3	15%
<b>Aumentar o valor do produto ou serviço por meio da consideração das necessidades e expectativas dos clientes</b>	2	10%
<b>Equilibrar as melhorias no fluxo com as melhorias nas conversões</b>	2	10%

Fonte: O autor

Quantos aos princípios, com base no Quadro 7, observa-se que “Maximizar a transparência do processo” é aplicada em quase metade dos requisitos de etapas, pois essa ferramenta pode ser tanto aplicada pelo lado físico de ter um canteiro de obras e um escritório limpo em que todos os profissionais tenham uma visão ampla sobre o seu trabalho e o trabalho dos seus colegas, como também pelo lado jurídico para que toda a parte burocrática, documental e financeira seja feita da maneira mais correta possível para que se evite atividades que não agregam valor e são desnecessárias, como também passe o máximo de confiança e honestidade para os clientes.

Os princípios “Simplificar por meio da diminuição do número de passos”, “Diminuir as atividades não agregadoras de valor” que também foram bastante aplicados no modelo devem ser colocados em prática durante toda a vida do projeto. E por consequência reduzindo o prazo de entrega da obra e influenciando e beneficiando também os demais princípios. Mas os princípios menos citados também são importantes nas suas etapas do projeto.

O Quadro 8 apresenta a quantidade de princípios e ferramentas diferentes em cada etapa do Ciclo de vida de um projeto.

Quadro 8: Quantidade de princípios e ferramentas diferentes em cada etapa

<b>Etapas</b>	<b>Nº de Princípios diferentes</b>	<b>Número de Ferramentas diferentes</b>
<b>Concepção e viabilidade</b>	8	6
<b>Detalhamento do projeto e do planejamento</b>	8	6
<b>Execução</b>	8	8
<b>Finalização</b>	5	3

Fonte: O autor

A partir da análise crítica do Quadro 8, pode-se observar que a etapa que apresenta um menor número de princípios e ferramentas diferentes é a de “Finalização”, visto que essa etapa apresenta um requisito de etapa (Termo de Recebimento) que não apresenta nenhum princípio e ferramenta e os demais requisitos dessa etapa apresentam, em sua maioria, o uso de somente uma ferramenta.

As demais etapas apresentaram o mesmo número de princípios diferentes usados, mas a etapa de “Concepção e Viabilidade” apresentou dois requisitos de etapas (“Estudo de viabilidade” e “Identificação da fonte orçamentária”) que não apresentaram princípios e a etapa de “Detalhamento do projeto e do planejamento” apresentou um requisito (“Orçamento analítico”) que não teve um princípio. Em relações as ferramentas, foram esses mesmos requisitos de etapas que não apresentaram nenhuma ferramenta utilizada. Já a etapa de “Execução” além de apresentar o maior número de ferramentas diferentes usadas, todos os seus requisitos tiveram ferramentas e princípios. Sendo então a etapa do projeto mais contemplada pelo princípios e ferramentas do Modelo de Gerenciamento. Enquanto que as demais etapas teriam uma maior necessidade da introdução de novas ferramentas, em virtude das carências presentes em alguns requisitos dessas etapas.

## 5. CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES PARA FUTURAS PESQUISAS

O objetivo geral da pesquisa foi alcançado, principalmente, a partir do Quadro 3 em que se propôs um Modelo de Gerenciamento de Projetos com a utilização dos princípios de Construção Enxuta propostos por (KOSKELA, 1992) e das ferramentas de Construção Enxuta. No entanto, é válido ressaltar que o modelo de gerenciamento criado necessita que o gestor da construção civil busque realmente a integração entre os princípios e as ferramentas, a compreensão de todos colaboradores e que sejam efetivamente utilizados de maneira apropriada e adequada ao seu tipo de empresa nos processos em busca de uma construção efetivamente enxuta.

Durante o desenvolvimento dessa pesquisa como se pode ver pelos dados da *Mckinsey* relatados, o setor da construção sofre com problemas de baixa produtividade que acarretam prejuízos na casa dos trilhões a economia mundial. Entretanto o setor da construção oportuniza mudanças com o auxílio de boas práticas em conhecimento de gerenciamento de projetos (PMBOK) e com os princípios e ferramentas *lean*, que alguns foram percorridos aqui durante a pesquisa.

Pode-se observar também a mudança promovida por Eliji Toyoda e Taiichi Ohno na Toyota tornando o seu sistema de produção um modelo para os concorrentes. Os pilares do Sistema Toyota de Produção são umas das coisas que a construção civil precisa implantar de fato para buscar o avanço e a minimização desses problemas relatados na pesquisa. Entretanto a construção civil possui particularidades significativas em relação a uma fábrica, conforme citado na pesquisa, que dificultam a disseminação e a utilização dos princípios *lean* nas obras.

Portanto, após a execução dessa pesquisa pode se concluir que a construção civil só tem a ganhar com a introdução dos princípios da Construção Enxuta e as boas práticas do PMBOK, mas é fato que isso precisa ser adaptado para a realidade de cada modelo de organização e os tipos de projetos de engenharia que são executados. O PMBOK e seus 49 processos e o pensamento enxuto não foram criados para engessar o sistema de gestão, mas sim foram criados para otimizar e melhorar os resultados e a satisfação dos clientes, não sendo obrigatória a aplicação de todas as ações e princípios e sim sendo necessários estudos e dados para conseguir extrair e praticar aquilo que é adequado a sua empresa.

Além disso, é válido ressaltar a questão cultural existente da indisciplina do povo ocidental (diferentemente do povo japonês da onde foi criado o STP) e da resistência a

mudanças que podem vir a prejudicar a introdução de novos modelos de gerenciamento e conceitos no ambiente da construção civil. Porque esses indivíduos podem ter dificuldade no entendimento de como funciona o novo modelo de gerenciamento e podem surgir neles o medo de que essas mudanças no seu ambiente de trabalho poderão prejudica-los, com até mesmo a demissão ou mesmo o temor de não conseguir se adequar e se adaptar a trabalhar com esse modelo. Principalmente em um ambiente de trabalho como o setor da Construção Civil que, conforme abordado por diversos autores nessa pesquisa, possui em sua maioria mão de obra com baixo grau de qualificação e instrução.

Como propriamente abordado pelo PMBOK nas áreas de conhecimento de “comunicação” e “partes interessadas”, o gestor de obras se deve atentar a saber como agir com esses indivíduos para que todos compreendam como e porque aplicar esses modelos de gerenciamento e quais os benefícios e melhorias que podem trazer para a organização e a eles próprios.

Além disso, também deve tomar ações para que esse modelo não caia em desuso pelos trabalhadores e demais partes interessadas e vá se desidratando ao longo tempo. Muito pelo contrário deve se introduzir no consciente dos trabalhadores e demais participantes do processo a mentalidade de melhoria contínua e os benefícios que eles irão alcançar.

Após a execução e análise da literatura utilizada como base na pesquisa, é consciente pensar que os resultados dessa pesquisa promoveriam um impacto positivo no setor com projetos com prazos mais curtos e que sejam realmente cumpridos, redução dos desperdícios, retrabalhos e uma melhora do desempenho das obras. Mas é evidente que o nível de abrangência dessa pesquisa é limitado, porque ela também se restringiu somente em uma revisão da literatura. Para a comprovação efetiva do seu impacto positivo necessitaria de estudos mais avançados e a colocação em teste do modelo em um estudo de caso para se descobrir através de relatórios, dados qualitativos e quantitativos a conclusão de quais são os pontos de melhorias e o que precisa ser adicionado ou retirado para o amadurecimento desse modelo de gerenciamento.

Como relatado durante a pesquisa, a situação atual do setor da construção civil obriga as empresas a encontrem formas de proporcionarem preços convidativos para os clientes e ao mesmo tempo não ter prejuízos. Com isso, se faz necessário a introdução de modelos de gerenciamento que promovam a economia de tempo e custo, mas também aumentem o nível de qualidade das obras e de contentamento dos seus clientes. Portanto é de esperar que as

empresas e profissionais do setor acenem de forma positiva para pesquisas semelhantes a esta, mas é evidente que seria necessário, como dito anteriormente, maiores estudos para a adoção em suas empresas.

Como se pode observar, em alguns requisitos de etapas não se conseguiu encaixar o uso de algum princípio ou ferramenta, ou mesmo só tiveram um ou dois princípios ou ferramentas. Sendo assim é recomendável a realização de mais pesquisas para o desenvolvimento de mais ferramentas e até mesmo princípios, metodologias e modelos de gerenciamento que possam ser aplicados nos projetos de engenharia civil. E também estudos e pesquisas para o aperfeiçoamento das ferramentas, princípios e modelos já existentes para que o máximo número de profissionais e construtoras compreendam como aplicar corretamente e os impactos positivos na sua organização e na satisfação dos clientes.

## REFERÊNCIAS

- ABRAINCO. Déficit populacional é recorde no país. **Abrainc**, 7 janeiro 2019. Disponível em: <<http://www.abrainc.org.br/noticias/2019/01/07/deficit-habitacional-e-recorde-no-pais/>>. Acesso em: 17 outubro 2020.
- ALENCAR, J. F. **Utilização do Ciclo PDCA para Análise de Não Conformidade em um Processo Logístico**. Universidade Federal de Juiz de Fora. Juiz de Fora, p. 60. 2008.
- ALIANI, C. **Planejamento: Ferramenta indispensável para o canteiro de obras**. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte. 2015.
- ARANTES, P. C. F. G. **Lean Construction: Filosofia e metodologias**. Univeridade do Porto. Portugal, p. 86. 2008.
- ARAUJO, C. A. C.; RENTES, A. F. A Metodologia Kaizen na condução de processos de mudança em sistemas de produção enxuta. **Revista Gestão Industrial**, Ponta Grossa, 02, n. 02, 2006. 126-135.
- AULETE, C. Dicionário online Caldas Aulete. **Aulete Digital**. Disponível em: <<http://www.aulete.com.br/>>. Acesso em: 17 Outubro 2020.
- ÁVILA, M. L. M. **Planejamento e gerenciamento de obras públicas de pequeno a médio porte segundo práticas do PMBOK®**. Universidade Federal de Juiz de Fora. Juiz de Fora. 2013.
- BALLARD, G.; HOWELL, G. Shielding production: an essential step in production control. **Journal of Construction Engineering in Managment**, 124, 1998. 18-24.
- BALLARD, H. G. **The Last Planner System of production control**. Univesity of Birmingham. Birmingham, p. 192. 2020.
- BARROS CORREIA, J. V. F. **Contextualização dos Princípios da Construção Enxuta: Aplicação da filosofia enxuta do Sistema Toyota de Produção na indústria da construção civil em exemplos práticos**. Universidade Tiradentes. Aracaju. 2018.
- BORGES, J. F. B. Gestão de Projetos na Construção Civil. **Revista On-line IPOG Especialize**, Goiânia, v. 01/2013, n. 5, Julho 2013. ISSN ISSN 2179-5568.

BORGES, T. D. M. D. **Princípios da Construção Enxuta no processo de planejamento de uma construtora de grande porte de Natal (RN)**. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, p. 146. 2015.

CASCAES, L. F. **5S's, Cinco alicerces para a atualidade**. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, p. 134. 1999.

CAVALCANTI, I. **Construção Civil - Introdução à engenharia**. Universidade de Pernambuco. Pernambuco. 2011.

CAVALLI, J. L. **Planejamento do tempo de um projeto típico da engenharia civil e a sua aplicabilidade ao software microsoft project**. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria. 2014.

CHAVES FILHO, J. G. B. **Melhores práticas para garantia de sustentabilidade de melhorias obtidas através de eventos Kaizen**. Universidade de São Paulo. São Carlos, p. 149. 2010.

CLETO, F. D. R. et al. Códigos de práticas: uma proposta de documentos técnicos de referência de boas práticas para a construção de edifícios no Brasil. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, 2011.

CONTE, A. S. I. Lean Construction e a estabilização do processo produtivo na construção civil. **Feicon Batimat**, São Paulo, 2009.

COSTA, B. F. **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. 2017.

DEMING, W. E. **Qualidade: A revolução da administração**. Rio de Janeiro: Marques Saraiva, 1990.

DENNIS, P. **Produção lean simplificada - Um guia para estudar o sistema de produção mais poderoso do mundo**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2008.

DIEESE. A construção civil e os trabalhadores: Panorama dos anos recentes. **DIEESE**, 8 julho 2020. Disponível em:

<<https://www.dieese.org.br/estudosepesquisas/2020/estPesq95trabconstrucaocivil/index.html?page=1>>. Acesso em: 17 outubro 2020.

FARAH, M. F. S. **Tecnologia, processo de trabalho e construção habitacional**. Universidade de São Paulo. São Paulo. 1992.

FAZINGA, W. R. **Particularidades da construção civil para implantação do trabalho padronizado**. Universidade Estadual de Londrina. Londrina, p. 157. 2012.

FONSECA, P. L.; BEZERRA, M. D. J. S.; FARIAS FILHO, J. R. Considerações sobre a evolução da construção enxuta no Brasil: aspectos tecnológicos e a aplicabilidade dos conceitos à realidade brasileira. **XIII SIMPEP**, Bauru, Novembro 2006.

FORMOSO, C. T. **Lean Construction: princípios básicos e exemplos. Construção Mercado: custos, suprimentos, planejamento e controle de obras**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 2002.

FORMOSO, T. C. et al. **Planejamento e controle da produção em empresas de construção**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, p. 50. 2001.

GHINATO, P. **Sistema Toyota de produção: mais do que simplesmente just-in-time**. Caxias do Sul: Editora da Universidade de Caxias do Sul, 1996.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4º. ed. [S.l.]: Editora Atlas, 2002.

GONÇALVES, P. G. F. **Estudo e Análise da Metodologia Lean Construction**. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte. 2014.

HANASHIRO, A. **Proposta de Modelo de Gestão do Conhecimento no piso de fábrica: Estudo de caso de Kaizen em empresa do setor automotivo**. Universidade Federal do Paraná. Curitiba. 2005.

HONESKO, F. **Planejamento da produção: Um estudo de caso na verificação dos serviços executados**. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco. 2014.

IMAI, M. **Gemba Kaizen: Estratégias e técnicas do Kaizen no piso de fábrica**. São Paulo: IMAM, 1996.

ISATTO, E. L. et al. **Lean Construction: Diretrizes e ferramentas para o controle de perdas na construção civil**. Porto Alegre: SEBRAE/RS, v. Série SEBRAE Construção Civil, Vol 5, 2000.

JUNQUEIRA, L. E. L. **Aplicação da Lean Construction para redução dos custos da Casa 1.0®**. Escola Politécnica da Universidade São Paulo. São Paulo, p. 146. 2006.

KOSKELA, L. Application of the new production philosophy to construction. **Technical Report**, Stanford, EUA, Agosto 1992.

KOSKELA, L. **An exploration towards a production theory and its application to construction**. Espoo: VTT, 2000.

KOSKELA, L. Moving on beyond Lean Thinking. **Lean Construction Journal**, Louisville, Outubro 2004.

LEANDRO, G. C. **Um Estudo sobre o Gerenciamento de Projetos**. Universidade Estadual da Paraíba. Campina Grande. 2012.

LEWIS, M. A. Lean Production and sustainable competitive advantage. **International Journal of Operations & Production Management**, Bringley, 20, 2000.

LEXICO LEAN. **Glossário Ilustrado para praticantes do pensamento lean**. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2003.

LIMA, G. D. M. E.; SOUSA, D. S. V.; SOUSA, L. C. **Implantação da metodologia BIM em uma construtora de casas de alto padrão em Fortaleza: Estudo de caso. Encontro de extensão, docência e iniciação científica**. [S.l.]: [s.n.]. 2019.

LIMA, R. D. A. **Como a relação entre clientes e fornecedores internos à organização pode contribuir para a garantia da qualidade: O caso de uma empresa automobilística**. Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto. 2006.

LORENZON, I. A. **A Medição de Desempenho na Construção Enxuta: Estudos de caso**. Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, p. 219. 2008.

LOWE, R. H. et al. **A comparison of location-based scheduling with the traditional critical path method**. Annual Meeting American College of Construction Lawyers. San Francisco: [s.n.]. 2012.

MARCONI, M. D. A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica**. 5. ed. São Paulo: Editora Atlas, 2003.

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

MCKINSEY & COMPANY. Reinventando o setor de construção por meio de uma revolução na produtividade. **McKinsey & Company**, 2017. Disponível em: <<https://www.mckinsey.com/industries/capital-projects-and-infrastructure/our-insights/reinventing-construction-through-a-productivity-revolution/pt-br>>. Acesso em: 10 Outubro 2020.

MELHADO, S. B.; VIOLANI, M. A. F. **A qualidade na construção civil e o projeto de edifícios**. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo. 1992.

MELHADO, S. B.; VIOLANI, M. A. F. **Sistematização da coordenação de projetos de obras de edifícios habitacionais**. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo. 1992.

MICHAELIS. Michaelis On-Line. **Michaelis**, 2020. Disponível em: <<http://michaelis.uol.com.br/>>. Acesso em: 17 Outubro 2020.

MONTE, C. E.; NEUMANN, C.; AQUERE, A. L. Lean Construction 2007 a 2016. **Journal of Lean System**, 2, 2017. 15-28.

MOREIRA, S. T. G. Boas práticas para reduzir desvio de custos e retardos de prazos em obras de construção civil. **Produção & Engenharia**, v. 9, n. 2, 2019. ISSN: 1983-9952.

MORGAN, J. M.; LIKER, J. K. **Sistema Toyota de desenvolvimento de produto: Integrando pessoas, processos e tecnologias.** Tradução de Raul Rubennich. Porto Alegre: [s.n.], 2008.

OHNO, T. **Toyota Production System: Beyond large-scale production.** Portland: Productivity Inc, 1988.

OHNO, T. **O Sistema Toyota de Produção além da produção em larga escala.** Porto Alegre: Bookman, 1997.

OLIVEIRA, F.; RAMOS, K.; MARIANNA, G. **Revisão de literatura: pesquisa bibliográfica x pesquisa documental.** Universidade Federal do Espírito Santo. Jerônimo Monteiro. 2011.

OLIVEIRA, S. T. **Ferramentas para o aprimoramento da qualidade.** 2. ed. São Paulo: Pioneira, 1996.

PENEIROL, N. L. S. **Lean Construction em Portugal: Caso de estudo de implementação de sistema de controle da produção Last Planner.** Universidade Técnica de Lisboa. Lisboa. 2007.

PICCHI, F. A. **Sistemas de qualidade: Uso em empresas de construção de edifícios.** Universidade de São Paulo. São Paulo. 1993.

PICCHI, F. A. Oportunidades da aplicação do Lean Thinking na construção. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, Janeiro/Março 2003. 7-23.

PICCHI, F. A. Enxuga aí. **Lean Institue Brasil**, 18 outubro 2017. Disponível em: <<https://www.lean.org.br/colunas/529/entenda-os-%E2%80%9C7-desperdicios%E2%80%9D-que-uma-empresa-pode-ter.aspx>>. Acesso em: 16 outubro 2020.

PINTO, A. **Estudo da percepção dos profissionais de engenharia e arquitetura quanto à importância do gerenciamento de projetos para a construção civil.** Universidade Federal Fluminense. Niterói. 2012.

PIRES, D. L. **Aplicação de técnicas de controle e planejamento em edificações.** Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte. 2014.

POLITO, G. **Gerenciamento de Projetos na Construção Civil Predial: Uma proposta de modelo de gestão integrada.** Palestra para PMI-SP. São Paulo: [s.n.]. 2010.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. **Project Management Body of Knowledge (Guia PMBOOK).** 6. ed. [S.l.]: [s.n.], 2017.

REZENDE, J. S.; DOMINGUES, S. M. P.; MANO, A. P. Identificação das práticas da filosofia Lean Construction em construtoras de médio porte na cidade de Itabuna (BA). **Engevista**, Niterói, 14, 2012. 281-292.

- RODRIGUES, P. B. D. F. et al. Uma proposta de integração do modelo BIM ao sistema Last Planner. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, 18, Outubro/Dezembro 2018.
- ROTHER, M.; SHOOK, J. **Aprendendo a enxergar**: Mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar desperdício. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2000.
- SANTOS, N. C. R. D. et al. Implantação do 5S para qualidade nas empresas de pequeno porte na. **XIII SIMPEP**, Bauru, 6-8 Novembro 2006.
- SARCINELLI, W. T. **Construção Enxuta através da padronização de tarefas e projetos**. Universidade Federal de Minas Gerais. Vitória. 2008.
- SEPPÄNEN, O.; EVINGER, J.; MOUFLARD, C. Effects of the location-based management system on production rates and productivity. **Construction management and economics**, 32, n. 6, 2014.
- SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS. Ferramenta: 5W2H-Plano de Ação para Empreendedores. **SEBRAE**, 2008. Disponível em: <<https://www.sebrae.com.br/Sebrae/Portal%20Sebrae/Anexos/5W2H.pdf>>. Acesso em: 17 Outubro 2020.
- SHARMA, A.; MOODY, P. E. **A Máquina perfeita**. São Paulo: Prentice Hall, 2003.
- SHIBA, S. **TQM: Quatro revoluções na gestão da qualidade**. Porto Alegre: Bookman, 1997.
- SHINGO, S. **O Sistema Toyota de Produção do ponto de vista da engenharia de produção**. Tradução de Eduardo Schaan. 2. ed. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996.
- SILVA, M. S. T. C. **Planejamento e controle obras**. Universidade Federal da Bahia. Salvador, p. 98. 2011.
- SIMÕES, L. H. D. S. **Adaptações do Sistema de informações gerenciais para atender necessidades de empresas envolvidas com a implantação do pensamento**. Fundação Getúlio Vargas. São Paulo. 2010.
- SIVA JÚNIOR, A. D. S.; SANTOS, C. T. A gestão do cronograma em empresas de engenharia civil: Um estudo sobre os fatores determinantes. **Revista de Gestão e Projetos - GeP**, Pernambuco, Fevereiro 2015.
- SOIBELMAN, L. **As perdas de materiais na construção de edificações: Sua incidência e controle**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 1993.
- SOUZA, R. **Metodologia para desenvolvimento e implantação de sistemas de gestão da qualidade em empresas construtoras de pequeno e médio porte**. Universidade de São Paulo. São Paulo. 1997.
- SPEAR, S.; BOWEN, K. Decoding the DNA of the Toyota Production System. **Harvard Business Review**, Setembro/Outubro 1999.

- TAPPING, D.; LUYSTER, T.; SHUKER, T. **Value Stream Management: Eight steps to planning, mapping and sustaining lean improvements.** New York: Productivity Pressa, 2002.
- THOMPSON, A. A. J.; STRICKLAND, A. J. I. **Planejamento estratégico: Elaboração, implementação e execução.** São Paulo: Pioneira, 2000.
- TOMASI, C.; MEDEIROS, J. B. **Comunicação científica: normas técnicas para redação científica.** São Paulo: Atlas, 2008.
- VENTURINI, J. S. **Proposta de ações baseadas nos 11 princípios Lean Construction para a implantação em um canteiro de obras de Santa Maria.** Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, p. 89. 2015.
- VIVANCOS, A. G. **Estruturas organizacionais de empresas construtoras de edifícios em processo de implementação de sistemas de gestão da qualidade.** Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, p. 183. 2001.
- VRIJHOEF, R.; KOSKELA, L. Revisiting the three peculiarities of production in construction. **13th International Group for Lean Construction Conference**, Sidney, 1 Dezembrp 2005. 19-27.
- WERKEMA, C. **Lean Seis Sigma: Introdução às ferramentas do Lean Manufacturing.** Belo Horizonte: Werkema, 2006.
- WOMACK, J. P.; JONES, D. T. **Beyond Toyota: How to root out waste and pursue perfection.** [S.l.]: Havard Business Review, 1996.
- WOMACK, J. P.; JONES, D. T. **Lean Thinking: Banish waste and create wealth in your corporation.** New York: Simon & Shusther, 1996.
- WOMACK, J. P.; JONES, D. T. **A mentalidade enxuta nas empresas: Elimine o desperdício e crie riqueza.** 5. ed. Rio de Janeiro: Campus, 2004.
- WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROSS, D. **The machine that changed the world.** New York: Macmillan Publishing Company, 1990.