

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
COECI - COORDENAÇÃO DO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

LUCIO SILVA GONÇALVES

**ANÁLISE DA APLICAÇÃO DOS CONCEITOS DE *LEAN CONSTRUCTION* EM UM
EDIFÍCIO LOCALIZADO NA CIDADE DE TOLEDO - PR**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

TOLEDO

2019

LUCIO SILVA GONÇALVES

**ANÁLISE DA APLICAÇÃO DOS CONCEITOS DE *LEAN CONSTRUCTION* EM UM
EDIFÍCIO LOCALIZADO NA CIDADE DE TOLEDO - PR**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel, do curso de Engenharia Civil, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a. Lucia Bressiani.

TOLEDO

2019



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Câmpus Toledo
Coordenação do Curso de Engenharia Civil



TERMO DE APROVAÇÃO

Título do Trabalho de Conclusão de Curso de Nº 202

ANÁLISE DA APLICAÇÃO DOS CONCEITOS DE *LEAN* CONSTRUCTION EM UM EDIFÍCIO LOCALIZADO NA CIDADE DE TOLEDO - PR

por

Lucio Silva Gonçalves

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado às 13:50h do dia **03 de Junho de 2019** como requisito parcial para a obtenção do título **Bacharel em Engenharia Civil**. Após deliberação da Banca Examinadora, composta pelos professores abaixo assinados, o trabalho foi considerado **APROVADO**.

Prof^a. Dr^a. Sandra Regina da Silva Pinela
(UTFPR – TD)

Prof^o. Dr^o Fúlvio Natércio Feiber
(UTFPR – TD)

Prof^a. Dr^a. Lúcia Bressiani
(UTFPR – TD)
Orientadora

Visto da Coordenação
Prof^o. Dr^o. Fúlvio Natércio Feiber
Coordenador da COECI

Dedico este trabalho a meus pais que sempre me influenciaram positivamente, me deram forças e apoio para seguir em frente e lutar pelos meus sonhos.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer inicialmente a Deus por me fortalecer nos momentos mais difíceis e me possibilitar todas as oportunidades que tive.

Aos meus familiares, em especial meu pai Nelson Gonçalves e minha mãe Luzia dos Santos Silva, que me deram base e amparo nas horas que mais precisei durante toda minha graduação.

A todos os docentes contribuintes ao meu conhecimento e formação acadêmica, em especial a professora Dr^a Lucia Bressiani que me disponibilizou todo auxílio necessário para execução deste trabalho. Bem como a todos os técnicos e funcionários da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Toledo.

A todos meus amigos e colegas de classe, que estiveram comigo durante todos estes cinco anos de minha trajetória na graduação.

E a empresa responsável pelo empreendimento que embasa esta pesquisa, em especial ao Eng.^o Eduardo Poletti Bier e Eng.^o Gustavo Alberto Aleandri que sempre me receberam muito bem e forneceram todos os dados necessários para a conclusão da mesma.

RESUMO

GONÇALVES, Lucio Silva. **Análise da aplicação dos conceitos de *Lean Construction* em um edifício localizado na cidade de Toledo – Pr.** 69 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação) – Bacharelado em Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Toledo, 2019.

A necessidade de buscar formas alternativas de produção motivada pela histórica dificuldade da construção civil de alinhar produtividade, custo e desperdício satisfatoriamente, levou este setor a adaptar uma técnica difundida no ramo industrial para os seus domínios. Na indústria, esta técnica era conhecida como *Lean production* (produção enxuta) e com a adaptação para a construção civil passou a se chamar *Lean Construction* (construção enxuta). A mesma tem como base onze princípios de aplicação focados em aumentar a produtividade, redução de desperdício, de tempo e de custo. Este impacto gerado nos processos produtivos torna esta ferramenta atrativa e necessária para que empresas deste setor se tornem eficientes e competitivas perante suas concorrentes. Baseado nestes onze princípios, o objetivo deste trabalho foi realizar um estudo de caso analisando a aplicação do *Lean Construction* em uma edificação na cidade de Toledo – PR. A partir desta análise foram observados os pontos críticos da obra e geradas propostas de melhorias para aperfeiçoar os processos gerenciais no empreendimento, de acordo com as premissas do *Lean*. Foi constatado um nível avançado de aplicação das técnicas de construção enxuta na obra, porém com alguns pontos a serem melhorados.

Palavras-chave: *Lean Construction*. Princípios de aplicação. Construção civil. Processos gerenciais.

ABSTRACT

GONÇALVES, Lucio Silva. **Analysis of the application of the concepts of Lean Construction in a building located in the city of Toledo - Pr.** 69 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação) – Bacharelado em Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Toledo, 2019.

The need to look for alternative forms of production motivated by the historical difficulty of the construction of aligning productivity, cost and waste in a satisfactory way, has led this sector to adapt a technique diffused in the industrial branch for its domains. In the industry this technique was known as Lean production and with the adaptation to the civil construction was renamed Lean Construction. It is based on eleven principles of application focused on increasing productivity, reducing waste, time and cost. This impact generated in the productive processes makes this tool attractive and necessary for companies in this sector to become efficient and competitive before their competitors. Based on these eleven principles, the objective of this work was to carry out a case study analyzing the application of Lean Construction in a building located in the city of Toledo - Pr, from this analysis were observed the critical points of the work and were generated improvement proposals to the management processes from the enterprise, in accordance with the Lean premises. An advanced level of application of the techniques of lean construction was observed in the construction, but with some points to be improved.

Keywords: *Lean Construction*. Principles of application. Civil Construction. Management processes.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Exemplificação do Sistema Toyota de Produção	16
Figura 2 - Fluxos da construção	19
Figura 3 - Metodologia dos processos no <i>Lean Construction</i>	20
Figura 4 - Concreto usinado	22
Figura 5 - Concreto executado em obra	22
Figura 6 - Divisórias em <i>Dry Wall</i>	23
Figura 7 - Sistema <i>Kanban</i> aplicado ao estoque de argamassa de uma obra	24
Figura 8 - Vista lateral Norte e Sul do edifício 14 Bis	31
Figura 9 - Planta baixa dos pavimentos tipo	31
Figura 10 – Relação de fluxos de materiais e trabalho do serviço de alvenaria	35
Figura 11 - Grua utilizada no edifício em estudo	37
Figura 12 - Ferramenta de fixação a pólvora (para alvenaria)	38
Figura 13 - Fluxograma de processos da carpintaria do empreendimento em estudo	39
Figura 14 - Fluxograma de processos da armação do empreendimento em estudo ..	40
Figura 15 - Vergalhões de aço exposto a céu aberto no canteiro de obras	40
Figura 16 - <i>Print</i> de Ficha de verificação de serviços utilizada para controle de concretagem	41
Figura 17 - Tempo de ciclo 6º Pavimento tipo do empreendimento em estudo	44
Figura 18 - Resumo dos tempos de ciclo aferidos no empreendimento em estudo ..	44
Figura 19 - Concretagem de laje com concreto usinado	45
Figura 20 - Pilares prontos para serem concretados	46
Figura 21 - Tapume do Edifício em Estudo	48

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Nível de aplicação do <i>Lean Construction</i>	34
Quadro 2 - Propostas de melhorias para redução de atividades que não agregam valor	53
Quadro 3 - Propostas de melhorias para aplicação na edificação em estudo, relacionadas ao segundo princípio do <i>Lean Construction</i>	53
Quadro 4 - Propostas de melhorias para reduzir a variabilidade na obra em estudo.	54
Quadro 5 - Proposta de melhoria acerca da simplificação das etapas do processo	54
Quadro 6 - Propostas de melhorias da aplicação do sexto princípio do <i>Lean Construction</i> na obra em questão	55
Quadro 7 - Propostas de melhorias para aplicação no edifício estudado, de acordo com o sétimo princípio do <i>Lean</i>	56
Quadro 8 - Propostas de melhorias para aplicação na obra em estudo, de acordo com oitavo princípio do <i>Lean Construction</i>	57
Quadro 9 - Propostas de melhorias para o empreendimento em estudo, baseados no nono princípio do <i>Lean</i>	57
Quadro 10 - Propostas de melhorias para a obra em estudo, de acordo com o décimo primeiro princípio do <i>Lean Construction</i>	58
Quadro 11 - Formulário de avaliação do <i>Lean Construction</i>	65

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Escala de aplicação do <i>Lean Construction</i>	33
Tabela 2 - Pontos possíveis e pontos obtidos referentes a aplicação do <i>Lean</i> no edifício em estudo	51
Tabela 3 - Nível de aplicação do <i>Lean Construction</i> na obra em estudo	52

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

5S	Classificação, ordem, limpeza, padronização e disciplina
CNI	Confederação Nacional da Indústria
CQZD	Controle da Qualidade Zero Defeitos
IGLC	<i>International Group for Lean Construction</i>
JIT	Just in Time
PDCA	Planejar, fazer, checar e agir
QFD	Desdobramento de Função Qualidade
STP	Sistema Toyota de Produção

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	JUSTIFICATIVA	13
1.2	OBJETIVOS	13
1.2.1	Objetivo geral	14
1.2.2	Objetivos específicos	14
1.3	DELIMITAÇÃO DA PESQUISA	14
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
2.1	SISTEMAS DE PRODUÇÃO	15
2.2	<i>LEAN CONSTRUCTION</i>	18
2.2.1	Fluxos da construção civil	18
2.2.2	Conceitos do <i>Lean Construction</i>	19
2.2.3	Princípios do <i>Lean Construction</i>	20
2.3	TRABALHOS RELACIONADOS À ÁREA DE ESTUDO	25
2.3.1	Pereira et al (2015)	26
2.3.2	Tonin e Schaefer (2013)	26
2.3.3	Bressiani et al (2003)	27
2.3.4	Costa (2014)	27
2.3.5	Souza e Cabette (2014)	28
2.3.6	Peretti, Faria e Santos (2013)	28
2.3.7	Venturini (2015)	29
2.3.8	Souza e Allem (2016)	29
3	MATERIAIS E MÉTODOS	30
3.1	DESCRIÇÃO DA PESQUISA	30
3.2	ESTUDO DE CASO	30
3.3	INSTRUMENTOS PARA COLETA DE DADOS	32
3.4	ANÁLISE DOS DADOS	33

3.4.1	Atendimento aos princípios	33
3.4.2	Descrição dos serviços de acordo com os princípios	34
3.4.3	Elaboração de propostas de melhorias	36
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	37
4.1	ANÁLISE DOS PRINCÍPIOS	37
4.1.1	Reduzir a participação das atividades que não agregam valor.....	37
4.1.2	Aumentar o valor da produção por meio da consideração sistemática dos requisitos do cliente.....	38
4.1.3	Reduzir a variabilidade	42
4.1.4	Reduzir o tempo de ciclo	43
4.1.5	Simplificar as etapas do processo	45
4.1.6	Aumentar a flexibilidade de saída.....	47
4.1.7	Aumentar a transparência do processo	47
4.1.8	Controle do processo inteiro	48
4.1.9	Buscar melhorias contínuas no processo	49
4.1.10	Manter um equilíbrio entre melhorias nos fluxos e conversões.....	49
4.1.11	Fazer <i>Benchmarking</i>	50
4.2	ANÁLISE DO PERCENTUAL DE APLICAÇÃO DO <i>LEAN CONSTRUCTION</i> NA OBRA EM ESTUDO	50
4.3	MELHORIAS PROPOSTAS	52
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	59
5.1	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	60
	REFERÊNCIAS.....	61
	APÊNDICE A – FICHA DE AVALIAÇÃO DO <i>LEAN CONSTRUCTION</i>	65

1 INTRODUÇÃO

Em 1992, o finlandês Lauri Koskela prevendo as necessidades futuras da construção civil, utilizou os conceitos do Sistema Toyota de Produção, desenvolvido pelos japoneses para os meios de produção industrial e adaptou-os para a construção civil, desenvolvendo a filosofia que chamou de “*Lean Construction*”, construção enxuta na tradução para o português (SOUZA; CABETTE, 2014).

O setor da construção civil vem sendo muito criticado devido às relações de custo-benefício em seus produtos, principalmente em relação ao desperdício de material e baixa qualificação da mão de obra. Até a década de 1980, as construtoras conseguiam obter elevados lucros cobrando alto e oferecendo um produto de qualidade, nem sempre equivalente ao preço (LORENZON; MARTINS, 2006).

Ainda hoje no Brasil, os processos construtivos são executados desordenadamente, com o gerenciamento das obras sendo realizado de forma intuitiva e sem planejamento. Conseqüentemente, se repetem nos canteiros de obras os elevados custos de produção, a baixa produtividade da mão de obra, enormes desperdícios e, principalmente, um grande número de erros de execução (SOUZA; CABETTE, 2014).

Porém, desde a década de 2000 têm se notado uma exigência crescente dos clientes perante aos produtos ofertados a eles, principalmente em relação ao custo-benefício (ISATTO et al, 2000).

Sendo assim, para suprir a necessidade apresentada pelos clientes, a falta de planejamento e os desperdícios nos meios construtivos, o mercado da construção civil vem adaptando técnicas e métodos oriundos da indústria para aplicação no canteiro de obras. Neste quesito entra a filosofia *Lean* que tem sido buscada por várias empresas como uma alternativa aos modelos tradicionais de se construir (SOUZA; CABETTE, 2014).

Com base nestas informações, o presente trabalho buscou, após realizar uma revisão de autores que trataram da *Lean Construction*, identificar como se dá a aplicação desta filosofia em uma construtora, por meio de um estudo de caso.

1.1 JUSTIFICATIVA

O setor da construção civil é criticado pelo alto índice de desperdício e baixa produtividade, que acabam influenciando na qualidade final do empreendimento e principalmente na eficiência produtiva da construtora (SOUZA; ALLEM, 2016; TONIN; SCHAEFER, 2013).

Um dado importante disponibilizado pela Confederação Nacional da Indústria (CNI) em junho de 2018, foi o índice de satisfação dos empresários quanto ao lucro obtido nas negociações dos produtos ofertados pela construção civil, que foi de 35,6 pontos. Esta pontuação quando está abaixo dos 50 pontos indica insatisfação por parte dos empresários em relação ao lucro obtido na construção civil.

Baseado nas informações supracitadas, é importante que sejam pesquisadas e colocadas em prática alternativas aos modelos construtivos tradicionais. Uma destas alternativas é a filosofia *Lean Construction*, pois os onze princípios que a regem buscam justamente otimizar os meios de produção da construção civil, tendo foco principal na eliminação dos desperdícios e redução dos recursos aplicados aos empreendimentos.

Além disso, autores como Bressiani et al (2003), Souza e Cabette (2014), Tonin e Schaefer (2013), Pereira et al (2015) e Souza e Allem (2016), que desenvolveram seus trabalhos nesta área, destacaram em seus estudos a importância da aplicação da filosofia não só para a eliminação de desperdício, mas também na organização do canteiro de obras, assim como redução de desperdícios, não só de recursos, como de tempo. Da mesma forma, citaram a importância de realização de mais pesquisas em relação às filosofias *Lean*, para ampliar o conhecimento sobre aplicações práticas dos princípios.

Devido à importância do assunto, este trabalho realizou a análise da aplicação da filosofia citada em uma construtora que aplicou a mesma na execução de suas obras, em Toledo, Paraná.

1.2 OBJETIVOS

Nesta seção são apresentados os objetivos geral e específicos do presente trabalho.

1.2.1 Objetivo geral

Avaliar a aplicação da filosofia de *Lean Construction* (construção enxuta) em um edifício localizado na cidade de Toledo – PR.

1.2.2 Objetivos específicos

- a) Mensurar o nível de aplicação dos princípios da construção enxuta na obra do estudo de caso.
- b) Apresentar os aspectos positivos constatados durante a execução, com a aplicação dos conceitos da filosofia enxuta.
- c) Avaliar os pontos negativos na obra analisada, em relação ao atendimento dos princípios da construção enxuta.
- d) Elaborar propostas de melhoria dos aspectos negativos identificados na obra.

1.3 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

Este estudo consiste na análise da aplicação dos conceitos de *Lean Construction* em um edifício em construção localizado na cidade de Toledo - PR. As etapas da obra a serem consideradas foram a execução da estrutura (lajes, pilares e vigas), alvenaria de vedação e instalações elétricas.

Os métodos de análise foram baseados nas metodologias dos autores Tonin e Schaefer (2013), Bressiani et al (2003) e Venturini (2015) com a utilização de um formulário de avaliação e posterior elaboração de uma proposta de melhoria dos aspectos negativos.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo é apresentado um breve histórico acerca do tema em análise, assim como as devidas definições e particularidades do mesmo, com a finalidade de dar o embasamento teórico necessário para que a pesquisa realizada seja compreendida adequadamente.

2.1 SISTEMAS DE PRODUÇÃO

Inicialmente, um sistema de produção era considerado basicamente um processo de conversão de uma matéria prima (*input*) em um produto (*output*). Porém, dependendo da complexidade dos processos de produção multiplicam-se os recursos necessários para a execução do produto (KOSKELA, 1992).

Ao final do Século XIX, para superar os altos custos de produção e a baixa qualidade dos veículos produzidos na época, Henry Ford iniciou a primeira grande revolução dos sistemas de produção, desenvolvendo e aplicando conceitos de produção em massa, linha de montagem, priorizando a redução do esforço humano na montagem. Sistema este conhecido como Fordismo (WOOD JUNIOR, 1992).

Com o objetivo de otimizar o sistema fordista de produção, entre as décadas de 1950 e 60 no Japão, foram desenvolvidos métodos diferentes nas linhas de produção da *Toyota Motor Company*. Métodos estes que posteriormente ficaram conhecidos como Sistema Toyota de produção (STP) ou Sistema de produção enxuta (FUJIMOTO, 1999).

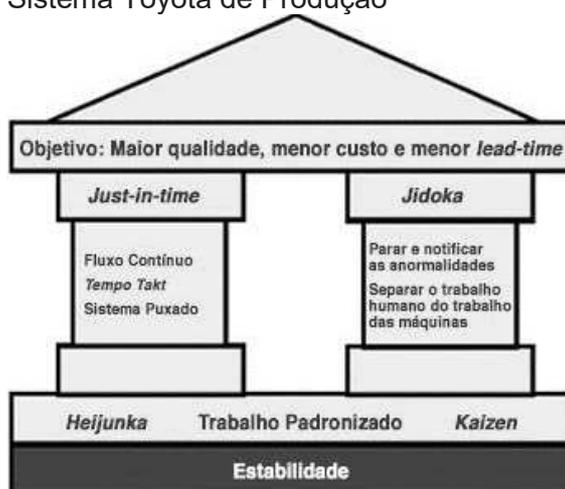
Os métodos aplicados no sistema de produção enxuta da Toyota tinham como base principal a eliminação ou redução dos desperdícios, sejam estes de tempo, pessoas e falta ou excesso de material. No STP a ideia central era produzir o necessário, quando necessário e com o menor número de mão de obra possível, evitando assim a superprodução e o ócio dos operários (OHNO, 1997).

Alguns termos foram criados em conjunto com o sistema de produção enxuta, entre eles o *Just in Time* (JIT), que corresponde a uma série de políticas e técnicas de administração que preconiza a eliminação dos desperdícios e principalmente dos estoques, produzindo somente o necessário e quando necessário. Outro termo é o *Jidoka* que consiste na automação do sistema dando autonomia aos operadores, permitindo paralisar um processo sempre que visto uma anormalidade, aumentando

a eficiência do processo, e o controle da qualidade zero defeitos (CQZD), que basicamente corresponde a implementação de inspeções regulares no sistema de produção do início ao fim do processo (GHINATO, 1995).

A Figura 1 retrata as características do sistema de produção enxuta, citadas com a disposição de cima para baixo, de acordo com seu respectivo grau de importância dentro do STP.

Figura 1 - Exemplificação do Sistema Toyota de Produção



Fonte: *Lean Institute Brasil* (2013).

O conceito de produção enxuta se deve ao fato da redução de todos os fatores comparados com a produção em massa: redução do número de funcionários, redução do estoque, redução dos recursos necessários a execução das tarefas, redução dos retrabalhos e do *lead time* (tempo de entrada da matéria prima na linha de montagem até a saída do produto acabado). Isso gera essencialmente a uniformidade da produção (*Heijunka*) e a capacidade de manter preços abaixo dos praticados pelas empresas que trabalham com o conceito de produção em massa (WOMACK; JONES; ROOS, 1990).

Em 1998, Womack e Jones listaram em seu livro "A mentalidade enxuta nas empresas" cinco princípios para a eficácia do pensamento enxuto:

a) Especifique o valor: O valor deve ser pensado em função da perspectiva do cliente, analisando a função do produto na sociedade através de ferramentas administrativas, como por exemplo com a técnica de desdobramento de função qualidade (QFD), que tem como função vital identificar e quantificar as

etapas do desenvolvimento do produto de acordo com os requisitos das necessidades dos clientes.

b) Fluxo de valor: Corresponde ao conjunto das ações que levam um produto específico a passar pelas três tarefas gerenciais críticas de um negócio qualquer, a tarefa de solução de problemas (da concepção, passando pelo projeto detalhado e engenharia, até o produto acabado), a tarefa de gerenciamento da informação (a partir de um cronograma detalhado com as fases desde o pedido até a entrega do produto) e a tarefa da transformação física do produto ao longo do processo de produção. Através deste mapeamento do fluxo de valor também é possível a eliminação dos desperdícios verificados.

c) Fluxo: Consiste em analisar todas as etapas necessárias a realização do produto e alinhá-las de forma que ocorram em um fluxo contínuo, reduzindo o esforço necessário de cada indivíduo e evitando que haja ócio em caso de alguma etapa ter que parar para aguardar o término de outra. Para essa análise é necessário a relação das atividades e seus respectivos custos e durações e que os recursos necessários sejam de pessoas, tecnologia ou quaisquer outros.

d) Produção Puxada: Produzir de acordo com a necessidade do cliente e no momento que o cliente necessitar, ou seja, deixar que o cliente puxe o sistema de produção atendendo os requisitos de sua solicitação. O inverso do que é pregado por outros sistemas de produção em que os produtos são “empurrados” ao cliente.

e) Perfeição: Equivalente a dedicação da empresa em vincular a especificação do valor com a eliminação do desperdício. De modo que a qualidade de seus produtos seja mantida, assim como a satisfação de seus clientes.

No início da década de 90, Lauri Koskela publicou um trabalho chamado “*Application of the new production philosophy in the construction industry*” onde iniciava a disseminação da aplicação dos conceitos e princípios da produção enxuta à construção civil, que ficou conhecida posteriormente como *Lean construction* (construção enxuta). Logo em seguida houve a criação do *International Group for Lean Construction (IGLC)* (LORENZON; MARTINS, 2006).

2.2 LEAN CONSTRUCTION

Na construção civil vários participantes têm influência no projeto a ser desenvolvido, o que a torna um setor de complexidade elevada para aplicação dos conceitos da construção enxuta em comparação com a manufatura. Levando-se em consideração esta interação entre diversos agentes no setor da construção, é necessário que sejam analisados alguns fluxos que estão diretamente ligados a esta área (PICCHI, 2000).

2.2.1 Fluxos da construção civil

Segundo Picchi (2003) a melhor compreensão da aplicação do *Lean* na construção civil ocorre se os fluxos pertencentes a este setor forem discretizados da seguinte forma:

a) Fluxo de negócio: Este fluxo abrange basicamente as atividades administrativas, ocorrendo apenas transferência de informações nesta etapa. Entre estas atividades estão as aprovações em concessionárias, serviços públicos, prefeituras, financiamentos e registros em cartórios. Sendo assim, engloba todo o desenvolvimento de um empreendimento e, mesmo assim, muitas vezes seu andamento ultrapassa os prazos de obra.

b) Fluxo de projeto: Etapa da execução do projeto, envolvendo o(s) engenheiros(as) e arquitetos(as), o contratante dos serviços e os demais projetistas.

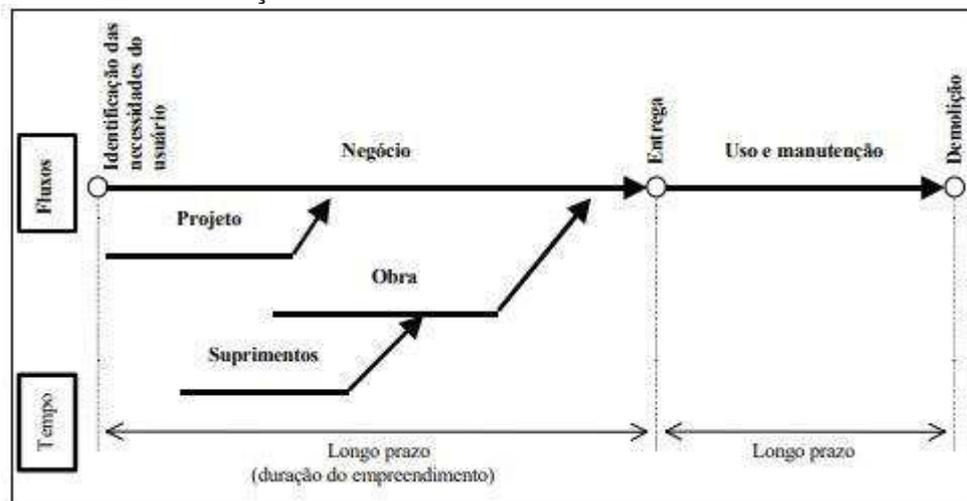
c) Fluxo de Suprimentos: Está relacionado com os recursos necessários à execução do empreendimento, envolvendo os fornecedores, subfornecedores e prestadores de serviços.

d) Fluxo de obra: Etapa de execução propriamente dita do empreendimento, liderada pela construtora e variando de acordo com as ideologias de cada empresa, seja com aplicação de terceirização da mão de obra, funcionários registrados ou outras formas de trabalho.

e) Fluxo de uso/manutenção: Em geral as empresas que comandam esta etapa são diferentes das que operam os outros fluxos. Neste fluxo é compreendida a fase após a entrega da obra. Ocorrendo o uso, a operação, possíveis reparos ou reformas, remodelagens e demolições do empreendimento.

A Figura 2 representa a ordem de ocorrência dos fluxos citados durante o desenvolvimento do empreendimento.

Figura 2 - Fluxos da construção



Fonte: Picchi (2001a).

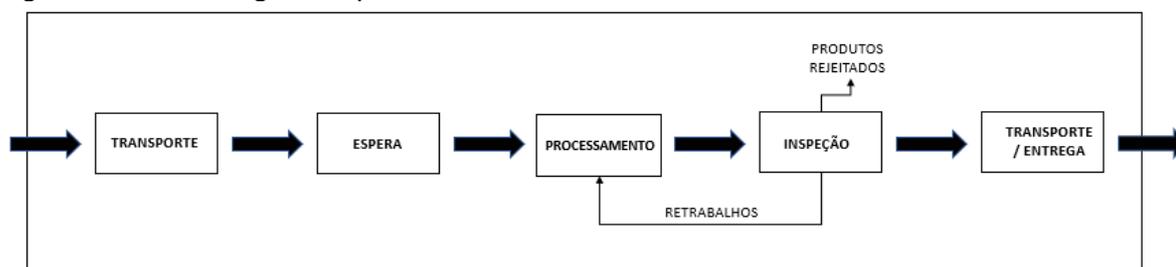
É importante ressaltar que estes fluxos são facilmente identificáveis no setor da construção civil. Porém, podem ser realizados de diferentes formas e escalas dentro de cada empresa, visto que cada empresa pode utilizar diferentes recursos e agentes para realizar um mesmo processo (PICCHI, 2003).

2.2.2 Conceitos do *Lean Construction*

A *Lean construction* ou construção enxuta é um sistema de produção que objetiva essencialmente a redução dos desperdícios durante o processo evolutivo dos fluxos da construção. Esta ideologia foi desenvolvida por Koskela, em 1992, a partir de uma analogia dos ideais de *Lean manufacturing*, produção enxuta (ARANTES, 2008).

Para a aplicação do *Lean construction*, Koskela (1992) definiu um processo como um fluxo desde a entrada da matéria prima até a saída do produto final. Determinou então as atividades representadas na Figura 3 como essenciais a um processo.

Figura 3 - Metodologia dos processos no *Lean Construction*



Fonte: Adaptado de Koskela (1992).

Como as atividades de transporte, espera e inspeção não agregam valor ao produto final, ele atribuiu a estas o nome de atividades de fluxo e o processamento definiu como uma atividade de conversão.

2.2.3 Princípios do *Lean Construction*

Afim de melhorar a eficiência das atividades de conversão (*Input e output*), reduzindo ou eliminando as atividades de fluxo que englobam o setor da construção civil, Koskela (1992) desenvolveu onze princípios que norteiam a construção enxuta, os quais são apresentados a seguir:

1. Reduzir a participação de atividades que não agregam valor: visto que a ideia principal da construção enxuta é a eliminação dos desperdícios, a redução das atividades que não agregam valor é imprescindível. Este tipo de atividade são as que precisam de espaço, tempo e recurso para serem executadas, porém não agregam valor no produto final. Um exemplo disto é o excesso de funcionários em um determinado setor gerando desta forma desperdício de mão de obra (SOUZA; CABETTE, 2014).

Vale ressaltar que há atividades que não agregam valor, mas que são essenciais ao andamento do empreendimento, por exemplo a execução dos sanitários, montagem de guarda-corpos e afins (KOSKELA, 1992).

2. Aumentar o valor da produção por meio da consideração sistemática dos requisitos do cliente: o valor não deve ser considerado um fator inerente ao processo de conversão, mas sim um resultado das necessidades dos clientes, tanto internos (próximas atividades) quanto externos (receptor final). Para isto, as necessidades devem ser identificadas claramente e serem utilizadas como

norteadoras para a elaboração dos projetos e gestão do empreendimento (ARANTES, 2008).

3. Reduzir a variabilidade: este princípio se refere a priorizar a uniformidade na execução do empreendimento, seja de mão de obra, material ou tempo. A padronização da estrutura e da mão de obra gera um aumento de produtividade da equipe, devido, entre outros fatores, ao “efeito aprendizagem”. Isso porque com a repetição das tarefas os trabalhadores tendem a ir se aprimorando e, conseqüentemente, sua produtividade aumenta (MELO; COSTA, 2016).

Segundo Koskela (1992), neste conjunto entra a questão do material a ser utilizado, que quanto menos variável melhor é a qualidade do produto final, gerando maior satisfação ao cliente.

Além disso, o aumento da variabilidade tende a gerar uma elevação das atividades que não agregam valor. Por exemplo, a interrupção no andamento da estrutura devido à quebra de um equipamento. O tempo e recursos que serão gastos na manutenção deste equipamento não agregarão valor ao produto final e irão gerar uma variabilidade nas atividades que sucedem a estrutura, pois houve uma interrupção no processamento (OLIVEIRA; SANTOS, 2017).

4. Reduzir o tempo de ciclo: O tempo de ciclo consiste na duração total do início ao fim do processo de execução de um determinado produto. Pensando no ambiente da construção de um edifício, seria o tempo do início de execução dos serviços preliminares até a entrega final dos apartamentos (KOSKELA, 1992).

Sendo assim, a redução do tempo ciclo está relacionado a ideia do *Just in time*, ou seja, seria reduzir a duração de todas as etapas que compõe a elaboração de um empreendimento. Desta forma, é possível que a entrega ao cliente ocorra anteriormente ao prazo estipulado e, assim, o custo total da obra se torna menor (pois o quantitativo dos impostos, salários, aluguéis e diversos outros encargos será reduzido), além de aumentar a competitividade da empresa no mercado (ARANTES, 2008).

Porém, para este princípio funcionar é necessário que a empresa tenha foco no controle e gestão da obra, assim como que as diferentes atividades tenham comunicação aberta entre si, para que pequenos problemas e desvios na programação sejam rapidamente corrigidos não influenciando no tempo de ciclo (KOSKELA, 1992).

5. Simplificar as etapas do processo: consiste em reduzir a complexidade do processo de execução de um produto, pois quanto mais complexo o processo maior é a tendência de ocorrer falhas, o tempo de ciclo e o valor agregado. Por isso, Koskela (1992) cita que a simplificação pode ser entendida como a redução do número de etapas em um fluxo ou ainda a redução do número de componentes de um produto.

Figura 4 - Concreto usinado



Fonte: Mix9000 concreto (2014).

Por exemplo, a utilização de concreto usinado ou executado em *in loco* em determinados tipos de obras como mostrado nas Figuras 4 e 5.

Figura 5 - Concreto executado em obra



Fonte: Praticando Engenharia Civil (2015).

Com a utilização do primeiro caso (concreto usinado) têm-se o aumento do controle tecnológico do produto, reduzindo as chances de dosagens incorretas dos traços, eliminando o tempo de execução do concreto em obra, eliminando a mão de obra do canteiro destinada a execução do concreto e reduzindo o tempo de

concretagem. Com isso, conseqüentemente se reduz o tempo de ciclo do processo todo (FORMOSO, 2011).

6. Aumentar a flexibilidade de saída: consiste em dar ao cliente a possibilidade de escolha do *layout* da planta, através de projetos modularizados em que as divisórias internas dos empreendimentos são executadas no final da obra (KOSKELA, 1992).

Uma forma de realização desta modulação “tardia” dos ambientes residenciais é com a utilização de divisórias de gesso cartonado ou *Dry Wall* como mostrado na Figura 6.

Figura 6 - Divisórias em *Dry Wall*



Fonte: Grupo Kalfix (2017).

Apesar de parecer ir na contramão do princípio anterior de simplificação, várias empresas têm conseguido conciliar estes dois princípios, conquistando um lugar diferenciado no mercado imobiliário (KOSKELA, 1992).

7. Aumentar a transparência do processo: um dos objetivos da construção enxuta é tornar o processo transparente e visível não só para a hierarquia superior do empreendimento em execução como também para todos os funcionários envolvidos, pois assim os erros se tornam mais facilmente identificáveis e o fluxo de obra mais eficiente (KOSKELA, 1992).

Aumentar a disponibilidade das informações necessárias para a execução das determinadas tarefas através de sinais luminosos, cartazes e demarcações de áreas importantes para a gestão do canteiro, facilitando o trabalho e fornecendo fluidez ao mesmo (FORMOSO, 2011).

Um exemplo do aumento de transparência é a organização do material a ser utilizado no canteiro de obras em um local adequado (prateleiras, baldes, armários e afins), com a devida sinalização e identificação, como mostrado na Figura 7.

Figura 7 - Sistema *Kanban* aplicado ao estoque de argamassa de uma obra



Fonte: Loturco, Bruno (2013).

O sistema *Kanban* foi desenvolvido pelos japoneses no STP, este sistema tem o objetivo principal de “puxar a produção” através do uso de sinalizações que identificam quando a produção deve ser ativada e os devidos itens movimentados (LEITE et al, 2004).

8. Controle do processo inteiro: focar no controle do processo global de uma obra possibilita a mais eficiente identificação do tempo de ciclo e compatibilização deste com o prazo de entrega ao cliente do empreendimento.

A aplicação deste princípio exige a definição de um gestor responsável pelo controle do processo global, assim como o entendimento geral da equipe acerca de todo o processo (KOSKELA, 1992).

9. Buscar melhorias contínuas no processo: este princípio está relacionado ao termo de origem japonês *Kaizen*, o qual preza que deve ser buscada uma melhoria contínua na estrutura da empresa ou do próprio indivíduo, para que em um curto espaço de tempo seja possível o reconhecimento e eliminação dos desperdícios, por meio da cooperação e do trabalho da equipe, que apresenta como objetivo principal alcançar as metas desenvolvidas pelo gestor (MAURICIO et al, 2013).

Segundo Koskela (1992) este melhoramento contínuo deve ser medido e monitorado, através de índices de desempenho. Para que seja mantido, devem ser

estabelecidas metas de curto, médio e longo prazo a serem cumpridas pelo contingente. Uma forma de medição do melhoramento contínuo é através de fichas de verificação (*checklists*) da execução das tarefas. Já para incentivar a equipe a cumprir estas metas podem ser utilizados bônus de compensação ou outras formas de premiações.

10. Manter um equilíbrio entre melhorias nos fluxos e nas conversões: entende-se neste caso atividades de fluxo como as de transporte, armazenamento, inspeção e etc., e as de conversão como as de execução propriamente dita. Sendo assim os aspectos de fluxo e conversão possuem diferentes tipos de potenciais nos processos de produção. Geralmente o impacto na melhoria do fluxo é tão maior quanto a complexidade do processo. Em relação aos desperdícios inerentes ao processo de produção, quanto maiores são, mais lucrativa é a melhoria do fluxo se comparada com a melhoria de conversão (KOSKELA, 1992).

Por isto, manter ambos equilibrados é essencial, visto que melhores fluxos exigem uma menor capacidade de conversão e menos investimentos em equipamentos. Já maiores capacidades de conversão podem gerar menor variabilidade no fluxo.

Na execução de alvenaria de vedação, por exemplo, o processo de fluxo pode ser melhorado com a utilização de uma grua que facilite o transporte dos materiais e diminua as atividades que não agreguem valor. Já em relação a conversão podem ser utilizadas divisórias em gesso ou *Dry Wall*, que são mais leves do que tijolos convencionais, levam menor tempo para serem montados e apresentam uma estética agradável se bem executadas (ARANTES, 2008).

11. Benchmark: este processo visa a comparação de desempenho de uma determinada empresa com outras, buscando a análise e o aprimoramento da forma com que são executadas atividades semelhantes. Este compartilhamento pode ocorrer através de indicadores comuns entre construtoras ou com uma formação de um banco de dados visando o melhoramento contínuo dos processos (COSTA; FORMOSO, 2011).

2.3 TRABALHOS RELACIONADOS À ÁREA DE ESTUDO

Nesta seção são apresentados os trabalhos que deram embasamento teórico ao estudo em análise. Buscou-se a utilização de trabalhos mais recentes

considerando que a construção civil é uma área que está em constante desenvolvimento e ideias inovadoras estão sendo apresentadas frequentemente.

2.3.1 Pereira et al (2015)

Neste estudo, os autores buscaram analisar como a metodologia *Lean construction* e suas ferramentas estavam impactando na construção civil, e se produziam benefícios em relação ao aumento da produtividade.

Para isto, realizaram uma revisão de literatura levantando todas as hipóteses publicadas em congressos e revistas brasileiras do ano de 1998 a 2014, relacionadas ao termo *Lean construction*. Como resultado obtiveram dados que evidenciam a necessidade de melhoramento da gestão na construção civil e que neste quesito os princípios da construção enxuta trazem benefícios evidentes.

Sugeriram ainda que noutros trabalhos sejam ampliados os campos de pesquisa, utilizando também artigos internacionais, para que seja analisado o cenário global em relação as aplicações e benefícios das ferramentas do *Lean construction* na construção civil.

2.3.2 Tonin e Schaefer (2013)

O objetivo deste trabalho foi mensurar o nível de aplicação da filosofia *Lean* em uma edificação em construção com mais de 25 mil metros quadrados, localizada na região do vale do Itajaí, Santa Catarina, e a proposição de melhorias aos aspectos negativos que fossem identificados.

A partir da análise do caso supracitado foram coletados os dados e realizado um delineamento analítico e descritivo acerca dos mesmos. Os autores dividiram a pesquisa qualitativa em duas etapas, diagnóstico e desenvolvimento de proposta *Lean*.

Na etapa de diagnóstico realizaram a caracterização da construtora e da obra a ser estudada, além de preencherem uma ficha com diversos questionamentos referentes a aplicação do *Lean construction* na obra. Também elaboraram uma escala de nota, variando de 0 a 100%, para que ao fim um percentual geral fosse obtido. Ao mesmo tempo realizaram observações da aplicação de cada um dos onze

princípios de construção enxuta *in loco* na obra, com o objetivo de analisar a consistência dos dados obtidos com os questionamentos.

Na etapa de desenvolvimento da proposta *Lean* reuniram os dados obtidos no diagnóstico e desenvolveram uma proposta que potencializasse os ganhos de produção do caso em estudo.

Os autores destacaram a eficiência do método de análise utilizado por eles e sugeriram a utilização deste para implementações iniciais dos conceitos de construção enxuta em demais construtoras.

2.3.3 Bressiani et al (2003)

Este trabalho teve como objetivo analisar o comportamento de engenheiros de obra em relação aos princípios do *Lean construction*. Para a concretização deste objetivo os autores desenvolveram dois questionários, o primeiro contendo questões referentes ao comportamento dos entrevistados diante dos conceitos gerenciais da construção enxuta. Já o segundo questionário continha questões que correspondiam a um comportamento oposto ao enxuto, considerado pelos autores como um comportamento normal.

Os questionários foram aplicados a 100 engenheiros de obra que participaram de cursos de extensão, especialização e mestrado na área de construção.

Concluiu-se que a frequência de aplicação dos conceitos de construção enxuta no cotidiano dos engenheiros era mediana, entre 60 e 80% do total, além de observarem que os engenheiros não procuram realizar o benchmarking. Ressaltaram analogamente ao que foi dito por Tonin e Schaefer (2013), ou seja, ser possível obter diagnósticos importantes com a utilização deste tipo de questionários, como por exemplo sobre pontos de atuações mais críticos nas obras.

2.3.4 Costa (2014)

O objetivo do trabalho foi verificar a partir do procedimento de estudos de caso múltiplos a aplicação das ferramentas do *Lean Construction* em obras populares na cidade de Campo Mourão, no estado do Paraná.

O autor elaborou questionários e realizou entrevistas com funcionários de duas empresas. Nos questionários haviam perguntas relacionadas aos onze

princípios do *Lean Construction*. Os resultados obtidos apontaram que as organizações aplicam as ferramentas de construção enxuta em seus empreendimentos e obtiveram vantagens como a eliminação de desperdício e o aumento de produtividade com estas aplicações. Porém, os autores destacaram que ainda há necessidade de estudos voltados a esta área.

2.3.5 Souza e Cabette (2014)

Com a realização de pesquisas e observações técnicas, bem como estudos informais relacionados a aplicação do *Lean Construction* no Brasil, os autores buscaram estudar as adaptações necessárias no setor da construção civil brasileira para possibilitar a melhor aplicação destas ferramentas.

Os autores utilizaram uma construtora localizada no Vale do Paraíba, na cidade de Cachoeira Paulista, no estado de São Paulo para embasar seu estudo. Foram realizadas pesquisas de campo na empresa supracitada, bem como entrevistas com os funcionários da construtora a partir de um questionário elaborado pelos autores. Chegaram à conclusão de que a aplicação do *Lean Construction* traz diversos benefícios as empresas, principalmente em relação a organização da obra.

2.3.6 Peretti, Faria e Santos (2013)

O estudo em questão objetivou analisar a forma com que as ferramentas e os princípios do *Lean Construction* são adotados em construtoras verticais da cidade de São Paulo – SP. Para tal realizou-se uma pesquisa qualitativa por meio de estudos de caso múltiplos em três empresas diferentes.

Os autores desenvolveram questionários relacionados aos onze princípios da construção enxuta e solicitaram que os representantes das empresas em estudo respondessem as perguntas, de acordo com o que era aplicado em suas empresas. Também realizaram pesquisas de campo observando o dia a dia dos canteiros de obras para coletarem os dados.

Com os dados coletados e analisados chegaram à conclusão de que a aplicação das ferramentas *Lean* ainda estão em desenvolvimento e é evidente a necessidade de mais pesquisas nesta área.

2.3.7 Venturini (2015)

O objetivo do trabalho foi avaliar os problemas com desperdício em uma obra de um edifício de cinco andares localizada em Santa Maria – RS e a partir da análise propor ações de melhoria no sistema de produção da empresa responsável baseado nos princípios do *Lean Construction*.

O método aplicado para a execução da avaliação foi uma pesquisa de campo realizada na obra em estudo, em que foram analisados e registrados todos os pontos de desperdício de materiais. A partir das análises a autora elaborou uma série de ações a serem adotadas para a implantação dos princípios *Lean* no empreendimento.

Ao final do estudo a autora destacou a importância dos conceitos de construção enxuta não só na eliminação de desperdício, como também na organização do canteiro de obras.

2.3.8 Souza e Allem (2016)

O artigo em questão buscou avaliar os benefícios obtidos em uma obra de característica horizontal com cerca de 13.500 m² localizada na cidade de Urussanga – SC a partir da aplicação dos conceitos de *Lean Construction*.

Para isto, foram realizadas pesquisas *in loco* na obra estudada com a finalidade de averiguar os pontos a serem melhorados. A partir dos dados coletados os autores elaboraram um plano de logística do canteiro, bem como propostas de melhorias a serem aplicadas no empreendimento.

Concluíram então, que com a aplicação do plano de logística e dos conceitos do *Lean Construction* as atividades de fluxo foram reduzidas pela metade. Os desperdícios não só de recursos, como de tempo, foram reduzidos e a mão de obra pôde ser melhor utilizada e os equipamentos melhor destinados as tarefas.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

No presente capítulo são apresentados os procedimentos metodológicos utilizados na pesquisa em análise, afim de se obter os resultados finais do estudo.

3.1 DESCRIÇÃO DA PESQUISA

A pesquisa em questão teve como objetivo analisar a aplicação das ferramentas de construção enxuta em uma obra de um edifício de 14 pavimentos localizada na cidade de Toledo – PR. Também buscou, em função da análise efetuada durante a execução da obra, desenvolver estratégias para que os pontos negativos fossem solucionados com a aplicação de técnicas relacionadas ao *Lean Construction*.

Sendo assim, por se tratar de uma pesquisa com foco em um caso específico, bem delimitado e contextualizado em um tempo e lugar em que seja possível buscar as informações, é caracterizado segundo os autores Ventura (2007); Ludke e André (1988) como um estudo de caso.

Vale ressaltar que com a finalidade de dar descrição a empresa e aos colaboradores responsáveis pela execução da obra, bem como fornecedora dos projetos e informações necessárias para execução deste trabalho, o nome da empresa será mantido em sigilo, e esta será chamada de Empresa A no decorrer do estudo.

3.2 ESTUDO DE CASO

O caso a ser estudado foi escolhido devido ao fato de os responsáveis buscarem aplicar técnicas de construção enxuta na obra a ser estudada, bem como estarem dispostos a terem seus métodos produtivos avaliados por este trabalho. A obra consiste em um edifício em construção, localizado na cidade de Toledo – PR, com suas vistas apresentadas na Figura 8.

Figura 8 - Vista lateral Norte e Sul do edifício 14 Bis



Fonte: Empresa A (2017).

O edifício terá 14 pavimentos, totalizando aproximadamente 5.500,00 m² de área construída. No primeiro pavimento se localizará duas salas comerciais, no segundo pavimento será o salão de festas, enquanto no terceiro e quarto serão as garagens, do quinto ao décimo terceiro pavimento serão os pavimentos tipo e o décimo quarto pavimento consistirá na cobertura do edifício.

Cada pavimento tipo conterà cinco apartamentos. Sendo assim, como são nove pavimentos tipo, serão ao total 45 residências unifamiliares conforme a planta baixa mostrada na Figura 9.

Figura 9 - Planta baixa dos pavimentos tipo



Fonte: Empresa A (2017).

A previsão de entrega do edifício é no ano de 2022. A equipe executora do empreendimento é composta por dois engenheiros, um mestre de obras, dois carpinteiros, um operador de grua, um meio oficial, três serventes e dois estagiários. Os trabalhos de dobragem e amarração das armaduras são executados por uma empresa terceirizada.

3.3 INSTRUMENTOS PARA COLETA DE DADOS

A coleta de dados foi realizada na obra do edifício citado. Esta obra foi escolhida para o estudo devido ao fato de os responsáveis buscarem desde o princípio da obra aplicar a filosofia *Lean* no desenvolvimento do empreendimento, bem como estarem dispostos a terem seus métodos de produção analisados, além da possibilidade de o autor desenvolver uma proposta de melhoria da aplicação do *Lean Construction* no empreendimento de acordo com as necessidades da construtora.

Sendo assim, para a coleta dos dados foi utilizada uma metodologia adaptada de Tonin e Schaefer (2013), Venturini (2015) e Bressiani et al (2003), que desenvolveram instrumentos para avaliação dos conceitos *Lean*. Estes instrumentos são formulários de avaliação no qual são elencados pontos a serem avaliados baseado nos onze princípios do *Lean Construction*.

A coleta de dados do presente estudo ocorreu em duas etapas principais. Na primeira utilizou-se o formulário de avaliação citado anteriormente, onde constam itens relacionado aos onze princípios da construção enxuta. O formulário citado se encontra no Apêndice A deste trabalho e foi escolhido como instrumento de dados devido ao fato de todos os autores citados anteriormente terem-se apropriado desta forma de avaliação, obtendo resultados satisfatórios com a utilização do mesmo.

Na segunda etapa foi realizada uma observação direta da aplicação dos princípios na obra, afim de compatibilizar os dados obtidos no preenchimento do formulário, evidenciando situações observadas durante a execução. Este acompanhamento *in loco* ocorreu de novembro de 2018 a março de 2019, ou seja, durante cinco meses, afim de verificar a execução de várias etapas do empreendimento.

Os serviços acompanhados durante o período de coleta de dados foram:

- a) Estrutura: lajes, pilares e vigas;

- b) Alvenaria de vedação;
- c) Instalações elétricas.

Foram escolhidos estes serviços como base de acompanhamento porque segundo o cronograma da obra disponibilizado pela empresa, estes eram os processos que estariam em andamento durante o período de observação, que ocorreu entre as datas comentadas anteriormente.

3.4 ANÁLISE DOS DADOS

A partir dos resultados obtidos com o preenchimento do formulário e a observação direta em obra, foram efetuadas as seguintes análises.

3.4.1 Atendimento aos princípios

Após a coleta dos dados, efetuada por meio do formulário, foram atribuídas notas para cada princípio do *Lean Construction* que foi atendido no empreendimento, de acordo com o nível de aplicação deste. As notas atribuídas foram correspondentes às utilizadas por Tonin e Schaefer (2013) e estão representadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Escala de aplicação do *Lean Construction*

Escala de notas				
% equivalente	0%	>0% e <=50%	>50% e <=75%	>75% e <=100%
Identificação	Não aplicado	Aplicado com deficiência	Aplicado parcialmente	Aplicado
Nota	0	1	2	3

Fonte: adaptado de Tonin e Schaefer (2013).

As notas foram atribuídas para cada princípio e o percentual equivalente foi obtido a partir da relação entre os pontos obtidos e os pontos possíveis, como representado na Equação 1.

$$\%equivalente = \frac{Pontos\ obtidos}{Pontos\ possíveis} \times 100\% \quad (1)$$

Os pontos possíveis são referentes ao número de itens (presente no quadro do Apêndice A) que há para o determinado princípio. Já os pontos obtidos são a quantidade de respostas positivas conferidas para cada uma destas questões.

Após isso, foi aplicada a escala de níveis utilizada por Tonin e Schaefer (2013) apresentada no Quadro 1, com o objetivo de caracterizar a obra com relação à utilização da filosofia.

Quadro 1 - Nível de aplicação do *Lean Construction*

%Equivalente	Nível de aplicação
95% < x ≤ 100%	Pleno
75% < x ≤ 95%	Excelente
50% < x ≤ 75%	Avançado
25% < x ≤ 50%	Intermediário
0% < x ≤ 25%	Baixo
0%	Inexistente

Fonte: adaptado de Tonin e Schaefer (2013).

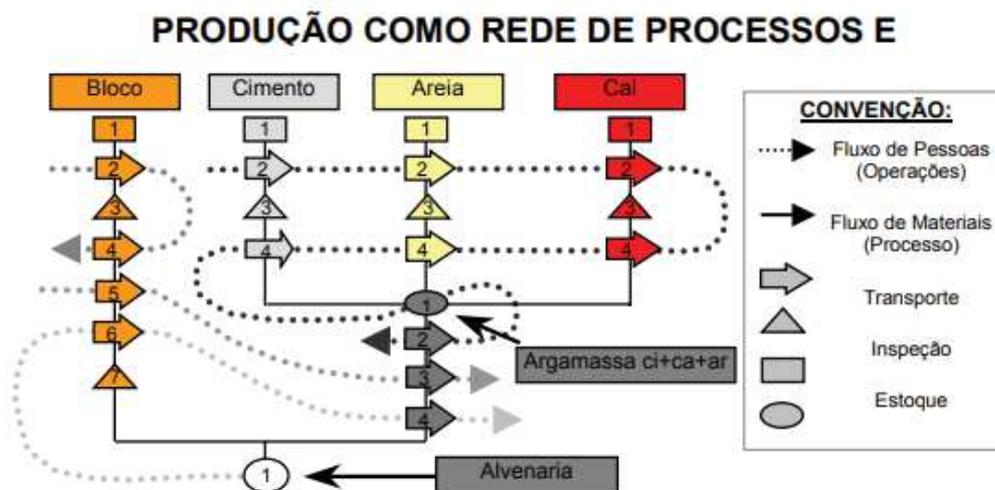
Com o nível de aplicação mensurado na obra, foram analisados os pontos negativos do empreendimento em estudo, ou seja, os princípios que obtiveram nota igual ou inferior a 1 (um) segundo o Quadro 1.

3.4.2 Descrição dos serviços de acordo com os princípios

Para cada serviço analisado foi apresentada uma descrição dos mesmos, sob o ponto de vista dos princípios da construção enxuta, procurando identificar as dificuldades na implementação dos princípios, aspectos positivos e negativos constatados durante a observação realizada *in loco* realizada no empreendimento, e atestada pelas notas iguais ou inferiores a 1 atribuídas de acordo com a Tabela 1.

Foram elaborados fluxogramas, para mostrar os fluxos do processo de cada serviço. Um exemplo de fluxograma é apresentado na Figura 10, utilizado para o serviço de alvenaria.

Figura 10 – Relação de fluxos de materiais e trabalho do serviço de alvenaria



Fonte: Formoso (2011).

Também, foi elaborado um fluxograma de todo o canteiro de obras, identificando os fluxos internos.

Para auxiliar na descrição dos serviços executados no empreendimento, conciliando-os com os princípios do *Lean*, foram elaboradas duas planilhas. Uma consiste no acompanhamento do tempo de execução de todas as etapas observadas no empreendimento, para a execução do início ao fim de cada pórtico (pilares, vigas e laje de cada pavimento). Para que esta planilha fosse executada, foi anotado diariamente o que estava sendo realizado na obra, bem como marcando o início e o fim de cada atividade. Posteriormente, estes dados foram transcritos para planilhas eletrônicas, pela qual se obteve como resultado final, planilhas com o tempo de ciclo de cada pavimento, como a planilha do 6º pavimento mostrada na Figura 17.

Outra planilha desenvolvida foi a de um resumo com os tempos de ciclo de todos os pavimentos. Como nem todos os pavimentos puderam ser observados em execução durante este trabalho, a empresa forneceu os dados correspondentes aos pavimentos executados anteriormente ao prazo de observação *in loco*. Nesta planilha, foram adicionados os tempos de ciclo previstos pela empresa, de acordo com seu cronograma inicial, e os dados obtidos com o andamento real dos processos, como é possível verificar na Figura 18.

3.4.3 Elaboração de propostas de melhorias

Após as análises apresentadas nos itens anteriores, foram elaboradas propostas de melhorias e possíveis implementações que puderam ser executadas na obra.

As propostas de melhorias contemplaram as ações que podem ser implementadas, assim como elaboração de fluxogramas ideais para os processos analisados.

Em todas as análises foram utilizadas ferramentas para apresentação dos dados, como gráficos, tabelas e imagens da obra, para facilitar a compreensão dos resultados.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta seção são apresentados os resultados obtidos a partir das coletas realizadas no empreendimento em estudo, bem como foram apresentadas propostas de melhorias a serem aplicadas na construção.

4.1 ANÁLISE DOS PRINCÍPIOS

Foram analisadas as aplicações individuais de cada princípio no empreendimento e estas estão descritas a seguir.

4.1.1 Reduzir a participação das atividades que não agregam valor

Alguns elementos do canteiro de obras evidenciam a preocupação da empresa com a eliminação de desperdícios, entre eles está a utilização de uma grua no empreendimento (Figura 11). Este equipamento reduz as atividades de transporte e espera no canteiro de obras, atividades estas que segundo Koskela (1992) não agregam valor ao produto final.

Figura 11 - Grua utilizada no edifício em estudo



Fonte: Autor, 2018.

Para execução da amarração da alvenaria à estrutura do edifício foram adquiridas pistolas à pólvora, exibida na Figura 12, que disparam pinos metálicos e fixam as telas de arame entre os blocos cerâmicos e os elementos estruturais. Com

este equipamento não é necessário fixar hastes metálicas de forma manual, agilizando a execução do serviço.

Figura 12 - Ferramenta de fixação a pólvora (para alvenaria)



Fonte: Walsywa, 2016.

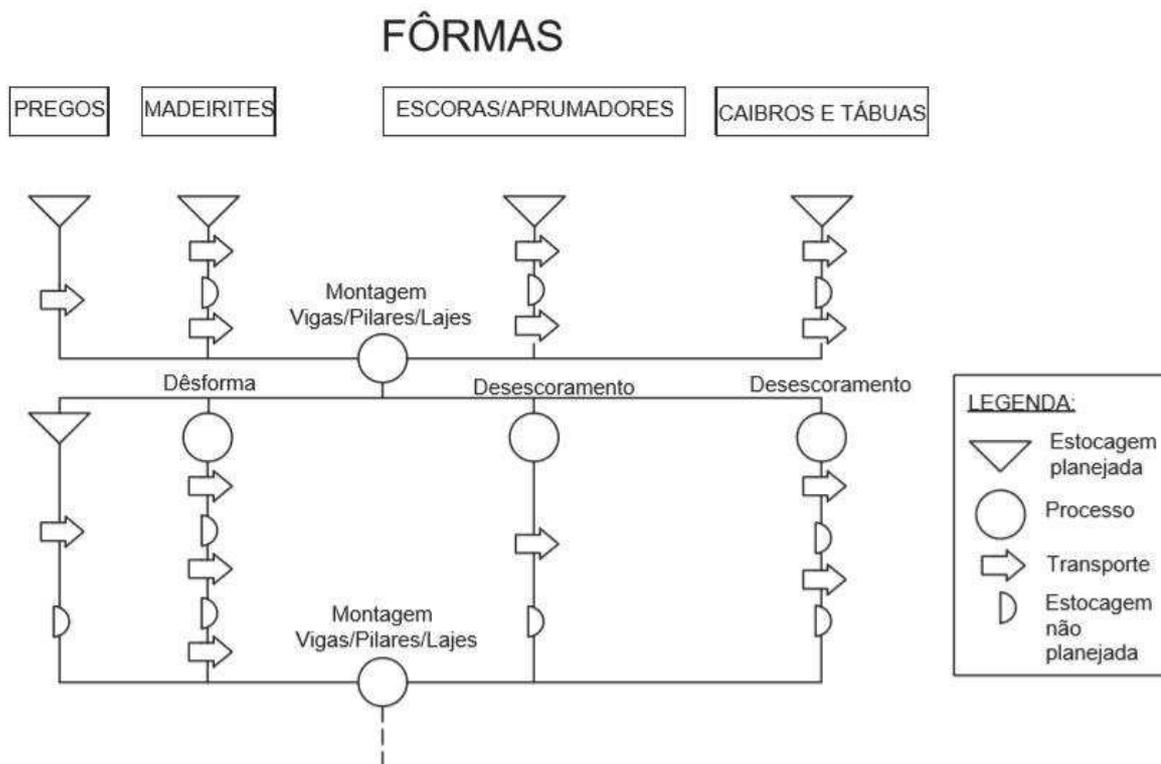
Outro fator positivo é que desde o início da obra a empresa executou um planejamento desenvolvido no software MS Project, buscando evitar períodos de ociosidade da equipe, bem como períodos de gargalos em que os colaboradores ficariam sobrecarregados. Ambos os casos gerariam atividades que não agregam valor a obra, além de prejudicar a produtividade da equipe. Este planejamento foi executado para todas as etapas da obra e é atualizado constantemente.

Entretanto um ponto negativo constatado é o fato de a empresa não ter realizado um projeto de *layout* do canteiro de obras, ocasionando transtornos na alocação dos materiais entregues pelos fornecedores, dificultado a locomoção no empreendimento. Isto gera dificuldade no fluxo do canteiro, aumentando as atividades de transporte dos materiais, de identificar a localização dos materiais e entre outras atividades que não agregam valor ao empreendimento.

4.1.2 Aumentar o valor da produção por meio da consideração sistemática dos requisitos do cliente

Para avaliar como ocorria a interferência entre os serviços executados na obra desenvolveu-se fluxogramas de processos para as atividades de armação e carpintaria. O fluxograma desenvolvido para representar o processo da carpintaria está disposto na Figura 13.

Figura 13 - Fluxograma de processos da carpintaria do empreendimento em estudo

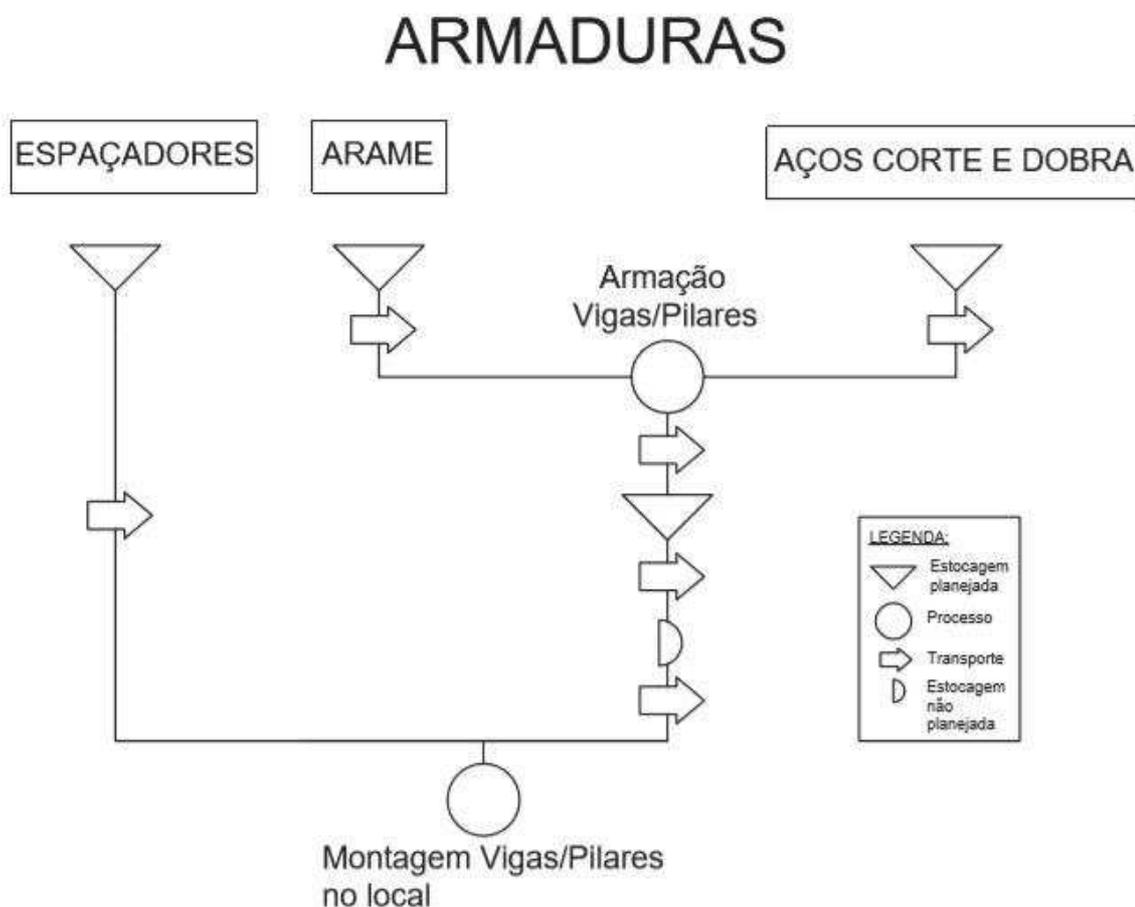


Fonte: Autor, 2019.

Todas as fôrmas, tanto de pilares quanto de vigas possuíam marcações indicando o elemento que compunham. Porém, notou-se que os madeirites provenientes das desformas dos elementos (tanto vigas quanto pilares) eram alocados aleatoriamente, sem seguir o padrão das marcações, gerando incômodos desnecessários para os carpinteiros (posteriores “clientes” desta etapa) ao iniciarem a montagem dos próximos elementos.

A armação seguia o procedimento apresentado pela Figura 14, além disso foi constatada a disposição aleatória dos aços, que embora viessem cortados e dobrados de fábrica, quando entregues no canteiro eram dispostos aleatoriamente, gerando dificuldade para os armadores (próximos “clientes desta etapa) encontrarem os aços correspondentes a mesmos elementos (tanto para vigas quanto para pilares).

Figura 14 - Fluxograma de processos da armação do empreendimento em estudo



Fonte: Autor, 2019.

Foi constatado também que os vergalhões ficavam estocados a céu aberto, como mostrado na Figura 15, acelerando o processo de corrosão das barras.

Figura 15 - Vergalhões de aço exposto a céu aberto no canteiro de obras



Fonte: Autor, 2019.

Outro fato observado e simbolizado pelo fluxograma presente na Figura 14 é que após o aço ser armado em vigas/pilares ele era transportado e estocado de forma planejada. Alguns dias antes das armaduras serem utilizadas novamente, elas eram transportadas e estocadas sem planejamento, posteriormente eram transportadas e alocadas em sua posição final. Estas atividades de transporte em demasia e estocagem não planejada geravam atividades que não agregam valor, desperdício de mão de obra e aumento no tempo de ciclo de execução desta etapa. Pois ao serem transportadas, funcionários eram mobilizados para prender as vigas na grua, alocar os elementos em alguns locais, além de ocupar a grua sem necessidade. Conciliado com isso a estocagem não planejada gerava transtorno para os “próximos clientes da atividade”, que eram os armadores que iriam lançar as peças em seu devido local. Como as armaduras haviam sido estocadas sem planejamento havia dificuldade em encontrar cada elemento, o que gerava perda de tempo e transtorno aos colaboradores.

Em relação ao gerenciamento de qualidade dos serviços executados no empreendimento, a empresa adaptou fichas de verificação de serviços utilizadas em processos industriais para aplicar no empreendimento em estudo, visando relatar e averiguar a partir destas, todos os procedimentos executados na obra. Um exemplo da ficha citada é mostrado na Figura 16. Esta em particular era utilizada para o controle das concretagens.

Figura 16 – *Print* de Ficha de verificação de serviços utilizada para controle de concretagem

FICHA DE VERIFICAÇÃO DOS SERVIÇOS			FVS-016 - Concretagem				
ELABORADO POR: LUCIO S. GONÇALVES E GUSTAVO ALEANDRI			RESPONSÁVEL:				
OBRA:			DATA:				
AMBIENTE:			Carga/Local/Referência/Pavimento (se necess				
Itens de inspeção	Método de verificação	Tolerância / Critérios					
Volume	Calcular os metros cúbicos de concreto	de 5 a 10%					
Agendamento do concreto	Comunicar o escritório acerca da concretagem	2 dias antes da concretagem					
Agendamento dos vibradores	Verificar a quantidade necessária de vibradores e comunicar o escritório sobre o agendamento	2 dias antes da concretagem					
Topógrafo	Concretagem de lajes, avisar o escritório para agendar o topógrafo	2 dias antes da concretagem					
Quantidade de corpos de prova	Caso os CPs disponíveis em obra forem insuficientes, comunicar o prestador de serviço	2 dias antes da concretagem					
Sacos de cimento	Verificar a quantidade disponível de sacos de cimento, se for insuficiente, comunicar escritório	2 dias antes da concretagem					
Acabamento da superfície e nivelamento	Comunicar prestador de serviço de nivelamento do piso acerca da concretagem. Visual e nível ótico	2 dias antes da concretagem. +/- 3 mm					
Falhas no concreto ou abertura nas formas	Visual	ZERO					
Corpo de Prova	Retirar 1 conjunto (3 peças) de corpo de prova a cada caminhão	Conf. Norma					

Fonte: Autor, 2019.

Na ficha de verificação é citado o item a ser inspecionado, o método de verificação a ser adotado e os critérios a serem seguidos. Para o caso das concretagens, a gestão se iniciava desde o momento da solicitação do concreto, perante a concreteira, até a concretagem em si dos elementos finais. Do mesmo modo eram realizadas fichas de verificação para a armação e carpintaria. A partir das fichas de verificação pode ser garantida a qualidade dos materiais utilizados/executados no empreendimento.

Entretanto, apesar de a empresa seguir os procedimentos de planejamento da obra e gestão com fichas de verificação, a obra não possui nenhum tipo de certificação.

Percebeu-se durante o período de coleta de dados e observação *in loco* realizada no empreendimento, que a empresa dá importância aos seus clientes, e que realiza pesquisas para avaliar a necessidade do mercado e averiguar qual o melhor empreendimento a ser executado, buscando um maior retorno financeiro para empresa e melhor satisfação com seu público alvo.

4.1.3 Reduzir a variabilidade

A empresa possui um procedimento de compras e aquisição de materiais para o empreendimento bem estabelecido e que era utilizado na negociação de todos os produtos adquiridos para obra. Esse procedimento não se baseava apenas no custo dos produtos, mas também na qualidade dos mesmos. Com isso era buscado um padrão de qualidade nos materiais utilizados na obra, bem como dos fornecedores responsáveis pelo abastecimento do estoque do edifício em construção.

Apesar de buscar esta padronização na matéria – prima aplicada na obra, a empresa ainda não havia conseguido ter uma equipe fixa de trabalho, apresentando durante o período de coleta de dados uma alta rotatividade de funcionários, gerando alguns contratemplos no desenvolvimento dos processos produtivos. Como exemplo pode ser citado o fato do carpinteiro que foi contratado no período que estavam fechando as laterais das vigas, que por não estar habituado à metodologia de trabalho da empresa, acabou esquecendo de colocar travas em algumas vigas. No dia da concretagem as fôrmas que estavam sem travar acabaram abrindo. Além

disso, funcionários novos levam maior tempo até aprenderem a realizar suas devidas funções da forma que a empresa espera.

A rotatividade da mão de obra dificulta a padronização da construção e impede que os colaboradores aumentem sua produtividade com a repetição das atividades, fato conhecido como curva de aprendizagem.

Não é prática da empresa realizar treinamento da mão de obra a cada nova atividade, influenciando negativamente também na performance dos colaboradores, pois um devido treinamento colaboraria para melhorar os rendimentos deles, padronizando o serviço executado e aumentando a qualidade do produto final.

4.1.4 Reduzir o tempo de ciclo

O tempo de ciclo auxilia na determinação do atraso ou adiantamento de uma determinada etapa e conseqüentemente da obra toda, sendo assim é de suma importância tê-lo bem estabelecido. No empreendimento em estudo, a referência utilizada para embasar o tempo de ciclo é desde o início das atividades em um pavimento, começando pela marcação das linhas e carpintaria dos pilares, até a conclusão deste com a concretagem das vigas e lajes.

Foi estabelecido como meta desde o início das atividades na obra, um tempo de ciclo equivalente a 28 dias corridos para a execução da estrutura dos pavimentos tipo. Para averiguar se a meta estava sendo cumprida era realizado o acompanhamento por meio do cronograma de obra, executado no software MS Project, bem como com o uso de planilhas eletrônicas como mostrada na Figura 17.

Figura 17 - Tempo de ciclo 6º Pavimento tipo do empreendimento em estudo

TEMPO DE EXECUÇÃO - 6º PVTO								
CÓDIGO	Nome da Tarefa	Início	Hora	Término	Hora	dias corridos	dias úteis	Predecessora
18	Marcação dos pilares	06/02/19	09:00	06/02/19	16:30	0,722	0,722	17
19	Lançar armadura dos pilares	05/02/19	13:00	07/02/19	12:00	2	2	17TI + 4,5 hrs
20	Montar caixa dos pilares	06/02/19	15:00	08/02/19	12:00	1,778	1,778	18TI - 1,5 hrs, 19TI - 7 hrs
21	Concretar pilares	08/02/19	16:40	08/02/19	18:55	0,281	0,281	20
22	Montar fundo das vigas	11/02/19	07:30	13/02/19	17:30	3	3	21
23	Armar armadura das vigas (térreo)	01/02/19	14:00	11/02/2019	12:00	9,5	6	-
24	Armar armaduras das vigas (pvto. superior)	14/02/2019	07:30	19/02/2019	12:00	5	3	22,23TI + 27 hrs
25	Lançar armadura das vigas	12/02/19	13:00	19/02/19	12:00	7	5	23TI + 9 hrs
26	Montar lateral das vigas	15/02/19	13:30	22/02/19	16:30	7,5	5,5	25TI - 17,5 hrs
27	Montar escoramento da laje	20/02/19	13:00	26/02/19	17:30	2,5	2,5	26TI - 22 hrs
28	Montar nervuras das lajes (isopor e vigotas)	25/02/19	07:30	26/02/19	17:30	2	2	27TI - 18 hrs
29	Montar armaduras da laje (positivo, negativo)	25/02/19	13:00	27/02/19	12:00	1,5	1,5	28TI - 13,5 hrs
30	Instalações elétricas	27/02/19	07:30	28/02/19	12:00	1,5	1,5	28TI
31	Instalações hidráulicas	28/02/19	07:30	28/02/19	09:00	0,167	0,167	28TI + 9 hrs
32	Lavar os elementos	28/02/19	07:30	28/02/19	17:30	1	1	29,30TI - 4,5 hrs, 31TI - 2,5 hrs
33	Concretagem	01/03/19	07:30	01/03/19	16:30	1	1	32

Tempo total de execução do Pav.		dias corridos	dias úteis
		25	19

Fonte: Autor, 2019.

Analisando a Figura 17 é possível perceber que no sexto pavimento, correspondente ao segundo pavimento tipo do empreendimento, esta meta foi cumprida, visto que o tempo de ciclo desta etapa foi de 25 dias corridos, três a menos do que o estipulado. A Figura 18 apresenta um resumo dos tempos de ciclo aferidos e estimados do empreendimento em estudo até a data final de coleta de dados deste trabalho.

Figura 18 - Resumo dos tempos de ciclo aferidos no empreendimento em estudo

INÍCIO REAL	INÍCIO PREVISTO	Concretagem de lajes			TÉRMINO PREVISTO	TÉRMINO REAL	VARIÇÃO TÉRMINO (DIAS)		
		Duração Prevista	Duração Realizada						
	16/10/2019	Reservatório	31		18/11/2019				
	14/09/2019	14º pvto. - Cobertura	31		14º pvto. - Cobertura	15/10/2019			
	16/08/2019	13º pvto.	28		13º pvto.	13/09/2019			
	18/07/2019	12º pvto.	28		12º pvto.	15/08/2019			
	19/06/2019	11º pvto.	28		11º pvto.	17/07/2019			
	21/05/2019	10º pvto.	28		10º pvto.	18/06/2019			
	23/04/2019	22/04/2019	9º pvto.		9º pvto.	20/05/2019			
	28/03/2019	21/03/2019	8º pvto.	26	8º pvto.	18/04/2019	22/04/2019	-4	
	02/03/2019	20/02/2019	7º pvto.	26	7º pvto.	20/03/2019	27/03/2019	-7	
	05/02/2019	22/01/2019	6º pvto.	25	6º pvto.	19/02/2019	01/03/2019	-10	
FÉRIAS COLETIVAS	29/11/2018	29/11/2018	5º pvto.	36	5º pvto.	21/01/2019	04/02/2019	-14	
PERÍODO DE CHUVAS/GRUA	09/10/2018	19/10/2018	4º pvto.	40	50	4º pvto.	28/11/2018	28/11/2018	0
	10/08/2018	20/08/2018	3º pvto.	59	59	3º pvto.	18/10/2018	08/10/2018	10
	09/07/2018	10/07/2018	2º pvto.	38	36	2º pvto.	17/08/2018	14/08/2018	3
EXECUTADAS AS DUAS ETAPAS AO MESMO TEMPO	22/05/2018	08/06/2018	1º pvto / Baldrame	31	45	1º pvto / Baldrame	09/07/2018	06/07/2018	3
	05/04/2018	28/03/2018	Bloco / Duto	71	92	Bloco / Duto	07/06/2018	06/07/2018	-29
	21/02/2018	21/02/2018	Estaca			Estaca	27/03/2018	04/04/2018	

Legenda:	
	Previsto
	Realizado
	Atrasado
	Adiantado

Fonte: Autor, 2019.

Vale ressaltar que na obra em estudo os pavimentos tipo iniciam no 6º pavimento, sendo assim percebe-se na Figura 18 que os pavimentos tipo estavam

sendo executados com prazo inferior ao estimado pela empresa. Isto deve-se ao fato de que a empresa busca reduzir o tempo de espera dos funcionários e acompanha de perto a relação de interdependência das atividades, buscando sempre evitar gargalos no processo produtivo e gerenciar os fluxos da melhor maneira possível.

Vale ressaltar que foi verificado um padrão nos tempos de execução dos pavimentos, bem como que as atividades gerenciais da empresa citadas nos tópicos anteriores, buscando reduzir as atividades que não agregam valor, considerando os requisitos dos próximos clientes e as implementações para reduzir a variabilidade dos elementos aplicados na obra, contribuíram para a redução do tempo de ciclo da superestrutura.

4.1.5 Simplificar as etapas do processo

São vários os elementos utilizados no empreendimento buscando a simplicidade do processo, afinal nos dias de hoje são diversas possibilidades que podem ser integradas a um canteiro de obras e que possibilitam a fluidez dos processos, ou seja, evitar a ocorrência de gargalos que gerariam transtornos no andamento da obra.

Dentre estes elementos pode-se citar primeiramente o concreto usinado bombeado, apresentado na Figura 19, que possui controle tecnológico nas dosagens das matérias-primas garantindo a qualidade deste material, se comparado com o concreto dosado e confeccionado manualmente em obra.

Figura 19 - Concretagem de laje com concreto usinado



Fonte: Autor, 2018.

Na Figura 20 são apresentados vários elementos utilizados na obra que evidenciavam a procura da empresa em simplificar as etapas do processo.

Figura 20 - Pilares prontos para serem concretados



Fonte: Autor, 2019.

Percebe-se na Figura 20 que eram utilizados aprumadores metálicos e reguláveis nos pilares, facilitando o processo de montagem dos pilares e acelerando a execução desta etapa, visto que se fossem utilizados aprumadores fixos de madeira, levaria mais tempo para fixa-los de forma adequada nos pilares e na laje.

Eram utilizadas também fôrmas pré-fabricadas, assim sendo a mão de obra apenas as montava no seu devido lugar, ao contrário da utilização de fôrmas feitas na obra, que demandariam mais tempo para confecção destas peças, gerando elevado desperdício de materiais (no corte do madeiramento) e necessidade de maior quantidade de mão de obra.

Os aços utilizados nos pilares, vigas e lajes vinham cortados e dobrados do fornecedor e na obra eram apenas amarrados dando forma aos elementos estruturais. Para a montagem das lajes e vigas eram utilizadas escoras metálicas reguláveis, agilizando esta etapa e reduzindo a utilização de madeira e trabalhos manuais. Além do fato de que se fossem utilizadas escoras de madeira seria necessário fazer uso de cunhas para o nivelamento de acordo com o pé direito necessário, visto que há partes de diferentes alturas nas lajes e vigas, realizar

emendas em alguns casos e recortes em outros, demandando maior tempo, mão de obra e gerando mais desperdício de material.

Na alvenaria utilizava-se argamassa usinada, reduzindo o trabalho dos serventes, que deveriam apenas efetuar o transporte horizontal e vertical deste material.

Com estes fatos apresentados fica evidente que na obra eram empregadas, na medida do possível, formas de simplificar as etapas do processo.

4.1.6 Aumentar a flexibilidade de saída

Não foram observadas atividades executadas no empreendimento que fossem relacionadas a este princípio. Isso porque o edifício não apresenta possibilidade de remodelação dos ambientes, suas paredes são executadas em alvenaria fixando a forma como os ambientes eram dispostos.

Não há previsão de projetos de modificação, sendo assim os imóveis foram executados conforme os projetos aprovados com os órgãos competentes. Os cômodos foram dispostos seguindo estes projetos, e nenhum tipo de multifuncionalidade dos ambientes foi previsto.

4.1.7 Aumentar a transparência do processo

Como já foi dito anteriormente não foi realizado um projeto de *layout* do canteiro de obras, da mesma forma não foram pensados em caminhos de preferência ou sinalizações indicativas de percursos a serem realizados na obra. As únicas sinalizações presentes eram relativas à segurança do trabalho (placas de queda de objetos, uso do capacete e afins).

Os responsáveis pela gerência da obra mostravam preocupação com a limpeza e organização da obra, e mesmo sem ter um planejamento prévio da organização do canteiro tentavam deixá-lo o mais otimizado possível. Um dos colaboradores da empresa ficava sempre a cargo da limpeza da obra, bem como da limpeza do tapume. A Figura 21 apresenta uma imagem do tapume em frente a obra.

Figura 21 - Tapume do Edifício em Estudo



Fonte: Autor, 2018.

O tapume é a porta de entrada da obra, e como é possível ver na Figura 21, no empreendimento em estudo era bem organizado e limpo. Na obra não era implementado nenhum programa de organização como 5S ou semelhante, a organização era feita na medida que se fazia necessária e da maneira que os gestores acreditassem ser mais adequado.

4.1.8 Controle do processo inteiro

Desde o início da obra foi realizado um planejamento a longo prazo com a realização da compatibilização dos projetos com o fluxo de caixa da empresa. Foi desenvolvido um cronograma de obra no software MS Project, e este era acompanhado de acordo com o decorrer da construção. A partir deste cronograma a empresa conseguia estimar se sua obra estava atrasada, adiantada ou dentro do prazo.

A partir do cronograma citado, a empresa também dimensionava sua equipe buscando prever os prazos, bem como organizava o fornecimento de matéria-prima para o canteiro. A empresa buscava trabalhar com estoques reduzidos, estando na obra apenas o material necessário para serem executados dois pavimentos.

Como já foi comentado anteriormente, a empresa trabalhava com fichas de verificação que eram uma maneira de documentar todas as etapas da execução do empreendimento. Estas fichas eram arquivadas e organizadas por pavimento. Desta forma, todas as atividades executadas no canteiro (carpintaria, armação e demais) eram devidamente documentadas.

4.1.9 Buscar melhorias contínuas no processo

Semanalmente a empresa realizava uma reunião com seus estagiários, mestre de obras e engenheiros responsáveis, afim de organizar as compras a serem realizadas, obter um diagnóstico da evolução da obra e discutir as próximas metas a serem cumpridas.

Uma dificuldade encontrada pela empresa e averiguada durante o período de observação deste trabalho, foi em relação a rotatividade de funcionários, como já foi comentado anteriormente. Esta rotatividade prejudica a produtividade da empresa, além de gerar gastos extras que não estavam previstos no fluxo de caixa. Em conjunto com a rotatividade dos funcionários notou-se também a elevada quantia de faltas e atrasos pertinentes a alguns colaboradores, mesmo a empresa oferecendo um bônus extra para os que cumprissem seus horários e não tivessem faltas em seus cartões ponto.

Em relação a capacitação de seus empregados, a empresa os capacitava quando iniciavam sua carreira na empresa, oferecendo os cursos mínimos necessários para o desempenho de suas funções e exigidos pelas NRs em vigor.

4.1.10 Manter um equilíbrio entre melhorias nos fluxos e conversões

Não há planejamento em relação aos fluxos dentro do canteiro, pois estes eram executados conforme se faziam necessários. Entretanto como a empresa possuía uma grua instalada no empreendimento, grande parte das movimentações de materiais eram realizadas com o auxílio deste equipamento, gerando certa racionalidade nestas atividades.

Era evidente o cuidado da empresa em reduzir os gastos de materiais, partindo com esta mentalidade desde a etapa de compras até a utilização final das matérias – primas, e isto se tornava possível com uma gestão adequada realizada

pela equipe responsável, acompanhando semanalmente a quantia de materiais utilizados e em estoque.

Não fazia parte do escopo da empresa buscar soluções tecnológicas para a execução do empreendimento, ao menos nas etapas da construção pertinentes a coleta de dados deste trabalho.

4.1.11 Fazer *Benchmarking*

A construtora buscava melhorar e conhecer seus pontos fracos, porém encontrava dificuldade em identificar outras técnicas de gerenciamento de sucesso que possam ser aplicadas a empresa. Também estava adaptando constantemente suas formas de lidar com seus colaboradores.

Não havia na empresa práticas de realização de *Feedbacks* por parte dos funcionários, nem reuniões de rendimento envolvendo todos os colaboradores. Também não era praticada a visitação a outras empresas, porém o contato e a troca de informações com empresas do ramo ocorriam rotineiramente.

4.2 ANÁLISE DO PERCENTUAL DE APLICAÇÃO DO *LEAN CONSTRUCTION* NA OBRA EM ESTUDO

Para avaliar o percentual de aplicação do *Lean Construction* no empreendimento em estudo utilizou-se de base o formulário presente no Apêndice A deste trabalho. Para cada princípio há vários itens que foram analisados quanto à sua real aplicação na obra, que se referem aos pontos possíveis que a empresa poderia alcançar. Dentre estes itens, os que foram observados em aplicação no empreendimento, compõem os pontos obtidos, para que assim seja feita a relação presente na Equação 1 deste trabalho.

A Tabela 2 apresenta a relação dos pontos possíveis e pontos obtidos para cada princípio analisado no empreendimento.

Tabela 2 – Pontos possíveis e pontos obtidos referentes a aplicação do *Lean* no edifício em estudo

LEAN CONSTRUCTION - ED. 14 BIS			
Código	Princípios	Pontos possíveis	Pontos obtidos
1	Reduzir a participação das atividades que não agregam valor	5	4
2	Aumentar o valor da produção por meio da consideração sistemática dos requisitos do cliente	4	3
3	Reduzir a variabilidade	6	1
4	Reduzir o tempo de ciclo	6	6
5	Simplificar as etapas do processo	5	4
6	Aumentar a flexibilidade de saída	4	0
7	Aumentar a transparência do processo	6	1
8	Controle do processo inteiro	4	3
9	Buscar melhorias contínuas no processo	5	1
10	Manter um equilíbrio entre melhorias nos fluxos e nas conversões	3	2
11	Fazer Benchmarking	4	1
TOTAL		52	26

Fonte: Autor, 2019.

Em posse dos dados constantes na Tabela 2, foram executados os cálculos de acordo com a Equação 1, afim de se obter o percentual equivalente e a nota de aplicação de cada princípio do *Lean Construction* no empreendimento em estudo.

Na Tabela 3 estão presentes os percentuais equivalentes e a nota de aplicação calculada para cada princípio do *Lean Construction*, de acordo com os dados coletados no período de observação.

Tabela 3 - Nível de aplicação do *Lean Construction* na obra em estudo

LEAN CONSTRUCTION - ED. 14 BIS				
Princípios	Pontos possíveis	Pontos obtidos	% equivalente	Nota (por princípio)
1	5	4	80%	3
2	4	3	75%	2
3	6	1	17%	1
4	6	6	100%	3
5	5	4	80%	3
6	4	0	0%	0
7	6	1	17%	1
8	4	3	75%	2
9	5	1	20%	1
10	3	2	67%	2
11	4	1	25%	1
Média Ponderada			68%	AVANÇADO

Fonte: Autor, 2019.

De posse destes percentuais e da nota de aplicação, executou-se uma média ponderada entre estes dois dados, afim de se obter um percentual geral de aplicação do *Lean* na obra. Os resultados mostram um percentual de aplicação igual a 68%, que corresponde a uma aplicação avançada dos princípios do *Lean Construction* no edifício analisado por este trabalho.

Entretanto é possível verificar na Tabela 3 que cinco princípios obtiveram nota de aplicação igual ou inferior a 1, indicando que os tais estão sendo aplicados com deficiência ou não estão sendo aplicados no empreendimento. Sendo assim estes cinco princípios serão priorizados na proposta de melhorias para a obra, presente no próximo tópico.

4.3 MELHORIAS PROPOSTAS

Neste tópico são apresentadas as melhorias propostas para os pontos negativos observados na obra, estes pontos são baseados na observação *in loco* e na pontuação calculada para cada princípio. As propostas foram realizadas de forma que sejam possíveis de serem implementadas na empresa.

Para facilitar a visualização das propostas, estas foram dispostas nos quadros a seguir, alinhadas com cada princípio a que corresponde.

Como dito nos tópicos anteriores a empresa se mostrou focada na redução de atividades que não agregam valor, bem como na redução de desperdícios. Entretanto há alguns pontos mencionados no Quadro 2 que podem ser executados para melhorar ainda mais a gestão deste princípio.

Quadro 2 - Propostas de melhorias para redução de atividades que não agregam valor

Princípio	Melhorias Propostas
1 – Reduzir a participação de atividades que não agregam valor	- Execução de um projeto de layout do canteiro de obras, apresentando no mesmo os caminhos preferenciais para fluxo de pessoas e de veículos, identificando espaços para alocação de materiais, locais principais da obra (mesa de armação, carpintaria, serra poli corte e entre outros).
	- Organizar a obra de forma otimizada, alocando recursos a partir de prioridades. Por exemplo realocar a posição do escritório da obra (melhorando a fiscalização do fluxo de pessoas), ampliar o almoxarifado e identificar espaços de cada material.

Fonte: Autor, 2019.

No Quadro 3 são apresentadas as melhorias propostas para ampliar a aplicação do segundo princípio do *Lean Construction* na obra estudada.

Quadro 3 - Propostas de melhorias para aplicação na edificação em estudo, relacionadas ao segundo princípio do *Lean Construction*

Princípio	Melhorias Propostas
2 – Aumentar o valor da produção por meio da consideração sistemática dos requisitos do cliente	- Acordar com o fornecedor um padrão na entrega do aço, por exemplo separação das barras de acordo com os diâmetros. Ou melhor ainda, separação do aço por elemento estrutural, porém este meio mais complexo de ser acordado.
	- Ao realizar o transporte dos elementos armados (vigas e pilares) para um local que não seja seu local de disposição final, alocá-los seguindo a ordem de lançamento. Por exemplo, se a primeira viga a ser lançada é a 665, depositá-la por cima das outras e com fácil acesso.
	- Evitar alocar os elementos armados em locais à céu aberto, e em contato com o piso ou poças de água.
	- Organizar a desforma dos elementos de forma que as peças a serem utilizadas primeiro sejam alocadas com mais fácil acesso.
	- Implementar a utilização da técnica QFD (desdobramento da função qualidade para melhor avaliação dos requisitos dos clientes).

Fonte: Autor, 2019.

No Quadro 4 são propostas melhorias de acordo com o terceiro princípio do *Lean Construction*. Vale ressaltar que foi constatado na obra a dificuldade da empresa em reduzir a rotatividade da mão de obra, por isto as propostas foram focadas neste aspecto.

Quadro 4 - Propostas de melhorias para reduzir a variabilidade na obra em estudo

Princípio	Melhorias Propostas
3 - Reduzir a variabilidade	- Fixar equipes de trabalho e mantê – las executando uma mesma atividade ao longo dos pavimentos, buscando se aproveitar da curva de aprendizagem dos funcionários.
	- Buscar treinamentos para a mão de obra afim de reduzir a variabilidade do seu serviço, realizando atividades comuns da sua área de trabalho com menos esforço e mesmo resultado final, como por exemplo treiná-los e apresentar aos mesmos os termos como curva de aprendizagem, <i>Lean construction</i> , <i>5S</i> e demais técnicas que podem auxiliar no desenvolvimento do empreendimento e de obras futuras.

Fonte: Autor, 2019.

Através dos dados levantados percebeu-se que o quinto princípio já era bem aplicado na obra e que a empresa busca constantemente simplificar as etapas de seus processos. Entretanto através de treinamentos da equipe focados neste quesito pode-se obter um resultado final ainda melhor, como exemplificado no Quadro 5.

Quadro 5 - Proposta de melhoria acerca da simplificação das etapas do processo

Princípio	Melhoria proposta
5 – Simplificar as etapas do processo	- Neste quesito também entra a questão de treinamento da equipe, buscando ampliar o “ <i>Know – how</i> ” da mão de obra contratada. Possibilitando que a empresa, mesmo com número reduzido de funcionários, obtenha a produtividade planejada.

Fonte: Autor, 2019.

O sexto princípio do *Lean Construction* culminou na pior nota de aplicação do *Lean* recebida pela empresa, pois não foi observada nenhuma alternativa que busque ampliar a flexibilidade de saída da obra. Por isso no Quadro 6 são apresentadas várias propostas, possíveis de serem aplicadas pela empresa, e que garantem uma melhor aplicação deste princípio no edifício em estudo.

Quadro 6 - Propostas de melhorias da aplicação do sexto princípio do *Lean Construction* na obra em questão

Princípio	Melhorias propostas
6 - Aumentar a flexibilidade de saída	- Implementar na empresa uma melhor compatibilização dos projetos, envolvendo nesta etapa inclusive os empreiteiros que iram executar cada etapa, por exemplo os eletricitistas (se for o caso).
	- Buscar inovações ou formas alternativas que facilitem e possibilitem melhorias nas plantas de seus apartamentos, como por exemplo execução de <i>drywall</i> em locais de concentração de prumadas elétricas e hidráulicas (facilitando a manutenção destes elementos).
	- Fornecer maiores possibilidades de produto final aos clientes, por exemplo colocando a opção de apartamentos sem acabamento a venda (fornecendo maior autonomia aos clientes para colocarem os acabamentos que acharem mais adequados em seus apartamentos e gerando uma atratividade mercantil a mais para empresa).
	- Trabalhar com modulação dos ambientes, pensando em cômodos multifuncionais, que possam ser utilizados como quartos ou escritórios por exemplo.

Fonte: Autor, 2019.

No Quadro 7 são apresentadas as melhorias propostas para aumentar a transparência na execução da obra. O principal ato a ser tomado pela empresa é estabelecimento de metas a curto, médio e longo prazo. Conciliado a isto devem ser programadas reuniões para apresentar estas metas, bem como seu status (se foram cumpridas ou não) para a mão de obra. Deixando claro para os mesmos (funcionários) as atividades e os prazos que estes devem cumprir.

Quadro 7 - Propostas de melhorias para aplicação no edifício estudado, de acordo com o sétimo princípio do *Lean*

Princípio	Melhorias propostas
7 - Aumentar a transparência do processo	- Implementar metas a curto, médio e longo prazo, e apresentá-las de forma clara aos funcionários, por meio de reuniões semanais ou mensais que envolvam a equipe toda.
	- Sinalizar a obra da melhor forma possível, indicando caminhos de preferência aos entregadores e aos próprios colaboradores, por exemplo adicionar identificação aos locais do canteiro, como o almoxarife, refeitório, escritório e afins.
	- Dispor os locais pertinentes ao canteiro da melhor forma possível, como por exemplo o escritório próximo ao portão de entrada da obra, garantindo a melhor fiscalização do fluxo de pessoas no interior da obra.
	- Implementar programas de organização do canteiro, como por exemplo a apropriação do programa 5S e mostrar a importância de se manter o canteiro organizado para os colaboradores (afim de evitar acidentes, proliferação de doenças e etc.).
	- Utilizar sinalizadores de estoque indicando a quantidade disponível de cada material na obra, por exemplo a implementação do sistema <i>Kanban</i> (que utiliza cartões coloridos para indicar a quantidade de cada material do estoque). Esta gerência do estoque é de extrema importância que seja integrada com os colaboradores que utilizam propriamente os materiais, pois essa integração gera uma otimização do estoque da obra (evitando que seja comprado quantias em demasia ou insuficientes).

Fonte: Autor, 2019.

O oitavo princípio do *Lean Construction* acaba envolvendo todos os outros, pois se trata do controle do processo inteiro. Devido a isso no Quadro 8 foram apresentadas propostas de melhorias que se executadas influenciam positivamente em todos os outros princípios, assim como foi reforçado a necessidade de implementação de reuniões com os colaboradores no escopo da empresa.

Vale ressaltar que há propostas que se repetem nos Quadros, isso ocorre devido ao fato de todos os princípios estarem interligados (pois o fim a que se referem é o mesmo, melhorar o gerenciamento das atividades na construção civil).

Quadro 8 - Propostas de melhorias para aplicação na obra em estudo, de acordo com oitavo princípio do *Lean Construction*

Princípio	Melhoria propostas
8 – Controle do processo inteiro	- Fixar metas e apresentá-las de forma clara a toda equipe. Metas a curto, médio e longo prazo. Por exemplo data de concretagem da laje, meta de produtividade da alvenaria. Através destas metas realizar o gerenciamento da obra, analisando os pontos alheios ao planejado para que possam ser buscadas soluções imediatas para estes gargalos.
	- Incluir nas reuniões periódicas pautas de revisão das metas, bem como <i>status</i> da obra perante o planejado.
	- Aplicar na obra o sistema <i>Last Planner</i> . Sistema de gerenciamento de obras baseado na melhor sequência de execução possível (reduzindo a variabilidade, tempo de ciclo, gargalos e afins).

Fonte: Autor, 2019.

No Quadro 9 são apresentadas melhorias para o nono princípio do *Lean Construction*.

Quadro 9 - Propostas de melhorias para o empreendimento em estudo, baseados no nono princípio do *Lean*

Princípios	Melhorias Propostas
9 - Buscar melhorias contínuas no processo	- Priorizar a definição de metas a curto, médio e longo prazo, para a partir destas traçar planos para o processo como um todo, evitando surpresas, gargalos e possíveis transtornos em alguma etapa da obra.
	- Conciliado a definição de metas, deve ser implementado na empresa o método iterativo PDCA para gestão e melhoria contínua dos processos. Este sistema é: Planejar, fazer, checar e agir. Desta forma são diagnosticados os problemas, realizado as melhorias, feito um feedback dos resultados e realizado a ação das correções necessárias (isto é realizado continuamente formando um ciclo sem fim).
	- Buscar treinamentos para os colaboradores em relação ao desempenho da produção, buscando aumentar a produtividade da equipe, entretanto mantendo a qualidade do produto final esperada. Bem como treinamentos motivacionais que deem aos colaboradores segurança e vontade de estar e trabalhar na empresa, desta forma reduzindo a rotatividade do pessoal.
	- Aplicar a filosofia <i>Kaisen</i> nos gargalos visualizados na obra, buscando a melhoria contínua das etapas da obra e envolvendo a equipe inteira nesta aplicação.

Fonte: Autor, 2019.

Após análise da aplicação do décimo princípio na obra em estudo, chegou-se à conclusão de que não há formas de melhorar a aplicação deste. Pois as alternativas possíveis de serem executadas já foram implementadas.

Em relação *Benchmarking*, este sim pode ser melhor trabalhado pela empresa como é mostrado no Quadro 10.

Quadro 10 - Propostas de melhorias para a obra em estudo, de acordo com o décimo primeiro princípio do *Lean Construcion*

Princípio	Melhorias propostas
11 - Fazer <i>Benchmarking</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Realizar <i>feedbacks</i> mensais entre funcionário e empresa e vice-versa, afim de conhecer o que os colaboradores gostariam que fosse melhorado na forma da empresa trabalhar. Bem como para os funcionários conhecerem explicitamente o que a empresa espera deles e o que estão achando acerca de seu desempenho profissional. - Buscar técnicas de sucesso aplicadas em outras empresas e conhecidas regionalmente, bem como levar seus funcionários de cargos de supervisão em visitas técnicas. Instruindo-os com formas inovadoras e funcionais que poderiam ser aplicadas em sua obra. Por exemplo apresentá-los a uma obra que trabalhe com a ferramenta 5S ou com a ferramenta <i>Kanban</i> de gestão de estoque.

Fonte: Autor, 2019.

Vale ressaltar que estas propostas foram baseadas no cotidiano observado no empreendimento estudado, mas que podem ser aplicadas a outras obras, ressaltando as dimensões e condições de trabalho de cada empreendimento.

A construção enxuta é constituída de diversas abas norteadoras para que seja realizada uma gestão de excelência na construção civil, entretanto apenas com a real implementação e contínua adaptação das práticas realizadas pelas empresas é possível se obter uma gestão ideal nos empreendimentos.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho teve como foco principal expor e quantificar a aplicação das ferramentas de *Lean Construction* em uma obra específica. Por isto é importante ressaltar que os dados obtidos com esta pesquisa se referem a esta obra em particular. Entretanto esta técnica pode ser aplicada por qualquer empresa, desde que estejam dispostas a seguir e aplicar os onze princípios constituintes da ferramenta *Lean*.

Com a observação in loco realizada neste trabalho ficou explícito que o *Lean Construction* já havia proporcionado benefícios para empresa, por exemplo com a redução dos tempos de ciclo, visto que em todos os pavimentos tipo estes tempos haviam sido inferiores ao estimado. A partir desta observação chegou-se aos aspectos positivos e críticos da obra, ficando mais claros com a quantificação da aplicação das técnicas de construção enxuta que resultou num valor geral de 68%, ou seja, um nível de aplicação avançado segundo os parâmetros considerados.

O índice de aplicação apurado e conciliado com a aplicação individual de cada princípio permitiu a realização de uma análise mais profunda acerca dos métodos possíveis de serem adotado para melhorar esta taxa do *Lean*, e com isto serem desenvolvidas as propostas de melhorias focadas nos aspectos críticos, que foram os princípios aplicados com deficiência ou não aplicados no empreendimento.

Em relação aos princípios executados com defasagem no empreendimento está o Benchmarking, que já havia sido destacado pela autora Bressiani et al (2003) em sua pesquisa, a necessidade de que empresas buscassem se atentar a questões relacionadas a este princípio da construção enxuta. E novamente, no presente trabalho é observado que ainda é um ponto a ser analisado com maior ênfase no ramo da construção civil.

Conclui-se então que como bem citado por Arantes (2008), a partir da implementação das ferramentas do *Lean Construction*, as empresas conseguem aumentar sua eficiência produtiva, mantendo ou até melhorando a qualidade do seu produto final. Visto que serão obtidas reduções nos tempos de ciclo, otimização das equipes de trabalho e do estoque em obra, redução de desperdícios, custos de execução e afins. Porém é uma ferramenta considerada recente no setor da construção civil e que ainda precisa ser estudada e aplicada em maior quantidade, e este trabalho pode servir de base para pesquisas e aplicações futuras.

5.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Como sugestão de trabalhos futuros que enriqueçam e auxiliem na prospecção de conhecimento acerca do Lean Construction, citam-se alguns pontos:

- a) Realizar a aplicação das técnicas do Lean Construction em uma obra que nunca tenha tido contato com esta ferramenta, e a partir disto citar as vantagens e desvantagens observadas;
- b) Realizar uma pesquisa de satisfação com engenheiros, arquitetos e mestres de obras que já conheçam ou tenham tido contato com os princípios do *Lean*;
- c) Elaborar uma pesquisa quantitativa de obras na região Oeste do Paraná que se apropriem das técnicas do *Lean*;
- d) Realizar um aprofundamento no princípio relacionado ao Benchmarking, afim de averiguar quantas empresas fazem uso deste processo e qual a importância de se utilizar do mesmo.

REFERÊNCIAS

ARANTES, P. C. F. G. **Lean construction – filosofia e metodologias**. 2008. 85 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2008.

BRESSIANI, Lucia et al. O comportamento dos engenheiros de obra em relação aos princípios *lean*. In: III SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, 3., 2003, São Carlos. **Anais...** São Carlos: ANTAC, 2004. p. 1 - 11.

COSTA, D. B.; FORMOSO, Carlos T. Fatores chaves de sucesso para sistemas de indicadores de desempenho para benchmarking colaborativo entre empresas construtoras. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 11, n. 3, p.143-159, set. 2011.

COSTA, J. L. **Verificação dos princípios lean construction em obras de habitação popular no município de Campo Mourão - Paraná**. 2014. 53 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2014.

FORMOSO, C. T. **Lean Construction**: princípios básicos e exemplos. Porto Alegre, 2011. Apostila do curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2011.

FUJIMOTO, T. **The evolution of a manufacturing system at toyota**. New York: Oxford University Press, 1999. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?id=KBm8F9cl8OYC&printsec=frontcover&hl=pt-BR#v=onepage&q&f=false>>. Acesso em: 02 set. 2018.

GHINATO, P. Sistema Toyota de produção: mais do que simplesmente *just-in-time*. **Produção (São Paulo)**, ABEPRO. v. 5, n. 2, p. 169-189, 1995.
GRUPO KALFIX. **5 vantagens do Drywall – gesso acartonado**. Disponível em: <<http://www.grupokalfix.com.br/2017/06/19/5vantagensdodrywall/>> Acesso em: 21 set. 2018.

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

KOSKELA, L. **Application of the New Production Philosophy to Construction**. Technical Report n.72. Center for Integrated Facility Engineering. Department of Civil Engineering. Stanford University, 1992.

LEAN INSTITUTE BRASIL. **Sistema Toyota de Produção (Toyota Production System - TPS)**. Disponível em: < [https://www.lean.org.br/conceitos/117/sistema-toyota-de-producao-\(toyota-production-system---tps\).aspx](https://www.lean.org.br/conceitos/117/sistema-toyota-de-producao-(toyota-production-system---tps).aspx)> Acesso em: 21 set. 2018.

LEITE, M. O. et al. Aplicação do sistema *kanban* no transporte de materiais na construção civil. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 24., 2004, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: ABEPRO, 2004. p. 667 - 673.

LORENZON, I. A.; MARTINS, R. A. Discussão sobre a medição de desempenho na *lean construction*. In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 13., 2006, Bauru. **Anais...** Bauru: UNESP, 2006. p. 1 - 9.

LOTURCO, Bruno. **Kanban ajuda construtora a melhorar produtividade de argamassa**. 2013. Disponível em: <<https://equipedeobra.pini.com.br/2013/10/kanban-ajuda-construtora-a-melhorar-produtividade-de-argamassa/>>. Acesso em: 19 abr. 2019.

LÜDKE, M.; ANDRÉ, M. E. D. A. de. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas**. São Paulo, SP: EPU, c1988. xii, 99 p. (Temas básicos de educação e ensino).

MAURICIO, F. H. et al. Aplicação do kaizen para melhoria na fabricação de componentes soldados em uma cooperativa metalúrgica: um estudo de caso. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 23., 2013, Salvador. **Anais...** Salvador: ABEPRO, 2013. p. 1 - 15.

MELO, R. R. S.; COSTA, D. B. Produtividade da mão de obra para estrutura de concreto armado: ênfase nos fatores influenciadores. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2016. p. 3834 - 3846.

MIX 9000. **O que é concreto usinado**. Disponível em: < <https://mix9000.com.br/concreto-usinado-preco/>> Acesso em: 25 set. 2018.
OHNO, T. **O sistema Toyota de produção: Além da produção em larga escala**. Porto Alegre: Bookman Editora, 1997. Disponível em: <<https://pt.scribd.com/doc/22108065/Taiichi-Ohno-O-Sistema-Toyota-de-Producao-1>>. Acesso em: 31 ago. 2018.

OLIVEIRA, C. A. C.; SANTOS, D. de G. Redução de variabilidade no processo de produção da alvenaria estrutural: padrão técnico e kit completo. **Produção On Line**, Florianópolis, v. 17, n. 4, p.1218-1248, 2017.

PEREIRA, A. M. et al. Aplicação da construção enxuta (*lean construction*) na construção civil. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 35., 2015, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: ABEPRO, 2015. p. 1 - 13.

PERETTI, L. C.; FARIA, A. C. de; SANTOS, I. C. dos. Aplicação dos princípios da construção enxuta em construtoras verticais: estudo de casos múltiplos na região metropolitana de São Paulo. In: ENCONTRO DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA EM ADMINISTRAÇÃO, 37., 2013, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: ENANPAD, 2013. p. 1 - 16.

PICCHI, F. A. Lean principles and the construction main flows. In: CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 8., 2000, Brighton. **Proceedings...** Brighton: IGLC, 2000. p. 1 - 23.

PICCHI, F. A. Lean Thinking (mentalidade enxuta): avaliação sistemática do potencial de aplicação no setor de construção. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO DA QUALIDADE E ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2., 2001, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: ANTAC, 2001a.

PICCHI, F. A. Oportunidades da aplicação do *Lean Thinking* na construção. **Ambiente Construído**, Campinas, v. 3, n. 1, p.7-23, mar. 2003.

PRATICANDO ENGENHARIA CIVIL. **Como solicitar concreto usado em obras residenciais**. Disponível em: < <http://praticandoengcivil.blogspot.com/2017/10/como-solicitar-um-concreto-usinado-em.html> > Acesso em: 30 set. 2018.

SOUZA, B. C. de; CABETTE, R. E. S. Gerenciamento da construção civil: estudo da aplicação da "*lean construction*" no Brasil. **Revista de Como Criar Um Blog Gestão e Tecnologia**, Lorena, SP, v. 1, n. 2, p.21-26, 03 fev. 2014.

SOUZA, V. A. da R. de; ALLEM, P. M. **Estudo da aplicação do princípio lean construction na construção de um condomínio residencial em Urussanga - SC**. 2016. 17 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade do Extremo Sul Catarinense, Urussanga, 2016.

TONIN, L. A. P.; SCHAEFER, C. O. Diagnóstico e aplicação da lean construction em construtora. In: MOSTRA INTERNA DE TRABALHOS DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA - UNICESUMAR, 4., 2013, Itajaí. **Anais...** Maringá: UNICESUMAR, 2013. p. 23 - 31.

VENTURA, M. M. O Estudo de Caso como Modalidade de Pesquisa. **Revista da Sociedade de Cardiologia do Estado do Rio de Janeiro**, Rio de Janeiro, v. 20, n. 5, p.383-386, out. 2007.

VENTURINI, J. S. **Proposta de ações baseadas nos 11 princípios *lean construction* para implantação em um canteiro de obras de Santa Maria.** 2015. 88 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2015.

WALSYWA (São Paulo). **Fixação à Pólvora - Limpeza e Manutenção da PRX-10 - Walsywa.** 2016. Disponível em: <<https://www.walsywa.com.br/walsywa-prx-10/>>. Acesso em: 26 abr. 2019.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. **A mentalidade enxuta nas empresas: Elimine os desperdícios e crie riqueza.** 6. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 1998. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=a26Bw1PE3_AC&oi=fnd&pg=PA1&ots=oupDslhoxL&sig=sDRERWNR7-dmIJwLGrmAeFnyQ7g&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false>. Acesso em: 02 set. 2018.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROOS, D. **A máquina que mudou o mundo: A arma secreta do Japão, da produção em massa para a produção enxuta: A segunda revolução automobilística.** 5. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1990. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=PILHfE1qx90C&oi=fnd&pg=PA1&ots=VW3ix6LEa3&sig=YHeXA4_Kr514vITv3OKQa6JTK9A&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false>. Acesso em: 31 ago. 2018.

WOOD JUNIOR, T. Fordismo, toyotismo e volvismo: os caminhos da indústria em busca do tempo perdido. **Revista de Administração de Empresas**, São Paulo, v. 4, n. 32, p.6-18, out. 1992.

APÊNDICE A – FICHA DE AVALIAÇÃO DO *LEAN CONSTRUCTION*

Quadro 11 - Formulário de avaliação do *Lean Construction*

Formulário de avaliação do <i>Lean Construction</i>			
Princípios avaliados	Pontos de avaliação	Respostas	
		Sim	Não
1 – Reduzir a participação das atividades que não agregam valor.	1.1 Existe projeto com Layout do canteiro de obras.		
	1.2 Possui equipamentos que facilitem a movimentação dos materiais.		
	1.3 Faz esforços para reduzir o número de operações.		
	1.4 Foi realizado um planejamento de obra.		
	1.5 Há acompanhamento das atividades que estão sendo executadas.		
2 - Aumentar o valor da produção por meio da consideração sistemática dos requisitos do cliente.	2.1 Faz o mapeamento do processo e identifica as interferências entre as atividades.		
	2.2 Existe algum sistema de gestão da qualidade, que permita verificar e inspecionar os serviços.		
	2.3 Realiza pesquisa de satisfação com os clientes, em obras já entregues.		
	2.4 Realiza pesquisas afim de analisar as necessidades do mercado.		
3 – Reduzir a variabilidade.	3.1 Possui um padrão nos produtos ofertados.		
	3.2 Busca-se utilizar um padrão de fornecedores para compra da matéria-prima.		
	3.3 São feitos processos padronizados para execução dos serviços.		
	3.4 É realizado treinamento da mão de obra a fim de apresenta-los a execução de uma nova atividade.		
	3.5 Utiliza a ferramenta <i>Last Planner</i> .		
	3.6 Procura usufruir da curva de aprendizagem da mão de obra.		
4 – Reduzir o tempo de ciclo.	4.1 Reduz o tamanho do lote dos serviços, através de pacote de trabalho.		
	4.2 Faz uso de mão de obra reduzida, com equipes de trabalho pequenas.		
	4.3 Procura-se eliminar a movimentação e espera dos funcionários.		
	4.4 Consegue eliminar interdependências e aliar a execução paralela das atividades.		
	4.5 Tenta reduzir a variabilidade do ciclo em termos de duração, qualidade e consumo de recursos.		

Formulário de avaliação do <i>Lean Construction</i>			
Princípios avaliados	Pontos de avaliação	Respostas	
		Sim	Não
	4.6 Procura reduzir o tempo de ciclo.		
5 – Simplificar as etapas do processo.	5.1 Utiliza o serviço de corte e dobra do fornecedor de aço.		
	5.2 Faz utilização de elementos pré-fabricados.		
	5.3 A mão de obra é capaz de exercer e concluir mais do que uma atividade específica.		
	5.4 Faz esforços para reduzir o número de operações.		
	5.5 Faz utilização de concreto e argamassa usinados.		
6 - Aumentar a flexibilidade de saída.	6.1 A construtora oferece alternativas de modificação de apartamentos.		
	6.2 Utiliza sistemas que possibilitem a flexibilização das plantas, como uso de <i>Drywall</i> e esperas com previsão de instalações.		
	6.3 Existe algum formulário e uma data fixada para entrega dos projetos de modificação.		
	6.4 Procura utilizar projetos com modulação de ambientes, sendo possível utilizar cômodos para diversas funções.		
7 – Aumentar a transparência do processo.	7.1 Faz utilização de sinalização adequada no canteiro de obra.		
	7.2 Sinaliza os caminhos de preferência.		
	7.3 A entrada da obra e o tapume são organizados e com boa estética.		
	7.4 Utiliza sinalização para indicar as informações pertinentes a produção.		
	7.5 Implementa algum programa de organização que vise melhorar a organização e limpeza da obra.		
	7.6 Utiliza algum tipo de sinalização que indique a quantidade disponível de recursos, como por exemplo o sistema <i>Kanban</i> .		
8 - Controle do processo inteiro.	8.1 Existe planejamento a curto, médio e longo prazo.		
	8.2 Há algum tipo de parceria com os fornecedores a fim de reduzir o tempo de descarga dos materiais.		
	8.3 Trabalha com estoques reduzidos, com entrega parcial por exemplo.		
	8.4 Todos os processos são documentados.		

Formulário de avaliação do <i>Lean Construction</i>			
Princípios avaliados	Pontos de avaliação	Respostas	
		Sim	Não
9 - Buscar melhorias contínuas no processo.	9.1 Faz parte da rotina da empresa a realização de reuniões com a equipe afim de reconhecer os problemas enfrentados e discutir melhorias.		
	9.2 Há definida claramente as metas a serem cumprida pelas equipes.		
	9.3 Os processos tendem a ser padronizados e as equipes fixas sem rotatividade.		
	9.4 Há algum tipo de recompensa concedida aos funcionários que cumprem metas ou melhores resultados.		
	9.5 São realizadas capacitações constantes visando o melhor desempenho da equipe.		
10 – Manter um equilíbrio entre melhorias nos fluxos e nas conversões.	10.1 Os processos utilizados tendem a ser racionalizados, e apresentam perdas reduzidas de material e de movimentação.		
	10.2 A empresa procura buscar inovações tecnológicas que se adaptem às suas obras.		
	10.3 Estas inovações buscam melhorar tanto as conversões (processamento) quanto os fluxos (movimentação, espera).		
11 – Fazer Benchmarking.	11.1 A construtora reconhece seus pontos fracos, processos passíveis de melhoria.		
	11.2 Busca e identifica em outras empresas técnicas de sucesso, fazendo visitaçao ou recolhendo informações destes procedimentos.		
	11.3 Consegue adaptar as boas práticas à realidade da construtora.		
	11.4 A empresa realiza pesquisa com sua própria mão de obra afim de fazer uma autocrítica da forma que os processos estão sendo executados.		

Fonte: Adaptado de Tonin e Schaefer (2013); Bressiani et al (2003).