



CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS

Redeenciado pela Portaria Ministerial nº 1.162, de 13/10/16, D.O.U nº 198, de 14/10/2016
ASSOCIAÇÃO EDUCACIONAL LUTERANA DO BRASIL

POLIANA GOMES DE ALMEIDA ARAÚJO

PRÁTICAS DE CONSTRUÇÃO ENXUTA: um caso em Palmas -TO.

Palmas - TO

2018

Poliana Gomes de Almeida Araújo
PRÁTICAS DE CONSTRUÇÃO ENXUTA: um caso em Palmas-To.

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) II elaborado e apresentado como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil pelo Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA).

Orientador: Prof. Dra. Ângela Ruriko Sakamoto.

Palmas – TO

2018

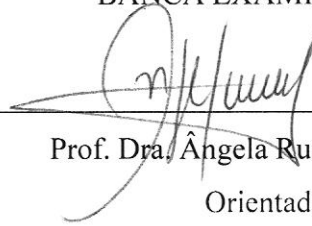
Poliana Gomes de Almeida Araújo
PRÁTICAS DE CONSTRUÇÃO ENXUTA: um caso em Palmas-To.

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) II elaborado e apresentado como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil pelo Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA).

Orientador: Prof. Dra. Ângela Ruriko Sakamoto.

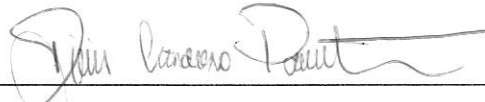
Aprovado em: ____ / ____ / ____

BANCA EXAMINADORA



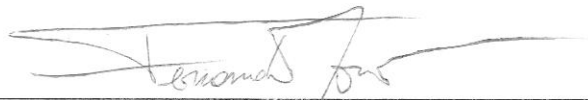
Prof. Dra. Ângela Ruriko Sakamoto
Orientador

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP



Prof. Esp. Denis Cardoso Parente

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP



Prof. Esp. Fernando Moreno Suarte Júnior

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP

Palmas – TO

2018

AGRADECIMENTO

Concluindo esse trabalho devo externar meus agradecimentos primeiramente a Deus e a todos que, contribuíram para a sua realização. Devo destacar os meus agradecimentos a Professora Ângela Ruriko Sakamoto, pela paciência, por todo conhecimento transmitido e úteis conselhos. Aos meus pais, irmãos, meu esposo Magno, amigos e colegas de curso pelo incentivo transmitidos durante todo o processo de execução desse trabalho.

RESUMO

ARAÚJO, Poliana Gomes de Almeida. **PRÁTICAS DE CONSTRUÇÃO ENXUTA: um caso em Palmas -TO.** 2018. 79 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA), Palmas, 2018.

O presente trabalho discute a aplicação do conceito *lean construction* em uma obra residencial localizada em Palmas – TO. O *lean construction* ou construção enxuta pode ser considerada como uma reinterpretação dos princípios *lean thinking*, que tem como base a eliminação dos desperdícios, porém o *lean construction* é voltado para a construção. Para gerenciar a partir da mentalidade enxuta, deve-se conseguir identificar os desperdícios, com a finalidade de reduzir ou eliminar cada um deles. Koskela (1992), enumera onze princípios que norteiam a gestão de processos, necessário para a implementação da filosofia *lean construction*. O presente trabalho verifica os processos construtivos, as tecnologias utilizadas e o sistema de gestão implementados em obras de pequeno porte, com a finalidade de elaborar boas práticas *lean* a serem aplicadas em uma obra residencial e explorar os impactos da aplicação dos princípios de construção enxuta nessa obra. A aplicação dos princípios elimina os procedimentos que não acrescentam valor à edificação, possibilitando o aumento de eficiência e redução de desperdícios dentro do canteiro de obras. Além disso, este guia se mostrou como um gatilho que melhorou a comunicação, podendo ser usado para compartilhar e melhorar as práticas entre as equipes e também integrar profissionais no setor.

Palavras-chave: Construção enxuta. Desperdício. Gestão de canteiro de obras.

ABSTRACT

ARAÚJO, Poliana Gomes de Almeida. **LEAN CONSTRUCTION PRACTICES: a case in Palmas -TO**. 2018. 79 p. Final Course Assignment (Undergrad) – Civil Engineering Course; Centro Universitário Luterano de Palmas, Palmas/TO, 2018.

The present work discusses the application of the lean construction concepts in a residential project located in Palmas - TO. Lean construction can be considered as a reinterpretation of lean thinking principles, which are based on waste reduction, but lean construction is geared towards building sector. In order to manage from the lean perspective, the team must be able to identify the wastes, with the purpose of reducing or eliminating each one of them. Koskela (1992), enumerates eleven principles that guide the management for the implementation of the lean construction philosophy. This work verifies the constructive processes, the technologies used, and the management system implemented in unfamiliar residential. The goal was elaborating a lean best practices guide which was to apply in an ongoing building and explore the impacts of this proposition. As results, the adoption of this principles eliminates procedures that do not add value to the building, allowing the increase of efficiency and reduction of wastes within the construction site, as expected. Indeed, this guide has acted as a trigger to improve communication and can be used to share and improve practices among teams and also integrate professional in the sector.

Keywords: Lean construction. Waste. Management in construction site.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Modelo do processo de Produção Enxuta	14
Figura 2 - Os sete princípios <i>Lean Thinking</i> revistos	15
Figura 3- BIM no ciclo de vida de um edifício	18
Figura 4– Fluxo de informações modelo BIM	20
Figura 5 –KanBIM: visualização 3D	23
Figura 6- Classificação da situação da tarefa.	24
Figura 7- Cadeia construtiva para o subsegmento formal – casas	26
Figura 8- Cadeia Produtiva da Construção Civil	26
Figura 9 - Fluxograma para o desenvolvimento do projeto	29
Figura 10–Cadeia Produtiva de Valor	29
Figura 11 – Meio – Organização do canteiro	34
Figura 12 - Meio - Organização dos materiais de construção	34
Figura 13- Meio - Abertura de entrada da obra	35
Figura 14 - Método - Escoramento	35
Figura 15 - Método - Processo construtivo da estrutura	36
Figura 16 - Materiais - Concretagem	36
Figura 17 – Quadro de informações gerais	52
Figura 18 - Informações referente a cronograma e orçamento	52
Figura 19- Utilização de formas reaproveitáveis	55
Figura 20- Utilização de vibrador de imersão	55
Figura 21- Recolhimento de pregos	56
Figura 22- Formato do carrinho de mão	56
Figura 23- Moldagem de corpos de provas	57
Figura 24 - Ciclo de PDCA	58
Figura 25 - <i>Scrum</i>	59
Figura 26- Materiais locados próximo ao local de preparo	60
Figura 27- Portão que permite a entrada de veículos maiores	60
Figura 28- Execução de chapisco rolado	61
Figura 29- Aferição de prumo em alvenarias	61
Figura 30- Limpeza e organização da obra	62
Figura 31–Utilização de Concreto Usinado	63

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Protocolo de Pesquisa	31
Quadro 2. Função de cada colaborador	38
Quadro 3. Boas práticas para todas as etapas	39
Quadro 4. Boas práticas - Serviços preliminares	41
Quadro 5. Boas práticas – Fundação	42
Quadro 6. Boas práticas - Superestrutura	42
Quadro 7. Boas práticas - Vedação.....	44
Quadro 8. Boas práticas - Instalações	44
Quadro 9. Boas práticas - Cobertura.....	45
Quadro 10. Boas práticas – Revestimento e Acabamento	46
Quadro 11. Ícones de representação dos 6M's	47
Quadro 12. Modelo do quadro apresentado.....	50

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
BIM	<i>Building Information Modeling</i>
CAD	<i>Computer-Aided Design</i> (Desenho assistido por computador)
CEULP	Centro Universitário Luterano de Palmas
CLT	Comunidade <i>Lean Thinking</i>
MDIC	Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio
NBR	Norma Brasileira
PDCA	<i>Plan, Do, Check, Act</i> – (Planejar, Fazer, Verificar, Agir)
PMBOK	<i>Project Management Book of Knowledge</i>
RH	Recursos Humanos
SEBRAE	Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas
TPS	Toyota <i>Production System</i>
ULBRA	Universidade Luterano do Brasil

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
1.1	PROBLEMA DE PESQUISA.....	9
1.2	HIPÓTESES.....	10
1.3	OBJETIVOS.....	10
1.3.1	Objetivo Geral.....	10
1.3.2	Objetivos Específicos.....	10
1.4	JUSTIFICATIVA.....	10
2	REFERENCIAL TEÓRICO	12
2.1	LEAN THINKING.....	12
2.1.1	Leanconstruction	16
2.2	BIM	17
2.2.1	BIM 3D	20
2.2.2	BIM 4D	21
2.3	INTEGRAÇÃO ENTRE <i>LEAN CONSTRUCTION</i> E BIM.....	21
2.4	CADEIA DE VALOR.....	24
2.4.1	Cadeia Produtiva da Indústria da construção Civil	25
3	METODOLOGIA	28
3.1	DESENHO DE ESTUDO	28
3.2	LOCAL E PERÍODO DE REALIZAÇÃO DA PESQUISA	28
3.3	OBJETO DE ESTUDO.....	28
3.4	INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS E ANÁLISE	28
3.5	PROTOCOLO DE PESQUISA	31
4	COLETA DE DADOS E ELABORAÇÃO DE PROPOSTA	32
4.1	ENTREVISTA E COLETA DAS OBSERVAÇÕES	32
4.2	OBRA.....	37
4.3	PROPOSTAS DE APLICAÇÃO	39
4.3.1	PARA QUALQUER ETAPA NA OBRA	39
4.3.2	SERVIÇOS PRELIMINARES	41
4.3.3	FUNDAÇÃO.....	41
4.3.4	SUPERESTRUTURA.....	42
4.3.5	VEDAÇÃO	44
4.3.6	INSTALAÇÕES.....	44

4.3.7	COBERTURA.....	45
4.3.8	REVESTIMENTO E ACABAMENTO	45
5	APLICAÇÃO DA PROPOSTA E RESULTADOS	47
5.1	CENÁRIO DAS OBRAS DE PEQUENO PORTE	47
5.2	ANÁLISE DA OBRA	48
5.3	BOAS PRÁTICAS <i>LEAN</i> APLICADAS NA OBRA.....	49
6	CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS	64
	REFERÊNCIAS	67
	APÊNDICE	71
	APÊNDICE A – ROTEIRO DE ENTREVISTA SEMIESTRUTURADA	72
	ANEXOS	73
	ANEXO A - AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO	74
	ANEXO B – FEEDBACK SEMANAL	75

1 INTRODUÇÃO

A desaceleração do mercado e a grande competitividade demandaram um diferencial das empresas do ramo da engenharia civil, para que as tornasse destaque no mercado. De acordo com Cavalcante e Ignácio (2016), há uma busca das empresas por melhor desempenho no planejamento de obra necessitando para isso, de aprimoramento dos sistemas de gerenciamento e da tecnologia da produção.

O conceito *Lean Construction* também conhecida como construção enxuta de acordo com Polito (2016) é fundamentalmente uma filosofia que busca a geração de valor para o cliente e a melhoria contínua dos processos. Tem por finalidade a eliminação de procedimentos que não acrescentam valor ao produto, possibilitando o aumento de eficiência e redução de desperdícios dentro do canteiro de obras.

Mattos (2010) afirma que a deficiência no planejamento e no controle no setor da construção civil está entre as principais causas da baixa produtividade, de suas elevadas perdas e da baixa qualidade dos seus produtos. A integração entre os diversos processos de uma obra é de extrema importância para minimizar essa deficiência e a utilização de tecnologias para auxiliar no controle de processos é de elevada relevância.

A tecnologia BIM, acrônimo para *Building Information Modeling*, que significa uma plataforma que integra num único modelo as inúmeras informações da construção. Neste contexto, é uma excelente opção para a realização da compatibilização dos diversos processos. O BIM é definitivamente um novo conceito de gestão, um novo caminho para concepção e conseqüentemente, inaugura uma nova etapa no ramo da Construção Civil (BOMFIM; LISBOA; MATOS, 2016).

A integração do BIM com a construção enxuta tem por finalidade, a redução de desperdícios, agregando valor ao cliente. A construção enxuta visualiza a produção como um fluxo e reduz desperdícios em todo o processo produtivo e o BIM integra processos, melhora a comunicação, pode aperfeiçoar processos de produção e planejamento e torna o controle mais facilitado.

De acordo com necessidade de obter melhoria contínua dos resultados, essa pesquisa vem abordar a aplicação desse conceito em uma obra, verificando a prática dos princípios *Lean Construction* e a utilização de tecnologias para melhoria da integração dos processos.

1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

De que forma a aplicação do conceito de construção enxuta pode influenciar na qualidade do gerenciamento de uma obra?

1.2 HIPÓTESES

As hipóteses que norteiam este projeto de pesquisa são:

- A tecnologia BIM melhora o controle do processo construtivo;
- A aplicação dos princípios de construção enxuta reduz o prazo e o custo final da obra;
- A aplicação dos princípios de construção enxuta deve ser introduzida no início da execução.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo Geral

O presente trabalho tem como objetivo geral, explorar os impactos na eficiência de uma obra a partir da aplicação dos princípios de construção enxuta.

1.3.2 Objetivos Específicos

Para que a pesquisa possa ser realizada, orientando-se ao cumprimento do objetivo geral, alguns objetivos específicos devem ser atingidos.

- Mapear o processo construtivo vigente na construção;
- Verificar o grau de uso de tecnologia para gerir a obra;
- Avaliar as práticas de gestão de projeto no canteiro de obra;
- Propor recomendações no processo construtivo de acordo com os princípios da construção enxuta.

1.4 JUSTIFICATIVA

Diante da competitividade do mercado da construção civil, exige-se cada vez que as empresas busquem vantagens competitivas para obter destaque no mercado. O emprego de melhoria no processo de produção é uma das alternativas para que as empresas da construção civil tornem se cada vez mais produtiva e competitiva.

A filosofia *Lean Construction*, ou Construção Enxuta tem como proposta a melhoria do processo de produção, reduzindo a ineficiência na produção.

O que justifica a realização dessa pesquisa é mostrar a importância de melhorar a eficiência e produtividade nos processos construtivos de uma obra, apresentando conceitos e definições para implementação de práticas de construção enxuta, visando à eliminação de práticas que não agregam valor ao produto, eliminando desperdícios e aumentando a

produtividade com base nos princípios da construção enxuta e adoção de tecnologia BIM que proporciona a integração entre os processos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Para destacar a relevância do tema *Lean Construction*, serão apresentados o referencial teórico e as pesquisas recentes que propiciam o entendimento e embasam a abordagem metodológica proposta no presente trabalho, abordando a integração entre *Lean Construction* e o BIM.

2.1 LEAN THINKING

Womack, Ross e Jones (1992) retratam em sua obra “A máquina que mudou o mundo”, a evolução histórica da indústria desde o artesanato até o *Lean Thinking*. No artesanato, o produtor dispunha de mão de obra altamente qualificada, utilizando ferramentas simples na qual resultavam produtos individualizados, em geral sob encomenda, o valor do produto era o mesmo independentemente da quantidade e não existindo um padrão de qualidade. Logo após o artesanato, surge o Taylorismo, onde se tentava padronizar a produção e os custos, com foco na pontualidade das etapas do processo para aumentar sua produtividade. Após a Primeira Guerra Mundial, Alfred Sloan da General Motors e Henry Ford substituíram a produção industrial automobilística de artesanal para a produção em massa.

Os engenheiros Eiji Toyoda e Taiichi Ohno realizaram uma visita à empresa Ford Motor, que adotavam o sistema de produção em massa. O Japão ainda estava se recuperando da II Guerra e, devido a situação em que o Japão se encontrava, os engenheiros constataram que a utilização desse sistema seria inviável. Eles concluíram que necessitariam criar novo sistema de produção que fosse possível a eliminação do desperdício em suas linhas de produção (no que se refere a tempo, material e mão de obra). A partir daí surgiu o conhecido TPS - Toyota Production System (Sistema Toyota de Produção), otimizado ao longo de décadas mediante tentativas e erros (FUJIMOTO, 1999).

Baseado neste Sistema Toyota de Produção, surge uma nova filosofia de negócios denominada Mentalidade Enxuta (*Lean Thinking*), que tem como base a eliminação dos desperdícios. Taiichi Ohno (1997) afirma que essa filosofia tem por finalidade “reduzir a linha do tempo, no instante que o cliente faz o pedido até o ponto de receber o dinheiro, removendo os desperdícios que não agregam valor ao longo desta linha”. O pensamento é enxuto porque é uma forma de fazer cada vez mais com cada vez menos, e ao mesmo tempo, com a intenção de proporcionar aos clientes exatamente o que eles desejam (WOMACK; JONES, 1998).

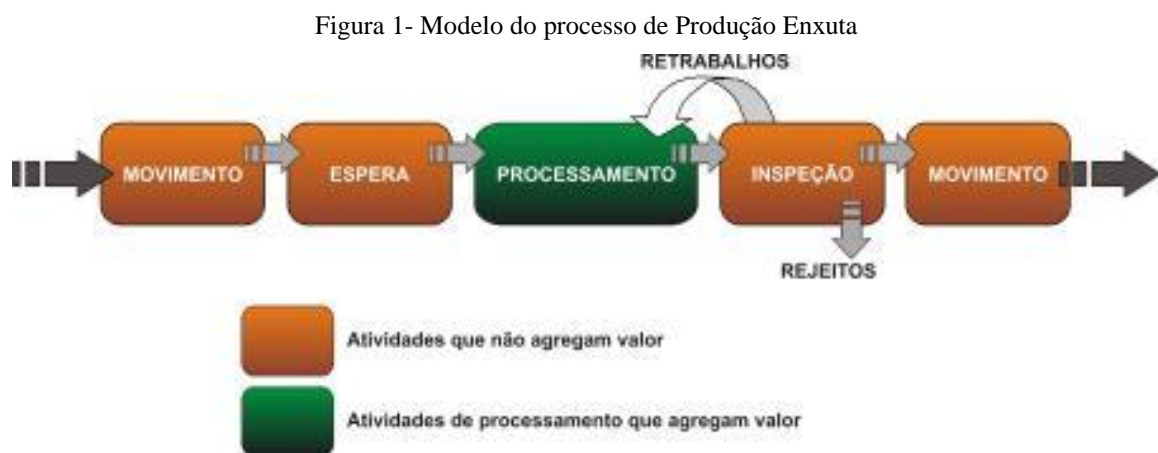
Pinto (2014) define desperdício como sendo, todas as atividades que realizamos e que não acrescentam valor. Essas atividades consomem recursos e tempo e por consequência, torna os produtos ou serviços mais onerosos do que devia. Com intuito de reduzir ou eliminar os desperdícios é importante conhecermos como eles se apresentam. Foram identificados sete tipos de desperdício na produção e o autor Ohno (1997) enumera cada um deles como sendo:

- Excesso de produção – Consumo desnecessário de recursos sem retorno financeiro, pois se produz mais do que é necessário, provocando o consumo de matéria prima, energia e aumento dos estoques.
- Esperas – Tempo que pessoas e equipamentos perdem à espera de algo, podemos citar: fluxo obstruído, problemas de layout, problemas e/ou atrasos com entregas de fornecedores, dentre outro.
- Transporte–Não é possível eliminar a movimentação de materiais de um local para outro, porém, a redução das distâncias de transporte é uma das opções para minimizar esse tipo de desperdício e isso pode ser alcançado a partir da correção de layouts, bem como, optar por sistemas de transporte mais flexíveis (menores, mais rápidos e modulares).
- Desperdício do próprio processo – São operações e processos desnecessários como: corrigir peças defeituosas, realizar muita inspeção e controle ao invés de focar na eliminação das causas dos defeitos. A formação de colaboradores e substituição de processos por outros mais eficientes pode eliminar essas tarefas desnecessárias.
- Estoques– Refere-se aos materiais retidos por um determinado tempo, onde foram utilizados recursos que não terá retorno financeiro imediato.
- Defeitos – Os defeitos causam custos em excesso, pois os itens defeituosos exigem retrabalho, aumenta as inspeções de modo que os defeitos não passem aos clientes, e provoca o aumento de estoque para repor as peças com defeito. Isso causa redução da produtividade e aumento dos custos de produtos e serviços.
- Movimentação– Excesso movimentos realizados por maquinas e operários, para executar operações, que não agregarão nenhum valor ao cliente.

Para gerenciar a partir da Mentalidade enxuta, deve-se conseguir identificar esses desperdícios, a fim de reduzir ou eliminar cada um deles.

Para Koskela (1992), gerenciar a partir da Mentalidade enxuta considera a produção como um fluxo de materiais e/ou informações, que vai desde a matéria-prima até o produto acabado, e nesse fluxo, o material pode se enquadrar em um destes estágios: processado,

inspecionado ou movimentado, ou ainda estar esperando pelo processamento, inspeção ou movimentação. E esses estágios são distintos. O processamento representa o aspecto de transformação do sistema de produção; a inspeção, a movimentação e a espera representam os aspectos de fluxo da produção. Esses processos de fluxos da produção podem ser descritos como: tempo, custo e valor. Valor refere-se ao atendimento do que os clientes necessitam. Na maioria dos casos, somente as atividades de processamento agrega valor ao produto, logo, se melhorar qualquer um desses elementos, conseqüentemente todo o processo será melhorado. (Figura 1).



Fonte: adaptado de KOSKELA (1992)

O pensamento *lean* busca a geração de valor para o cliente e a melhoria contínua dos resultados. O pensamento *lean* baseia-se em cinco princípios, sendo eles:

- Criar valor
- Fluxo de valor
- Otimizar os fluxos
- Implantar fluxo puxado
- Perfeição

Esses princípios colocados em sequência é uma orientação para implantação da filosofia *lean*. Pinto (2008) nos afirma que a Comunidade *Lean Thinking* (CLT) propôs a adoção de mais dois princípios: conhecer as partes interessadas e inovar sempre, com foco no direcionamento das empresas a altos níveis de desempenho (figura 2).

Figura 2 - Os sete princípios *LeanThinking* revistos

Fonte: Pinto (2008)

Assim, Pinto (2014) enumera os novos princípios *Lean Thinking*:

- Conhecer as partes interessadas - Significa conhecer detalhadamente todos os *stakeholders*¹envolvidos no negócio. O foco principal sempre será em melhor servir o cliente final;
- Definir os valores - De acordo com a filosofia *lean*, valor refere-se a quanto o cliente está disposto a pagar por um produto, logo, é o cliente que defini o que é valor;
- Definir as cadeias de valor -Focar os esforços em atividades que agregam valor, para isso é importante que se separe os processos em três tipos: processos que geram valor, processos que não geram valor, mas que são importantes para a manutenção da qualidade e processos que não agregam valor. A partir dessa separação, fica mais fácil definir o que realmente cria valor para o cliente;
- Otimizar o fluxo- Depois de definir as cadeias de valor, deve-se procura sincronizar as etapas do processo de produção, ou seja, produzir sem interrupção;
- Implantar fluxo puxado - O cliente (e outros *stakeholders*) é que lidera os processos, produzindo apenas o que ele quer.
- Buscar a perfeição - Buscar a melhoria contínua dos processos, ouvindo sempre a opinião do cliente, afim de satisfazer suas necessidades;
- Inovar sempre - Inovar para criar valor.

¹*Stakeholders*: é o que chamamos de parte interessada. Refere-se as pessoas e as organizações que podem ser afetadas por um projeto.

2.1.1 Lean construction

Lean Constructin refere-se à aplicação dos conceitos *lean* voltado para construção. Pode ser considerada como uma reinterpretação dos princípios *Lean Thinking* no processo construtivo (Howell, 1999). *Lean construction* tem como objetivo a melhoria na eficiência dos processos de construção e eliminação de desperdícios.

O termo *Lean construction* foi descrito pela primeira por Lauri Koskela em 1992 em um trabalho que tinha por título “Aplicação de uma Nova Filosofia de Produção na Indústria de Construção” e nesse trabalho, Koskela (1992), enumera e explica onze princípios que norteiam a gestão de processos, são elas:

1. Reduzir o número de atividades que não agregam valor: parte do princípio que a eficiência pode ser melhorada e as perdas dos processos podem ser reduzidas a partir eliminação de algumas das atividades de fluxo.
2. Aumentar o valor do produto de acordo com as necessidades do cliente: esse princípio tem por finalidade, a identificação de forma clara das necessidades e expectativas dos clientes interno e externo, e considerá-las no projeto e no gerenciamento da produção.
3. Reduzir a variabilidade: A padronização dos processos reduz a variabilidade tanto nas atividades de conversão como nas de fluxo e tende a aumentar a parcela de atividades que não agregam valor bem como tempo para obtenção do produto. Eliminar essa variabilidade, geralmente, traz mais satisfação aos clientes, pois a qualidade do produto condiz com as especificações determinadas previamente.
4. Reduzir o tempo de ciclo: O tempo de ciclo é o somatório dos tempos necessários para obtenção de produto, sendo eles de transporte, de espera, de processamento e inspeção. A aplicação deste princípio está relacionada à necessidade de reduzir do tempo improdutivo e conseqüentemente a redução do tempo total para a produção desse produto.
5. Simplificar através da redução do número de passos e partes: Este princípio está relacionado a redução de passos existentes em um fluxo. Quanto maior a subdivisão dos processos, maior tende a ser o número de atividades que não agregam valor.
6. Aumento da flexibilidade das saídas: este princípio refere-se à possibilidade de alteração das características dos produtos que são entregues aos clientes, sem o aumento significativo do custo desses produtos.
7. Aumento da transparência do processo: o aumento da transparência de processos refere-se a melhor identificação dos erros no sistema de produção, facilitando e

melhorando o trabalho, por meio do aumento da disponibilidade de informações, necessárias para a execução das tarefas.

8. Focar controle em todo o processo: Esse princípio possibilita a identificação e a correção de possíveis desvios que venham a interferir no prazo de entrega e custo do produto. Para um eficiente controle de processo o mesmo deve ser avaliado por um representante responsável pelo controle de todo o processo.

9. Introduzir melhoria contínua ao processo: Tem como objetivo principal gerar melhoria contínua com foco na redução de desperdício na obra. Essa melhoria contínua pode ser alcançada por meio do estabelecimento de metas e apresentação de propostas que possa atingi-las, visando a redução de desperdícios e qualidade do serviço, podendo utilizar indicadores de desempenho para mensurar essa melhoria.

10. Balancear melhoria nos fluxos por meio de melhoria nas conversões: é de extrema importância, o equilíbrio entre a melhoria obtida nos fluxos e nas conversões; o controle dos fluxos possibilita a implantação mais fácil de novas tecnologias de conversão, que podem gerar baixa variabilidade e conseqüentemente, beneficiar os fluxos.

11. *Benchmark*: Refere-se a busca de melhorias a partir do conhecimento das técnicas adotadas pela concorrência. Portanto, é necessário conhecer o processo, conhecer os concorrentes, descobrindo, compreendendo e comparando as melhores práticas com o intuito de obter crescimento organizacional.

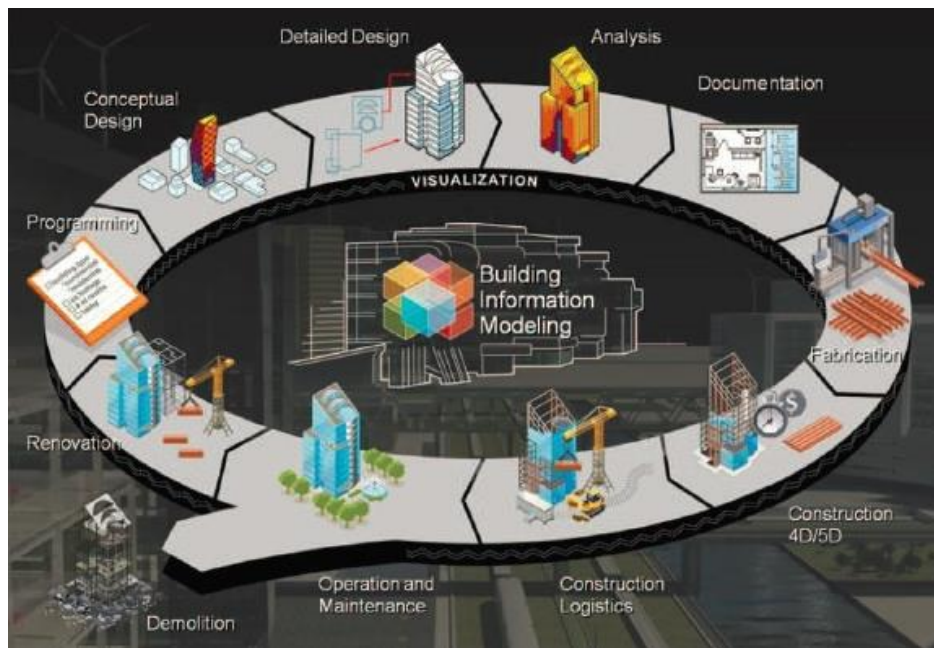
2.2 BIM

O BIM é, de acordo com Eastman et al. (2008, p.13), “uma tecnologia de modelagem e um grupo associado de processos para produção, comunicação e análise do modelo de construção”. Essa tecnologia tem a finalidade de realizar a comunicação entre os diversos elementos de uma construção. É uma ferramenta que permite a construção de modelos virtuais, podendo ser desenvolvido por diferentes profissionais realizando a integração entre as diferentes áreas: estrutural, arquitetônica, instalações elétricas e hidrossanitárias, dentre outras, bem como a obtenção de informações de custos, cronograma e fornecedores, por exemplo, (RIBEIRO, 2015). A possibilidade de visualização virtual do edifício antes do mesmo ser realmente construído, permite a detecção dos conflitos gerados entre os projetos e conseqüentemente a redução ou eliminação de alterações desses projetos.

Segundo Azhar (2011), o BIM é uma das tendências em desenvolvimento que vem introduzir novos procedimentos para elaboração dos projetos e documentações de uma obra,

através da construção virtual do edifício num modelo digital que ajudam os profissionais a realizarem um melhor projeto e planejamento da sua construção e operação, é uma ferramenta que permite gerir mais facilmente todos os dados necessários para a concepção, construção, uso e exploração de edifícios (SACKS et al. 2010), como mostra a Figura 3.

Figura 3- BIM no ciclo de vida de um edifício



Fonte: Brocardo (2012)

Para Bucar (2009), muitos problemas poderão ser resolvidos através do emprego de tecnologia BIM, podemos destacar:

- A tecnologia BIM permite a geração de desenhos dos diferentes tipos de projeto, reduzindo o tempo gasto a partir da realização de desenhos à mão;
- Permite a realização de estimativas de custo e quantitativos de forma automatizada de forma rápida e fácil;
- O modelo permite a detecção de incompatibilidades, antes de iniciar a construção;
- Qualquer mudança realizada em um modelo é atualizada automaticamente em todos os outros desenhos;
- Facilidade de implementação dos princípios *Lean*, pois estes exigem rigorosa coordenação, que é facilmente alcançável com a utilização dos recursos BIM;
- Auxiliam na colaboração, coordenação e proposta das atividades no canteiro de obras.

O conceito BIM assenta, essencialmente, numa metodologia de partilha da informação entre todos os integrantes, durante as fases do ciclo de vida de um edifício (projeto, construção, manutenção, desconstrução), sendo eles: arquitetônico e seus complementares, os construtores e proprietários da obra, materializando-se na existência de um modelo digital tridimensional, visualizado através de software e que permite a construção virtual desse mesmo edifício (LINO, et al., 2012).

É necessária a troca de informações entre os diferentes profissionais, durante o ciclo de vida do projeto e deve haver compatibilidade nessa troca de informações para o melhor desempenho da fase de execução. A utilização de programas e aplicativos que utilizam tecnologia BIM, permite a interoperabilidade, que é a capacidade de identificar os dados necessários para serem passados entre aplicativos (EASTMAN et al., 2008). “Com a interoperabilidade se elimina a necessidade de réplica de dados de entrada que já tenham sido gerados e facilita, de forma automatizada e sem obstáculos, o fluxo de trabalho entre diferentes aplicativos, durante o processo de projeto” (ANDRADE; RUSCHEL, 2009).

Além da compatibilização dos projetos, todo empreendimento, necessita de estudo de viabilidade econômica, de orçamento detalhado e um exigente acompanhamento físico-financeiro da obra (KNOLSEISEN, 2003). Esse orçamento é o levantamento dos quantitativos de insumos e serviços a serem realizados, acompanhado de seus valores unitários, resultando no preço total do empreendimento.

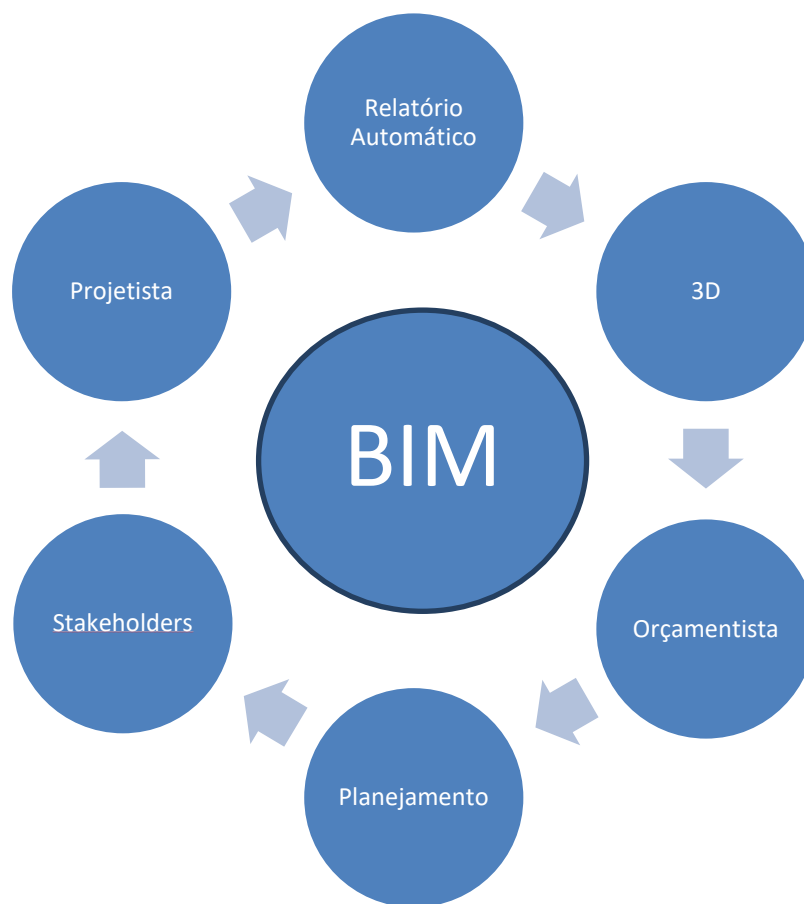
Na elaboração de um orçamento, deve se considerados planos de construção, especificações, lucros potenciais, condições do local, custos, inflação, o tempo, especiais situações, jurídicas, municipais, administrativas e questões de segurança. Uma quantificação corretados itens citados pode ser difícil e demorado (ALDER, 2006).

Nos orçamentos tradicionais, Kern (2005) mostra que a estimativa dos custos diretos (os custos de materiais, mão de obra, equipamentos e encargos sociais) é obtida a partir dos levantamentos de quantitativos de projetos e utilizam composições de custos relativas às atividades de transformação da obra, por meio de coeficientes de consumo, para os insumos de cada uma das atividades orçada.

De forma genérica, essa estimativa de custo é realizada a partir da medição de todos os elementos de um edifício utilizando projetos impressos ou através da ferramenta eletrônica, para posteriormente ser realizada a quantificação dos insumos e serviços unitários determinando por fim o custo global. Este processo está sujeito a erro humano e tende a propagar imprecisões. A quantificação também é morosa e pode representar grande parte da estimativa de custo de tempo em um projeto (SABOL, 2008).

A determinação de quantitativos que costuma ser morosa nos métodos tradicionais é substituída por um processo rápido e confiável quando se utiliza o BIM. Para Santos et al. (2009), o BIM oferece uma tecnologia potencialmente transformadora, pois permite o compartilhamento digital para todos os integrantes envolvidos no processo de desenvolvimento do produto como ilustra a figura 4. Com base no banco de dados visual dos componentes do edifício, o BIM pode fornecer a quantificação exata e automatizada e ajudar na redução significativa da variabilidade das estimativas de custos (SABOL, 2008).

Figura 4– Fluxo de informações modelo BIM



Fonte: adaptado SABOL (2008)

2.2.1 BIM 3D

BIM 3D refere-se à geração de modelos dos projetos num ambiente virtual, atribuindo ao modelo todas as informações geométricas sobre os componentes dos projetos (RIBEIRO, 2015). De acordo com Tobim (2008) o BIM 3D representa a geração da prática integrada. O processo de projeto nesta era caracterizará por trabalhos em equipes multidisciplinares que utilizarão modelos integrados e cujos fluxos de informação acontecerão de forma contínua, sem perdas ou sobreposições. Assim, os diferentes profissionais de projeto e construção irão

construir um “modelo único” para um propósito coletivo que é a construção virtual do modelo do edifício, também chamado por Tobim (2008) como um “protótipo do edifício”. Este está representado por uma rede centralizada de banco de dados em que o modelo BIM é construído de forma colaborativa em um ambiente virtual tridimensional (TOBIN, 2008).

O BIM 3D permite verificar o dia a dia da obra, possibilitando definir com mais facilidade, o layout do canteiro de obras em diferentes etapas do projeto. Determinando o melhor posicionamento de equipamento e materiais (RIBEIRO, 2015).

2.2.2 BIM 4D

Os modelos 4D, são aqueles que a quarta dimensão de informação é o tempo, são modelos 3D associados ao planejamento da obra (RISCHMOLLER; ALARCON, 2002). Essas ferramentas incorporam o espaço, a utilização dos recursos, e informações de produtividade (EASTMAN e t al., 2011). Ribeiro (2015) afirma que o BIM 4D permite a visualização passo a passo do andamento da obra e com isso, é possível criar diferentes cenários para obra, afim de verificar com antecedência, por exemplo, os impactos que atrasos em determinados serviços pode causar na obra.

Dessa forma, as alterações realizadas tanto no modelo 3D como no plano ocorrem automaticamente no modelo 4D. Isso possibilita aos planejadores criar, revisar e editar os modelos 4D com mais frequência, favorecendo a elaboração de planos mais adequados, o que possibilita aos modelos, desempenhar papel ativo na avaliação de sequências de construção, bem como dos componentes temporários da construção (instalações de canteiro e equipamentos) (EASTMAN et al., 2011).

2.3 INTEGRAÇÃO ENTRE *LEAN CONSTRUCTION* E BIM

Segundo Liker (2005), a Toyota continuou flexível (comparando com a concorrência), escolhendo apenas as tecnologias de informação e comunicação que julgou necessárias e que de alguma forma, podiam reforçar seus processos de negócios, garantindo que antes da utilização dessas tecnologias, as mesmas haviam passado por testes e avaliações criteriosas.

Há uma forte sinergia entre BIM e *Lean construction*. Projetos realizados a mão podem perder informações, provocando desperdício de tempo a partir da espera e/ou busca destas informações. O BIM remove estes desperdícios (Eastman et al., 2011).

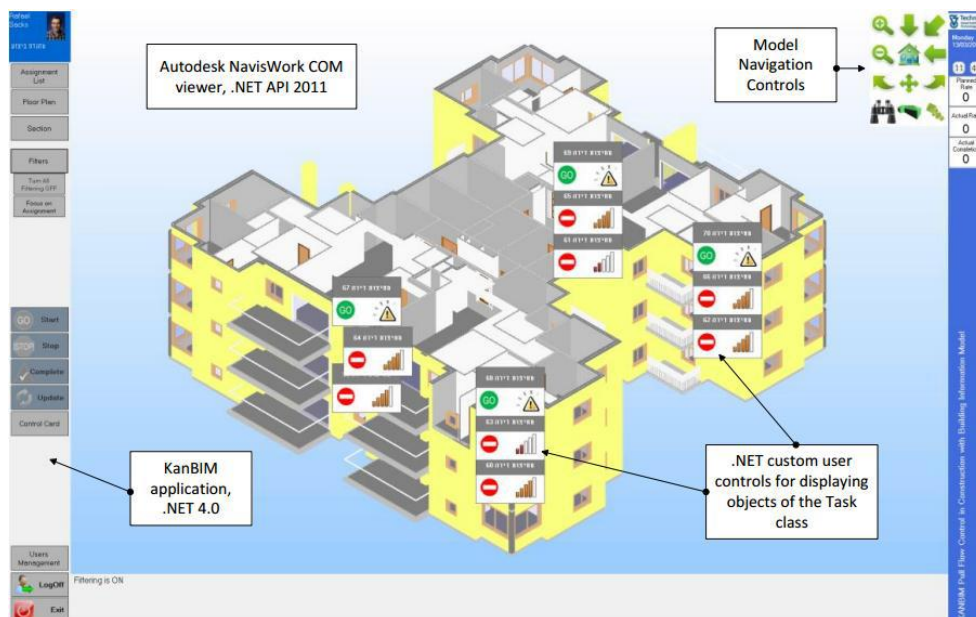
Sacks et al. (2010) sugere algumas especificações que permite analisar as interconexões entre BIM e construção enxuta, sendo elas:

- Reduzir a parcela de atividades que não agregam valor: consiste em reduzir ou eliminar a não agregação de valor nas atividades de fluxo e conversão. Para isso, é preciso realizar o mapeamento das atividades, obtendo controle total e a busca por melhoria contínua. O BIM auxilia por intermédio da visualização de status produtivo e comunicação online dos produtos e processos.
- Aumentar o valor do produto considerando a necessidade do cliente: devem ser estabelecidas sistematicamente as necessidades de clientes. Através de mapeamento por pesquisa de mercado, colaboração em equipe, difusão de conhecimento etc.
- Reduzir variabilidade: essas variabilidades podem ser qualidade, custo e prazo. O controle combate essa variabilidade, pois ela tende a incorporar atividades que não agregam valor. BIM funciona como banco de dados, com informações necessárias para realização desse controle.
- Reduzir o tempo de ciclo: esse tempo de ciclo é o somatório dos tempos para a produção de um determinado produto, esse tempo de ciclo refere-se as atividades de transporte, de espera, de processamento e inspeção. Os fluxos devem ser reduzidos e devem-se buscar melhorias na conversão. Mediante da utilização do BIM, é possível realizar desenhos detalhados, eliminando as incompatibilidades, possibilitando o aumento de produtividade.
- Aumentar flexibilidade de saída: o cliente pode moldar a saída, por meio da utilização de processos construtivos que permita a modificação do produto sem grandes alterações no valor da produção. Pode verificar se há possibilidade de modificações a partir da utilização de tecnologia BIM, por meio de simulações dos processos construtivos.
- Aumentar a transparência do processo: este princípio ajuda o envolvimento da mão de obra no processo de controle, pois erros são facilmente detectados. O BIM possibilita a geração de tarefas a serem realizadas na construção;
- Padronização: A padronização de tarefas é a base para a melhoria contínua e para a capacitação dos colaboradores (LIKER, 2005). Pode-se reduzir variabilidade no tempo e no produto; A integração do BIM com *lean* permite a colaboração no projeto e construção com diversos agente e fabricação de peças controlada de forma virtual.
- Usar o controle visual: identificar o processo e verificar instantaneamente se há algum desvio sobre a referência. A gestão visual está muito próxima da padronização, onde a

visualização dos métodos de produção permite fácil identificação dos padrões. Visualização possível em modelos BIM 4D.

Segundo Sacks, et al (2010) um bom fluxo de produção para um projeto em construção é dificultado pelos diferentes objetivos individuais de cada frente de serviço e de suas metas de fluxo estável de produção e a dificuldade de enxergar seu fluxo de trabalho complica ainda mais. Baseado nesse cenário e com o objetivo de programar um sistema de fluxo de produção puxada foi desenvolvido o KanBIM, um protótipo de sistema de gestão *Lean* com utilização de plataforma BIM. De acordo com os autores, o KanBIM é proposto como um conceito: um conjunto de requisitos para implantação e operação do sistema de gestão da produção enxuta, baseado em BIM e abrangem a manutenção de estabilidade e fluxo de trabalho permitindo a negociação e o compromisso entre as equipes, planejamento de produção enxuta com sofisticado controle de produção puxada, uma comunicação eficaz e visualização do fluxo (figura 5).








Figura 5 –KanBIM: visualização 3D



Fonte: Sacks et al. (2013)

O objetivo do KanBIM é de propor, desenvolver e testar um sistema compatível com o BIM para apoiar o planejamento da produção e o dia-a-dia de controle de produção em canteiros de obras (SACKS et al, 2010).

Figura 6- Classificação da situação da tarefa.

Ação	Descrição	Símbolo
Início da Tarefa	Pronta para início. Apenas aparece para tarefas com nível de maturidade pronta para iniciar	
Tarefa aguardando replanejamento	Não está pronta para início, porém segundo o planejamento, deveria estar	
Em trabalho	Tarefa em processo, com o número de dias até o término do prazo	
Tarefa parada	Tarefa parada com um indicador parcial de quantidade completa	
Ok	Tarefa completa	
Início da Tarefa	Tarefa de contingência	
À iniciar	Tarefa a ser iniciada no futuro, de acordo com o planejamento semanal, e os dias restantes	

Fonte: adaptado de Sacks et al. (2013)

Sacks et al (2010) sugerem que num sistema onde haja grande incerteza é necessária agilidade. Cabe ao líder da equipe, essa responsabilidade de fazer uma mudança e se comprometer a executar uma tarefa. É necessário um suporte a partir da utilização de um sistema de informação que permita tomadas de decisões rápidas e negociação de mudança de planos com todos os envolvidos. Para tal o sistema deve:

- Integrar planejamento e controle de produção de modo que o planejamento semanal seja detalhado à produção diária;
- Fornecer *feedback* on-line a partir da face de trabalho para garantir informações do status do processo imediato;
- Um canal de comunicação para a negociação de mudanças de tarefas planejadas.

2.4 CADEIA DE VALOR

O sucesso de um sistema de gerenciamento, é obtido através do entendimento dos processos que a empresa deverá passar na busca pelo sucesso. Segundo Porter (1986), “uma empresa é uma série de processos inter-relacionada denominada “Cadeia do Valor”, logo, para conhecer a empresa é necessário compreender a relação entre os processos que a

compõe, além de reconhecer que uma empresa deve ser visualizada no contexto de uma cadeia global de atividades, onde é gerado o valor.

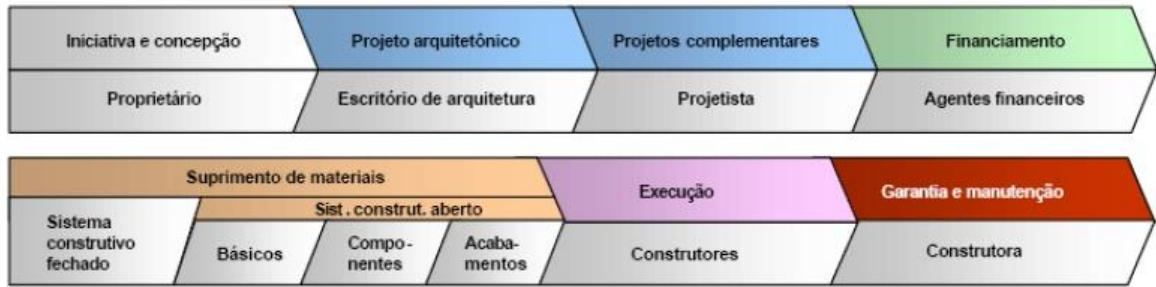
De acordo com a visão de Shank (1997), o aumento da lucratividade da empresa, que é uma das suas principais metas, é obtido não apenas pela compreendendo de sua própria cadeia de valor, mas também é importante compreender como as atividades de valor da empresa, se interligam nas cadeias de valor dos fornecedores e clientes. A cadeia de valor de uma determinada empresa inclui desde os fornecedores de matérias-primas, até os consumidores finais. Diante disso, a compreensão das atividades estratégicas, no mínimo das mais relevantes dentro da cadeia de valor, leva a compreensão dos custos e à fonte de diferenciação dos produtos, em relação a concorrência. Para que uma empresa possa obter melhoria de desempenho e aumento na sua lucratividade, e a partir do conceito de cadeia de valor, analisar as áreas fundamentais de melhoria, sendo elas: as ligações com os fornecedores e clientes, os processos dentro da empresa e as ligações através da cadeia de valor da unidade empresarial dentro da organização.

2.4.1 Cadeia Produtiva da Indústria da construção Civil

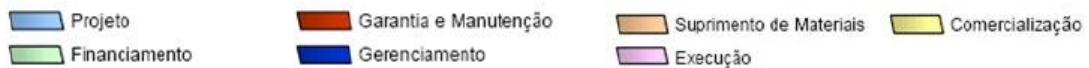
As empresas transformadoras, que são aquelas responsáveis pelo produto final em obras civil, compõem a cadeia produtiva da construção civil, formada por empresas da área de serviços, como projeto e gerenciamento e as indústrias de materiais e componentes, dentre outros. MDIC (2000) afirma que, a cadeia produtiva de um dado segmento “consiste em um conjunto de atividades que se articulam progressivamente desde os insumos básicos até o produto final, incluindo distribuição e comercialização, constituindo-se em elos de corrente”.

A cadeia de valor varia de acordo com o empreendimento. A figura 7, demonstra a cadeia que pode ser chamada de construtiva para os subsegmentos de casas, do subsetor de edificações.

Figura 7- Cadeia construtiva para o subsegmento formal – casas



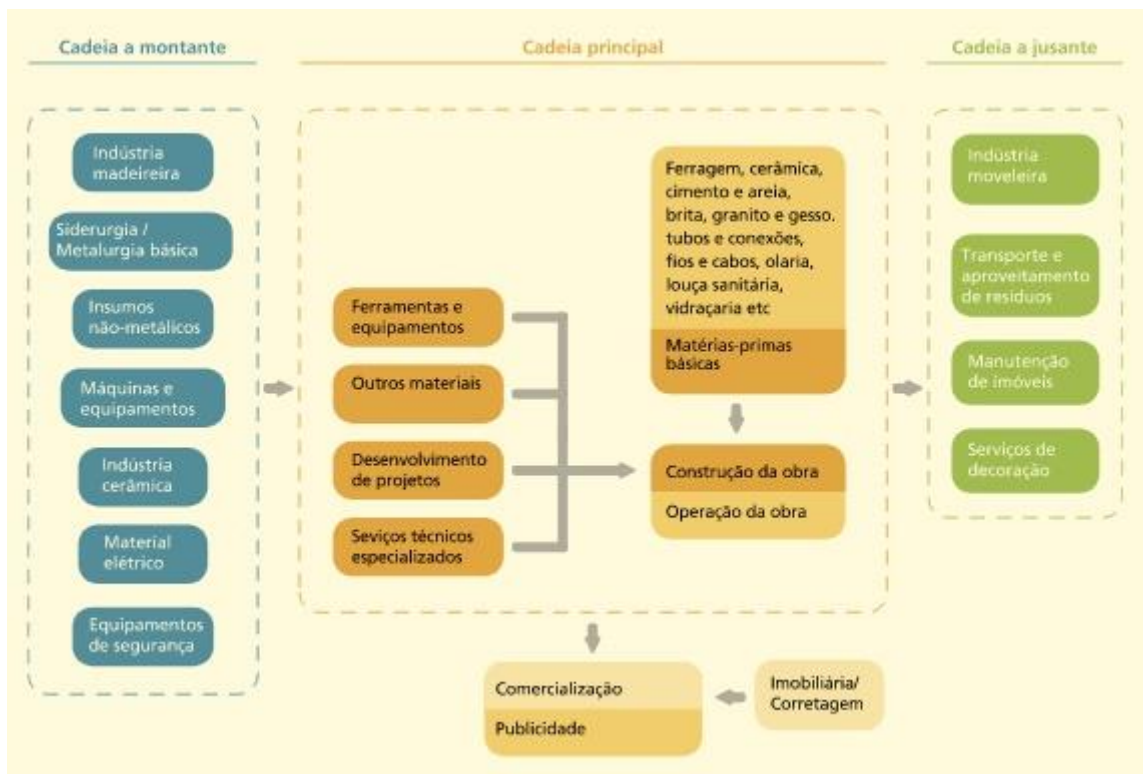
Legenda



Fonte: MDIC (2000)

As atividades de destaque na cadeia produtiva da construção civil, são as obras de edificações, onde se tem a demanda direta de equipamentos, matérias-primas básica, insumos, e serviços de operação da obra, na cadeia principal (Figura 8).

Figura 8- Cadeia Produtiva da Construção Civil



Fonte: SEBRAE (2016)

A união da construção e operação da obra articula-se de imediato, com os fornecedores de matérias-primas como: ferragem, cerâmica, cimento, areia e brita, granito e gesso, tubos e conexões, fios e cabos, olaria, louça sanitária, vidraçaria etc. Além dessa

demanda imediata, a obra inclui o desenvolvimento de projetos e serviços técnicos especializados. Na comercialização do produto para o consumidor final, articulam-se as áreas de publicidade, imobiliária e corretagem (SEBRAE, 2016).

Na cadeia a montante, estão as atividades de produção de insumos básicos para construção civil que serão influenciados pelo crescimento da cadeia principal. São as atividades relacionadas à indústria madeireira, siderurgia e metalurgia básica, insumos não-metálicos, máquinas e equipamentos, indústria cerâmica, indústria de material elétrico e equipamentos de segurança do trabalho (SEBRAE, 2016).

A jusante da cadeia principal, foi identificada as atividades da indústria moveleira, da manutenção de imóveis, do transporte e aproveitamento de resíduos da construção, e dos serviços de decoração de ambientes (SEBRAE, 2016).

3 METODOLOGIA

Este tópico tem como finalidade descrever como a pesquisa foi desenvolvida, indicando métodos e técnicas utilizados para alcançar o objetivo deste trabalho.

3.1 DESENHO DE ESTUDO

O presente trabalho trata-se, quanto à natureza, de uma pesquisa aplicada. Quanto à forma de abordagem do problema, pode ser classificada como um estudo qualitativo. Quanto aos objetivos metodológico, é uma pesquisa exploratória.

Para alcançar os objetivos propostos nesse projeto de pesquisa, a metodologia adotada foi um estudo de caso que de acordo com Boaventura (2004), busca a aplicação prática de conhecimentos com a finalidade de solucionar os problemas sociais e revisão bibliográfica sobre o tema, com intuito de buscar o entendimento mais profundo das questões relacionadas a aplicação do conceito *Lean construction*.

3.2 LOCAL E PERÍODO DE REALIZAÇÃO DA PESQUISA

A pesquisa foi realizada na cidade de Palmas-TO. As coletas de dados foram realizadas no período de janeiro a abril de 2018, e a análise dos dados, definição dos resultados e conclusão do estudo foram realizados durante os meses de abril a maio de 2018.

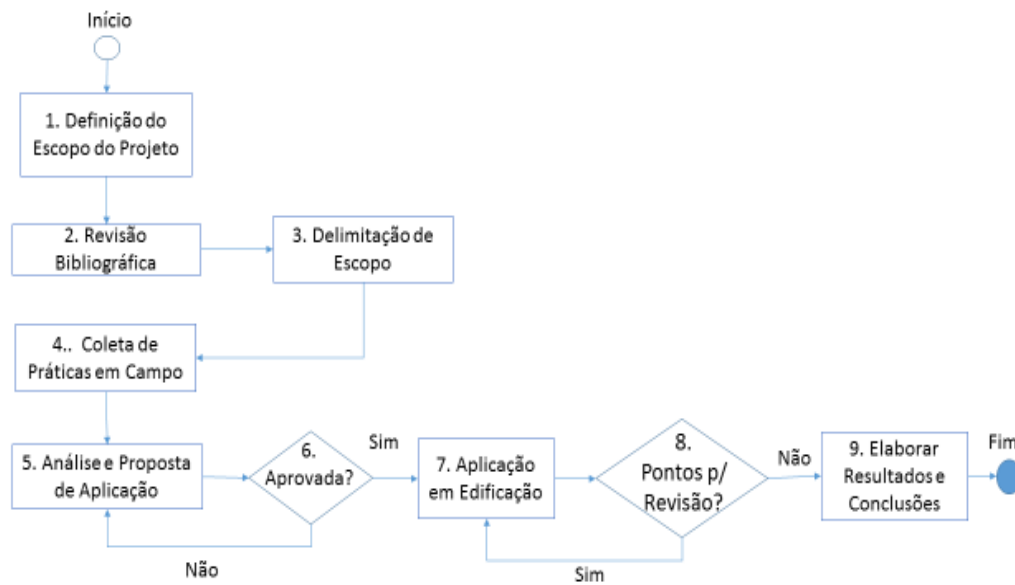
3.3 OBJETO DE ESTUDO

Os objetos de estudo foram obras em andamento e uma obra em fase inicial de construção, ambas residenciais de pequeno porte, localizadas em Palmas – TO. O acesso e contato a essas obras, ocorreu por meio de solicitações presenciais aos proprietários.

3.4 INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS E ANÁLISE

Com a finalidade de alcançar os objetivos, a pesquisa seguiu o fluxograma apresentado na figura 9.

Figura 9 - Fluxograma para o desenvolvimento do projeto



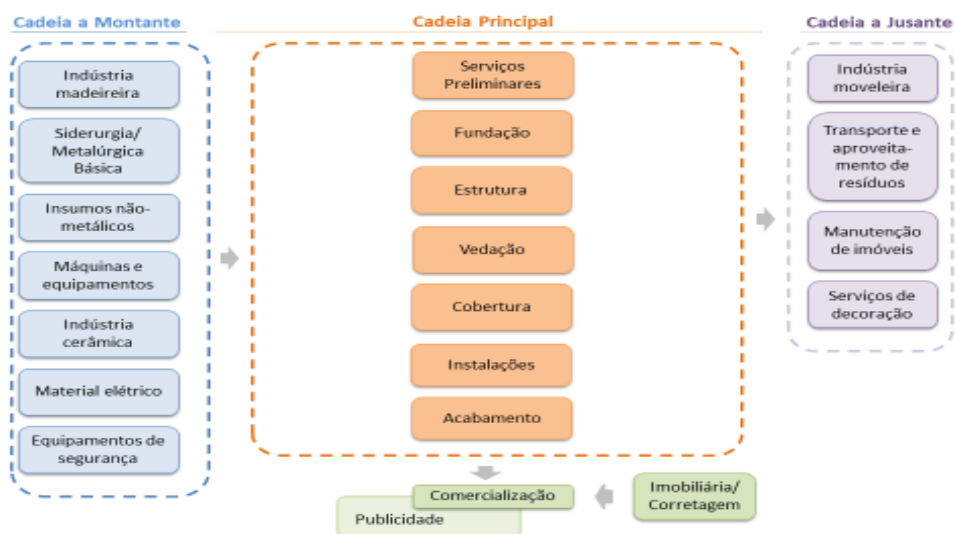
Fonte: Autor (2017)

A etapa 1 consistiu em defini o objeto de estudo e os objetivos a serem alcançados com a pesquisa.

Na etapa 2 foi realizada revisão bibliográfica com objetivo de obter um melhor entendimento sobre questões que norteiam a aplicação dos conceitos *Lean construction*.

A delimitação do Escopo do projeto (etapa 3) foi baseada na cadeia de valor representada na figura 10.

Figura 10–Cadeia Produtiva de Valor



Fonte: adaptado de SEBRAE (2016)

A cadeia principal é composta pelas etapas macro de uma obra, dividido em sete etapas. Foram propostas diretrizes para todas as etapas macro, porém, o acompanhamento foi realizado até o mês de abril, onde a obra se encontrava da fase de execução da vedação.

A Coleta de práticas em campo apresentado na etapa 4, consistiu na verificação em obras obra já em andamento quanto dos conceitos *Lean construction* são aplicados, bem como, realização de entrevista semiestruturada (Apêndice A) com mestres de obras e engenheiros de mercado, e verificação como é a organização de seus canteiros de obra.

A fase de coleta de dados buscou, por meio de encontro com profissionais com experiência na área de construção civil, entender na prática quão viável é a aplicação das práticas estudadas, e reconhecer o que esses profissionais entendem que é possível se fazer para adaptar o método de trabalho, para que se consiga extrair alguns benefícios dos princípios *lean* propostos.

A etapa 5 consistiu na análise das obras em andamento, foi realizado o confronto com as práticas e recomendações obtidas na etapa 2 e proposto uma estratégia de aplicação em uma obra residencial em estágio inicial de construção.

A etapa 6 consistiu em validar a proposta de aplicação. A partir da aprovação das propostas, na etapa 7, foi realizada a aplicação, no processo de construção da edificação.

Os princípios apresentados no referencial bibliográfico que foram aplicados na obra foram:

- *Benchmark*
- Aumento do valor do produto de acordo com as necessidades do cliente
- Aumento da transparência do processo
- Introdução de melhoria contínua ao processo
- Focar no controle em todo o processo
- Redução das atividades que não agregam valor
- Redução da variabilidade
- Redução do tempo de ciclo
- Simplificação pela redução do número de passos e partes
- Aumento da flexibilidade das saídas

As práticas foram aprovadas e ajustadas quando era necessário, até o final da verificação (etapa 8). Foi dada abertura para os profissionais envolvidos na obra (pedreiro e mestre de obras), a indicação de práticas que eles julgavam ser melhores e, após mensuração e validação da proposta, a mesma foi aplicada.

Por fim, foram consolidados e validados os resultados obtidos a partir da análise e aplicação das propostas (etapa 9).

3.5 PROTOCOLO DE PESQUISA

O protocolo do presente estudo encontra-se detalhado no quadro 1, conforme as orientações de Yin (2010), o que facilita a replicação deste estudo e colabora na aferição da validade dos resultados desta pesquisa.

Quadro 1. Protocolo de Pesquisa

Visão Geral do Projeto
<p>Objetivo: O objetivo geral deste trabalho é explorar os impactos na eficiência de uma obra a partir da aplicação dos princípios de construção enxuta.</p> <p>Assuntos do estudo: <i>Lean construction</i>, BIM</p>
Procedimentos de Campo
<p>Apresentação das credenciais: Apresentação como estudante do curso de Engenharia Civil do CEULP/ULBRA.</p> <p>Acesso aos Locais: Negociado previamente.</p> <p>Fonte de Dados: Primárias (entrevistas e observações de campo) e secundárias (bibliográfica).</p> <p>Advertências de Procedimento: Não se aplica.</p>
Questões investigadas no estudo:
<ol style="list-style-type: none"> Critérios para implantação do <i>Lean construction</i> no sistema de gestão; Utilização do BIM no gerenciamento de obras; Analisar a integração do <i>lean</i> com o BIM; Quanto dos princípios <i>lean</i> são aplicados em campo; Aplicação do <i>lean</i> ao processo organizacional e de gestão de uma obra (fornecedor, orçamento, gestão de projetos e obras)
Esboço para o relatório final:
<ul style="list-style-type: none"> Identificação dos princípios <i>Lean construction</i> em obras em andamento; Caracterização do empreendimento onde será aplicado o estudo; Realizar o planejamento de quais princípios será aplicado no início da obra e quais serão aplicados durante a execução; Elaboração do plano de ação referente à aplicação de cada princípio <i>Lean construction</i> em uma obra; Aplicação do plano de ação; Avaliar a aplicação do planejamento; Analisar o impacto da aplicação do estudo.

Fonte: Autor, adaptado de Yin (2010).

4 COLETA DE DADOS E ELABORAÇÃO DE PROPOSTA

Os problemas relacionados ao desperdício é algo comum no setor da construção civil. E quando se fala em desperdício, não é apenas em relação à material, mas o desperdício também ocorre, quando se utiliza uma grande quantidade de mão de obra para realizar uma atividade (Mattos, 2010).

Laufer e Tucker (1987) destacam que o planejamento, muitas vezes não é considerado um processo de gestão. Principalmente em obras de pequeno porte, a falta desse planejamento é bastante comum. O controle das obras, geralmente é realizado por meio de informações verbais e as mesmas são executadas baseadas nas experiências dos profissionais que as executam (FORMOSO, 2001).

O *Lean construction* veio para reduzir os trabalhos que são realizados desnecessariamente em um processo de produção, gerando desperdícios (Bernardes, 2003).

A elaboração de propostas com base na filosofia *lean*, tem a finalidade de contribuir para um melhor sistema de gestão da obra. Cada proposta elaborada foi baseada em informações obtidas por profissionais que atuam na área e verificações realizadas em obras em andamento.

Neste capítulo será apresentada a descrição da entrevista, a obra em estudo, e por fim, a consolidação das boas práticas coletadas como proposta de aplicação com base na filosofia *Lean construction*.

4.1 ENTREVISTA E COLETA DAS OBSERVAÇÕES

Durante os meses dezembro de 2017 e janeiro de 2018, foi realizado a 4ª etapa do projeto - Coleta de práticas em campo, com o objetivo de obter informações para a elaboração de boas práticas a serem aplicadas.

Para propor as diretrizes de boas práticas a serem aplicadas na obra, foi realizada entrevistas com profissionais da área da construção civil, tendo como critério, alguma experiência em execução de obras. O estudo contou com a colaboração de quatro profissionais, sendo eles:

- 1 pedreiro com mais de 20 anos de experiência;
- 1 engenheiro civil com mais de 20 anos de experiência;
- 1 engenheiro civil com mais 6 anos de experiência;
- 1 engenheiro civil com menos de 2 anos de experiência.

Foi solicitado a esses profissionais, recomendações de boas práticas ou o que não deve ser feito, conforme questionário (Apêndice A), que visassem à redução de tempo e custo sem que a qualidade da obra fosse comprometida. Foram solicitadas recomendações para cada uma das etapas da obra, em relação a métodos, matéria prima, mão de obra, máquinas, medição e meio ambiente, conhecido como 6M's da construção civil.

O 6M's também é conhecido como diagrama de causa e efeito ou Diagrama de Ishikawa. É uma ferramenta de qualidade, que é usada para identificar e estruturar as causas que podem influenciar um efeito e posteriormente determinar as áreas onde necessita ser definidas melhorias (SPENGLER et al., 1999).

Silveira (2013) aborda o significado de cada um dos 6M's:

- Método – é a forma como um determinado procedimento é realizado;
- Matéria prima – Refere-se aos aspectos relacionados à matéria prima utilizada para realização de um serviço;
- Mão de obra – Refere-se aos aspectos relacionados aos colaboradores envolvidos na realização do serviço;
- Máquinas e equipamentos – Todos aspectos relacionados às máquinas e equipamentos utilizados;
- Medição – Está relacionada aos instrumentos de medição e controle;
- Meio – Refere-se às condições do meio onde está sendo realizado o serviço.

Cada boa prática indicada pelos profissionais refere às causas que influenciara na redução de desperdício na obra.

Foram realizadas visitas em oito obras já em andamento, do mesmo porte da obra em estudo, todas localizadas na cidade de Palmas. Baseado no referencial teórico apresentado foi verificado: a presença dos princípios *Lean construction*; a organização dos canteiros de obras, se era realizado algum tipo de controle na obra como: controle de compra de materiais, controle de produtividade dos funcionários, controle de custos e prazos, etc.; bem como, se era utilizada algum tipo de tecnologia BIM.

Durante as visitas foi possível verificar diversos tipos de situações que colaboraram para elaboração das boas práticas com base nos princípios *lean*.

Para o atendimento aos princípios *Lean construction* é de fundamental importância a organização do canteiro de obras. Um canteiro de obra desorganizado está mais suscetível à ocorrência de acidentes e desperdício de matérias e mão de obra (Figura 11).

Figura 11 – Meio – Organização do canteiro



Fonte: Autor (2018)

Essa organização requer um planejamento antes de iniciar a construção. A definição do local correto de cada material evita que os mesmos sejam desperdiçados (Figura 12).

Figura 12 - Meio - Organização dos materiais de construção



Fonte: Autor (2018)

A previsão da entrada da obra, possibilita a entrada de veículos maiores para que o material seja acondicionado no local correto (Figura 13). Foi possível observar que na maioria das obras esse fator não é observado, provando desperdício de mão de obra com remanejamento de materiais de um lugar para outro.

Figura 13- Meio - Abertura de entrada da obra



Fonte: Autor (2018)

As escoras metálicas são bastante difundidas no mercado, porém, ainda se utiliza escoras em madeira (Figura 14). Segundo informações obtidas por meio dos profissionais atuantes no mercado, durante as visitas nas obras, a utilização de escoras metálicas reduz o tempo de execução do serviço pela facilidade de manuseio, além de reduzir os resíduos.

Figura 14 - Método - Escoramento



Fonte: Autor (2018)

A realização do serviço de forma correta de acordo com o que a norma recomenda, garante a qualidade do serviço e conseqüentemente à satisfação do cliente. Podemos citar como exemplo a execução da estrutura antes de executar alvenaria (Figura 15), que é a forma correta de realizar esse serviço, porém, quase nunca é realizada em obras de pequeno porte.

Figura 15 - Método - Processo construtivo da estrutura



Fonte: Autor (2019)

A simplificação através da redução do número de passos e partes é um princípio *lean* que visa reduzir a quantidade de passos para a realização de um serviço. Na Figura 16 à esquerda, o concreto é fabricado na obra, exigindo maior quantidade de tempo e operários para a realização da concretagem de uma laje. O mesmo serviço está sendo realizado na Figura 16 à direita, porém, foi utilizado concreto usinado, reduzindo o número de passos para a realização do serviço. O custo-benefício deve ser analisado, pois pode ser que se torne inviável essa simplificação.

Figura 16 - Materiais - Concretagem



Fonte: Autor (2018)

Essa coleta de dados com profissionais atuantes no mercado e visitas a canteiros de obras, satisfaz um princípio da construção enxuta: o *Benchmark*, que tem a finalidade de

buscar no mercado, melhores práticas visando obter crescimento organizacional e satisfação do cliente.

Pôde-se perceber que a interação com o cliente é de extrema importância para a garantia do atendimento de suas necessidades e isso faz parte da gestão de *stakeholders*. Aquilo que sempre foi abordado na filosofia *lean* e no 6M's como boa prática, desde o início da sua implantação, só começou a ser recomendada pelo PMBOK a partir de terceira edição (2004). De acordo com *Project Management Institute* (2017) a gestão de *stakeholders* do projeto inclui tudo aquilo que é exigido para que se possa identificar todos que podem influenciar ou serem influenciadas pelo projeto, sondar as expectativas das partes interessadas, o impacto dos *stakeholders* no projeto e desempenhar táticas de gerenciamento adequadas para o emprego das partes interessadas nas definições e execução do projeto. As interações regulares com as partes interessadas no decorrer do projeto reduzem o risco, fortalece confiança, fazendo com que os ajustes pertinentes sejam realizados com folga, garantindo a redução de custos e aumentando a chance de sucesso para o projeto (PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE, 2017). O guia PMBOK (PMI, 2004) aborda que, para o gerenciamento de *stakeholders*, primeiramente deve identificar cada um deles e entender suas necessidades e expectativas, e mostra que a gestão de *stakeholders* não está relacionada apenas com a interação com o cliente, mas com todas as partes interessadas, que engloba: o gerente de projetos, a equipe de projeto, empregadores, fornecedores, investidores, etc.

Ainda foi possível perceber a partir de entrevistas realizadas com os gerentes de projetos das obras visitadas, que a utilização de tecnologia BIM é pouco utilizada. A maior parte dos gerentes de projeto tinha o conhecimento da importância dessa tecnologia na elaboração dos projetos e planejamento da obra e o quanto essa tecnologia torna a construção mais eficiente, porém, todos eles ainda utilizavam tecnologias tradicionais, com destaque para uso do CAD, do inglês *Computer-Aided Design*, para elaboração dos projetos e não foi apontada nenhuma tecnologia utilizada para a realização do planejamento.

4.2 OBRA

O estudo foi realizado em uma obra de pequeno porte de alto padrão, constituída por dois pavimentos, construída em um condomínio residencial em Palmas-TO. O acompanhamento da obra ocorreu no período de fevereiro a abril de 2018, estando à obra em fase de finalização da fundação.

O corpo de funcionários da obra é constituído por um Engenheiro Civil, um mestre de obra, um pedreiro, quatro serventes e quatro estagiários de Engenharia Civil, e sempre que necessário, é contratado uma determinada especialidade para realizar um serviço específico.

O Quadro 2 apresenta o detalhamento das competências e habilidades de cada colaborador dentro da obra.

Antes de iniciar a obra, foi realizado treinamento com todos os colaboradores, onde foram repassadas todas as regras e explicações referentes ao 5S.

Quadro 2. Função de cada colaborador

Cargo	Competência	Habilidades
Engenheiro	Formação superior em Engenharia Civil	<ul style="list-style-type: none"> • Leitura e interpretação de projetos • Elaboração de projetos civis • Acompanhamento de projeto • Análise de impacto • Gestão de riscos e mudanças • Comunicação da equipe • Avaliação de Desempenho • Interação com os e atividades executadas • Consolidar boas práticas e quantitativos
Mestre de obra	Experiência em execução de obras de construção civil, compreensão em leitura de projetos e desenhos técnicos.	<ul style="list-style-type: none"> • Assentamento de alvenaria de tijolos cerâmicos; • Prumo e nível; • Preparo de concreto e argamassa
Pedreiro	Experiência em execução de obras de construção civil, compreensão em leitura de projetos e desenhos técnicos.	<ul style="list-style-type: none"> • Assentamento de alvenaria de tijolos cerâmicos; • Prumo e nível; • Preparo de concreto e argamassa
Estagiário	Conhecimento técnico em projetos e execução (formação em andamento)	<ul style="list-style-type: none"> • Leitura e interpretação de projetos • Controle de estoque de materiais • Aferição de produtividade • Controle de qualidade técnica • Acompanhamento de Prazos • Coleta de boas práticas e quantitativos
Servente	Saber ler e escrever	<ul style="list-style-type: none"> • Manuseio cuidadoso com equipamentos da obra, organização de equipamentos e ferramentas, limpeza do canteiro

Fonte: Sakamoto; Naves (2018)

Pode-se destacar que a obra em estudo possui uma particularidade com relação a outras obras do mesmo porte. Algumas boas práticas já estavam sendo realizadas mesmo sem a apresentação da proposta. A obra conta com a colaboração de quatro estagiários que ficaram responsáveis pela realização do controle e monitoramento das atividades.

4.3 PROPOSTAS DE APLICAÇÃO

Após analisar as recomendações propostas pelos profissionais entrevistados e a verificação das obras em andamento, foi possível traçar diretrizes para aplicação na obra estudada. Todas as boas práticas propostas, foram baseadas nas entrevistas e visitas em obras.

Os critérios utilizados para elaborar as diretrizes de aplicação, levaram em consideração não somente a redução de custo, mas também a qualidade dos serviços, pois a filosofia *lean* não considera apenas esse fator, mas também a garantia de satisfação do cliente, que é alcançado pelo atendimento as suas expectativas e necessidades.

Foi proposto recomendações para todas as etapas da obra, porém a aplicação das propostas foi realizada a partir da finalização da fundação.

Nos quadros abaixo serão apresentadas as propostas de aplicação em relação aos 6M's e em qual princípio *lean* ela se enquadra. Primeiramente foram propostas boas práticas que poderá ser aplicado em qualquer etapa da obra e posteriormente, as boas práticas para cada etapa da obra, que foi dividida em serviços preliminares, fundação, superestrutura, vedação, instalações, cobertura, revestimento e acabamento, conforme cadeia de valor representada na figura 10.

A identificação dos 6M's na tabela foi realizada da seguinte forma:

- ME – Método
- MP – Matéria prima
- MO – Mão de obra
- MQ – Máquinas e equipamentos
- MD – Medição
- MA – Meio ambiente

As propostas foram apresentadas para a equipe de gerenciamento da obra antes de serem aplicadas, e cada uma delas foram revistas e validadas.

4.3.1 PARA QUALQUER ETAPA NA OBRA

No quadro 3 são apresentadas as boas práticas que se enquadram em qualquer etapa da obra, deste os serviços preliminares até o acabamento da obra.

Quadro 3. Boas práticas para todas as etapas

Boas práticas <i>lean</i> para qualquer etapa da obra	6M	Princípio <i>Lean construction</i>
Antes de iniciar uma nova etapa, deve-se verificar se houve alguma alteração no projeto para evitar retrabalho.	MD	Reduzir o número de atividades que não agregam valor
Realizar inspeção dos materiais no momento da entrega, para que	MP	Focar controle em todo o

se houver necessidade de reposição de peças defeituosas, isso seja realizado com antecedência.		processo
Deve se realizar um rigoroso controle de compra de materiais, para que determinado material esteja no canteiro de obra, pronto para ser utilizado, quando o mesmo for solicitado, eliminando as atividades de fluxo devido à espera desse material.	MP	Reduzir o tempo de ciclo
		Focar controle em todo o processo
Gerenciar a compra de materiais que não se adquirem materiais que não serão utilizados na etapa da obra que está sendo executada, evitando estoque e utilização de recursos que não terão retorno imediato.	MP	Focar controle em todo o processo
Estudar bem o orçamento antes de iniciar cada etapa. Verificar o quanto pode gastar. Verificar o custo benefício em relação a material e mão de obra. Quando necessário deve-se abrir mão de matérias mais nobres, mas sempre observando a qualidade.	MD	Aumentar o valor do produto de acordo com as necessidades do cliente
O engenheiro responsável deve focar no gerenciamento da obra. É necessário pessoal para realização de cotação de preço, compra de material, RH, etc, cabendo ao engenheiro somente a tomada de decisão.	MO	Focar controle em todo o processo
Realizar o controle de mão de obra, para que quando exigir uma determinada especialidade, o profissional já esteja pronto para o serviço, evitando esperas por não ter o profissional necessário.	MO	Focar controle em todo o processo
Contratar mão de obra que se adapta as mudanças de demanda.	MO	Aumentar a flexibilidade de saída
Sempre que possível realizar a substituição de operários por máquinas, que contribui para uma melhor produtividade do serviço.	MQ	Simplificar através da redução do número de passos e partes
Sempre que possível, deve se acondicionar os materiais no local correto no momento da sua chegada no canteiro, para evitar a movimentação de material de um local para outro.	MA	Reduzir o número de atividades que não agregam valor
Identificar através de visuais, se o estoque dos materiais (que são utilizados regularmente) está na média ou abaixo do exigido. Ex. Essa identificação pode ser realizada por cores ou símbolos alocados próximo ao material em questão.	MA	Aumento da transparência do processo
Difundir, por meio de painéis visuais, informações pertinentes aos serviços, para os membros do canteiro de obra: traços de concreto/argamassa que serão utilizados em cada serviço, dia de concretagem, etc.	MO	Aumento da transparência do processo
Realizar o planejamento das atividades da semana, organizar a sequência e o prazo das atividades, a mão de obra e o material que serão necessárias.	MD	Focar controle em todo o processo
Planejar as concretagens para as sextas feiras para que parte da cura ocorra no final de semana.	MO	Reduzir o número de atividades que não agregam valor
Utilizar indicadores de desempenho da produção: Informar o desempenho das equipes e cobrar melhorias.	MO	Introduzir melhoria continua ao processo
Repassar Informações aos clientes sobre a conclusão de cada etapa, para que ele saiba a situação do empreendimento ou fazer modificações.	*	Aumentar o valor do produto de acordo com as necessidades do cliente
Valorização da mão de obra: Premiação dos colaboradores pelo bom desempenho.	MO	Introduzir melhoria continua ao processo
Coletar sugestões de todos os envolvidos.	MO	Introduzir melhoria continua ao processo
		Benchmark

Identificar, por meio da avaliação do sistema de produção, os pontos fortes e fracos afins de alcançar melhorias.	MO	Introduzir melhoria contínua ao processo
Controle de processo global: controle e monitoramento da qualidade nas atividades realizadas.	MD	Focar controle em todo o processo
* Esse item não enquadra nos 6M's, ele está relacionado a gestão de <i>stakeholders</i> .		

Fonte: Autor (2018)

4.3.2 SERVIÇOS PRELIMINARES

Serviços preliminares podem ser entendidos como todos os serviços necessários para a iniciação da obra. Pode-se destacar como fazendo parte dessa etapa, os serviços de limpeza do terreno, movimentação de terra, instalações provisórias de água e energia, montagem do canteiro e locação de obra, vide quadro 4.

Quadro 4. Boas práticas - Serviços preliminares

Boas práticas <i>lean</i> - Serviços Preliminares	6M	Princípio <i>Lean construction</i>
Realizar sondagem de acordo com a Norma, evitando surpresas durante a execução da obra por falta do reconhecimento do solo.	ME	Reduzir o número de atividades que não agregam valor
Iniciar a obra apenas quando o projeto estiver aprovado, para evitar retrabalho.	ME	Reduzir o número de atividades que não agregam valor
Terceirizar empresas especializadas em serviços de limpeza do terreno e terraplanagem.	MO	Simplificar através da redução do número de passos e partes
Projetar o canteiro de obras com cada setor (administração, oficinas, almoxarifado, vivência, etc.) localizados em locais estratégicos, que facilite o trabalho, evitando desperdício de tempo provocado pela desorganização.	MA	Reduzir o número de atividades que não agregam valor
Dependendo do porte da obra, pode-se optar pela utilização de container para montagem do canteiro.	MA	Simplificar através da redução do número de passos e partes
Optar pela utilização de trenas metálicas que não se deformam com a temperatura, evitando diferença de medidas durante a locação da obra e retrabalho.	MD	Reduzir o número de atividades que não agregam valor
Utilizar madeiras para locação da obra com no mínimo 10cm de largura, pois as madeiras mais finas são mais frágeis e se deformam facilmente podendo dificultar a realização do serviço e comprometer a qualidade.	MP	Reduzir o número de atividades que não agregam valor

Fonte: Autor (2018)

4.3.3 FUNDAÇÃO

A fundação é uma etapa da obra conhecida também por infraestrutura é a parte da construção que está abaixo do nível do solo. Segundo Salgado (2014) é nessa fase que serão executadas as estruturas de sustentação da edificação que transmitirão os esforços advindos da estrutura ao solo. As boas práticas propostas poderão ser aplicadas em qualquer tipo de fundação.

Quadro 5. Boas práticas – Fundação

Boas práticas <i>lean</i> -Fundação	6M	Princípio <i>Lean construction</i>
Conferir rigorosamente a locação antes de iniciar a concretagem da fundação, para evitar o retrabalho após concretar uma peça com posicionamento errado.	MD	Reduzir o número de atividades que não agregam valor
Optar por escavações mecanizadas, dependendo das dimensões das peças a serem executadas para reduzir o tempo de execução do serviço.	MO	Simplificar através da redução do número de passos e partes
Utilizar formas plastificadas, metálicas ou outro tipo que possam ser reaproveitadas.	MP	Introduzir melhoria contínua ao processo
Dê preferência a concreto usinado por economizar tempo com mão de obra e ter, mas garantia do controle tecnológico.	MP	Simplificar através da redução do número de passos e partes
Utilizar vibrador de imersão durante a concretagem para garantir a qualidade da peça.	MQ	Introduzir melhoria contínua ao processo
O canteiro de obra deverá estar organizado. Os materiais para realização do concreto (caso ele seja realizado <i>in locu</i>) devem estar todos posicionados próximos a betoneira para que não haja desperdício de tempo com movimentação de operários e evitar também a perda de material durante o transporte.	MA	Reduzir o número de atividades que não agregam valor
O local de preparação do concreto não deve ser muito longe do local da concretagem, para evitar perda de concreto durante o transporte e desperdício de tempo com movimentação.	MA	Reduzir o número de atividades que não agregam valor
Prever as instalações que passam dentro das peças de concreto, antes da concretagem evitando que as mesmas sejam quebradas posteriormente, afetando a qualidade da peça e provocando desperdício de tempo.	ME	Reduzir o número de atividades que não agregam valor
Dê preferência por armações prontas, evitando perdas com mão de obra e material, pois os pequenos pedaços de aço que sobra de cada barra, não terão utilidade.	MP	Simplificar através da redução do número de passos e partes
Obedecer ao tempo mínimo de cura, retirada de escoras e desforma, para evitar problemas futuros e insatisfação do cliente	ME	Introduzir melhoria contínua ao processo

Fonte: Autor (2018)

4.3.4 SUPERESTRUTURA

A superestrutura consiste na parte da construção localizada acima do nível do solo. São elas que suportam os esforços de uma edificação. Nessa etapa surgem as vigas, os pilares, e as lajes, se necessárias (SALGADO, 2014).

Quadro 6. Boas práticas - Superestrutura

Boas práticas <i>lean</i> - Superestrutura	6M	Princípio <i>Lean construction</i>
Utilizar formas plastificadas, metálicas ou outro tipo que possam ser reaproveitadas.	MP	Introduzir melhoria contínua ao processo
Dê preferência a concreto usinado por economizar tempo com mão de obra e ter, mas garantia do controle tecnológico.	MP	Simplificar através da redução do número de passos e partes
Utilizar vibrador de imersão durante a concretagem para garantir a	MQ	Introduzir melhoria contínua ao

qualidade da peça.		processo
Contratar profissional especializado na área de carpintaria para a realização das fôrmas, pois eles realizam o trabalho com mais qualidade e agilidade, melhorando as atividades de conversão.	MO	Reduzir o tempo de ciclo
Durante a concretagem, o carpinteiro deve estar presente para solucionar rapidamente, possíveis problemas que possa ocorrer com as fôrmas, evitando desperdício e retrabalho.	MO	Reduzir o número de atividades que não agregam valor
O canteiro de obra deverá estar organizado. Os materiais para realização do concreto (caso ele seja realizado <i>in locu</i>) devem estar todos posicionados próximos a betoneira para que não haja desperdício de tempo com movimentação de operários e evitar também a perda de material durante o transporte.	MA	Reduzir o número de atividades que não agregam valor
O local de preparação do concreto não deve ser muito longe do local da concretagem, para evitar perda de concreto durante o transporte e desperdício de tempo com movimentação.	MA	Reduzir o número de atividades que não agregam valor
Prever as instalações que passam dentro das peças de concreto, antes da concretagem evitando que as mesmas sejam quebradas posteriormente, afetando a qualidade da peça e provocando desperdício de tempo.	ME	Reduzir o número de atividades que não agregam valor
Dê preferência para escoras metálicas devido a facilidade de manuseio e a racionalização sem desperdício.	MP	Simplificar através da redução do número de passos e partes
Dê preferência por armações prontas, evitando perdas com mão de obra e material, pois os pequenos pedaços de aço que sobra de cada barra, não terão utilidade.	MP	Simplificar através da redução do número de passos e partes
Recolher pregos que tenha caído ou entortado durante a preparação das formas e reutilizá-los, isso reduz desperdício e evita acidentes. (Serviço realizado quando algum colaborador estiver ocioso).	MP	Introduzir melhoria contínua ao processo
Cimento e agregados não devem ser transportados no mesmo recipiente que transporta água, para que possam ser reaproveitados os materiais que ficarem acondicionados no recipiente.	MP	Introduzir melhoria contínua ao processo
Optar pela utilização de carrinhos para transporte de material no formato retos e não pelos carrinhos de formatos arredondados, para evitar perda de material durante o transporte, principalmente no transporte de materiais fluidos.	MQ	Introduzir melhoria contínua ao processo
Caso seja utilizado concreto bombeado, utilizar um suporte do mangote, para que não seja necessário um colaborador apenas para segurar o mangote.	MQ	Reduzir o número de atividades que não agregam valor
Para a concretagem dos pilares, optar por concretos com <i>slump</i> maiores, devido à dificuldade de vibração dessas peças.	ME	Introduzir melhoria contínua ao processo
Utilizar agregados com menores dimensões no concreto dos pilares, para facilitar a passagem pelas armações.	ME	Introduzir melhoria contínua ao processo
Quando o concreto for bombeado, as fôrmas devem ser bem reforçadas, para evitar que elas se abram provocando perdas e retrabalho.	ME	Reduzir o número de atividades que não agregam valor
Optar pela utilização de vibrador com diâmetro menor, principalmente em peças com menores dimensões, garantindo a qualidade da peça.	MQ	Introduzir melhoria contínua ao processo
Obedecer ao tempo mínimo de cura, retirada de escoras e desforma, para evitar problemas futuros e insatisfação do cliente	ME	Introduzir melhoria contínua ao processo

Fonte: Autor (2018)

4.3.5 VEDAÇÃO

A vedação também é conhecida como alvenaria ou fechamento, obtida por meio da junção de blocos, unidos ou não por argamassa, elas devem oferecer condições de resistência, durabilidade e impermeabilidade (AZEREDO, 1977).

Quadro 7. Boas práticas - Vedação

Boas práticas lean - Vedação	6M	Princípio Lean construction
Seguir métodos conhecidos e regionalizados.	ME	Reduzir a variabilidade
Sempre que possível, substitua alvenaria convencional por gesso acartonado.	MP	Aumento da flexibilidade das saídas
Fazer delineamento das fiadas, verificando a quantidade de fiadas que serão necessárias para atingir a altura do respaldo ou encunhamento e evitar recortes.	MD	Reduzir o número de atividades que não agregam valor
Verificar nível, prumo e esquadro na alvenaria economiza material de revestimento e tempo com correções.	MD	Reduzir o número de atividades que não agregam valor
Os tijolos que chegaram quebrados na obra pedaços podem ser aproveitados nos alicerces e nos travamentos das paredes.	MP	Introduzir melhoria contínua ao processo
Procurar adquirir blocos de vedação em que a variação em suas dimensões seja o mínimo possível.	MP	Reduzir a variabilidade
Havendo a variação no tamanho dos blocos de vedação, elas devem ser compensadas, modificando a espessura da argamassa a cada fiada, para que, quando chegar ao nível de respaldo, o completo ajuste seja realizado.	MD	Introduzir melhoria contínua ao processo
Deve-se evitar o alinhamento das juntas verticais, pois isso reduz a resistência da parede naquele local.	ME	Introduzir melhoria contínua ao processo
Optar por materiais abundantes na região.	MP	Reduzir a variabilidade
Os traços de concreto e argamassa que serão utilizados em cada etapa devem ser informados, por meios visuais.	MA	Aumento da transparência do processo
Utilização de vergas e contravergas pré-moldadas.	MP	Simplificar através da redução do número de passos e partes

Fonte: Autor (2018)

4.3.6 INSTALAÇÕES

Boas práticas propostas para as instalações elétricas e hidro sanitárias.

Quadro 8. Boas práticas - Instalações

Boas práticas lean - Instalações	6M	Princípio Lean construction
Os projetos das instalações devem estar definidos para evitar retrabalho com mudança de posicionamento de pontos das instalações.	ME	Reduzir o número de atividades que não agregam valor
Realizar a compatibilização dos projetos para evitar que as instalações estejam em locais inapropriados (janelas, portas, sobre outras instalações, etc).	ME	Focar controle em todo o processo
Seguir rigorosamente as especificações dos fabricantes dos materiais utilizados para a realização das instalações.	MP	Introduzir melhoria contínua ao processo

Adquirir materiais que possuam selo de qualidade, para evitar prejuízos futuros e até mesmo acidentes.	MP	Aumentar o valor do produto de acordo com as necessidades do cliente
Contratar profissionais especialistas nas áreas de instalações.	MO	Introduzir melhoria continua ao processo
Nas instalações hidráulicas, as junções entre os tubos devem ser realizadas somente por conexões compatíveis. Não force o encaixe entre as peças.	ME	Introduzir melhoria continua ao processo
Utilizar todos os tubos e conexões do mesmo fabricante para evitar problema no encaixe entre as peças.	MP	Introduzir melhoria continua ao processo
Nas instalações hidráulicas, sempre que possível, substitua os joelhos por curvas, para melhorar o desempenho das instalações.	ME	Aumentar o valor do produto de acordo com as necessidades do cliente
Testar as instalações antes de realizar o contra piso e fechamento dos rasgos na alvenaria, para evitar retrabalho.	ME	Reduzir o número de atividades que não agregam valor

Fonte: Autor (2018)

4.3.7 COBERTURA

A cobertura é dividida basicamente em três partes: estrutura, telhado e captação de águas pluviais. A estrutura é o conjunto de elementos que irão suportar o telhado e o sistema de captação de águas pluviais (AZEREDO, 1977).

Quadro 9. Boas práticas - Cobertura

Boas práticas <i>lean</i> - Cobertura	6M	Princípio <i>Lean construction</i>
Quando houver platibanda, optar por telhas com menor custo (geralmente telha em fibrocimento).	MP	Aumentar o valor do produto de acordo com as necessidades do cliente
Caso seja utilizado telhas de cimento, optar por estrutura metálica, pois a telha de cimento é pesada e absorve muito calor, podendo comprometer estruturas em madeira.	ME	Introduzir melhoria continua ao processo
Optar por tipo de telhas regionalizadas, elas geralmente possuem menores valores.	MP	Aumentar o valor do produto de acordo com as necessidades do cliente
Contratar profissionais especializados na fabricação de calhas e rufos, para garantir a qualidade do serviço e problemas futuros.	MO	Introduzir melhoria continua ao processo
Optar por equipamentos portáteis (solda, furadeira/parafusadeira, rebiteadeiras, pistola de pintura, etc.), pois são mais fáceis de manusear.	MQ	Reduzir o número de atividades que não agregam valor

Fonte: Autor (2018)

4.3.8 REVESTIMENTO E ACABAMENTO

O acabamento é a etapa de finalização da construção. De acordo com Salgado (2014), é a etapa da obra que serão executadas as medidas de proteção da edificação, aliada a estética.

A variedade de materiais que pode ser utilizado nessa etapa e muito grande, portanto, exige uma grande interação com o cliente, a fim de entregar o produto de acordo suas necessidades.

Quadro 10. Boas práticas – Revestimento e Acabamento

Boas práticas <i>lean</i> Revestimento e Acabamento	6M	Princípio <i>Lean construction</i>
Realização de chapisco rolado, economiza tempo e material.	ME	Simplificar através da redução do número de passos e partes
Realizar impermeabilização dos rodapés internos e externos das alvenarias.	ME	Introduzir melhoria continua ao processo
As alvenarias devem ser bem executadas para que se possa economizar no revestimento das paredes, pois as alvenarias ficam tortas quando não são executadas observando nível e prumo, sendo necessária a regularização no revestimento.	ME	Reduzir o número de atividades que não agregam valor
Contratação de mão de obra especializada para realização de acabamentos, principalmente acabamentos finos, para que o resultado esteja de acordo com a solicitação do cliente.	MO	Aumentar o valor do produto de acordo com as necessidades do cliente
Adquirir os materiais cerâmicos todo de uma vez, e com no mínimo 10% a mais, pois, pode ser que não encontre o mesmo tipo, caso necessite substituir alguma peça.	MP	Introduzir melhoria continua ao processo
Sempre atenda as especificações dos fabricantes dos materiais.	MP	Introduzir melhoria continua ao processo

Fonte: Autor (2018)

5 APLICAÇÃO DA PROPOSTA E RESULTADOS

Nesse capítulo serão abordadas as observações obtidas a partir das visitas realizadas em obras em andamento, quais as boas práticas aplicadas e os resultados obtidos a partir dessa aplicação. A aplicação das boas práticas foi realizada a partir da concretagem da viga baldrame até a etapa de vedação.

Para iniciar a aplicação das boas práticas, foi realizada a apresentação para a equipe de colaboradores da obra.

A forma de apresentação das boas práticas a serem aplicadas foi modificada, com a finalidade dinamizar e facilitar a interpretação (Quadro 12). As abreviações dos 6M's foram substituídas por ícones (Quadro 11), e os princípios *lean* foram retirados, pois essa informação não era relevante para a equipe de mão de obra.

Quadro 11. Ícones de representação dos 6M's

Método	
Matéria-prima	
Mão de obra	
Máquinas	
Medição	
Meio ambiente	

Fonte: Autor (2018)

5.1 CENÁRIO DAS OBRAS DE PEQUENO PORTE

Com base nas entrevistas realizadas com profissionais que atuam na área da construção civil e através de visitas realizadas em obras, pode-se perceber como é o cenário das obras de pequeno porte e constatar que, o planejamento completo de obras de pequeno porte dificilmente é realizado. A maioria dessas obras é realizada sem planejamento de

execução e definição de prazos e isso pode afetar a qualidade e principalmente o aumento do custo da obra. Foi verificado que um dos fatores que geralmente não são levados em consideração em obras de pequeno porte é o planejamento de mão de obra e compra de materiais. A falta desse planejamento pode provocar: atrasos devido a espera por um determinado material que não foi solicitado com antecedência ou de uma especialidade de mão de obra que não foi prevista; o aumento de custo com mão de obra parada a espera de materiais; aquisição de materiais e contratação de mão de obra mais caros por não realizar cotação de preço no mercado; perda de materiais por ter sido adquiridos em quantidades superiores ao necessário ou pelo mau armazenamento desses materiais; e conseqüentemente a redução na qualidade do serviço devido ao aceleração da obra para que o prazo fosse cumprido conforme o que foi estabelecido entre o profissional responsável pela obra e o contratante.

De acordo com as observações realizadas, um dos fatores que de modo geral não é considerado nesse tipo de obra é o risco que um determinado problema pode provocar nas etapas subsequentes da obra. A realização de planejamento de prazos que indique o caminho crítico, facilita a visualização de onde é necessária maior atenção, a fim de reduzir ou eliminar atrasos.

Um outro problema muito relatado e que foi observado durante as visitas às obras, foi à falta do acompanhamento efetivo da obra, pelo profissional (Engenheiro Civil) responsável, e isso contribui para a ineficiência do controle da obra.

Todos esses fatores observados foram levados em consideração para a formulação das diretrizes.

5.2 ANÁLISE DA OBRA

Antes de iniciar a aplicação, foi realizada uma visita a obra, para mapear os processos construtivos vigentes e o sistema de gestão realizado.

Foi verificado que na obra em estudo, foi utilizada tecnologia BIM, por meio da elaboração de projetos utilizando o *software Revit*. O *Revit* é um software de projeto de construção da Autodesk que permite a geração de modelo 3D, automatização de informações necessária à obra, detecção de eventuais conflitos entre os projetos e simulação das diferentes possibilidades em obra (CLEMENTE, 2012).

Um modelo *Revit* é um arquivo único contendo informações referente ao edifício da obra projetada. Podemos destacar que essas informações são: representações gráficas (plantas, elevações, cortes, etc.), lista de materiais, legendas, áreas, etc. Como todos os elementos do

modelo são interligados, as alterações realizadas em um modelo são propagadas para as outras representações do modelo (AUBIN, 2007).

Todos os projetos da obra foram elaborados no *software Revit*.

Foi possível identificar algumas ações que estavam sendo realizadas que comprometeram o andamento da obra, provocando atrasos e elevação do custo da obra. A não aplicação das boas práticas nas fases de serviços preliminar esteve influência, principalmente em relação a realização de atividades que não agregam valor ao produto final. Dentre essas atividades, podemos destacar a realização de apenas um furo de sondagem, sendo que, a NBR 8036:1983 exige no mínimo três furos de sondagem (ABNT, 1983). Durante a execução da obra, foi encontrado no terreno, entulhos e concretos endurecidos, e isso provocou desperdício de mão de obra, para que esses materiais fossem retirados do solo.

Outro fator que teve grande influência no andamento da obra foi a falha na gestão de *stakeholders*. Houve falha na interação com o cliente em relação à elaboração do projeto arquitetônico, pois inicialmente, o cliente não conseguia enxergar o resultado final da obra. Essa falha provou mudança de projeto e conseqüentemente retrabalho devido as modificações realizadas, modificações essas que não foi apenas em nível de projeto, mas também na execução, pois, esse problema só foi identificado após ter iniciado a obra.















Algumas falhas provocaram atrasos na obra, que poderia ter sido evitados, sendo eles: falta de controle na compra de materiais, provocando desperdício com mão de obra parada a espera de material, falhas na conferência na locação dos pilares, provocando retrabalho para correção.





Foi possível observar que o engenheiro civil responsável pela obra, ficava responsável pela realização de diversos serviços pormenores que atrapalhava a realização efetiva do gerenciamento da obra.

5.3 BOAS PRÁTICAS *LEAN* APLICADAS NA OBRA

Após essa análise prévia da obra, foi realizada a apresentação da proposta com base nos princípios *lean*. A apresentação para a equipe de mão de obra foi realizada conforme o modelo apresentado no quadro 12.

Quadro 12. Modelo do quadro apresentado

Boas práticas <i>lean</i> - Superestrutura	6M
Utilizar formas plastificadas, metálicas ou outro tipo que possam ser reaproveitadas.	
Dê preferência a concreto usinado por economizar tempo com mão de obra e ter, mas garantia do controle tecnológico.	
Utilizar vibrador de imersão durante a concretagem para garantir a qualidade da peça. Não realizar a vibração por meio de batidas nas fôrmas, isso pode provocar o deslocamento das armaduras, além de não garantir a eliminação dos vazios	
Contratar profissional especializado na área de carpintaria para a realização das fôrmas	
Durante a concretagem, o carpinteiro deve estar presente para solucionar possíveis problemas que possa ocorrer com as fôrmas.	
O canteiro de obra deverá estar organizado. Os materiais para realização do concreto (caso ele seja realizado <i>in locu</i>) devem estar todos posicionados próximos a betoneira para que não haja desperdício de tempo com movimentação de operários e evitar também a perda de material durante o transporte.	
O local de preparação do concreto não deve ser muito longe do local da concretagem, para evitar perda de concreto durante o transporte e desperdício de tempo com movimentação.	
Prever as instalações que passam dentro das peças de concreto, antes da concretagem evitando que as mesmas sejam quebradas posteriormente, afetando a qualidade da peça e provocando desperdício de tempo.	
Dê preferência para escoras metálicas devido a facilidade de manuseio e a racionalização sem desperdício	
Dê preferência por armações prontas, evitando perdas com mão de obra e material, pois os pequenos pedaços de aço que sobra de cada barra, não terão utilidade	
Recolher pregos que tenha caído ou entortado durante a preparação das formas e reutilizá-los, isso reduz desperdício e evita acidentes. (Esse serviço deve ser realizado quando algum colaborador estiver ocioso)	
Cimento e agregados não devem ser transportados no mesmo recipiente que transporta água, para que possam ser reaproveitados os materiais que ficarem acondicionados no recipiente.	
Optar pela utilização de carrinhos para transporte de material no formato retos e não pelos carrinhos de formatos arredondados, para evitar perda de material durante o transporte, principalmente no transporte de materiais fluidos.	
Caso seja utilizado concreto bombeado, utilizar um suporte do mangote, para que não seja necessário um colaborador apenas para segurar o mangote.	

Para a concretagem dos pilares, optar por concretos com <i>slump</i> maiores, devido à dificuldade de vibração dessas peças	
Utilizar agregados com menores dimensões no concreto dos pilares, para facilitar a passagem pelas armações	
Quando o concreto for bombeado, as fôrmas devem ser bem reforçadas, para evitar que elas se abram	
Optar pela utilização de vibrador com diâmetro menor, principalmente em peças com menores dimensões	

Fonte: Autor (2018)

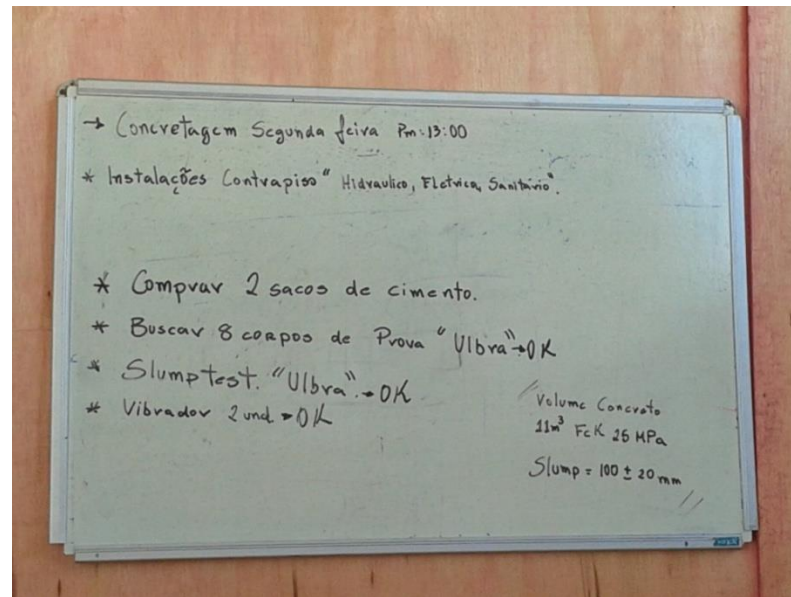
Foram apresentadas todas as propostas, porém, nem todas foram aplicadas, a aplicação foi baseada no que se enquadrava na obra, conforme tomada de decisão do gerente de projeto.

Aumentar o valor do produto de acordo com as necessidades do cliente foi princípio aplicado por meio do repasse de informações periódicas para o cliente, em relação ao andamento da obra, permitindo identificar se suas necessidades estavam sendo atendidas. Essas informações eram repassadas semanalmente em uma reunião com toda a equipe de gerenciamento e a proprietária da obra.

A interação entre o gerente de projeto e os demais colaboradores é extrema importância para o bom funcionamento da obra, para isso, todos os envolvidos devem estar cientes do seu papel dentro da obra e possuir todas as informações necessárias para a realização do seu trabalho.

Difundir informações pertinentes aos serviços, para os membros do canteiro de obra é uma boa prática que satisfaz o princípio de aumento da transparência do processo. Na obra em estudo essa boa prática era aplicada por meio de um quadro, locado em local visível, onde eram adicionadas todas as informações pertinentes a obra conforme Figura 17, além de um quadro contendo informações referente a cronograma e orçamento da obra (Figura 18).

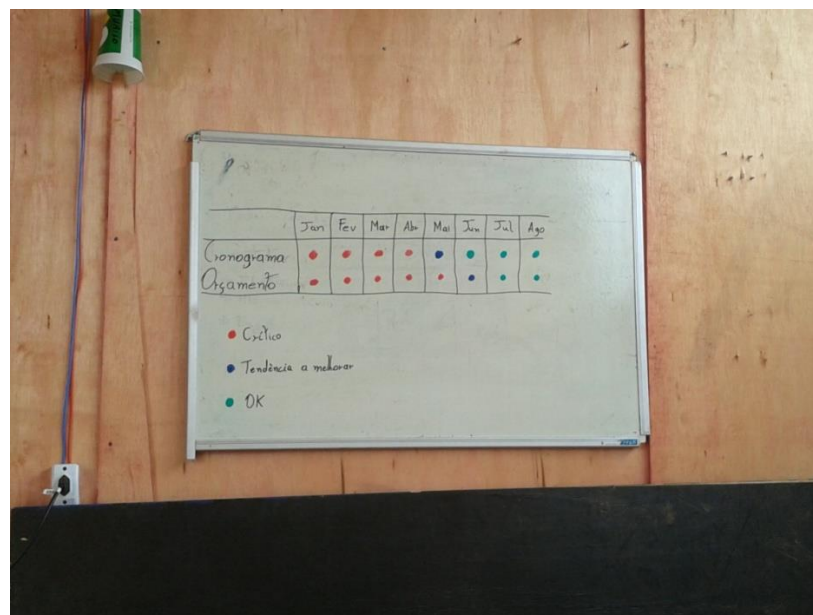
Figura 17 – Quadro de informações gerais



Fonte: Autor (2018)

Foi utilizado um formato de fácil compreensão para repassar as informações referentes a cronograma e orçamento da obra. A representação era realizada por cores onde o vermelho significava que a situação era crítica, o azul representava a possibilidade de voltar à normalidade e o verde significava que estava de acordo com o planejamento. Caso a situação mudasse durante o mês, era realizada a mudança de cor.

Figura 18 - Informações referente a cronograma e orçamento



Fonte: Autor (2018)

Essas informações referentes a orçamento e cronograma era de interesse da equipe de mão de obra, para que eles pudessem ter ciência da situação pois a equipe receberia premiação caso a obra esteja dentro do orçamento e cronograma, e essa premiação era distribuída, após três avaliações de desempenho e após cada medição do técnico da Caixa Econômica Federal. A premiação é um incentivo para que a obra seja executada conforme o planejamento.

A premiação pelo bom desempenho do colaborador satisfaz o princípio *lean* de introdução de melhoria contínua ao processo, e essa melhoria contínua pode ser alcançada por meio do estabelecimento de metas e apresentação de propostas visando a redução de desperdícios e qualidade do serviço (KOSKELA, 1992). A premiação é uma forma valorizar o colaborador pelo excelente trabalho apresentado.

Na avaliação de desempenho dos colaboradores da obra, são verificados aspectos relacionados ao comprometimento, limpeza, desperdícios, responsabilidade com qualidade, habilidade técnica, trabalho em equipe e flexibilidade/adaptabilidade, bem como verificação em relação assiduidade e pontualidade. É uma avaliação funcional (habilidades e atitudes) realizada por dois membros da equipe de gerenciamento, sendo um deles pelo gerente de projeto e um estagiário. O preenchimento da ficha de avaliação de desempenho, vide Anexo A, era realizado da seguinte forma:

- Realizado a cada quinzena;
- As ocorrências do canteiro de obras são registradas diariamente pelos estagiários da obra;
- Os colaboradores devem-se seguir as práticas do 5S no canteiro;
- A avaliação é classificada em: Superior, Médio ou Inferior, onde três avaliações de desempenho inferior implicam em desligamento.

Os requisitos para Avaliação de Desempenho superior são:

- Cumprimentos dos prazos com qualidade;
- Assiduidade – não faltar ao trabalho; e
- Comportamento congruente com os valores:
 - ✓ Honestidade;
 - ✓ Trabalho em Equipe;
 - ✓ Organização;
 - ✓ Respeito;
 - ✓ Comprometimento; e,

✓ Disciplina.

Os requisitos para Avaliação de Desempenho inferior são:

- 02 Faltas sem notificação/mês; e
- Comportamento que geram advertência e incongruente com os valores:
 - ✓ Honestidade;
 - ✓ Trabalho em Equipe;
 - ✓ Organização;
 - ✓ Respeito;
 - ✓ Comprometimento; e,
 - ✓ Disciplina.

Outras ações realizadas que se referiam ao princípio de introdução de melhoria continua ao processo com foco na qualidade do serviço e redução de custos, foram: utilização de fôrmas plastificadas com a finalidade de reduzir custos pois as mesmas eram reaproveitadas(figura 19); utilização de vibrador de imersão durante a concretagem, garantindo a qualidade da peça e reduzindo ou eliminando perdas com recuperação de peças defeituosas (figura 20); os pregos que caíam ou entortavam durante a montagem das fôrmas, eram recolhidos para poder ser reutilizados e evitar acidentes (figura 21);o transportados de materiais líquidos e sólidos eram realizados em recipientes diferentes para evitar desperdício; os carrinho de mão utilizados, possuíam formato que reduziam perdas de material durante o transporte(figura 22); utilização de concreto com *slump* maior e agregados com menores dimensões, nos pilares, devido à dificuldade de vibração, garantindo a qualidade da peças; as juntas verticais desencontradas nas alvenarias, garantindo sua resistência; em todos os concretos usinados adquiridos, eram realizados *slump test* e moldagem de corpo de prova para aferição das especificações solicitadas(figura 23).

Figura 19- Utilização de formas reaproveitáveis



Fonte: Autor (2018)

Figura 20- Utilização de vibrador de imersão



Fonte: Autor (2018)

Figura 21- Recolhimento de pregos



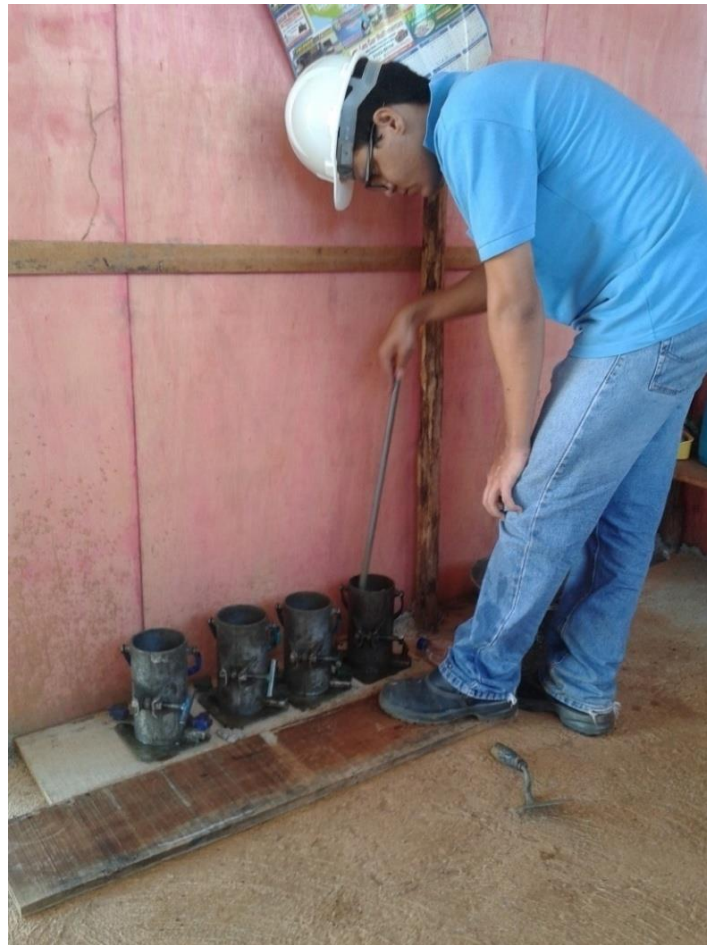
Fonte: Autor (2018)

Figura 22- Formato do carrinho de mão



Fonte: Autor (2018)

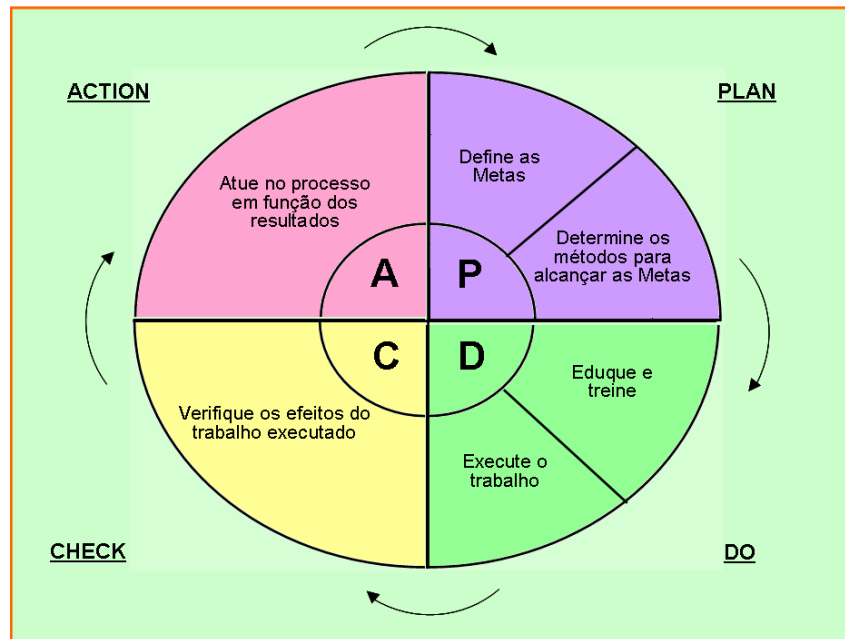
Figura 23- Moldagem de corpos de provas



Fonte: Autor (2018)

A aplicação das propostas com base nos princípios *lean* proporciona melhorias no ciclo de PDCA e atuação. Campos (1994) destaca que é necessário a aplicação do ciclo PDCA no gerenciamento da rotina de trabalho, pois, ele é considerado um importante instrumento de controle e melhoria de processos e todos os colaboradores devem ter o domínio dessa ferramenta. Conforme mostra da figura 24, o ciclo é composto por: *Plan* – Planejar; *Do* – Fazer; *Check* – Checar e *Action* – Agir.

Figura 24 - Ciclo de PDCA

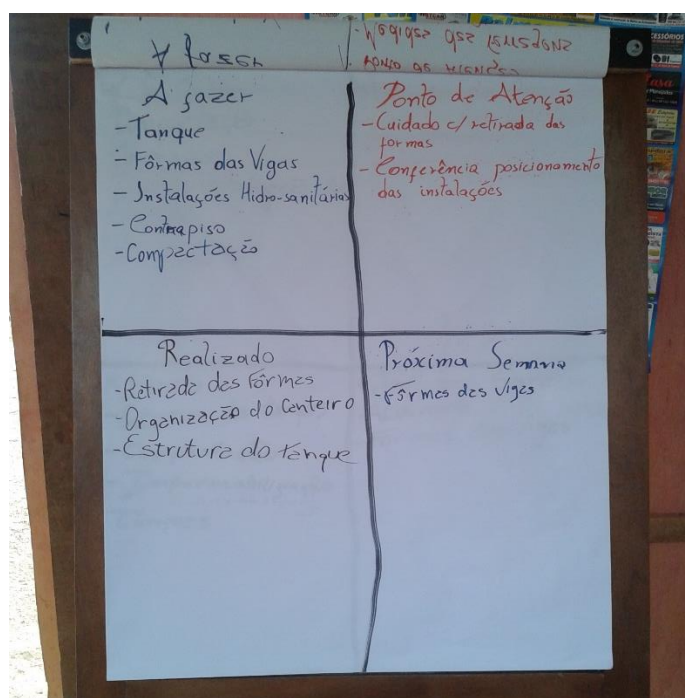


Fonte: AGUIAR (2006)

Para fechar o ciclo PDCA deve-se realizar alterações caso necessário e revisões nos processos. Podemos dizer que o fechamento do ciclo é gestão de risco, pois toda vez que ele não é fechado, corre o risco de se cometer os mesmos erros. Se não for feita a revisão a cada ciclo, do trabalho realizado, não é possível criar uma base de conhecimento que possa ser reaproveitada e compartilhada. Foi possível observar que esse fechamento é uma das maiores dificuldades do gestor do projeto, ele fica preso nos mesmos erros, pois, o controle é sempre realizado do mesmo jeito. CAMPOS (1992) diz que a aplicação do ciclo em sua totalidade, se obtém um real aproveitamento do processo, com a intenção de reduzir custos e o aumentar a produtividade, já que os erros não ocorreram novamente.

Na obra em estudo, isso pôde ser observado a partir da análise do *Scrum* que foi aplicado. *Scrum* é abordado Schwaber (2004) como sendo um método ágil para coordenar e monitorar um trabalho. Na obra foi utilizando *flip chart*, onde eram anotadas semanalmente as atividades previstas para aquela semana, todas as atividades realizadas durante a semana, os pontos de atenção e as atividades previstas para a próxima semana (Figura 25). Foi utilizado *flip chart* para realizar esse acompanhamento, com a intenção de não perder o que foi verificado. Os erros ocorridos nas tarefas anteriores eram resgatados de forma que não ocorressem novamente.

Figura 25 - Scrum



Fonte: Autor (2018)

Feedback semanais foram realizados, conforme modelo vide Anexo B, com a finalidade de avaliar tudo o que foi realizado na obra, em relação aos 6M's, pontos a serem observados e as prioridades para a próxima semana. Todos os problemas ocorridos na obra durante a semana, foram relatados no *feedback*. Semanalmente era realizada uma reunião, onde era debatido o que foi realizado durante a semana, definição e distribuição de tarefas para os envolvidos e o que era necessário providenciar para a próxima semana.

Devido à realização desses controles, as falhas ocorridas nas fases iniciais puderam ser mapeadas para que não ocorressem mais no decorrer da execução da obra.

Cada um dos controles e acompanhamentos realizados faz parte da filosofia *lean*, onde se faz necessário focar no controle em todo o processo. Esses acompanhamentos e controles eram realizados pela equipe de estagiários, bem como a realização de cotação de material e outros serviços pormenores, aliviando as cargas do engenheiro responsável, que passou a focar no gerenciamento da obra.

A redução das atividades que não agregam valor ao produto final foi um princípio *lean* que tem a finalidade de reduzir os tempos improdutivos e esse princípio foi atendido a partir da realização das seguintes ações: o canteiro de obras foi projetado com cada setor locado em locais estratégico evitando perdas de tempo provocado pela desorganização; o portão de entrada permitia que os materiais fossem posicionados no local correto no momento da sua chegada no canteiro de obras, não sendo necessário a movimentação de materiais de um local

para outro (figura 27); realização de inspeção de materiais ao chegar na obra, evitando perdas de tempo para reposição de materiais defeituosos; os materiais para fabricação de argamassa e concreto na obra, eram locados próximo a betoneira e próximo ao local de concretagem, evitando perda de material durante o preparo e transporte(figura 26); execução de chapisco rolado, que permite a realização mais rápida do serviço e redução do desperdício de material(figura 28); sempre que possível, as concretagens eram realizadas na sexta feira, permitindo que parte da cura ocorresse no final de semana, evitando a mão de obra parada; verificação de nível e prumo nas alvenarias a cada fiada, evitando correções nas etapas futuras(figura 29); buscava sempre manter a limpeza e organização do canteiro de obras (figura 30).

Figura 26- Materiais locados próximo ao local de preparo



Fonte: Autor (2018)

Figura 27- Portão que permite a entrada de veículos maiores



Figura 28- Execução de chapisco rolado



Fonte: Autor (2018)

Figura 29- Aferição de prumo em alvenarias



Fonte: Autor (2018)

Figura 30- Limpeza e organização da obra



Fonte: Autor (2018)

Outro princípio *lean* atendido foi a redução da variabilidade. A variabilidade de métodos de execução e materiais pode provocar atrasos na execução do serviço, para evitar essa variabilidade, foi utilizado métodos construtivos conhecidos e materiais regionalizados com dimensões padronizadas.

A redução do tempo de ciclo refere-se a um princípio que tem por finalidade reduzir as atividades de fluxo, ou seja, reduzir o tempo improdutivo (KOSKELA, 1992). Princípio foi atendido por meio da realização do controle da compra de materiais, eliminando as atividades de fluxo, principalmente a atividade de espera, que pode provocar atrasos;

As ações realizadas que se enquadraram no princípio que tem por finalidade a simplificação pela redução do número de passos e partes para a realização de um serviço, foram: substituição de operários por máquinas, com a finalidade de melhorar a produtividade; utilização de concreto usinado, que reduz tempo com o preparo de concreto e argamassa, além da garantia do controle tecnológico (Figura 31); armações adquiridas prontas, que reduz o tempo com as confecções das peças.

A boa prática realizada que atendia ao princípio de aumento da flexibilidade das saídas foi, a contratação de mão de obra flexível que se adaptavam as mudanças de demanda.

Não foi identificado na obra, nenhuma boa prática se enquadrasse no princípio de balancear melhorias de fluxos por meio de melhorias de conversão.

Figura 31–Utilização de Concreto Usinado



Fonte: Autor (2018)

6 CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa explorou os impactos na eficiência de uma obra residencial, localizada em Palmas – TO, a partir da aplicação dos princípios de construção enxuta.

A revisão bibliográfica realizada foi de extrema importância para a obtenção de conhecimento em relação ao *Lean construction* e compreensão do quão importante é essa temática para a eficiência de uma obra, buscando a geração de valor para o cliente e a melhoria contínua dos processos.

Durante o desenvolvimento da pesquisa, nas etapas de entrevistas com Engenheiros, mestre de obras e visitas em obras, buscou-se verificar na prática, como realmente as atividades são executadas.

Após a realização das visitas nas obras, foi possível perceber que pequenas ações que no meio acadêmico é considerado normal, na prática não são realizados comprometendo a qualidade do serviço e provocando atrasos que de forma individualizada não faz mais muita diferença, mas no somatório pode comprometer o cronograma e conseqüentemente o custo da obra.

Foi possível validar as hipóteses estabelecidas inicialmente. A primeira hipótese levantada era que a utilização de tecnologia BIM melhora o controle do processo construtivo, isso pôde ser validado por meio da revisão bibliográfica e da utilização do BIM na obra estudada, apesar da tecnologia não ter sido utilizada efetivamente no planejamento e controle da obra, apenas o fato dos projetos terem sido elaborados utilizando essa tecnologia, foi possível prever conflitos que comprometeriam a execução da obra. Notou-se também que a aplicação dos princípios de construção enxuta reduz o prazo e o custo final da obra, pois a aplicação das boas práticas reduz o desperdício por meio da eliminação das atividades que não agregam valor. Os desperdícios seriam menores principalmente se a aplicação ocorresse não somente durante a execução mais sim, ainda na fase de concepção do projeto e que muitas perdas, principalmente em relação a prazo, poderiam ter sido evitadas se a realização de boas práticas tivesse ocorrido antes mesmo de iniciar a execução da obra.

O objetivo principal desse trabalho foi analisar como a aplicação de cada boa prática influencia na eficiência da obra. Podemos dizer que cada boa prática proposta tem a intenção de reduzir algum tipo de desperdício e que a boas práticas relacionada ao planejamento e controle da obra, são as que mais têm influência na eficiência da obra. As ações *lean* não se sustentam se o planejamento e controle são deficientes, pois, a partir da realização de um bom planejamento, as perdas podem ser eliminadas ou minimizadas, por meio do mapeamento dos

processos construtivos a ser realizado, é possível programar a execução de cada atividade, evitando as atividades de fluxo como, ociosidade de funcionário, esperas, movimentações desnecessárias, dentre outras. E a partir do controle, é possível realizar a fiscalização da execução do planejamento. Um planejamento eficiente é condição primordial para que as ações *lean* tenham efeitos positivos.

Como proposto nos objetivos específicos, após as verificações realizadas nas obras em estágio mais avançado, os processos construtivos vigentes foram mapeados, resultando na identificação de acertos e falhas nos processos. Em todas as obras observadas, é utilizado tecnologias tradicionais para elaboração de projeto e na maioria delas, não é utilizado nenhum tipo de tecnologia para realização do acompanhamento e planejamento da obra. Foi possível perceber a dificuldade de implantação de um sistema de gestão eficiente, em quase todos os casos, pelo motivo dos profissionais responsáveis julgarem que, as obras de pequeno porte possuem baixa complexidade, logo, os riscos são baixos e não veem a necessidade de realização de sistema de gestão efetivo.

Os resultados mostram que, a aplicação da filosofia *lean* em uma obra não será eficiente, se não houver uma cultura de que, independente do porte da obra, deve-se implantar um sistema de gestão que busca a melhoria do processo de produção, reduzindo a ineficiência por meio de implementação de práticas que reduzam ou eliminem as atividades que não agregam valor ao produto final, prevendo os riscos e mapeamento dos pontos que necessita de maior atenção, com a finalidade de reduzir ou eliminar desperdícios.

O estudo realizado gerou como resultado, a elaboração de propostas de boas práticas a serem adotadas para que a obra se desenvolva com maior eficiência, reduzindo os desperdícios causados principalmente pela falta de um sistema de gestão eficiente.

Algumas ações realizadas nas fases iniciais da obra estudada provocaram desperdício, porém, a partir do mapeamento das falhas ocorridas inicialmente e aplicação das boas práticas no decorrer da obra, foi possível reduzir e até mesmo eliminar esses desperdícios, melhorando a eficiência da obra. Portanto, as atitudes tomadas na obra estudada atenderam a filosofia *lean* em especial aos princípios de aumento da transparência dos processos, introdução de melhoria contínua ao processo, foco no controle em todos processo e redução das atividades que não agregam valor ao produto final.

Podemos dizer que a aplicação dos conceitos de construção enxuta tem influência positiva na qualidade do gerenciamento de uma obra, pois, a partir da aplicação desse conceito é possível implementar boas práticas que melhoram a eficiência dos processos de

construção e eliminam as perdas a partir da redução das atividades que não agregam valor ao produto final.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR S. Integração das ferramentas da qualidade ao PDCA e ao Programa Seis Sigma. Nova Lima: INDG Tecnologia e Serviços Ltda, 2006.
- ALDER, M. A. Comparing time and accuracy of building information modeling to onscreen take off for a quantity takeoff on a conceptual estimate. Dissertação (Master of Science). School of Technology Brigham Young University. 2006.
- ANDRADE, Max Lira Veras X. de; RUSCHEL, Regina Coeli. BIM: CONCEITOS, CENÁRIO DAS PESQUISAS PUBLICADAS NO BRASIL E TENDÊNCIAS. In: IX SIMPÓSIO BRASILEIRO DE QUALIDADE DO PROJETO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, Artigo. São Carlos -Sp: Antac, 2009. p. 602 - 613.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8036**: Programação de sondagens de simples reconhecimento dos solos para fundações de edifícios. Rio de Janeiro: ABNT, 1983.
- AUBIN, P. - Mastering Autodesk Revit Building., 2007.
- AZEREDO, Hélio Alves de. O EDIFÍCIO ATÉ SUA COBERTURA. São Paulo: Edgard Blücher, 1977.
- AZHAR, S. (2011). Building Information Modeling (BIM): Trends, Benefits, Risks, and Challenges for the AEC Industry. Leadership and Management in Engineering, Vol.11, pp. 241-252.
- BERNARDES, M.M.S. Planejamento e Controle da Produção Para Empresas de Construção Civil, Rio de Janeiro, 2003. 200p.
- BOAVENTURA, E. M. Metodologia da Pesquisa: monografia, dissertação e tese. São Paulo: Atlas, 2004.
- BOMFIM, Carlos Alberto Andrade; LISBOA, Bruno Teixeira Wildberger; MATOS, Pedro Cesar Correia de. Gestão de Obras com BIM – Uma nova era para o setor da Construção Civil. 2016
- BROCARD, Fernanda Louize Monteiro. **A implantação da tecnologia BIM em escritórios de arquitetura**. 2012. 97 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2012.
- CAMPOS, V. F. Controle da Qualidade Total. 5a. ed, Fundação Christiano Ottoni, UFMG, Bloch Editores S.A., 1992, 229 p.
- CAMPOS, V. F. Gerenciamento da Rotina do Trabalho do Dia-a-dia. 1 a. ed., Fundação Christiano Ottoni, UFMG, Bloch Editores S.A., 1994, 274 p
- CAVALCANTE, Wellen Zanoni Tenório; IGNÁCIO, Marcus Vinicius Lemos. Impacto do planejamento inicial em obras de curto prazo - reforma de data center. Técnica, [s.i.], p.40-44, 24 ago. 2016. Mensal.
- CLEMENTE, José Manuel Dourado. Sinergias BIM-Lean na redução dos tempos de interrupção de exploração em obras de manutenção de infraestruturas de elevada utilização – um caso de estudo. 2012. 143 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Faculdade de Ciências e Tecnologia / Universidade Nova de Lisboa, Caparica, 2012.
- EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R.; LISTON, K. BIM Handbook: a Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors. New Jersey: John Wiley & Sons, 2008.

EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R.; LISTON, K. BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors. 2. Ed. New Jersey: John Wiley & Sons, 2011.

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

FUJIMOTO, T. The evolution of a manufacturing system at Toyota. New York: Oxford University Press. 1999

HIROTA, E. H.; FORMOSO, C.T. O Processo de aprendizagem na transparência dos conceitos e princípios da produção enxuta para a construção. In: ENCONTRO NACIONAL DA TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO ENTAC 7, 2000, Salvador. Anais. Salvador, 2000.

HOWELL, G.A. “What is Lean Construction”, Proceedings of the Annual Conference, International Group of Lean Construction, University of Califórnia, Berkeley, EUA, 1999.

ISATTO, E. L.; FORMOSO, C. T.; DE CESARE, C. M.; HIROTA, E. H.; ALVES, T.C.L. Lean construction: diretrizes e ferramentas para o controle de perdas na construção civil. Porto Alegre, SEBRAE/RS, Série SEBRAE Construção Civil, Vol. 5. 2000

KERN, Andréa Parisi. Proposta de um modelo de planejamento e controle de custos de empreendimentos de construção. Tese. Doutorado em Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, UFRGS, Porto Alegre, 2005.

KNOLSEISEN, P. C. Compatibilização de orçamento com o planejamento do processo de trabalho para obras de edificações. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2003.

KOSKELA, L. Application of the new production philosophy to construction. Stanford, EUA, CIFE, 1992.

LIKER, J. O modelo Toyota: 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo. Porto Alegre: Bookman, 2005.

LINO, J. C., Azenha, M., & Lourenço, P. (24-26 de Outubro de 2012). Integração da Metodologia BIM na Engenharia de Estruturas. BE2012 - Encontro Nacional Betão Estrutural.

LAUFER, A; TUCKER, R.L. A Critical examination of focus, role and process, London, 1987.266p

LORENZON, I. A. A medição de desempenho na construção enxuta: estudos de caso. Tese (Doutorado), Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2008.

MANTOVANI, Bárbara; OLIVEIRA, João Paulo Nogueira de. GESTÃO E INTEGRAÇÃO DE PROJETOS NO SETOR DA CONSTRUÇÃO CIVIL. Eng Tech Science, Jaboatão dos Guararapes, v. 4, n. 1, p.26-59, 2016.

Mattos, A.D. Gestão de Custos de Obras: Conceitos, Boas Práticas e Recomendações. São Paulo, 2010. 260p.

MATTOS, Aldo Dórea. Planejamento e Controle de Obras. 4ed. São Paulo: Pini, 2011

_____. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Secretaria do Desenvolvimento da Produção. Fórum de competitividade: diálogo para o desenvolvimento. [S.l.:s.n.], 2000. 22 p.(Documento Básico – Relatório).

POLITO, Giulliano. Metodologias e boas práticas de gerenciamento de obras –Lean construction e Gerenciamento pelas diretrizes. Técnica, [s.i.], p.34-37, abr. 2016. Mensal.

OHNO, T.(1997) Sistema Toyota de Produção – Além da Produção em Larga Escala Porto Alegre

PINTO, J. P. Introdução ao Pensamento Lean: A filosofia das organizações vencedoras: Lidel Edições Técnicas Ltda, 2014.

PINTO, J. P. (2008). Lean Thinking: Introdução ao pensamento magro. Comunidade Lean Thinking.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE (PMI). **A guide to the project management body of knowledge**. 4 ed.. Newtown Square: Project Management Institute, 2008.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE (Eua) (Ed.). **Um Guia do Conhecimento em Gerenciamento de Projetos (Guia PMBOK)/Project Management Institute**. 6. ed. Newtown Square., 2017.

POLITO, Giulliano. Metodologias e boas práticas de gerenciamento de obras - PDCA e Gerenciamento de projetos. Revista Técnica nº 228, São Paulo, p.28-33, mar. 2016. Mensal.

RIBEIRO, Gabriel do Nascimento. Aplicação de ferramentas BIM em um projeto de cobertura do estádio Professor Dário Rodrigues Leite. 2015.

RISCHMOLLER, L., ALARCÓN, L. F., 4D-PS: Putting and IT new work process into effect. In: International Conference CIB W78, Denmark, 2002. Proceedings... Distributing Knowledge in Building, 2002.

SABOL, L. Challenges in cost estimating with Building Information Modeling. IFMA World Workplace. 2008.

SAKAMOTO, Angela Ruriko; NAVES, Thyago. Projeto HH – Regras de Gestão & Desempenho. Palmas:2018.

SALGADO, Júlio César Pereira. Técnicas e Práticas Construtivas: da Implantação ao Acabamento. São Paulo: Erica, 2014.

SANTOS, A.P.L.; WITICOVSKI, L. C.; GARCIA, L. E. M.; SCHEER, S. A utilização do BIM em projetos de construção civil. Iberoamerican Journal of Industrial Engineering (IJIE), Florianópolis, SC, vol.1, nº 2, p. 24-42, dez. 2009.

SACKS, R. et al. (2010) "The Rosewood experiment — Building information modeling and interoperability for architectural precast facades", Automation in Construction, 19. 4. 419-432.

SACKS, R.; RADOSAVLJEVIC, M.; BARAK, R.; Requirements of building information modeling based lean Production management systems for construction. Automation in Construction, v. 19, n. 5, p. 641-655, 2010. Elsevier B.V.

SACKS, R.; KOSKELA, L.; DAVE B. e OWEN, R. Interaction of Lean and Building Information Modeling in Construction. Journal of Construction Engineering and Management, V. 136, n. 9, p. 968-980, 2010.

SCHRAMM, F. O Projeto do Sistema de Produção na Gestão de Empreendimentos Habitacionais de Interesse Social. 2004. 180 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

SEBRAE. Cadeias produtivas dinâmicas e oportunidades de negócios. 2016. Contribuição de Luis Fernando Melo Mendes, economista da CBIC, em entrevista ao Sebrae Inteligência de Mercado.

SILVA FILHO, F. A. Da. Além da manutenção programada do trem em larga escala: uma adaptação do método “enxuto” de gestão para manutenção programada do trem unidade elétrica (TUE). O caso Metrotec. Dissertação apresentada à Universidade Federal de Pernambuco para a obtenção do título de mestre em administração, PROPAD – CMA – UFPE. Recife. 1998.

SILVEIRA, Cristiano Bertulucci. Diagrama de Ishikawa, Causa e Efeito ou Espinha de Peixe. Disponível em: <<https://www.citisystems.com.br/diagrama-de-causa-e-efeito-ishikawa-espinha-peixe/>>. Acesso em: Jan. 2013.

SPENGLER, A.; STANTON, M.; ROWLANDS, H. Expert Systems Quality Tools for Quality Improvement. Mechatronics Research Centre, University of Wales College. P. 955-962, 1999.

TOBIN, J. Proto-Building: To BIM is to Build. AEC bytes, 28 mai. 2008.

WOMACK, J.P.; JONES, D.T.; ROOS, D. A Máquina que mudou o mundo. Rio de Janeiro: Ed. Campus, 1992.

YIN, Robert K.. Estudo de caso: planejamento e métodos. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2010.

APÊNDICE

APÊNDICE A–ROTEIRO DE ENTREVISTA SEMIESTRUTURADA



INFORMAÇÕES GERAIS SOBRE O RESPONDENTE

1. Nomenclatura do Cargo: _____
2. Sexo: Masculino Feminino
3. Escolaridade:
 - 2.º grau
 - Técnico: _____
 - Superior Completo
 - Superior Incompleto
 - Especialização
 - Mestrado ou Doutorado Superior.
4. Tempo de Experiência na função:
 - menos de 2 anos
 - de 2 a 4 anos
 - de 5 a 7 anos
 - de 8 a 10 anos
 - Mais de 10 anos.
5. Quais as recomendações de boas práticas em cada categoria (vertical), para cada etapa da obra (horizontal)?

	Serviço Preliminar	Fundação	Estrutura	Vedação	Cobertura	Instalações	Acabamento
Método							
Matéria-prima							
Mão de obra							
Máquinas							
Medição							
Meio ambiente							

ANEXOS

ANEXO A - AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO

	AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO		
	PARECER FINAL: <input type="checkbox"/> Superior <input type="checkbox"/> Médio <input type="checkbox"/> Inferior		
Nome do Avaliado:		Cargo:	
Avaliador 01 :		Avaliador 02 :	
Período:		Data da Avaliação:	

ASSIDUIDADE E PONTUALIDADE:.

Ausências no período		Observações
Atrasos no período		

Abaixo está relacionado, um conjunto de características desejáveis. Análise cada uma delas e indique ao lado somente **UM** dos conceitos possíveis, marcando com um "X" o número correspondente.

Conceito: (S)uperior (M)édio (I)nferior

ASPECTOS AVALIADOS	Conceito	Observação
COMPROMETIMENTO, LIMPEZA e SEM DESPERDÍCIOS – cumpre normas solicitadas e metas estabelecidas.		
RESPONSABILIDADE com QUALIDADE – percebe a importância de suas funções e executa seu trabalho com qualidade e sendo responsável pelo que faz.		
HABILIDADE TÉCNICA – conhece os procedimentos, normas e padrões internos necessários para exercer suas atividades e busca executá-la com agilidade.		
TRABALHO EM EQUIPE – interage com os demais membros da equipe e sabe ouvir e respeitar posições contrárias. Busca alternativas e exercício de atitude cooperativa.		
FLEXIBILIDADE/ADAPTABILIDADE – reage positivamente a mudanças necessárias e tem facilidade de adaptação para utilização de novos métodos, procedimentos e estratégias.		



PRIORIDADES PARA MELHORIA DE DESEMPENHO NA FUNÇÃO ATUAL – METAS FECHADAS EM COMUM ACORDO

.Conhecimento	Habilidades	Atitudes

COMENTÁRIOS (opcional):	
Assinaturas: Avaliado	Avaliadores

Obs: Após a avaliação será entregue uma cópia da avaliação ao colaborador.

ANEXO B – FEEDBACK SEMANAL

	FEEDBACK - SEMANAL	
ETAPA: () Serviços Preliminares () Fundação (x) Estrutura () Vedação () Cobertura () Instalações () Acabamento		
Presentes: Jaqueline, Jonathan e Thyago.		Data da Avaliação: 06/04/2018

Relacionar os aprendizados da semana e os pontos de melhoria para os próximos projetos:

Avaliar em relação aos 6M's (método, materiais, mão de obra, medição, máquinas e meio), classificando a ação a ser realizada (conceito), sendo que uma observação pode ser registrada em relação a alguma peculiaridade associada ao tema.

CONCEITO: (I) Incorporar; (E) Eliminar, (PA) ponto de atenção

ASPECTOS AVALIADOS	Conceito	Observação
MÉTODO – Relativo à técnica. Fôrmas dos pilares; Concretagem dos pilares; (slump de concreto ao invés de 15 – 20 – quantidade de espaçador menor; efeito condições do ambiente na forma – chuva; vibração inadequada – “concreto auto adensável” – brita 1 e 2 - cachimbo → 21 muito bons; 3 “meia boca” e 1 muito ruim). Movimentação na obra – 3 em 3 por períodos (tempo de uso do preparo até 3 horas) Tanques de reuso; Reparo dos pilares com nicho; nos pisos superiores uso de carrinho	PA	Importante a verificação das fôrmas antes da concretagem e previsão de reforços para as mesmas, considerando que a ideia dos cachimbos foi de difícil execução por conta do tempo de pega do concreto usinado demandar extrema rapidez.
MATERIAS – Materiais usados durante a etapa. Concreto; Madeira; GrauteSika – reparo dos pilares; Aço; Blocos de concreto; Desmoldante;	I	A qualidade dos materiais facilita o desempenho das atividades, de forma ágil e evita a ocorrência de erros. Assim como, aditivos de super resistência possibilitam a correção dos nichos de concretagem.
MÃO DE OBRA – características e comportamentos relevantes para execução. Colaboração quanto ao uso de Scrum; Mudança de método durante a concretagem;	I	Aplicação de scrum demonstrou interesse nos funcionários que colaboraram para sua definição.
MEDIÇÃO – fatores, instrumentos e/ou indicadores sugeridos para	E	Predefinição das alturas de

controles da etapa. Conferência dos projetos antes e depois da concretagem;		concretagem e conferência das armaduras conforme constado em projeto.
MÁQUINAS – usadas para a execução Vibrador (adotar uma medida inferior) ; Bomba para concretagem;	E	A qualidade do bombeamento do concreto interfere na quantidade de perda do material, assim como o adensamento do material deve ser realizado uniformemente o que requer fôrmas reforçadas, evitando-se nichos e bolhas de concretagem.
MEIO – todas características relacionadas ao meio em que a etapa é realizada. Incidência de chuva elevada;	PA	O excesso de chuva paralisa a realização das atividades e compromete a qualidade dos materiais, sendo necessário o correto armazenamento dos mesmos.

PRIORIDADES PARA PRÓXIMA SEMANA		
COMPRAS	6Ms	AÇÕES
Tijolo; Cimento; Brita; Instalações elétricas e hidrossanitárias; Aditivo para argamassa.	Contratação de carpinteiro; Definição das atividades;	Melhorias para o scrum;
Angela ir à CEF Jaqueline atualizar o cronograma Arthur – Revit – Elétrico Poliana – acompanhar o andamento da execução do SCRUM Jho – impacto do cronograma no SPRINT → incorporar o impacto da CHUVA no prazo Murilo – Jaqueline – Duda → quadro branco com visão geral do projeto – incorporando as tendências atuais das mudanças		