



BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

PATRICK MARTINS NUNES

**APLICABILIDADE DO SISTEMA LEAN CONSTRUCTION NA INDÚSTRIA DA  
CONSTRUÇÃO CIVIL**

PORTO ALEGRE

2022

PATRICK MARTINS NUNES

**APLICABILIDADE DO SISTEMA LEAN CONSTRUCTION NA INDÚSTRIA DA  
CONSTRUÇÃO CIVIL**

Trabalho final de curso em engenharia  
apresentado ao Centro Universitário Ritter  
dos Reis, como parte dos requisitos para  
obtenção do título de Engenheiro Civil.

Orientador: Prof. ENIO RICARDO  
DORVIL COELHO

PORTO ALEGRE

2022

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho a todos aqueles que participaram junto comigo nesta caminhada, colegas, família e amigos.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradecer aos meus familiares e amigos por todo apoio e ajuda nesses longos anos, que contribuíram muito para realização deste trabalho, mas meu principal agradecimento vai para minha mãe que me deu todo apoio e suporte mesmo nas piores horas.

## RESUMO

A indústria da construção está tentando adaptar conceitos e técnicas de ambientes industriais e é neste contexto que a *Lean Construction*, ou seja, a construção enxuta, ganha importância. Este trabalho teve como objetivo avaliar por meio de pesquisas bibliográficas a eficiência da metodologia *Lean Construction*, no combate aos desperdícios. Como metodologia, observou-se que ela é classificada como pesquisa exploratória. Detectou-se também a necessidade da pesquisa bibliográfica no momento em que se fez uso de materiais já elaborados: livros, artigos científicos, revistas, documentos eletrônicos e enciclopédias na busca e alocação de conhecimento sobre a aplicabilidade do sistema *Lean Construction* na indústria da construção civil. Os resultados mostraram que a aplicação dos princípios do *Lean Construction* em todas as etapas da construção, ou seja, projeto, mobilização de canteiros, execução e acabamento, foi responsável por uma redução significativa na geração de resíduos e custos das empresas estudadas, através da racionalização e melhoria dos processos. Além de reduzir a quantidade de resíduos gerados, foi possível medir a economia na compra de materiais, gastos com caçambas e mobilização de canteiros de obras.

Palavras-chave: *Lean Construction*; Construção Civil; Gestão De Projetos; Tecnologia da Construção.

## **ABSTRACT**

The construction industry is trying to adapt concepts and techniques from industrial environments and it is in this context that Lean Construction, that is, lean construction, gains importance. This work aimed to evaluate, through bibliographical research, the efficiency of the Lean Construction methodology, in the fight against waste. As a methodology, it is observed that it is classified as exploratory research. The need for bibliographical research was also detected when materials already prepared were used: books, scientific articles, magazines, electronic documents and encyclopedias in the search and allocation of knowledge about the applicability of the Lean Construction system in the civil construction industry. . The results appreciated that the application of Lean Construction principles in all stages of construction, that is, design, delivery of sites, execution and finishing, was responsible for a significant reduction in the generation of waste and costs of the controlled companies, through the rationalization and process improvement. In addition to reducing the amount of waste generated, it was possible to save on the purchase of materials, expenses with buckets and storage at construction sites.

Keywords: Lean Construction; Construction; Project management; Construction Technology..

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Modelo proposto de processo <i>Lean Construction</i> .....	16
Figura 2: Modelo de processo na filosofia de gestão tradicional .....	17
Figura 3: Diagrama de linha de balanço.....	21
Figura 4: Reprodução da linha de balanço.....	23
Figura 5: Cronograma de envio.....	24
Figura 6: Desempenho do Last Planner.....	25

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Planilha Last Planner no Início do Período de Planejamento .....	26
Tabela 2: Planilha Last Planner no Final do Período de Planejamento.....	26

## **LISTA DE SIGLAS**

ANEEL      Agência Nacional de Energia Elétrica

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
1.1	Problema de Pesquisa	11
1.2	Delimitação da Pesquisa	11
1.3	Objetivos	11
1.3.1	Objetivo Geral	12
1.3.2	Objetivos Específicos	12
1.4	Justificativa	12
2	REVISÃO DE LITERATURA	14
2.1	CONSTRUÇÃO ENXUTA	14
2.1.1	Aplicação do Princípio <i>Lean Construction</i> na Construção Civil	14
2.2	<i>Lean Construction</i>	16
2.2.1	Ferramentas Lean	18
2.3	TÉCNICAS E FERRAMENTAS DE PLANEJAMENTO	20
2.3.1	Linha de balanço	21
2.3.2	Last Planner System	23
3	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	28
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
4.1	Estudos desenvolvidos no Brasil sobre o <i>Lean Construction</i>	29
5	CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	34
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	36

## 1 INTRODUÇÃO

O setor da construção civil pode ser apontado como um dos pilares desenvolvimento econômico de qualquer país, por sua plena capacidade produtiva e fluxos financeiros no cenário social, em qualquer área (DE OLIVEIRA; PINHEIRO, 2021). Nesse cenário, a necessidade de desenvolver um sistema de produção de forma ágil e eficiente exige que as empresas planejem cada vez mais seus investimentos a fim de desenvolver projetos e metodologias que possam aliar: qualidade, eficiência e rentabilidade.

No Brasil, a indústria civil passou por uma enorme transformação de mercado nas últimas décadas, desde o aquecimento do setor até a redução de projetos. Atualmente, existe um cenário de maior demanda pelo aspecto de satisfação do cliente e planejamento estratégico no que diz respeito ao processo produtivo e a utilização de tecnologia e ferramentas que garantam a apresentação do produto final de maior qualidade (LUCENA; DE MELO PEDROSO, 2022).

Segundo dados da Câmara Brasileira da Indústria da Construção (2019), o mercado da construção civil no Brasil estará adaptado a um cenário de mercado mais exigente, tanto no que diz respeito ao prazo de entrega do produto quanto à qualidade de acabamento e uso oferecidos. materiais. Essa nova demanda exige que designers e engenheiros tenham um conhecimento prático de planejamento e gestão da qualidade, e usem os recursos disponíveis de forma mais eficiente, lucrativa e estratégica.

Segundo Mattos (2010), o planejamento da construção desempenha um papel fundamental nas empresas, pois tem grande impacto nos resultados da produção. Para melhorar a produtividade, os gerentes podem fazer algumas modificações. Os métodos de execução podem ser reavaliados, as tecnologias podem ser implementadas, a força de trabalho pode ser melhorada e os trabalhadores podem ficar mais motivados. No entanto, ele identificou que a primeira ação a ser tomada deve ser a redução da variabilidade do fluxo de trabalho já na fase de planejamento. Além do planejamento, é preciso manter o controle da produção, que consiste basicamente em verificar se a produção está indo conforme o planejado.

No entanto, a par do aumento da oferta resultante do desenvolvimento do setor, as empresas precisam rever sua organização de gestão. Com consumidores

mais informados e exigentes e aumento da concorrência, aumentar o valor dos produtos e reduzir custos através do sistema de produção e administração mais eficiente, com desperdício mínimo, tornam-se pré-requisitos necessários para garantir retornos satisfatórios.

A indústria da construção está tentando adaptar conceitos e técnicas de ambientes industriais e é neste contexto que a *Lean Construction*, ou seja, a construção enxuta, ganha importância. Adaptado do modelo de produção derivado do Sistema Toyota de Produção, tem como foco eliminar esforços desnecessários, portanto considerados desperdícios, e aumentar a produtividade consumindo menos recursos.

Neste contexto, o presente trabalho visa avaliar por meio de pesquisas bibliográficas a eficiência da metodologia *Lean Construction*, no combate aos desperdícios.

## 1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

A proposta *Lean Construction*, segundo Barros (2005), é reduzir custos sem a exigência de investimento, ou seja, através de melhorias no processo de organização, com a eliminação de reservas de mão de obra ociosa e a otimização de todos os recursos disponíveis.

Desta forma, a questão proposta por este trabalho são:

- Como buscar a otimização dos recursos e o controle da produção de edificações com base nos princípios de construção enxuta?

## 1.2 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

Esta pesquisa se delimita em realizar uma breve revisão bibliográfica, com base em livros, sites, jornais, revistas, acerca da aplicação da construção enxuta no setor da construção civil.

## 1.3 OBJETIVOS

Os objetivos do presente trabalho são apresentados a seguir.

### **1.3.1 Objetivo Geral**

Avaliar por meio de pesquisas bibliográficas, a eficiência da metodologia *Lean Construction*, no combate aos desperdícios e otimização dos recursos da construção civil.

### **1.3.2 Objetivos Específicos**

- Apresentar os princípios da construção enxuta;
- Identificar a padronização dos processos e a redução de desperdício através do planejamento das ações, bem como a gestão da qualidade;
- Realizar discussão sobre resultados da pesquisa bibliográfica sobre a aplicação do *Lean Construction* na Construção Civil.

## **1.4 JUSTIFICATIVA**

As discussões sobre inovações no setor de construção civil, que é o próprio canteiro de obras, pois a estrutura de organização e planejamento da obra, assim como a produção, ainda são relativamente precárias, pois não acompanharam a contínua revolução industrial. Apesar disso, a construção civil é um setor potencial produtora de resíduos sólidos no mundo, o que vai ao encontro da necessidade de investir em processos produtivos mais enxutos e menos desperdício (PÁDUA, 2014).

É perceptível a importância do sistema Lean no desenvolvimento e organização do setor da construção civil, embora as pesquisas ainda sejam insuficientes e inconclusivas de acordo com Camera *et al.*, (2014), como a construção civil envolve muitas variáveis, há muitos indícios positivos de sua contribuição. Nesse contexto, é importante que haja profissionais envolvidos no tema, pesquisando e amadurecendo na área.

Segundo Picchi (2004), a indústria da construção é composta por muitas peculiaridades, em oposição aos processos de fabricação mais exclusivos com um

único produto, o que significa que a pesquisa até o momento tendeu a analisar fragmentos únicos, enquanto uma aplicação e análise mais abrangentes podem produzir resultados mais precisos nas contribuições Lean para o gerenciamento de projetos.

Tendo em vista esses argumentos, a presente pesquisa busca contribuir com esta revisão bibliográfica para que sirva como consulta para a melhoria da metodologia de gerenciamento das empresas deste setor, e como relevância acadêmica, têm-se como base para pesquisas futuras, com objetivo de embasamento teórico.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

Inicialmente será apresentada, a conceituação, pioneirismo do sistema de construção enxuta, aplicação do *Lean Construction* na Construção Civil, e os conceitos e definições da Ferramenta *Lean*. Por fim, busca-se conceituar as técnicas e ferramentas de planejamento.

### 2.1 CONSTRUÇÃO ENXUTA

Na década de 1990 a construção enxuta começou com as "Novas aplicações significativas para a publicação da obra do finlandês Lauri Koskela da Produção à Construção". Neste relatório, Koskela (1992) desafia profissionais das seguintes áreas a construção civil quebra seu modelo de gestão e adapta tecnologia e ferramentas desenvolvido no Sistema Toyota de Produção.

A construção civil no Brasil está habituada aos modelos tradicionais apresentados por Koskela (1992). O modelo tradicional apresenta as características de subdivisão e subprocesso ativo que converte entrada em saída que posteriormente torna-se um intermediário para o produto final.

A principal falha deste modelo foi proposta por Isatto *et al.* (2000), reconhecido como modelo de transformação, apresenta um subconjunto de atividades, para compensar o fluxo físico entre as atividades de conversão, não adicionando atividades sem valor.

Ainda segundo Koskela (1992), o modelo de construção enxuta começa desde a matéria-prima ao produto final, o modelo compõe-se em um processo de materiais em transporte, aguardo, processamento e inspeção, sendo que nem todas as atividades agregam valor ao produto final.

#### 2.1.1 Aplicação do Princípio *Lean Construction* na Construção Civil

O desperdício de material, mão de obra e baixa produtividade são os principais motivos problemas encontrados na gestão e planejamento da construção civil no Brasil, tais problemas por escassez de mão de obra qualificada,

planejamento, fiscalização e controle sobre as atividades realizadas em um canteiro de obras, ainda mais do que uma dessas questões.

De acordo com Koskela (1992), existem 11 princípios heurísticos para design e melhoria fluxos de processo representando várias atividades e bases de trabalho de aplicativos a prática dos princípios do pensamento enxuto na construção civil:

- Aumentar o valor do produto considerando sistematicamente as necessidades dos clientes;
- Redução do ciclo;
- Redução na fração de atividades que não acrescentam valor;
- Simplifica reduzindo etapas, partes e conexões;
- Foco no controle de todo o processo;
- Garantir um equilíbrio entre melhoria e transformação de processos;
- Reduzir a variabilidade;
- Aumento da clareza do processo;
- Aumento da maleabilidade de saída;
- Inserir melhoria contínua no processo;
- Benchmarking;

Isatto *et al.* (2000) aponta que a produção de valor é a representação dos processos na construção enxuta não são inerentes à execução do processo. Então isso é importante enfatizar o conceito de valor, ele deve estar diretamente ligado ao conceito de contentamento do consumidor.

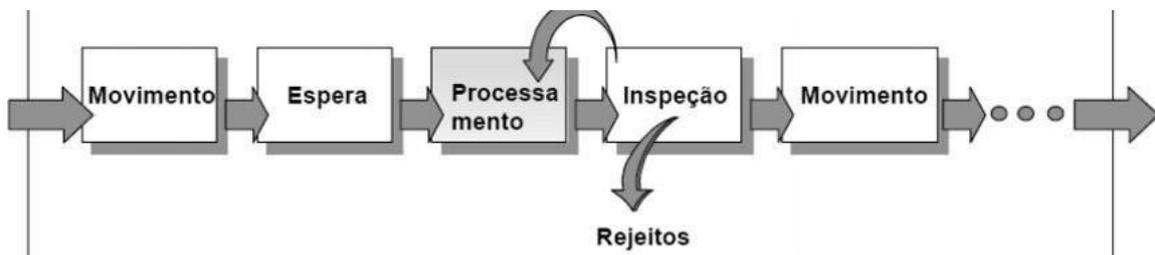
O Modelo de Processo *Lean Construction* de Koskela (1992) apresentado na Figura 1, não se aplica apenas aos processos produtivos de natureza física e aos processos produtivos de natureza administrativa. Os processos só geram valor conforme as atividades de transformação de matérias-primas ou componentes exigidos pelo cliente, sejam internos ou externos.

No Brasil, diversos centros, institutos e universidades vêm trabalhando na Pesquisa e desenvolvimento de métodos de aplicação de construção enxuta para consolidar o novo paradigma.

De acordo com Koskela (1992), apenas o processamento pode acrescentar relevância ao produto final, portanto, outras atividades são nomeadas de atividades de fluxo. Algumas dessas atividades como manipulação dimensional, capacitação de

mão de obra e instalação segurança não agrega valor aos clientes, mas eficiência geral de processos.

**Figura 1:** Modelo proposto de processo Lean Construction



Fonte: Koskela, 1992.

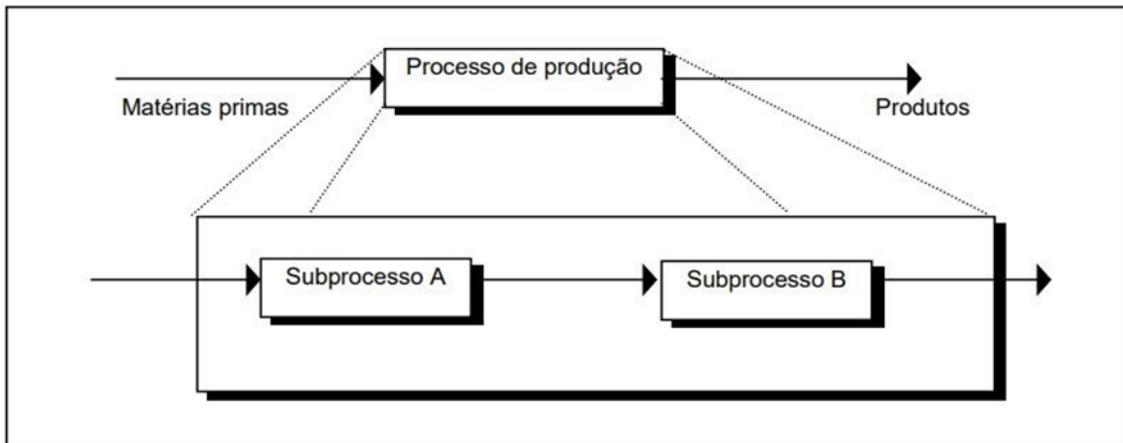
Na opinião de Formoso (2000), dois terços do período gasto no canteiro de obras não acrescentam relevância ao produto final. O processamento caracteriza a conversão, produção, controle, manuseio e armazenamento representando o aspecto do fluxo de produção.

## 2.2 LEAN CONSTRUCTION

A Construção enxuta (*Lean Construction*) é uma expressão utilizada amplamente na construção civil. O Pensamento enxuto (*Lean Thinking*) consiste em um sistema oriundo do Toyota de Produção (VIEIRA, 2006), que faz oposição às estruturas de produção defendida no fordismo, Taylorismo (FORMOSO, 2020).

Segundo Formoso (2020) a construção enxuta é como um processo de transformação de insumos (materiais, conhecimento) em subprocessos (Figura 2) assim, convertendo matérias-primas em produtos intermediários ou finais, como fôrmas, lajes ou alvenaria. Portanto, existe um esforço para minimizar os custos em cada processo ou subprocesso. Na conclusão de Menezes (2006) o intuito desse sistema é maximizar os lucros minimizando os custos de produção, que ocorrem devido a muito desperdício de materiais, mão de obra, estoque ou retrabalho.

**Figura 2:** Modelo de processo na filosofia de gestão tradicional



Fonte: Formoso (2002).

Na visão de Nitz (2017), a finalidade da construção enxuta consiste em determinar atividades que prejudicam o processo produtivo e que não agregam valor final, assim, aprimorando técnicas e meios para chegar ao produto final. Em análogo, Reis (2004) recomenda um estudo aprofundado do fluxo de atividades durante todo o processo para proporcionar melhorias.

De acordo com Koskela (1992) que descreve a produção como uma combinação de atividades de mudança que consiste em ligar conhecimento e experiência transformando em plano de ação, insumo em produto, fluxo operacional em processos, lógica, custos, espera, envio e tempo em vendas.

*Lean Construction* resulta da aplicação de uma nova forma de gestão da produção à construção. As características essenciais da construção enxuta incluem um conjunto claro de objetivos para o processo de entrega, visando maximizar o desempenho para o cliente ao nível do projeto, a concepção simultânea do produto e do processo e a aplicação do controle da produção ao longo da vida útil do produto (Howell, 1999, p.9).

Apesar de Koskela (1992) descrever a produção enxuta como contínuo e homogêneo não representa um processo de construção enxuta porque os produtos são apostos únicas ou com pouca repetição, tendo alterações nos métodos de trabalho, configuração da equipe, organização do local de trabalho, segundo (NITZ, 2017).

Dessa forma, ao compreender a relação de valor, que é determinada pelos consumidores a partir de suas expectativas e executada com processos cada vez

mais otimizados para isso é essencial para obter o máximo de lucro possível e torná-lo atraente para os empresários do Lean Manufacturing. O tráfego gerado por este valor é decorrente da derivação do processo adicionado ao produto final pelas atividades que são significativas na cadeia de atividades e aquelas que não valorizam e devem eliminar para aprimorar processos e minimizar custos (MENEZES, 2006). Formoso (2020), define como os fundamentos da Gestão de processos, os seguintes itens:

1. Minimizar processos que não agregam valor reduzindo perdas, sejam elas matérias-primas ou tempo de trabalho, como deslocamento de material.

2. Identificar claramente as necessidades do consumidor, tipos de mapas clientes a listar nichos-alvo. A tomada deve estar em projeto com pesquisa de mercado.

3. Reduzir a alternância da forma como as atividades são realizadas dentro do ciclo estrutura, variabilidade de insumos (por exemplo, tamanho), requisitos do cliente. Este o processo de evitar mudanças resulta em um produto unificado e reduz não agrega valor.

4. Diminuir o tempo de produção devido a todas as atividades finais usa o princípio de que toda decisão deve ser tomada no momento certo (Oportuna) evite retrabalho e estoque.

5. Facilitar, simplifique o planejamento e reduza o número de maioria das atividades.

6. Autorizar que o consumidor final altere as características do produto sem alterar o seu valor substancial.

7. Ampliar a transparência das atividades envolvidas no processo confira os indicadores de performance e motivação das equipes formadas melhore o processo.

### **2.2.1 Ferramentas Lean**

Segundo Ohno (1997), o sucesso na gestão da produção é alcançado quando é produzido sem desperdício e, portanto, a quantidade exata deve ser produzida no momento certo, sem sobras ou estoque. O princípio Just In Time é explicado pela produção com qualidade e agilidade no momento certo, quando uma determinada

atividade é necessária, sem estoques e atrasos. A produção desordenada exige maiores custos de insumos e produção e, conseqüentemente, desperdício (OHNO, 1997).

Embora essa ferramenta se torne mais complexa na construção civil porque o processo envolve muitas atividades com muitas matérias-primas, conhecimento do ciclo de produção e identificação de falhas de produção, permite um uso mais eficiente (SHINGO, 1996).

O Kanban é um princípio visual e de comunicação relacionado ao Just in Time, porque a produção pontual só pode ocorrer quando há um planejamento onde a demanda por ação ou insumo ocorre em um momento exato. Esse contexto é chamado de produção puxada, em suma, o ritmo é determinado pela demanda (NITZ, 2017)

Também conhecido como princípio de automação, conceito Jidoka permite que tomar a decisão de descontinuar quando um defeito for detectado, anomalia ou irregularidade durante a produção (ARANTES, 2008). Este conceito aplica-se não apenas às máquinas, mas à tomada de decisões durante as operações manuais, impedindo a posse de produtos defeituosos, implicando em retrabalho, atividades que não agregam valor e desperdício (NITZ, 2017).

É possível afirmar que Takt Time é produtividade, como o tempo é chamado produção total dividida pela demanda de produção, ou seja, é o andamento da produção condicionada pela demanda quantitativa e qualitativa do cliente (NITZ, 2017). Sarcinelli (2008) traz como exemplo, ou seja, que a ideia por trás do Takt Time é a produção orientada pela demanda, ou seja, a produção puxada, onde o operador se ajusta ao ritmo determinado pela demanda do cliente.

Pádua (2014) define o tempo de ciclo como o tempo necessário resultante da soma de todas as atividades que compõem o ciclo, como transporte, produção, inspeção e expedição. Para encurtar o tempo do ciclo, é necessário reduzir o número de etapas inerentes (atividades), pois quanto maior o número de demanda, maior a chance de algumas etapas não agregarem valor ao produto final.

Gonçalves (2009) explica a ferramenta Kaizen como melhoria contínua de processos e enfatiza que as empresas de sucesso estão sempre abertas à mudança, antecipando soluções para problemas potenciais, não apenas lidando com eles quando eles surgem. Slack *et al.*, (2009) define Kaizen como melhoria

preventiva e menciona que o que diferencia as empresas do mundo ocidental das japonesas é justamente a filosofia Kaizen. Os gestores japoneses trabalham com a ideia de melhoria preventiva e sempre ficam à frente dos problemas que possam surgir pelo caminho.

O ciclo PDCA consiste em quatro etapas e foi desenvolvido em 1930. Isso é chamado de planejamento (Planning), execução (Do), verificação (Checking) e ação (Action). A fase de planejamento é a coleta de dados para verificar o planejamento e a melhoria; execução é a execução do plano de ação desenvolvido na primeira etapa; a etapa de verificação é verificar se a segunda atividade ocorreu conforme o planejado; por fim, a ação se resume a verificar se os resultados da ação foram positivos e, em caso afirmativo, torná-la uma ação padrão (NITZ, 2017).

Nitz (2017), e sua interpretação sobre o balanço da produção, explica que a produção enxuta corresponde em eliminar as atividades que não acrescentam valor e melhorar as atividades que compõem o ciclo produtivo. O objetivo do balanceamento de produção é tornar o ciclo perfeitamente estabilizado com a capacidade de atender a demanda sem problemas.

Davis *et al.*, (2001) citam seis passos para equilibrar efetivamente um sistema de produção: verificar a origem das atividades; identificar o tempo de ciclo; definir o número mínimo de estações de trabalho; criar uma regra onde as tarefas devem ser atribuídas a uma estação de trabalho específica; continue alocando até que o tempo total seja igual ao tempo de ciclo.

Ishikawa (1993), criador do diagrama de causa e efeito, esclarece que o mesmo serve para explicar e visualizar as oscilações da produção, identificando a causa. O autor explica como vários fatores de uma linha de produção estão relacionados e que o controle da causa das alternâncias de produção faz parte de um controle de qualidade que tem como efeito a produtividade e o lucro.

### 2.3 TÉCNICAS E FERRAMENTAS DE PLANEJAMENTO

A fim de que as tarefas planejadas prossigam conforme o esperado, os engenheiros civis precisam recorrer a uma série de técnicas e ferramentas para poder executar o plano de trabalho (GOMES, 2010).

Essas técnicas e ferramentas ajudam a quantificar, validar e abordar desvios que possam surgir na execução do trabalho. Dentre eles, podemos citar: Pert/CPM

(Técnica de Avaliação e Revisão de Projetos/Método do Caminho Crítico), Bar schedule (Gantt chart) e LDB (balance line) (GOMES, 2010).

### 2.3.1 LINHA DE BALANÇO

Uma ferramenta de programação e controle de projetos é a Linha de Balanço (LDB) que tem atividades repetitivas que ficarão em execução continuamente por um extenso ciclo de tempo, tais como: obras de rede de água, projetos residenciais e edifícios de vários andares (SOUZA *et al.*, 2014). Para projetos com essas características, essa técnica é a mais indicada por apresentar as vantagens de refinamento e acompanhamento, praticidade etc., além de facilitar a interpretação das atividades.

Foi desenvolvido na indústria manufatureira e desenvolvido pela Marinha dos EUA no início da década de 1950, e foi introduzido na construção após a Segunda Guerra Mundial.

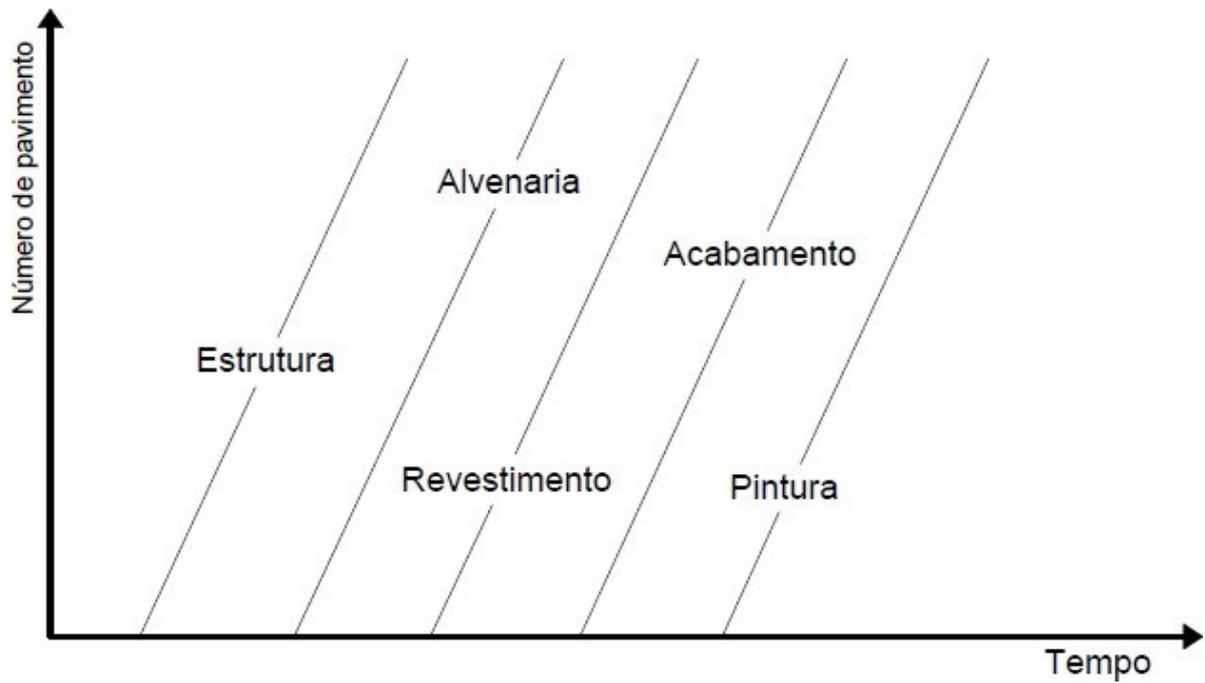
Essa técnica de programação sendo uma das mais difundidas e mais utilizadas no projeto de estruturas lineares (PRADO, 2002; MATOS, 2006).

Conforme Matos (2006, p. 30):

No Brasil, a técnica de Linha de Balanço ainda é pouco aplicada. Entretanto, ela vem adquirindo espaço nos canteiros de obra, pois não se encontra com facilidade outra técnica de programação que permite a interpretação de tantos tipos de informações de uma só vez.

O procedimento da linha de balanço nada mais é do que uma trajetória representada por linhas em um plano cartesiano, onde cada linha representa uma atividade e seu respectivo progresso (Figura 3). A inclinação de cada linha representa a velocidade de execução da atividade (KEMMER, 2006).

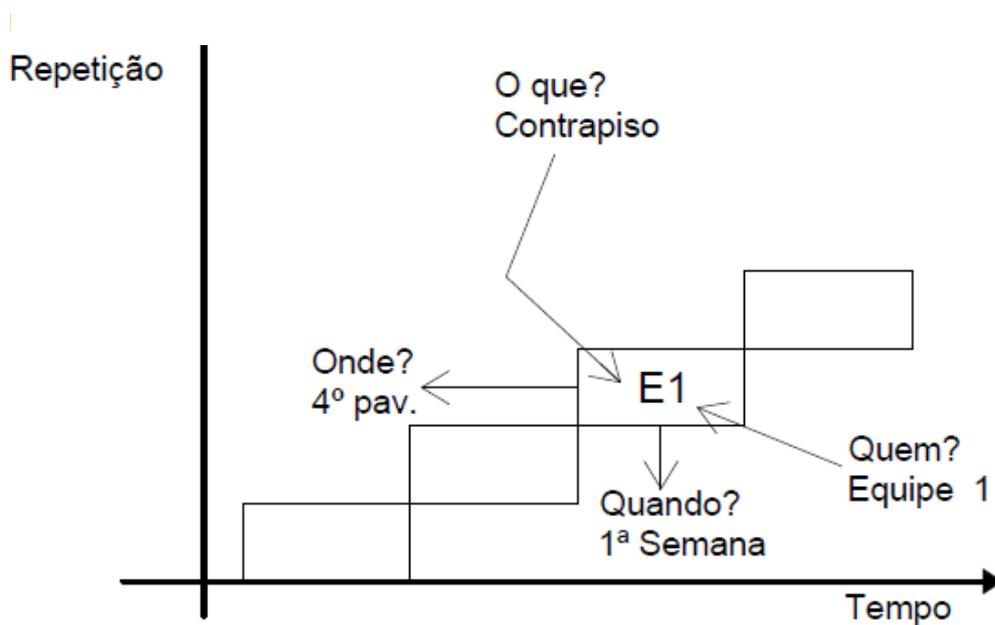
**Figura 3:** Diagrama de linha de balanço



Fonte: Nascimento; Reinaldo (2017, p.28)

A Linha de balanço de acordo com Vargas (2009) encontra-se completamente nos principais componentes indispensáveis para a programação do trabalho, dentre os quais podemos citar: o que deve ser executado; quem deve executar; onde executar; quando executar, conforme evidencia a figura 4.

**Figura 4:** Reprodução da linha de balanço.



Fonte: Nascimento; Reinaldo (2017, p. 29)

Comparada a outras ferramentas de planejamento de projetos com atividades repetitivas, essa ferramenta é cada vez mais conhecida devido às suas inúmeras vantagens em relação às desvantagens (MATTOS, 2010).

### 2.3.2 LAST PLANNER SYSTEM

Baseado nos conceitos e princípios do Lean Manufacturing, dentre várias abordagens, o sistema Last Planner é destaque neste trabalho.

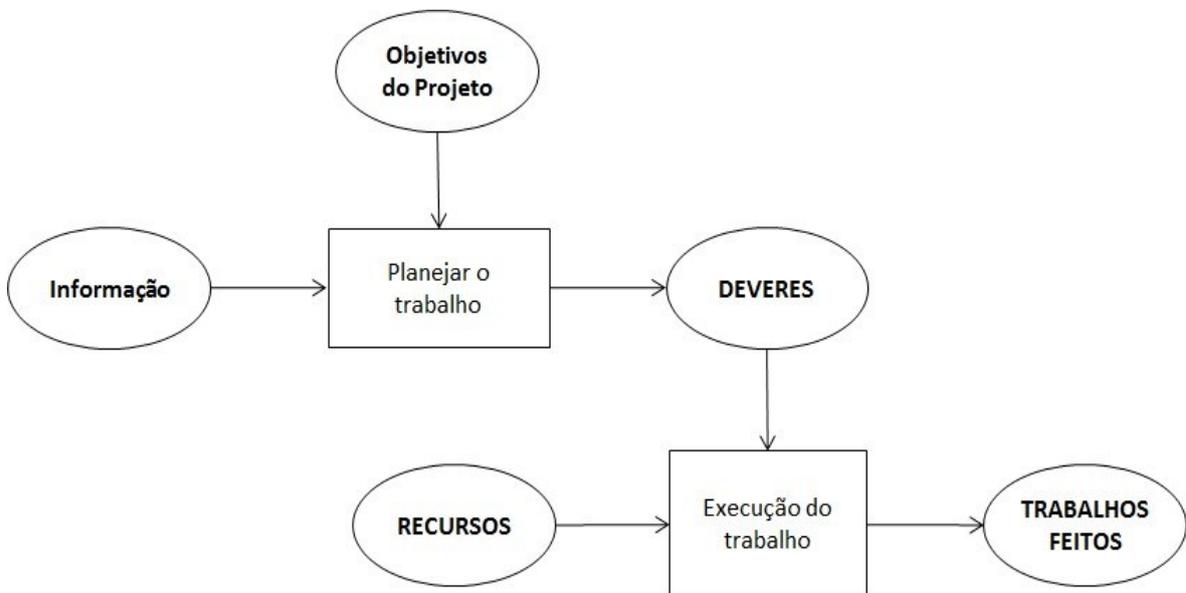
Conforme referido por Formoso (2010) o LPS - Last Planner System, teve sua criação e aperfeiçoamento em 1994 pelos norte-americanos: Howell e Glem Ballard.

O sistema Last Planner é um sistema projetado para criar um ambiente de produção confiável, reduzindo a variabilidade do fluxo de trabalho. O sistema foi criado para ser uma nova alternativa ao planejamento tradicional para complementar os aspectos táticos e operacionais da gestão empresarial (BALLARD, 2000 apud MOURA; FORMOSO, 2009).

Segundo Ballard (2000 apud MICHELES, 2013), o Last Planner é uma adaptação de sistemas de produção para ambientes com alta incerteza e variabilidade. Segundo os mesmos autores, esses ambientes não permitem um certo nível de planejamento detalhado de longo prazo.

Segundo Rocha *et al.* (2004), no Last Planner também é possível determinar os motivos para o não alcance das metas propostas. Em termos de características de planejamento, o modelo tradicional tem a característica de empurrar insumos para o processo produtivo com base em metas ou datas de conclusão, conforme mostra a Figura 5 abaixo (DESCHAMPS, 2015):

**Figura 5:** Cronograma de envio

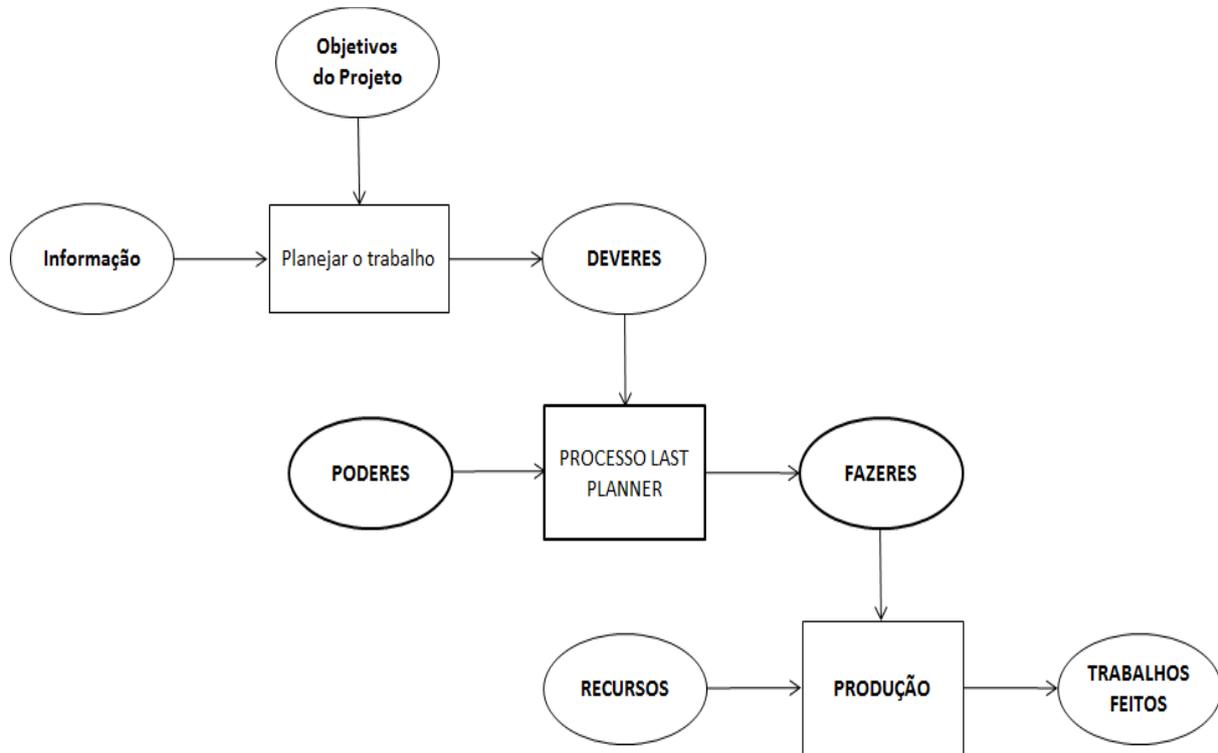


Fonte: Adaptada de Deschamps (2015).

Porém, o conceito de produção puxado introduzido pelo sistema Last Planner difere do modelo de planejamento com visão de produção push. Nesse sistema, materiais e informações são liberados de acordo com o status da produção, de acordo com o andamento dos trabalhos e tarefas (FORMOSO, 2010).

O funcionamento do Last Planner é mostrado na Figura 6.

**Figura 6:** Desempenho do Last Planner



Fonte: Adaptada de Deschamps (2015).

Segundo Deschamps (2015), os planejadores devem se concentrar em quatro requisitos para tornar o planejamento e o controle das células de produção eficientes e eficazes, sendo eles:

- a) cada tarefa deve ser clara;
- b) o trabalho deve ser executado na ordem correta;
- c) a quantidade correta deve ser especificada;
- d) Todo o trabalho deve ser praticável ou executável

Na técnica de Percentual de Conclusão Planejada (PPC), utiliza-se o planejamento de curto prazo, pois as metas operacionais a serem atingidas geralmente são diárias e semanais (ROCHA *et al.*, 2004).

O PPC é aproximado pela relação entre o número de tarefas concluídas e o número total de tarefas agendadas para aquele período de tempo, conforme

**Tabela 1:** Planilha Last Planner no Início do Período de Planejamento

Planejamento de Curto Prazo								PPC=	%
Obra:	Semana:								
Tarefa	Equipe	S	T	Q	Q	S	S	OK?	Causas
Revestimento interno ap. 203		x	x	x	x				
Revestimento do quarto de solteiro						x	x		
Revestimento interno ap.202		x	x	x	x	x	x		
Reserva	Alvenaria de circulação do 4º pavimento								
	Revestimento do quarto de casal do ap. 204								

mostrado nas Tabelas 1 e 2.

Fonte: Rocha *et al* (2004, p. 111).

O PPC também chama a atenção dos responsáveis pela tarefa a ser realizada e gera um percentual em cima do plano. Dessa forma, das tarefas que não foram concluídas durante a semana, extraímos suas razões:

$$PPC = \frac{n^{\circ} \text{ de tarefas } 100\% \text{ concluídas}}{n^{\circ} \text{ de tarefas Planejadas}} \times 100\% \quad (01)$$

**Tabela 2:** Planilha Last Planner no Final do Período de Planejamento

Planejamento de Curto Prazo								PPC=	%
Obra:	Semana:								
Tarefa	Equipe	S	T	Q	Q	S	S	OK?	Causas
Revestimento interno ap. 203		<u>x</u>	<u>x</u>	<u>x</u>	<u>x</u>	<u>—</u>	<u>—</u>	Sim	
Revestimento do quarto de solteiro						x	<u>x</u>	50%	
Revestimento interno ap.202		<u>x</u>	<u>x</u>	<u>x</u>	<u>x</u>	<u>x</u>	<u>x</u>	Sim	
Reserva	Alvenaria de circulação do 4º pavimento								
	Revestimento do quarto de casal do ap. 204								

Legenda: X = programado      — = Executado

Fonte: Rocha *et al* (2004, p. 111).

De acordo com Ballard (2000 apud DESCHAMPS, 2015), também são destacados os motivos mais comuns para não conseguir realizar tarefas:

- a) ausência de informação dos planejadores no planejamento;
- b) erro em aplicar padrões de qualidade às tarefas, ou seja, excesso de carga de trabalho planejada;
- c) ausência de compartilhamento de informações;
- d) modificação no planejamento, como realocação de equipes para atividades de maior prioridade;
- e) Erros de projeto encontrados na implementação.

Segundo Formoso (2010), o PPC costuma ser dividido em três níveis: o nível mais alto é o plano diretor de longo prazo; no médio prazo, o processo é avançado; no curto prazo é o planejamento semanal e o LPS é uma ferramenta para implementar o planejamento de longo prazo.

No apontamento de sequência de Ballard (2000 apud DESCHAMPS, 2015) a duração e o ritmo das principais fases do trabalho são determinados no longo prazo. Dessa forma, são criadas tarefas que devem ser executadas e concluídas, mas dentro desse intervalo deve-se suprimir um conjunto de restrições para garantir o fluxo de trabalho. Eles foram extintos no médio prazo com as seguintes características:

- a) ajustar o fluxo de trabalho e a produtividade;
- b) sincronização do fluxo de trabalho com a capacidade de produção;
- c) desdobrar o cronograma mestre em pacotes de trabalho;
- d) desenvolver métodos detalhados de implementação;
- e) gerir as reservas de trabalho;
- f) Atualizar e revisar os níveis de planejamento dos níveis acima.

Deste modo, para aplicar os conceitos e princípios do *Lean Construction*, com o objetivo de reduzir o desperdício no trabalho, serão utilizados os objetos de estudos de caso, ferramentas, sistemas de planejamento final e linhas de equilíbrio.

### 3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Esse estudo tem por finalidade realizar uma pesquisa aplicada, uma vez que utilizará conhecimento da pesquisa fundamental para resolver problemas.

Para um melhor tratamento dos objetivos e melhor apreciação desta pesquisa, observou-se que ela é classificada como pesquisa exploratória. Detectou-se também a necessidade da pesquisa bibliográfica no momento em que se fez uso de materiais já elaborados: livros, artigos científicos, revistas, documentos eletrônicos e enciclopédias na busca e alocação de conhecimento sobre a aplicabilidade do sistema *Lean Construction* na indústria da construção civil, correlacionando tal conhecimento com abordagens já trabalhadas por outros autores. Para Richardson (2015), os estudos descritivos investigam as características de um determinado fenômeno. Os objetos de estudo são algumas situações específicas, ou algum grupo ou até mesmo um indivíduo.

A pesquisa assume como levantamento, sendo exploratória, por sua vez, proporcionar maior familiaridade com o problema, tornando-o explícito ou construindo hipóteses sobre ele através de principalmente do levantamento bibliográfico (GIL, 2016).

Como procedimentos, podemos citar a necessidade de pesquisa Bibliográfica, isso porque faremos uso de material já publicado, constituído principalmente de livros, também entendemos como um procedimento importante o levantamento como procedimento técnico.

A pesquisa qualitativa, busca uma compreensão particular dos fenômenos em estudo, sendo assim, apresentam significados com maior relevância tanto para o sujeito envolvido quanto para o meio de estudo das quais esses fenômenos pertencem. Os dados da pesquisa qualitativa, se dão num contexto de relações, nas quais todos fenômenos são importantes e procura-se compreender a experiência de todos os "sujeitos" envolvidos (RAMPAZZO, 2005). Devido aos fins da natureza

dessa pesquisa, na qual buscou analisar a aplicabilidade do sistema *Lean Construction* na indústria da construção civil.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 ESTUDOS DESENVOLVIDOS NO BRASIL SOBRE O *LEAN CONSTRUCTION*

No contexto descrito nos capítulos anteriores, alguns trabalhos no Brasil sobre este tema serão agora destacados.

Lombardi (2014), em seu estudo intitulado “Planejamento e controle de obras utilizando os conceitos do *Lean Construction*” em um estudo de caso desenvolvido no Hotel das Nações, concluiu que a aplicação do *Lean Construction* foi idealizada para direcionar a construção civil a um aprimoramento, eficiência e produtividade satisfatórios, e que quando utilizado corretamente, observou-se que a implementação desta metodologia nas obras contribuiu para o avanço dos prazos.

Venturini (2015) aponta que por meio de suas pesquisas foi possível entender o quão importantes são as melhorias na organização e limpeza do canteiro de obras, bem como no sistema de produção planejado e controlado, pois se apresentam como uma vitrine da empresa, pois é durante a construção do empreendimento que a organização pode mostrar sua diversidade e competências.

Vargas (2009) em sua pesquisa sobre a aplicabilidade do método da linha de equilíbrio em plantas industriais utilizou o método comparativo da ferramenta MS-Project, anteriormente utilizada na implantação do projeto, com o método da linha de equilíbrio. Constatou-se que as grandes possibilidades de visualização e a simplicidade do método permitem otimizar a divisão do trabalho das equipes, o que resulta na redução do tempo e dos custos de implantação do projeto.

O estudo de Bajjou e Chafi (2018) fornece uma visão geral da implantação da construção enxuta no Marrocos. Colabora para o conhecimento geral, porque oferece pela primeira vez uma nova visão sobre o nível de consciência, os benefícios os potenciais das práticas de construção enxuta e as barreiras para a implementação da construção enxuta construção enxuta na indústria de construção marroquina. Assim, avaliando o nível atual do conhecimento das práticas de construção enxuta entre os profissionais da indústria da construção marroquinos,

várias práticas exigiram mais reforço e treinamento para implementação bem-sucedida, como um sistema kanban (63% não sabem o que é) e Poka-Yoke (68% não sabem). Além do mais construtoras internacionais, principalmente as que utilizam a construção enxuta, que estão interessados em investir na indústria da construção marroquina terão uma visão clara sobre nível de conhecimento das práticas de construção enxuta entre profissionais da indústria da construção marroquinos, o que seria útil na tomada de decisões.

O trabalho de Sarhan *et al.*, (2017) mostra que os tipos de resíduos mais comuns na indústria de construção da Arábia Saudita de maneira gradual já estão previstos, como ajustes, transporte, movimentação, superprocessamento, estoque e superprodução. Tanto para as "pequenas e médias" quanto para as "grandes" empresas, aguardar e realizar são os tipos de resíduos mais comuns; além do mais, o processamento excessivo e superprodução é um conhecedor semelhante de ambos os tipos de empresas. Em contraste, resíduos resultantes do "transporte" varia significativamente entre os dois tipos de empreendimentos, enquanto "inventário" é o tipo de desperdício menos diferente.

As ferramentas de suporte à implementação do design enxuto estão organizadas como: manutenção preventiva, projeto apoiado por computador, melhoria da segurança, inspeções visuais, programas de melhoria contínua, reuniões diárias, gerenciamento de qualidade total, uso de pré-fabricados, valor alvo do projeto, engenharia abordagem *just-in-time* simultânea, condições de planejamento e ambiente de trabalho na indústria de tecnologia construção, planejamento de computador ou sistema ERP, sistema de gerenciamento de projetos informação, 5S, Seis Sigma e Kanban. Além disso, com todas as ferramentas o uso de programas na segurança demonstrou um grau de melhoria elevado, para pequenas e médias empresas (SARHAN *et al.*, 2017).

Conforme Ochoa *et al.*, (2014), os esforços de Implementação Lean na construção podem ser divididos em três etapas diferentes, com grau crescente sofisticação: a primeira fase concentra-se na eliminação de resíduos do ponto de vista técnico e operacional, muitas vezes por meio de técnicas específicas de manufatura enxuta ou construção (focada no processo) (PONTES; LAGO, 2008).

A segunda fase concentra-se na eliminação de relacionamentos hostis e fortalecer a cooperação e o trabalho em equipe entre funcionários da cadeia de

suprimentos. O terceiro estágio é o mais sofisticado e envolve uma mudança fundamental no gerenciamento de projetos. Suas etapas estruturais são: tecnologia da informação, pré-fabricação, Last Planner System, processos bottom-up com ênfase em unidades, com possibilidade de reconsideração de projeto e execução, enxugamento esforços antagônicos, contratos de longo prazo, treinamento em todos os níveis de pessoal, e uma perspectiva sistêmica de processo e produto (POTTER; OGLIARI, 2013).

lamentavelmente, as discussões atuais sobre Lean na construção giram acima de tudo em torno do primeiro e segundo estágios, com ênfase nas técnicas específicas de Lean usadas para projetos específicos e visão limitada sobre a estrutura da indústria da construção, sendo mais extensa gestão de projetos (LEITE, 2014).

De acordo com Leite (2014) na gestão Lean Construction os problemas mais repreensivos são: retardos na resolução de problemas, falta de comprometimento e perspectiva do cliente e fornecedores, falta de suporte e comprometimento da alta administração, definição errada do projeto, atrasos na entrega de materiais, relações desfavoráveis decorrentes de mecanismos na contratação convencional, falta de equipamentos, falta de materiais, falta de tempo e inovação devido à pressão de tempo e custo, estrutura organizacional inadequada, má governança, falta de integração e alianças da cadeia de suprimentos, comunicação defeituoso, uso de componentes abaixo do padrão, falta de compromisso constante com o trabalho, prolongadas etapas de processamento, pré-programação inadequado, estratégias de seleção de pedidos errados, recursos insuficientes, começar o programas Lean em larga escala com (pressa), carência de foco no consumidor e falta de organização em um período amplo de tempo por motivo de incerteza contratual (CRISSÓSTOMO, 2014).

Para Ocho *et al.*, (2014) implementação de estratégias inovadoras como Lean a construção requer certas medidas. Sendo que recursos financeiros apropriados são necessários para motivar a força de trabalho como: mudar processos, fornecer equipamentos/materiais apropriados, treinar pessoas e contratar especialistas/consultores Lean. Algumas das barreiras financeiras incluem corrupção do projeto, financiamento inadequado do projeto (orçamento de inovação), inflação,

altos custos iniciais de implementação, baixos salários de especialistas, falta de incentivos e alta aversão ao risco.

De acordo com Potter e Ogliari (2013), vários esforços foram feitos para aumentar conscientização, fornecendo orientação e conhecimento sobre o design enxuto por cientistas, pesquisadores, profissionais e entidades como Lean Construction Institute, The Programa de implantação do Lean Construction, são excelência na Construção. No entanto, esses órgãos operam em poucos países.

Independentemente do gradual avanço no número de publicações, adversidades no treinamento aparentam ser as armadilhas mais habituais na execução do Lean. Devendo estar associado com a maneira que o conceito é adotado desde os tempos da indústria de transformação (CRISSÓSTOMO, 2014). Algumas dessas barreiras incluem gestão de construção arcaica e programas científicos, nenhum conhecimento enxuto, falta de habilidades e técnicas, alto nível de analfabetismo, nenhum treinamento, e não considerando o Lean como um sistema holístico, mas um coquetel de técnicas, conhecimento insuficiente, falta de habilidades da equipe do projeto, falta de programas de treinamento consciência magra, dificuldade de entender o conceito e falta de compartilhamento e disseminação de conhecimento e informação (sem benchmarking e sem iniciativas ou grupos compartilhando conhecimento). Apesar de sua significativa contribuição econômica, a indústria da construção enfrenta vários problemas relacionados à política governamental.

Um número relevante de estudos mostra que algumas barreiras se devem à atitude do governo para com a indústria da construção em alguns países. Essas barreiras incluem inconsistência na política, falta de equipamentos sociais e infraestrutura, indisponibilidade de materiais e preços instáveis das commodities. Além disso, algumas barreiras estruturais, como inflação, a remuneração profissional e a corrupção também podem estar relacionadas a questões governamentais. Essas barreiras são consideradas técnicas, pois têm impacto direto na implementação de algumas técnicas de construção enxuta (OCHOA *et al.*, 2014).

Segundo Souza e Montagna (2016), alguns dos principais problemas são: ausência de projetos construtivos, projetos inacabados, métodos de medição de desempenho de má qualidade (não baseado em processo), percepção escassa do cliente na geração de valor, sem ordenação de implementação, sem pré-fabricação,

sem regularização no uso de técnicas Lean, superestimação de privilégios quantitativos (não dando atenção suficiente a benefícios qualitativos/não quantificáveis), não demonstrando caso de negócios para Lean, incerteza da cadeia de suprimentos, falta de pensamento sistêmico Lean (implementando ideias Lean em "silos" parciais) e a natureza fragmentada da indústria como um obstáculo ao trabalho em equipe e parcerias colaborativas (POTTER; OGLIARI, 2013).

Determinadas condições que incluem falta de clareza, desafios de configurar uma cultura de mudança, elevada rotatividade de pessoal, inexistência de autocrítica, ausência de trabalho em equipe carência de gestão/liderança participativa, ausência de cooperação e convergência de esforços (ou seja, equipes de construção vs. equipes comerciais), estruturas/procedimentos rigidez organizacional, manutenção inadequada, liderança inadequada, conflito de liderança, inexistência de desenvolvimento de competências Lean internas (demasiada confiança em consultores/treinadores), equívocos sobre a construção *lean*, entusiasmo excessivo percebido como demais complexo e estranho, visto como modismo gerencial, visto como exclusividade produção, percebida como atividade exclusiva do departamento "Lean", implementação pseudo-lean por razões adicionais, uso exagerado do jargão Lean/japonês e receio de hábitos singulares (OCHOA *et al.*, 2014).

## 5 CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

No campo da engenharia civil, cada novo trabalhador ingressa à medida que os layouts das máquinas ou as funções do pessoal mudam, todos devem ser capazes de identificar rapidamente locais, ordens de produção e desvios dos padrões. Como a construção é caracterizada por alta rotatividade e mudanças frequentes nas condições físicas do processo, o domínio dos princípios da construção enxuta é cada vez mais necessário.

Algumas teorias de gestão atuais e passadas lembram direta ou indiretamente a importância de planejar e gerenciar o status do processo de produção e os níveis de visibilidade do desempenho. Ao adotar essa prática, a arquitetura civil tem um enorme potencial de melhoria. No entanto, deve-se evitar o uso de faixas, cartazes e exortações sem um suporte organizacional adequado e eficaz. Sem esse apoio, qualquer campanha para aumentar a transparência do processo provavelmente receberá uma reação negativa. Também é importante evitar fornecer muitas informações na estação de trabalho.

Nesse sentido, pode-se observar em canteiros de obras em geral que o uso da tecnologia e os sistemas de construção enxuta encontraram uma clara correlação entre os níveis de qualidade e produtividade e os níveis de transparência. Claramente, os princípios da construção enxuta não são um fim em si mesmos, mas um passo integral em direção a um processo mais amplo e complexo de mudança cultural na busca da excelência na fabricação. Para que esse princípio se torne um hábito da construção, todos os envolvidos diretamente com a produção devem sair da mudança de paradigmas e começar a criar e implementar soluções visuais para melhorar os processos.

Sabe-se que o *Lean Construction* está começando a ser adotado globalmente, ou seja, globalmente, há um fluxo contínuo do processo. Os métodos usados no Lean melhoram muito a luta contra os problemas do ponto de vista dos sistemas de eliminar desperdício. Este trabalho demonstrou a importância de identificar esses resíduos ao longo do processo e oportunidades de melhoria contínua em todos os momentos.

Os aspectos analisados neste trabalho referem-se aos efeitos da aplicação do conceito do pensamento enxuto, embora seja uma amostra em termos de complexidade do trabalho, mostra o grande potencial de otimização dos processos

de construção dessa filosofia. O estudo observou que a aplicação dos princípios do *Lean Construction* em todas as etapas da construção, ou seja, projeto, mobilização de canteiros, execução e acabamento, foi responsável por uma redução significativa na geração de resíduos e custos das empresas estudadas, através da racionalização e melhoria dos processos. Além de reduzir a quantidade de resíduos gerados, foi possível medir a economia na compra de materiais, gastos com caçambas e mobilização de canteiros de obras.

Essa percepção de benefícios em vários aspectos é importante para auxiliar na disseminação da filosofia *Lean Construction*, pois pode-se perceber pelo estudo de caso que a metodologia proposta pode ser utilizada em canteiros de obras sem onerar o orçamento além de trazer benefícios financeiros e sociais. Por fim, conclui-se, ainda com base na literatura, que a filosofia da construção enxuta apresenta inúmeras vantagens, tanto em termos ambientais quanto econômicos. Pesquisas são necessárias para explicar melhor os benefícios da aplicação dos princípios dessa metodologia. Além disso, é necessário para promover uma mudança de cultura em que a busca pela forma mais eficaz e o desenvolvimento sustentável é uma prioridade no desenvolvimento das empresas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAJJOU, M. S.; CHAFI, A.. Lean construction implementation in the Moroccan construction industry. *Journal of Engineering, Design and Technology*, 2018.

BARROS, Emerson de Barros. **Aplicação da *Lean Construction* no setor de Edificações: Um estudo multicaso**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2005.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. **O cenário da construção civil no Brasil e no mundo. 2019**. Disponível em: <http://alec.org.br/novo/noticias/indicadores-apontam-cenario-positivo-na-construcaocivil-em-2020/>. Acesso em: 31 abr. 2022.

CÂMERA, E.; CASTRO, M. D. G.; CAMPOS, R. **Logística e *Lean Construction*: reflexão da importância na sua aplicação para melhoria de desempenho em canteiro de obras**. Simpósio de Engenharia da Produção, Bauru, 21, 2014.

CRISSÓSTOMO Rafael. **Implementação de práticas de *lean construction* em uma obra residencial em Goiânia – estudo de caso**. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal de Goiás. 2014.

DE OLIVEIRA, Roberval Aparecido; PINHEIRO, Érika Cristina Nogueira Marques. Um estudo sobre a aplicabilidade do lean construction em uma obra de pequeno porte sob a perspectiva da gestão da qualidade A study on the applicability of lean construction in a small construction site from a quality management perspective. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 12, p. 113604-113620, 2021.

DESCHAMPS, Ramon R. **Melhoria sistêmica do planejamento e controle de uma construtora em nível tático-estratégico utilizando conceitos da *Lean Construction***. TCC de engenharia de produção. UFSC. 2015.

FORMOSO, C. T. (2000) - ***Lean Construction: Princípios Básicos e Exemplos***. NORIE/UFRGS.

FORMOSO, Carlos Torres. ***Lean Construction: princípios básicos e exemplos***. Disponível em: <https://leanconstruction.wordpress.com/2009/01/19/lean-construction-principios-basicos-e-exemplos/>. Acesso em: 15 mai. 2022.

FORMOSO, Carlos T. **Os princípios do Sistema Last Planner de controle de produção**. Edição 106, maio, 2010. Disponível em: <http://construcaomercado.pini.com.br/negocios-incorporacao-construcao/106/artigo299051-1.aspx>. Acesso em: 08 maio 2022.

GIL, Magda. **Novas práticas de leitura e escrita: letramento na cibercultura**. *Educação & Sociedade*, v. 23, n. 81, 2016.

GOMES, Douglas L. **Planejamento de obras utilizando a técnica da linha de balanço**: um estudo de caso. Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, do curso superior de Engenharia Civil do Departamento Acadêmico de Construção Civil – da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR. 2010.

ISATTO, E.L. *et al.* (2000) - **Lean Construction: diretrizes e ferramentas para o controle de perdas na Construção Civil**. 177p. PortoAlegre, SEBRAE/RS.

KOSKELA, L. (1992) - **Application of the New Production Philosophy to Construction**. Tech. Report No 72, CIFE, Stanford Univ., CA. KOSKELA, L. (1999) - We need a theory of construction. Berkeley-Stanford CE&M Workshop. Defining a Research Agenda for AEC.

KEMMER, S. L. **Análise de diferentes tempos de ciclo na formulação de planos de ataque de edifícios de múltiplos pavimentos**. 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

Disponível em:

<<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/88797/241773.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 08 maio 2022.

LOMBARDI, Raphael Blanco. **Planejamento e controle de obras utilizando os conceitos do Lean Construction** – estudo de caso hotel das nações. Brasília, 2014. Disponível em: <[uniceub.br/bitstream/235/6376/1/20946050.pdf](http://uniceub.br/bitstream/235/6376/1/20946050.pdf)>. Acesso em: 02 jun. de 2022.

LUCENA, Arthur Felipe Echs; DE MELO PEDROSO, Carolaine Thayse. APLICAÇÃO DOS PRINCÍPIOS DA LEAN CONSTRUCTION NA CONSTRUÇÃO CIVIL. **REVISTA DE ENGENHARIA E TECNOLOGIA**, v. 14, n. 2, 2022.

MATOS, Adriano Oliveira. **Estudo de planejamento em linha de balanço de obra em paredes-painéis com aplicações de princípios da construção enxuta**. 2006. F. Monografia (especialização) - Curso de Gestão e Tecnologia da Produção de Edifícios, Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2006. Disponível em: <<http://www.gerenciamento.ufba.br/Monografias%202004%20-%202006/Monografia%20Adriano/ESTUDO%20DO%20PLANEJAMENTO%20EM%20LINHA%20DE%20BALANCO.pdf>>. Acesso em: 07 maio 2022.

MATTOS, Aldo Dórea. **Planejamento e Controle de Obras**. São Paulo: Pini, 2010.

MENEZES, Adriano Eucélia Ferreira de. *Lean Construction*. São Paulo: Fundação Vanzolini, 2006.

MICHELIS, Mauro Henrique. **Avaliação da aplicação de conceitos do Lean Construction no planejamento e gestão de uma obra residencial multipavimentos em Curitiba-PR**. 2013. Disponível em:<[http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/1046/1/CT\\_EPC\\_2012\\_2\\_07.PDF](http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/1046/1/CT_EPC_2012_2_07.PDF)>. Acesso em: 10 maio 2022.

MOURA, Camile Borges; FORMOSO, Carlos Torres. **Análise quantitativa de indicadores de planejamento e controle da produção**: impactos do sistema *Last Planner* e fatores que afetam a sua eficácia. Ambiente construído, Porto Alegre, v. 9, n. 3, p.29, jul./set. 2009. UFRGS - Pós-graduação. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/31668/000750372.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 08 maio 2022.

NITZ, Cristiano Rocha. **Implantação de conceitos do *Lean Construction* em um canteiro de obras: um estudo de caso**. 2017. 73 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2017.

OCHOA Álvaro Antonio et al. Utilização da lean construction e das ferramentas da qualidade na construção de casas populares. **Revista de Trabalhos Acadêmicos** Universo Recife. 2014.

PÁDUA, Rafael Crissóstomo de. **Implementação de Práticas de *Lean Construction* em uma Obra Residencial em Goiânia – Estudo de Caso**. 2014. 61 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2014.

PICCHI, F. A.; GRANJA, A. D. **Construction sites: using lean principles to seek broader implementations. Proceedings**. In. 12th Annual Conference on *Lean Construction*, 2004, Elsinore. 2004. Disponível em: <[www.iglc.net/Papers/Details/323/pdf](http://www.iglc.net/Papers/Details/323/pdf)>. Acesso em: 1 mai. 2022.

PONTES Bruno, LAGO Thaís. **Implementação do pensamento enxuto através do projeto do sistema de produção: estudo de caso na construção civil**. XXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. 2008.

POTTER Luiz, OGLIARI Cecília. **Diagnóstico e aplicação da *lean construction* em construtora**. Iniciação Científica - CESUMAR. 2013.

RAMPAZZO, L. **Metodologia Científica**. São Paulo: Loyola, 2005.

REIS, Thatiana. **Aplicação da Mentalidade Enxuta no fluxo de negócios da construção civil a partir do Mapeamento do fluxo de valor: Estudos de Caso**. 2004. 125 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2004.

RICHARDSON, R. J. **Pesquisa social: Métodos e técnicas**. São Paulo: Atlas, 2015.

ROCHA, Francisco Eugênio Montenegro. **Logística e Lógica na Construção Lean**. Fortaleza: Copyright, 2004.

SARHAN, J. G., XIA, B., FAWZIA, S., KARIM, A.. *Lean construction* implementation in the Saudi Arabian construction industry. **Construction Economics and Building**, v. 17, n. 1, p. 46- 69, 2017.

SOUZA, Leonardo Viana Frugoni de. *et al.* **Aplicação do método da linha de balanço no planejamento e controle de obras com atividades repetitivas**. 2014. Disponível em: <<http://www.revistas.unifacs.br/index.php/sepa/article/view/3386>>. Acesso em: 10 de maio de 2022.

SOUZA Vitor, MONTAGNA Patrícia. **Estudo da aplicação do princípio *lean construction* na construção de um condomínio residencial em Urussanga - SC**. Artigo submetido ao Curso de Engenharia Civil da UNESC. 2016.

VARGAS, Brenda Horna. **Aplicabilidade do método da linha de balanço em obras industriais**: estudo de caso para a obra industrial. Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, do curso superior de Engenharia Civil. PUCRS. 2009. Disponível em: <<http://revistaseletronicas.pucrs.br/ojs/index.php/graduacao/article/download/6044/4351>>. Acesso em: 08 maio 2022.

VENTURINI, Juliana Sanches. **Proposta de ações baseadas nos 11 princípios *Lean Construction* para implantação em um canteiro de obras de Santa Maria**. 2015. Disponível em: <[http://coral.ufsm.br/engcivil/images/PDF/1\\_2015/TCC\\_JULIANA%20SANCHES%20VENTURINI.pdf](http://coral.ufsm.br/engcivil/images/PDF/1_2015/TCC_JULIANA%20SANCHES%20VENTURINI.pdf)>. Acesso em: 10 jun 2022.

VIEIRA, Thainá Lana. **Aplicação do sistema *lean* na construção civil e os critérios competitivos no setor**. Rio de Janeiro, 2015.

