

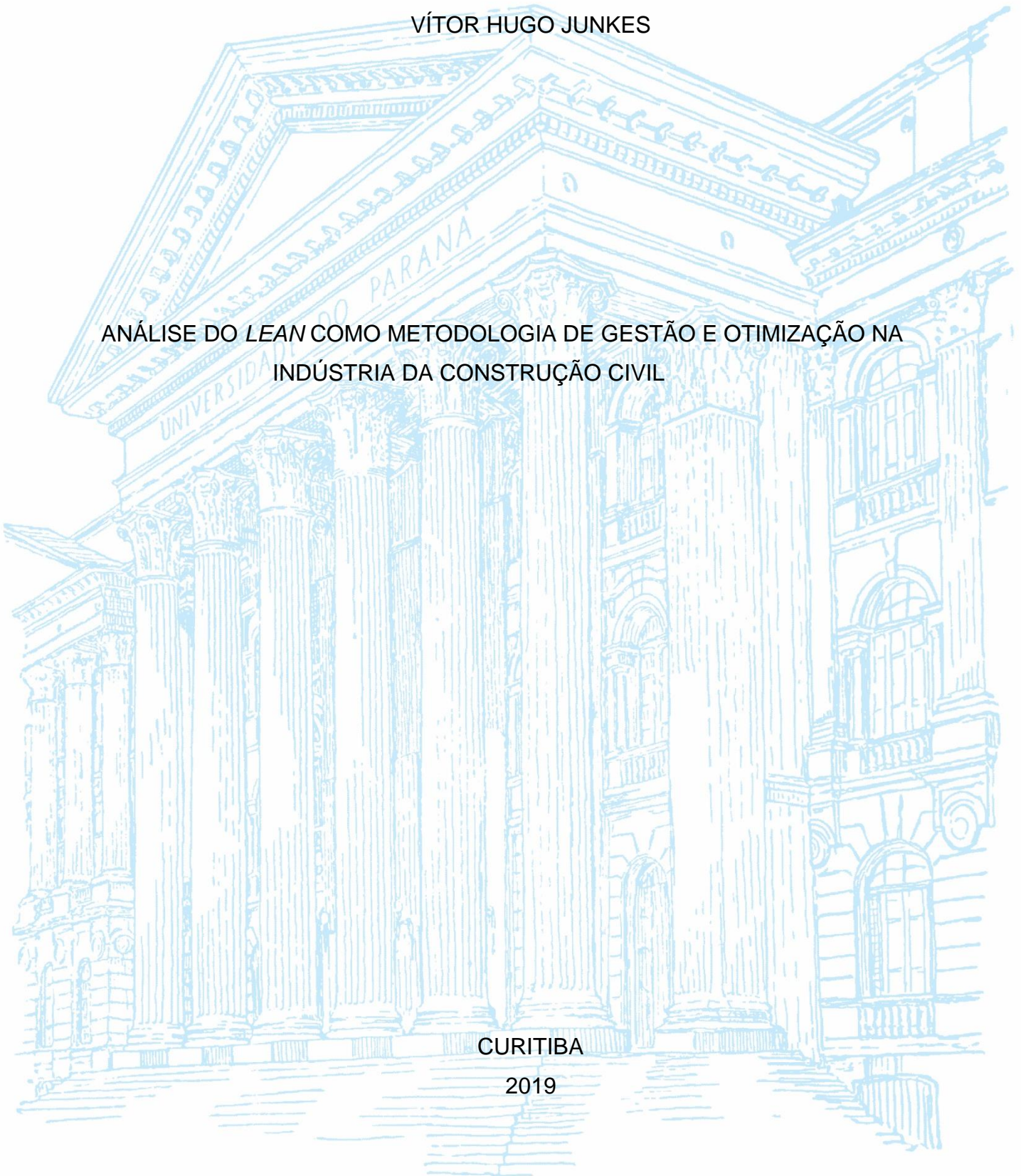
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

VÍTOR HUGO JUNKES

ANÁLISE DO LEAN COMO METODOLOGIA DE GESTÃO E OTIMIZAÇÃO NA
INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL

CURITIBA

2019



VÍTOR HUGO JUNKES

ANÁLISE DO *LEAN* COMO METODOLOGIA DE GESTÃO E OTIMIZAÇÃO
NA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL

Trabalho Final de Curso apresentado ao curso de Graduação em Engenharia Civil, Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Civil.

Orientadora: Profa. Dra. Isabella Andreczevski Chaves.

CURITIBA

2019

“Custos não existem para serem calculados. Custos existem para serem reduzidos”

Taiichi Ohno

RESUMO

A indústria da construção apresenta historicamente um baixo nível de produtividade e altos níveis de desperdício, sejam esses de material ou de mão de obra. Existe hoje uma oportunidade de 1,6 trilhões de dólares de valor que deixa de ser agregado na indústria anualmente em todo o mundo (MCKINSEY, 2017). A fim de contornar o problema de produtividade, uma solução a curto prazo está em uma maior aplicação de métodos de gestão baseado no modelo *lean*. O objetivo deste trabalho foi mensurar o impacto da adoção dessa metodologia na construção civil, por meio de análises de entrevistas e estudos de caso realizados em três obras norte americanas e o início da aplicação *lean* em uma construtora curitibana. Os resultados mostraram um enorme impacto na redução de cronograma dos empreendimentos, redução de mão de obra e também no orçamento. Os dados mostraram que de fato a construção enxuta quando aplicado de maneira global e não apenas com ferramentas isoladas, pode gerar um resultado expressivo na produtividade, impactando diretamente o resultado operacional e melhorando a competitividade da indústria.

Palavras-chave: Construção enxuta, *Lean Thinking*, *Lean construction*, produtividade na construção, Sistema Toyota de Produção, melhoria contínua

ABSTRACT

The construction industry has historically had a low level of productivity and high levels of material and labor waste. There is now a U\$ 1.6 trillion opportunity in value that ceases to add in the construction industry annually worldwide (MCKINSEY, 2017). In order to manage the production problem, a short-term solution lies in a larger application of lean model-based methods. The objective of this work was to measure the impact of using this methodology in civil construction, through interviews and case studies conducted in three North American buildings and the start of applying the lean method in a construction company in a Curitiba. The results show a huge impact on reducing the schedule of projects, manpower and even budget. Data show that lean constructions, when applied globally and not only with isolated tools, are able to generate an expressive effect in productivity, directly impacting operating income and improving the competitiveness inside the industry.

Keywords: Lean Construction, Lean Thinking, productivity, Toyota Production System,

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - MODELO TRADICIONAL DE PROCESSO.....	27
FIGURA 2 – MODELO DE PROCESSO <i>LEAN</i>	28
FIGURA 3 – PROCESSO MAIS EFICIENTE NAS INSTALAÇÕES.....	43
FIGURA 4 – RESULTADOS DO PROJETO	44
FIGURA 5 – PÁINEIS PRÉ-FABRICADOS PRONTOS PARA A INSTALAÇÃO.....	46
FIGURA 6 – RESULTADOS DO PROJETO	46
FIGURA 7 – UTILIZAÇÃO DE PEÇAS MONTADAS <i>OFFSITE</i>	48
FIGURA 8 – RESULTADOS DO PROJETO	49
FIGURA 9 – DEPARTAMENTALIZAÇÃO DA EMPRESA X.	52
FIGURA 10 – ORGANOGRAMA PROPOSTO.....	53
FIGURA 11 – MONTAGEM DE FORMAS DA OBRA A	55
FIGURA 12 – ESTRUTURA DO <i>LAST PLANNER</i>	57
FIGURA 13 – DIMENSÕES DO <i>LAST PLANNER</i>	58

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 – EVOLUÇÃO DO RESULTADO ENTRE 2007 E 2011.....	14
GRÁFICO 2 – IMPORTÂNCIA DAS ALAVANCAS NA PRODUTIVIDADE	15
GRÁFICO 3 – DESPERDÍCIOS E ATIVIDADES QUE AGREGAM VALOR	22
GRÁFICO 4 – DIFERENÇA DE PRODUTIVIDADE NA CONSTRUÇÃO (2003)	31
GRÁFICO 5 – DIFERENÇA DE PRODUTIVIDADE NA CONSTRUÇÃO (2013)	31
GRÁFICO 6 – PRODUTIVIDADE POR SEGMENTO (2007 A 2013).....	33
GRÁFICO 7 – PORTE DAS EMPRESAS ENTREVISTADAS.....	36
GRÁFICO 8 – FAMILIARIDADE COM PRÁTICAS <i>LEAN</i>	37
GRÁFICO 9 – BENEFÍCIOS ALCANÇADOS.....	39
GRÁFICO 10 – TÉCNICAS USADAS PARA AUMENTO DA EFICIÊNCIA.....	41
GRÁFICO 11 – MEDIÇÃO DE AGREGAÇÃO DE VALOR NA OBRA A.....	54
GRÁFICO 12 – AGREGAÇÃO DE VALOR NAS OBRAS B,C E D.	56

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 - FERRAMENTAS <i>LEAN</i> LIGADAS AOS PRINCÍPIOS DE WOMACK .20	
QUADRO 2 – COMPARAÇÃO ENTRE <i>LEAN THINKING</i> E <i>CONSTRUCTION</i>26	

LISTA DE ABREVIATURAS OU SIGLAS

AEC	- Arquitetura, Engenharia e Construção
EAP	- Estrutura Analítica do Projeto
IGLC	- <i>Internacional Group of Lean Construction</i>
INCC	- Índice Nacional da Construção Civil
JIT	- <i>Just in Time</i>
LCI	- <i>Lean Construction Institute</i>
MFV	- Mapeamento de fluxo de valor
PAIC	- Pesquisa Anual da Indústria da Construção Civil
PIB	- Produto Interno Bruto
STP	- Sistema Toyota de Produção
TQM	- <i>Total Quality Management</i>
VSM	- <i>Value Stream Mapping</i>

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 OBJETIVOS	13
1.1.1 Objetivo geral	13
1.1.2 Objetivos específicos.....	13
1.2 JUSTIFICATIVA	13
2 RERENCIAL TEÓRICO	16
2.1 METODOLOGIA <i>LEAN</i> : UM BREVE HISTÓRICO.....	16
2.2 <i>LEAN THINKING</i>	18
2.3 DESPERDÍCIOS	20
2.4 <i>LEAN CONSTRUCTION</i>	22
2.5 PRÍNCIPIOS DA CONSTRUÇÃO ENXUTA.....	23
2.6 CONCEITOS BÁSICOS DA <i>LEAN CONSTRUCTION</i>	26
2.7 CARACTERÍSTICAS DA ATUAL FORMA DE PRODUÇÃO.....	28
2.8 PRODUTIVIDADE DO SETOR DE CONSTRUÇÃO CIVIL.....	29
3 METODOLOGIA	33
4 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS	34
4.1 METODOLOGIA DAS ENTREVISTAS REALIZADAS	34
4.2 APRESENTAÇÃO DOS DADOS DAS ENTREVISTAS	36
4.2.1 Familiaridade com a metodologia.....	37
4.2.2 Benefícios da implementação <i>Lean</i>	38
4.2.3 Técnicas utilizadas para aumentar a eficiência	40
4.3 ESTUDOS DE CASO	41
4.3.1 Obra da UCSF.....	42
4.3.1.1 Análise crítica do estudo de caso	44
4.3.2 Obra do Hospital St. Elizabeth	45
4.3.2.1 Análise crítica do estudo de caso	47
4.3.3 Obra do hospital Saint Joseph	47
4.3.3.1 Análise crítica do estudo de caso	50
4.4 OPORTUNIDADES DA IMPLEMENTAÇÃO <i>LEAN</i> NA BRASIL	50
4.4.1 Diagnóstico das obras	53
4.4.2 Apresentação das soluções	56
5 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	59

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	59
REFERÊNCIAS.....	62

1 INTRODUÇÃO

Historicamente, a construção civil sempre teve um grande peso no desenvolvimento e participação na economia. Entre os anos de 2007 e 2012, o crescimento do PIB do setorial teve um alto crescimento. Contudo, esse crescimento impulsionado pelo aumento da demanda por produtos imobiliários trouxe uma série de desafios ao setor, sendo o primeiro desses o aumento da inflação do setor em níveis superiores aos índices de inflação geral. Além disso, segundo o relatório da Ernest & Young (2014), o aumento da demanda também criou problemas na oferta, tendo em vista que a baixa produtividade do setor acarretou no atraso de muitas obras planejadas nos últimos anos.

Além das flutuações na economia, a conscientização do consumidor final aumentou consideravelmente para custos elevados e não conformidade de produtos. Assim, a combinação de todos esses aspectos tem dirigido à atenção de empresários do setor em mudanças estruturais nos processos de produção, procedimentos administrativos e gerenciais, como forma de otimizar processos, aumentar a qualidade final dos produtos e ter uma conseqüente redução de preços dos produtos (ASSUMPÇÃO, 1996). Dessa forma, na década de 90, a metodologia da construção enxuta foi introduzida pelo finlandês Koskela, através da adaptação de conceitos do modelo de produção da indústria automobilística da Toyota. A construção enxuta, conhecida mundialmente por *lean construction*, foi difundida pelos benefícios da redução de desperdícios e como uma metodologia com grande potencial para aumento da geração de valor e competitividade do setor.

O presente trabalho visa descrever a origem, princípios e benefícios da metodologia *lean*, traçando um paralelo de sua aplicabilidade na indústria da construção civil. Segundo Pichii (2003), o pensamento enxuto é muito amplo, e, aliado a complexidade do setor da construção civil, inúmeras aplicabilidades potenciais são possíveis e inúmeras oportunidades de aplicações ainda não foram exploradas. Assim, é revelado o resultado de entrevistas a empresas construtoras com perguntas inerentes a aplicação e benefícios da metodologia *lean*, onde as amostras foram empresas que aplicam a construção enxuta em suas obras e empresas que ainda não conhecem a metodologia ou estão apenas familiarizadas.

Além da entrevista, três estudos de caso de obras que aplicaram a metodologia e o início da aplicação *lean* nos processos de construção e *backoffice* de

uma empresa Curitibana foram analisados com a finalidade de mostrar dados comparativos e quantificação da melhoria gerada em relação a um estado passado.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

O presente trabalho tem como objetivo apresentar a metodologia *lean* como uma solução para aumento da produtividade da construção civil, por meio da aplicação de uma nova filosofia de gestão.

1.1.2 Objetivos específicos

- Analisar índices de produtividade na construção civil.
- Analisar dados e informações de obras e empresas do ramo da construção civil que utilizaram a metodologia *lean* a fim de validá-la como uma possível solução para o aumento da eficiência da indústria da construção civil.
- Descrever a atual forma de produção e oportunidades de aplicação da metodologia *lean* no Brasil.

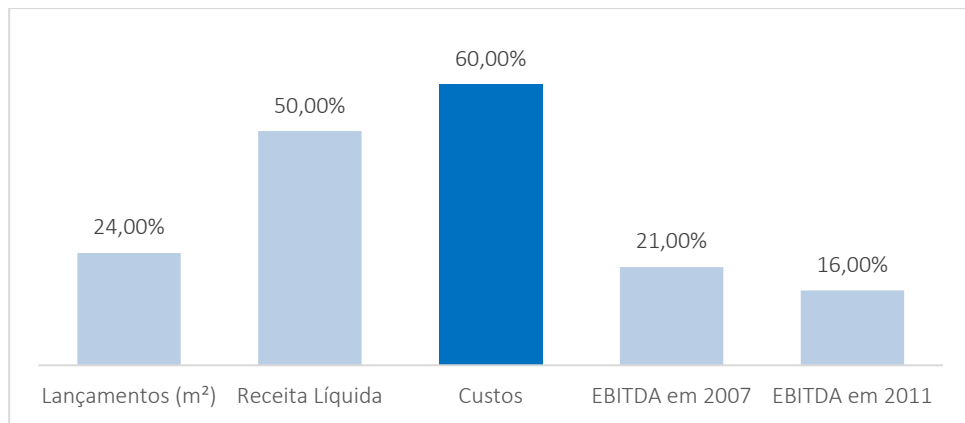
1.2 JUSTIFICATIVA

O setor da construção é um dos maiores movimentadores da economia mundial, representando cerca de 10 trilhões de dólares gastos com bens e serviços relacionados a cada ano (MCKINSEY, 2017). No Brasil, o cenário não é diferente. Entre os anos de 2007 e 2012 o PIB do setor foi 1,8 vezes maior que o PIB da economia como um todo, impulsionado por uma alta demanda (ERNEST & YOUNG, 2014).

Contudo, esse crescimento foi acompanhado de alguns obstáculos. O primeiro desses foi o aumento da inflação do setor (INCC). Enquanto que o IPCA (Índice Nacional de preços ao Consumidor) acumulou alta de 31,9%, o INCC acumulou uma alta de 43,4% no período de 2007 a 2012 (ERNEST & YOUNG, 2014). O aumento da demanda também levou a um problema na oferta. Devido a gargalos na produção, muitas entregas planejadas de obra não foram concluídas nos últimos anos. Segundo

o relatório da Ernest & Young (2014), dados do PROCON-SP revelaram que 31% das queixas a construtoras estavam relacionadas ao não cumprimento de prazos contratuais. Com a combinação dos problemas listados, foi constatado que existe uma crescente pressão nos custos na construção. A Ernest & Young (2014) mostrou o resultado médio de sete grandes incorporadoras e construtoras de capital aberto do país, mostrado no gráfico 1 a seguir.

GRÁFICO 1 – EVOLUÇÃO DO RESULTADO ENTRE 2007 E 2011.

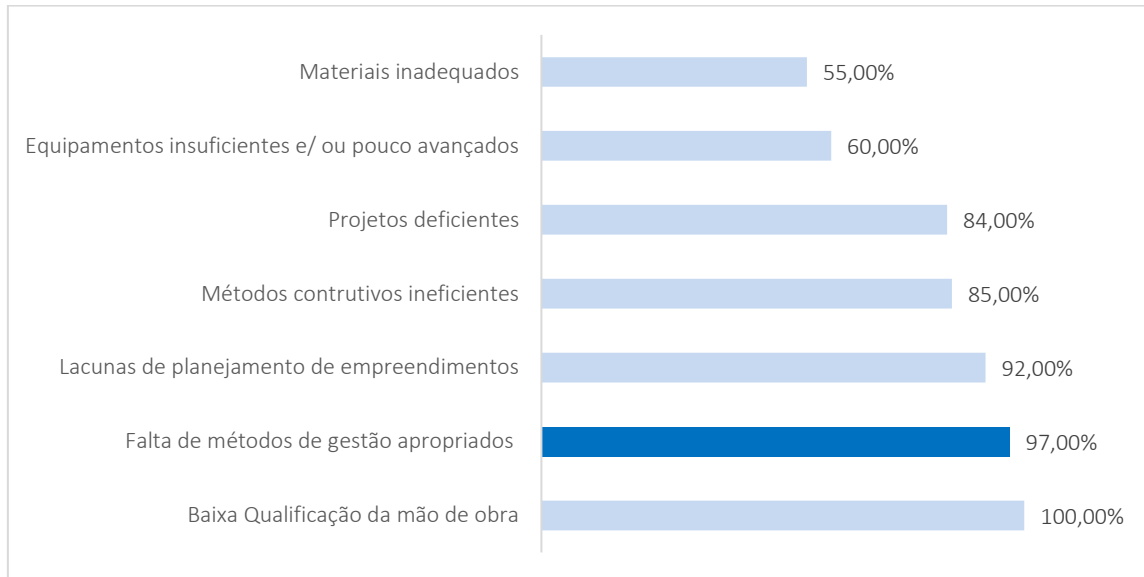


FONTE: Ernest & Young (2014).

Percebe-se que existe uma crescente demanda, o que leva a um aumento de lançamentos e também da receita. Entretanto, os custos aumentaram a uma grandeza superior em comparação às receitas, impactando diretamente na margem dessas empresas (EBITDA). Somente esses pontos já seriam suficientes para despertar a atenção dos empresários da construção com a produtividade. Mas o quanto custa essa menor produtividade do setor de construção para a economia? Segundo o relatório da empresa de consultoria estratégica McKinsey (2017), existe uma oportunidade de 1,6 trilhões de dólares anuais, apenas com a equiparação do nível de produtividade da construção civil com o nível de produtividade da economia como um todo.

Dado o problema e o reconhecimento de sua causa raiz, a Ernest & Young (2014) elencou sete alavancas a fim de aumentar a produtividade do setor da construção civil. Essas alavancas representadas no gráfico 2, mostram a importância relativa no impacto na produtividade hoje.

GRÁFICO 2 – IMPORTÂNCIA DAS ALAVANCAS NA PRODUTIVIDADE



FONTE: Ernest & Young (2014).

No topo da lista, a qualificação da mão de obra é apontada como o principal gargalo de produtividade, contudo, é uma lacuna de difícil solução no curto prazo. A segunda alavanca, a adoção de métodos de gestão, aparece em segundo lugar na lista, com uma relevância de 97%. Segundo a Ernest & Young (2014), a descrição resumida e elementos envolvidos dessa alavanca são os seguintes:

- Construção baseada no modelo de gestão *Lean Construction* que se apoia no paradigma de redução de desperdícios.
- Melhoria do fluxo de materiais e sincronização do empreendimento para eliminar atividades que não agregam valor.
- Otimização dos fornecedores de compras através do método de *Strategic Sourcing*.

Para a Ernest & Young (2014), a adoção de modelos de gestão integrado a tomada de decisão, ajudam a definir, monitorar e controlar indicadores, produtividade e mediar riscos do negócio, apoiando na gestão de múltiplas obras que geram uma maior complexidade na operação como um todo. Essas abordagens auxiliam diretamente na redução de custos operacionais, aumento da margem ao mesmo tempo em que é possível obter uma otimização de recursos (ERNEST & YOUNG, 2014).

2 REENCIAL TEÓRICO

Será discorrido nesta seção, uma breve contextualização do atual cenário da construção civil e seus índices de produtividade. Tendo em vista o problema mundial do desempenho do setor, este trabalho traz uma fundamentação teórica sobre a metodologia de gestão *lean*, contextualizando sua origem, conceitos, princípios e identificando a inserção na indústria da construção, revelando premissas, ferramentas e oportunidades de aplicação da construção enxuta.

2.1 METODOLOGIA *LEAN*: UM BREVE HISTÓRICO

A ideia de produção enxuta surge após a segunda guerra mundial, dentro da indústria automobilística, em um período onde a produção em massa era liderada pela General Motors. Nasce na década de 50, de uma ideia de dois engenheiros, Taichii Ohno e Eiji Toyoda, o início da produção enxuta implantada na Toyota (OHNO, 1997).

Ainda segundo Ohno (1997), após o período de guerras, o Japão e parte do mundo passaram por um período de grandes dificuldades econômicas. Os países norte-americanos decidiram enfrentar a crise restringindo o crédito, contudo isso acabou gerando uma nova depressão. Já no Japão, a Toyota exauriu todos os empréstimos bancários adquiridos nesse período. A solução para essa crise dada por Kiichiro Toyoda, na época presidente da empresa, foi a demissão de um quarto da força de trabalho. A companhia viu-se cercada por grandes revoltas e ocupação nas fábricas. Após um período de negociações, a família Toyoda e o sindicato chegaram a um acordo trabalhista: Foi mantido a demissão de um quarto da força de trabalho como originalmente proposto, contudo aos três quartos remanescentes foram dadas duas garantias. A primeira dessas foi a garantia vitalícia do emprego, e a segunda, o aumento crescente salarial conforme o tempo de serviço.

Nesse contexto, com um grande custo fixo a curto e longo prazo, a Toyota percebeu que seria necessário obter o máximo de seus recursos humanos, aproveitando todas as qualificações dos trabalhadores, seus conhecimentos, experiências e não somente a força física. Dessa forma, o enfoque recursos humanos ganhou um grande peso no novo processo produtivo enxuto (OHNO, 1997).

Taichii Ohno, após assumir o cargo de presidência da companhia, visitou Detroit repetidamente, analisando de forma profunda o tradicional sistema de

produção da Ford. O Fordismo, como é conhecido também, utilizava em seu método de produção em massa grandes máquinas, grandes estoques, inúmeros setores e departamentos, porém, qualidade em segundo plano, o que resultava em altas taxas de produtos defeituosos (VENTURI, 2015). Assim, Ohno constatou que o processo da Ford era cheio de *muda*¹, termo em japonês que traz o significado de desperdício. Entre esses estão: superprodução, espera, transportes desnecessários, processamentos incorretos, excesso de estoque, movimento desnecessário e defeitos (LIKER, 2005).

De volta à Toyota, Ohno inicia a inserção de seus experimentos, aplicando uma nova filosofia de gestão advindos da identificação de falhas do consagrado modelo de Ford. Ainda inserido em um contexto onde a fábrica contava com mão de obra reduzida, poucos recursos à disposição para investimentos, o sistema buscava contornar todas as dificuldades apontadas com a nova forma de gestão do Sistema Toyota de Produção (STP), a qual aliava benefícios da produção artesanal com a produção em massa (OHNO, 1997).

O novo princípio parte do pressuposto que desperdícios poderiam haver em todos os níveis da organização, o que direcionou a empresa a uma mentalidade mais enxuta em fazer mais com menos, de forma a eliminá-los. Assim, segundo Ohno (1997) para tanto, novas equipes foram formadas sendo responsáveis por um grupo de atividades de montagem, organização da própria área de trabalho e também da garantia de qualidade. Diferentemente do sistema de produção em massa, onde cada funcionário era responsável por uma ou duas tarefas simples, e, a produção não parava mesmo com a ocorrência de erros, o STP também permitia a interrupção total da linha de montagem para reparos. Tornou-se necessário sanar todos os defeitos assim que fossem identificados, evitando que estes persistissem e chegassem até o ponto final da linha de produção. De maneira sistemática os trabalhadores aprenderam a identificar a raiz do problema, e posteriormente a sugerir a correção para que o mesmo problema nunca voltasse a ocorrer (VENTURI, 2015). Além disso, com um objetivo constante de reduzir todos os sete desperdícios já apresentados, o STP buscou também reduzir estoques finais e intermediários, através da produção em pequenos lotes de trabalho.

¹ Muda é um termo tradicional japonês para uma atividade que não adiciona valor ou é improdutivo.

2.2 LEAN THINKING

Segundo Pichii (2003), a metodologia *lean*, originada a partir do sistema Toyota de produção, ganha notoriedade na década de 90 com publicações de Womack e Daniel T. Jones. A filosofia acabou se desdobrando e dando origem à *lean manufacturing*, *lean office*, *lean thinking* e também a *lean construction*. O *lean thinking*, que pode ser traduzido por mentalidade ou pensamento enxuto, surge em um momento onde a produção automobilística era predominantemente de massa. Womack coloca em questão esse padrão:

Metade do esforço dos operários de fábrica, metade do esforço de fabricação, metade do investimento em ferramentais, metade das horas de planejamento para desenvolver novos produtos em metade do tempo. Requer também bem menos da metade dos estoques anuais de fabricação, além de resultar em bem menos defeitos e produzir uma maior e sempre crescente variedade de produtos (WOMACK; JONES; ROSS, 1992, p. 3).

Lean Thinking, ou pensamento enxuto, é uma filosofia de gestão que promove formas de especificar valor para o cliente, melhora sequência de fluxos de processos, torna a performance mais eficiente e busca eliminar desperdícios da produção (PICHII, 2003). A mentalidade enxuta, foi desenvolvida ao longo de 20 anos pela indústria automobilística japonesa, com um grande auxílio de Ohno. Esse define o sistema como a absoluta eliminação de desperdícios, que é embasada em duas vertentes principais: Just in time e automação.

Em sua concepção original na *lean production*, a primeira vertente, o JIT, tem o principal objetivo de produzir o produto exato, no momento certo e de acordo com a demanda, sem a necessidade de formar estoques. Sua finalidade é assegurar o fluxo contínuo de materiais, serviços e produtos em toda a sequência das relações de interdependência e comprometimento, abrangendo fornecedores, empresas e clientes (VENTURI, 2015).

Já a segunda, a automação, ou também conhecido como *Jidoka*, tem o sentido da junção da automação com a interferência humana. Este procura aumentar a produtividade através da segregação dos tempos da atividade da máquina e do operador. Segundo (PICHII, 2003), este sistema também possibilita por mecanismos como a parada automática de máquina, que erros sejam impedidos de serem produzidos em série.

Os dois pilares apresentados caminham em conjunto com a finalidade de atender e criar mais valor ao cliente, produzindo produtos com mais qualidade, custos menores, aliado à redução do *lead time*² através da eliminação de desperdícios.

Estudos mais recentes do entendimento mais profundo e a generalização de conceitos advindos do ambiente original do STP, foram conduzidos por Womack e Jones. Não foram os únicos pesquisadores em busca desse conhecimento, contudo ganharam notoriedade com a criação do termo *Lean Thinking*, conceito que amplia para toda a empresa conceitos *lean* e não somente no ambiente fabril. Esses autores definiram a mentalidade enxuta através de cinco princípios:

- Valor: entendimento do que gera valor para o cliente e oferecer um produto com o maior valor agregado possível com a redução de desperdícios.
- Fluxo de valor: identificar na cadeia tudo aquilo que gera valor ao cliente, eliminando todos os desperdícios no processo.
- Fluxo: criação de um ambiente de produção contínua, sem interrupções.
- Puxar: a produção somente funciona sob a demanda do cliente ou processo posterior.
- *Kaizen*: significa promover a melhoria contínua, podendo ser aplicado de maneira geral em qualquer aspecto do mundo empresarial com o intuito de elevar a produtividade.

Quando se fala especificamente do setor da construção civil, é visto um ambiente complexo, com vários agentes e inúmeras formas de combinação, que podem atuar em diversas etapas de um empreendimento (PICHII, 2000). Segundo Womack (2002), o *lean thinking* pode ser aplicado à toda empresa e são inúmeras as ferramentas que estão alinhadas com essa metodologia. Contudo, é comum observar ferramentas *lean* sendo aplicadas de forma isolada, principalmente em empresas de construção civil, e de forma desassociada aos princípios. No trabalho de Pichii (2003), que trouxe exemplos de aplicação da mentalidade enxuta na indústria da construção trouxe através do quadro 1 a seguir, exemplos de ferramentas *lean* aplicáveis a construção, ligadas aos princípios de Womack e os elementos fundamentais de cada princípio.

² *Lead time*: Do inglês, *lead* significa conduzir e *time*, tempo. A expressão, portanto, é utilizada para se referir ao tempo dependido para conduzir todo o ciclo de produção.

QUADRO 1 - FERRAMENTAS *LEAN* LIGADAS AOS PRINCÍPIOS DE WOMACK

Princípio	Elementos Fundamentais	Exemplos de ferramentas
Valor	Pacote produto ou serviço de valor ampliado	- Variedade de produtos planejada
	Redução de lead times	- Engenharia simultânea
Fluxo de valor	Alta agregação de valor na empresa estendida	- Mapeamento do fluxo de valor - Parceria com fornecedores
Fluxo	Produção em fluxo	- Células de trabalho - Pequenos lotes - TPM (Manutenção para produtividade total) - Qualidade na fonte - <i>Poka-Yoke</i>
	Trabalho padronizado	- Gráficos de balanceamento de operador - Gerenciamento visual
Puxar	Produção e entrega <i>just in time</i>	- <i>Takt Time</i> - <i>Kan Ban</i> - Nivelamento da produção
	Recursos flexíveis	- <i>Set up</i> rápido - Equipamentos flexíveis - Multifuncionalidade de operadores
<i>Kaizen</i>	Aprendizagem rápida e sistemática	- Equipamentos auto gerenciáveis - Cinco porquês - Programa de sugestões - 5S
	Foco comum	- Compromissos da Direção da empresa com os funcionários - Treinamento de todas na empresa e fornecedores nos princípios e ferramentas <i>lean</i> - Simplicidade de comunicação.

FONTE: Pichii (2003).

2.3 DESPERDÍCIOS

A eliminação completa do desperdício é a essência do STP, guiando as mais diversas vertentes do *lean*. Essa aspiração surge com a visita de Ohno à fábrica da General Motors e a identificação de atividades que não agregam valor ao produto, como já comentado no tópico do breve histórica da metodologia *lean* (OHNO, 1997). Esse tópico destina-se a aprofundar em cada um dos sete desperdícios denominados

pelo termo *muda*. Estes podem significar 80% a 95% do tempo e custos do processo produtivo (GONÇALVES, 2009).

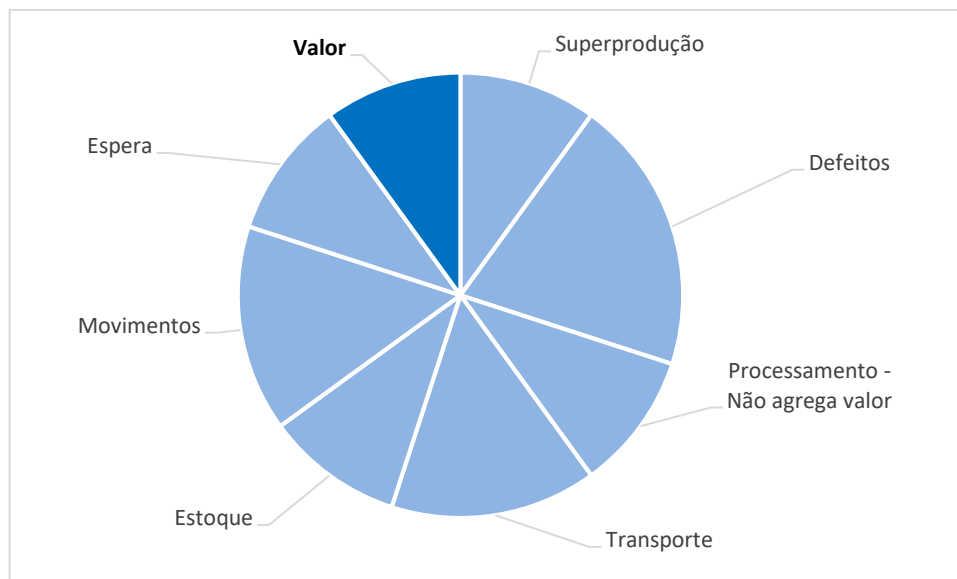
- Superprodução: a superprodução ocorre pelo despendimento de mão de obra para a produção antes do pedido do cliente, ou então, uma produção superior ao pedido do cliente. A superprodução, caminha no sentido contrário do *just in time*, uma vez que a superprodução cria estoques durante o processo produtivo, além de criar a necessidade de se ter inventários e controles de estoques, que, mais uma vez são atividades que não agregam valor ao cliente.
- Estoque: o estoque gera um excesso de inventário não encomendado pelo cliente, que pode ser matéria prima, trabalho de processamento e até mesmo o produto final. Além disso, o estoque pode gerar um maior custo com espaço físico e armazenamento, podendo ainda esconder erros de produção. Para se evitar os estoques, deve-se buscar uma produção JIT, manter um fluxo contínuo de produção e padronizar espaços e atividades.
- Defeitos: os defeitos durante o processo de produção levam ao retrabalho. Os defeitos podem ocorrer de quatro maneiras diferentes: materiais consumidos, mão de obra utilizada de forma irrecuperável, mão de obra utilizada para retocar, refazer e inspecionar e uso de recursos para responder potenciais reclamações de cliente. Estes podem ser reduzidos através da utilização de dispositivos *poka yoke*³ e controles esquematizados.
- Movimentos desnecessários: segundo Gonçalves (2009), o excesso de movimento está diretamente relacionado com o planejamento do espaço e das ferramentas de trabalho disponíveis. O movimento desnecessário pode ser identificado também nos dados, informações e documentos da empresa.
- Processamento que não agrega valor: consiste em todas as ações que não precisariam ser feitas no processo produtivo, que, se eliminadas, não fariam falta.

³ *Poka Yoke* são dispositivos a prova de erros. São utilizadas para prevenir a falha humana e corrigir eventuais erros.

- Espera: a espera ocorre pela falta de um fluxo contínuo, onde percebe-se períodos de inatividade em uma atividade à jusante, quando a atividade à montante ainda não foi concluída. A espera pode ser reduzida através da junção de equipes a fim de transformar o processo em um fluxo contínuo, ao mesmo tempo em que se deve preocupar com a redução de burocracias e nivelamento do trabalho das equipes.
- Transporte: todo movimento desnecessário de materiais deve ser erradicado, contudo nem todo transporte pode ser eliminado. Apesar de não agregar valor, muitas vezes pode ser uma atividade necessária à produção, portanto a preocupação em otimização e minimização dessa atividade deve ser constante.

O gráfico 3 revela o resumo dos 7 principais desperdícios apontados por Taichii Ohno, que condicionam as atividades que de fato agrega valor ao produto em torno de 5% a 20% de todo o processo produtivo.

GRÁFICO 3 – DESPERDÍCIOS E ATIVIDADES QUE AGREGAM VALOR



FONTE: Arantes (2008).

2.4 LEAN CONSTRUCTION

A construção civil é uma das mais antigas indústrias do mundo. Muito dos costumes ainda hoje vistos na construção estão enraizados na cultura, a qual data um período anterior a análise científica. A partir da década de 50, iniciam-se estudos a fim

de entender de forma profunda problemas advindos do processo produtivo dessa indústria, com o intuito de desenvolver processos mais eficientes (KOSKELA, 1992).

No tópico anterior, foi apresentado os princípios do pensamento enxuto. O *lean*, como já dito, é uma filosofia e pode ser extrapolada para diferentes ambientes da manufatura, tendo em vista que os princípios podem ser vistos como uma base cultural e não como uma norma fixa. Dessa forma, a *Lean Construction*, uma adaptação da *Lean Production* à indústria da construção civil surge a partir de estudos do finlandês Lauri Koskela, em 1992, o qual trouxe os princípios do *total quality management* e do *just in time*, para a realidade da construção civil (SEBRAE, 2016).

Segundo Formoso (2002), a principal diferença entre a forma tradicional de produção e a construção enxuta é conceitual. Uma mudança importante para a quebra de paradigma é a introdução de uma nova forma de entender os processos abstraído o conceito de que a edificação é apenas o resultado da conversão de materiais e substâncias em um produto.

Ballard (2002), também trouxe de forma simplificada, o que seria a definição da inserção da metodologia *lean* na construção civil.

A Lean Construction é uma nova metodologia para gerenciar construtoras, em um formato diferente do tradicional, que pode ser inserido nos setores da arquitetura, engenharia e construção e que desde sua criação estabeleceu uma revolução no modo em que é produzido. Esta filosofia pode ser considerada uma extensão da Lean Production, tendo em vista que da mesma forma busca maximizar o valor e eliminar o desperdício (BALLARD, et al., p. 218, 2002).

Nesse contexto, Ballard (2002) ressalta a importância da aplicação dos conceitos *lean* em toda a cadeia produtiva, iniciando na fase de concepção do produto, através do sistema de entregas de projeto *lean*. Propôs-se uma maior colaboração entre AEC⁴ ao mesmo tempo em que se mantinha o processo contínuo e os retrabalhos consequentemente eram evitados.

2.5 PRÍNCIPIOS DA CONSTRUÇÃO ENXUTA

O trabalho de Koskela, "*Application of the new production philosophy in the construction*", de 1992 e ligado à Universidade de Stanford, marca o início do estudo

⁴ O termo é designado à junção de arquitetura, engenharia e construção.

da inserção do *lean* na construção civil e também a criação do *International Group for Lean Construction* – IGLC, cujo objetivo é a disseminação do novo paradigma na construção em diversos países.

Nesse trabalho, Koskela (1992) estabelece uma nova base conceitual para a aplicação da filosofia na construção através de 11 princípios, os quais podem ser utilizados para projetar fluxo de processos, controlá-los e melhorá-los. São esses:

- Redução de parcelas que não agregam valor: a eliminação do desperdício é o princípio fundamental *lean*. O processo pode ser otimizado não somente pelo aumento da eficiência das atividades de conversão e fluxo, mas também pela eliminação de atividades de fluxo que não agregam valor no produto final. É importante salientar que mesmo algumas dessas atividades que não agregam valor direto ao cliente, podem ser indispensáveis na eficiência global do processo, tais como a instalação de dispositivos de higiene e segurança no canteiro.
- Aumentar o valor do produto por meio da consideração da necessidade do cliente: deve-se identificar a necessidade do cliente de forma clara, de modo que essa informação faça parte do escopo do projeto e também na gestão da produção.
- Reduzir variabilidade: a variabilidade mede a dispersão de algo em relação a um padrão, podendo ter inúmeras naturezas, como dimensões, tempo, qualidade do produto por exemplo. A variabilidade ela só pode ser medida e entendida com a padronização de processos e do produto.
- Reduzir tempo de ciclo: o tempo de ciclo, ou também conhecido por *lead time*, é a soma do tempo despendido em todas as etapas de produção. Segundo Arantes (2008), a redução do tempo de ciclo pode trazer benefícios como a facilitação do processo de gestão, entrega mais rápido do produto ao cliente, aumento do efeito de aprendizagem e também um aumento da precisão da estimativa em futuras obras.
- Simplificar mediante a redução do número de passos ou partes: está diretamente relacionado com o primeiro ponto apresentado, a redução de parcelas que não agregam valor ao produto. A redução do número de passos, além de deixar mais simples qualquer processo, pode reduzir como consequência desperdícios como excessos de transporte.

- Aumentar a flexibilidade da saída: permite a alteração do produto final sem uma alteração substancial no custo final. A flexibilização pode-se tornar complementar a simplificação de passos.
- Aumentar a transparência do processo: segundo Koskela (1992) é possível diminuir a possibilidade de ocorrência de erros na produção proporcionando maior transparência aos processos produtivos. A transparência do processo facilita a identificação de falhas e erros. A transparência pode ser implementada de diversas maneiras, até mesmo com a inserção de dispositivos visuais ou eliminação de obstáculos visuais.
- Focar o controle no processo global: o controle de todo o processo possibilita a identificação e a correção de possíveis desvios que venham a interferir de forma acentuada no prazo de entrega da obra (ARANTES, 2008). A utilização de controle convencional, focado apenas em etapas ou partes de um processo pode causar perdas, pois o mesmo não está levando em consideração o processo como um todo (KOSKELA, 1992).
- Introduzir melhoria contínua no processo: ligado ao princípio de *kaizen*, a melhoria contínua permite a redução de perdas e aumento do valor na gestão de processos por meio de melhorias incrementais, sendo conduzido de maneira contínua.
- Manter um equilíbrio entre melhorias nos fluxos e nas conversões: na otimização das atividades produtivas, conversões e fluxos devem ser abordados. Para qualquer processo de produção, os aspectos de fluxo e conversão tem um potencial diferente de melhorias. Via de regra, quanto maior a complexidade do processo de produção, maior o impacto da melhoria de conversão e quanto mais resíduos são gerados pela produção, mais representativa é a melhoria do fluxo em comparação à melhoria da conversão.
- Fazer benchmarking: é o processo de aprendizagem a partir de práticas adotadas em outras empresas, consideradas líderes de um determinado segmento. O benchmarking pode auxiliar a melhoria contínua do processo através da identificação de pontos fortes, ou aquilo que funciona nas empresas referentes do setor.

Os princípios apresentados por Koskela, pelo fato de estarem embasados à filosofia *lean*, são possíveis de serem relacionados com os 5 princípios propostos por Womack ao *Lean Thinking*. No quadro 2, o autor Pichii (2003), relaciona os princípios da *Lean Construction* com o *Lean Thinking* por meio de elementos fundamentais da metodologia.

QUADRO 2 – COMPARAÇÃO ENTRE *LEAN THINKING* E *CONSTRUCTION*

Princípios Lean Thinking	Elementos Fundamentais	Princípios Lean Construction
Valor	Pacote produto ou serviço de valor ampliado	- Aumentar o valor do produto através da consideração sistemática dos requisitos do cliente
	Redução de lead times	- Reduzir o tempo de ciclo
Fluxo de valor	Alta agregação de valor na empresa estendida	- Reduzir atividades que não agregam valor - Simplificar através da redução de passos - Focar no controle do processo global - Manter equilíbrio entre melhorias e fluxo nas conversões
Fluxo	Produção em fluxo	- Reduzir a variabilidade
	Trabalho padronizado	- Aumentar a transparência do processo
Puxar	Produção e entrega <i>just in time</i>	
	Recursos flexíveis	- Aumentar a flexibilidade de saída
<i>Kaizen</i>	Aprendizagem rápida e sistemática	- Introduzir melhoria contínua do processo - Fazer benchmarking
	Foco comum	

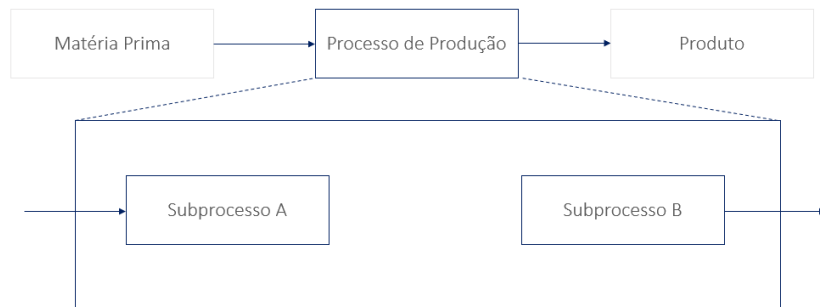
FONTE: Pichii (2003).

2.6 CONCEITOS BÁSICOS DA *LEAN CONSTRUCTION*

O novo entendimento dos processos produtivos na construção civil é uma das mudanças mais importantes da inserção da metodologia *lean* na indústria. Em uma visão mais tradicional, os processos são conversões de matéria-prima, ou *inputs*, em produtos acabados, *outputs* (KOSKELA, 1992). Nesse formato, o processo de

produção pode ser dividido em subprocessos, que são as atividades de conversão, onde a menor divisão dessa hierarquia é a operação.

FIGURA 1 - MODELO TRADICIONAL DE PROCESSO



FONTE: Koskela (1992).

Esse processo de conversão tradicional, ilustrado pela figura 1, é amplamente utilizado na feitura de orçamentos convencionais e planos de obra, onde é explicitado apenas atividades de conversão, assim sendo, apenas atividades que agregam valor ao produto são documentadas (KOSKELA, 1992).

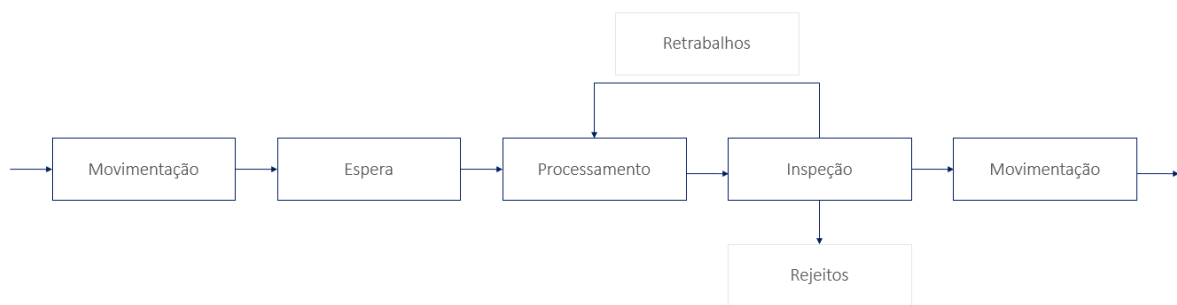
Segundo Koskela (1992), esse modelo de representação de processos, gera de forma enganosa ou falsa os três pontos listados abaixo:

- Não consideração dos fluxos físicos entre a atividade, onde boa parte dos custos são oriundas dessa etapa.
- O controle dos processos, da mesma maneira em que é estruturado, são controlados no subprocesso ao invés do controle global do empreendimento, o que, dessa forma, limita de maneira geral a eficiência.
- Não consideração dos requisitos do cliente final, o que gera produtos não adequados ao mercado, e, o valor do produto somente é obtida utilizando materiais de melhor qualidade nos mesmos processo de conversão.

O novo modelo conceitual é uma generalização de diferentes modelos sugeridos em vários campos, como o movimento *just in time* e a qualidade total

(TQM⁵). Segundo o modelo proposto por Koskela (1992), representado a seguir pela figura 2, atividades na construção civil podem ser divididas em atividades de conversão e atividades de fluxo. A primeira, são as atividades que de fato agregam valor ao produto, contudo, saber gerenciar as atividades de fluxo são de fundamentais para que se promova uma maior eficiência da construção. As atividades de fluxo podem aparecer na forma de transporte, movimentação ou espera.

FIGURA 2 – MODELO DE PROCESSO *LEAN*



FONTE: Koskela (1992).

O entendimento e consideração do fluxo, além de ser necessário ao controle e planejamento da produção é fundamental para a otimização de todo o processo e ajuda na tomada de decisão para eliminação de tudo aquilo que foi desviado do plano (MOREIRA, 2012).

2.7 CARACTERÍSTICAS DA ATUAL FORMA DE PRODUÇÃO

A construção apresenta algumas peculiaridades em relação a manufatura tradicional. O primeiro ponto é que a construção civil, via de regra, é uma indústria nômade, pois toda a estrutura de produção é deslocada para o canteiro de obras, de tal modo que essa mudança ocorre a cada novo produto. O segundo ponto diz respeito a movimentação dos funcionários. Na manufatura, o produto se movimenta através

⁵ TQM – Total quality management ou gestão da qualidade total, diz respeito a estratégia de gestão que visa em conscientizar todos de uma empresa da importância de agregar qualidade aos processos organizacionais.

do fluxo de produção. Já na indústria da construção civil, o funcionário é que se movimenta ao redor do produto (VENTURI, 2015).

Além disso, o setor é complexo. É composto por empresas de todos os portes, envolvendo desde empresas especializadas em mão de obra, gerenciadoras de obra, construtoras, empreiteiros e até mesmo abrange setores industriais, como a enorme gama de fornecedores de materiais. Ainda, há uma crescente melhoria nos equipamentos, técnicas construtivas e também materiais, além do aumento da inserção de tecnologias e formas de gestão. Contudo, ainda há uma certa resistência do setor, justamente por ser um dos setores industriais mais antigos e tradicionais.

De maneira geral, a construção civil sempre se caracterizou por absorver mão de obra desqualificada, onde o grau de escolaridade dos colaboradores costuma ser baixa ou inexistente. O treinamento costuma ser observado pelas empresas ainda como um grande custo, dessa forma o funcionário acaba aprendendo sobre o método produtivo na prática. A informalidade do setor cresce desde 2013, superando no ano de 2017 uma taxa de 6,6%, o que representa 4,1 bilhões de tributos que deixaram de ser arrecadados (SANTOS, 2017).

Os fatos acima listados geram inconformidades de qualidade nas construções, baixa produtividade, grande utilização do esforço humano bem como alto índices de perdas e retrabalhos. Nesse contexto, o conceito de aplicação do *lean* no setor a fim de suprir essa procura por desempenho e qualidade, atendendo às necessidades de clientes cada vez mais exigentes.

2.8 PRODUTIVIDADE DO SETOR DE CONSTRUÇÃO CIVIL

A produtividade pode ser entendida como uma razão direta entre o que foi produzido pelo recurso necessário à sua produção, podendo ser medida pela sua capacidade de geração ou agregação de valor (SINDUSCON, 2015). Portanto, ser mais produtivo na construção civil significa entregar mais com menos, ou seja, obter o mesmo produto utilizando menos recursos de mão de obra, material ou tempo por exemplo.

Entretanto, Zang (2012) afirma que a produtividade na construção é um dado de difícil mensuração, tendo em vista que é influenciado por múltiplos fatores e de forma interativa. Assim, o tema produtividade pode se estender à eficiência nas

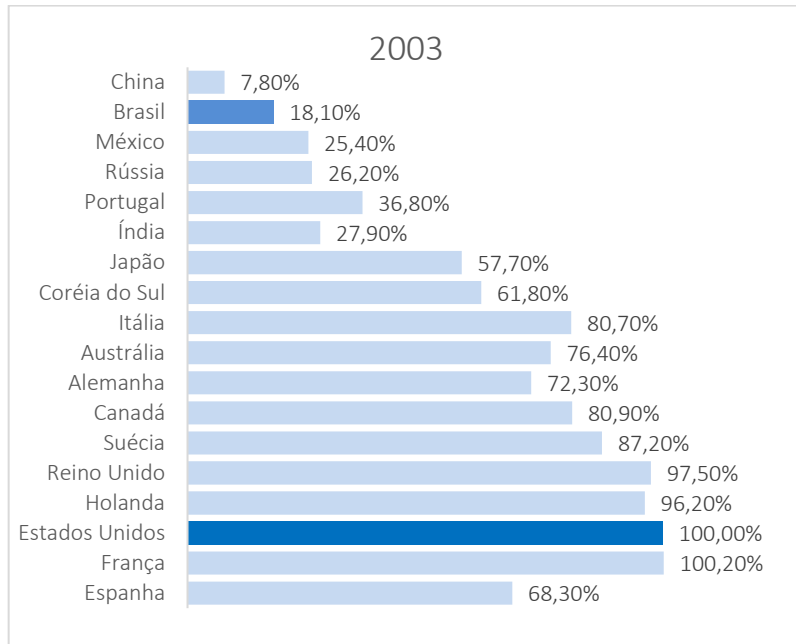
construtoras, incorporadoras, a relação com a macroeconomia e a influência da construção civil na produtividade global da economia.

Um estudo realizado pela FGV/IBRE e o SINDUSCON-SP, coletou dados de produtividade na construção civil, sendo balizado pelo fator trabalho. Assim, foi estimado a produtividade pelas horas trabalhadas ou número de funcionários entre os anos de 2003 e 2013. Com dados de produtividade da indústria de outros países, pode-se comparar a evolução da produtividade nesse período internamente ao mesmo tempo em que se tinha em paralelo o cenário internacional. Para tanto, essa análise teve como referência a produtividade dos Estados Unidos, representado por 100%, onde a produtividade dos demais países da amostra tinham como base esse índice de produtividade.

A produtividade na construção civil é fundamental para o crescimento econômico, tendo em vista que em todo o mundo o mercado imobiliário é tido como uma das principais fontes de investimento. Contudo, a produtividade da construção civil é quase sempre inferior à média econômica. Dos dados coletados dos países dessa pesquisa mostrados nos gráficos 4 e 5, foi constatado que em todo o período de análise houve uma diferença entre a produtividade da indústria da construção civil quando comparada a produtividade da economia global. Em média, a diferença de produtividade da construção civil passou de 1,4% em 2003 para 11,3% em 2013, revelando uma perda de produtividade do setor que foi acentuada ainda mais após a crise financeira de 2008 (SINDUSCON-SP, 2015).

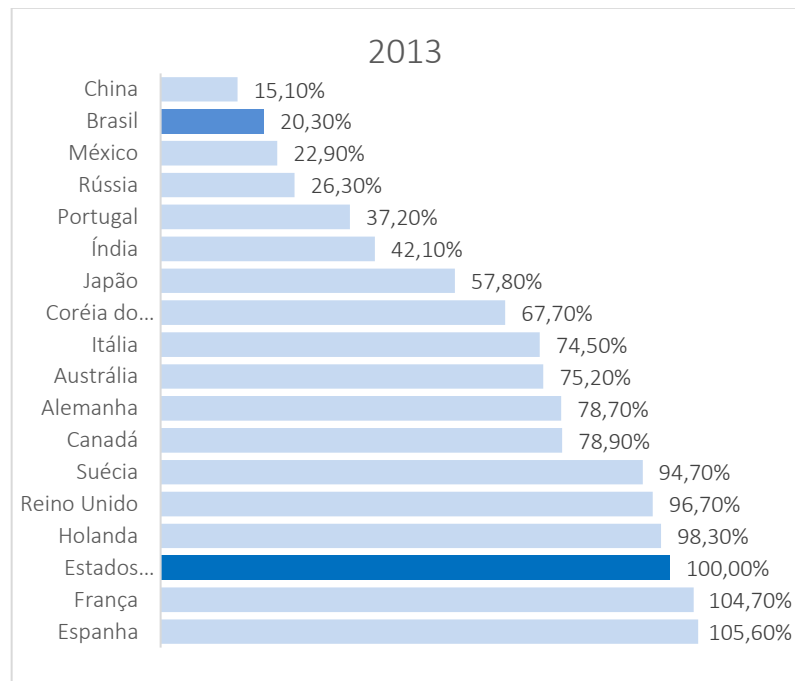
Ainda segundo a mesma pesquisa, no Brasil a produtividade da construção variou entre 32,5% a 31,7% a menos em relação à média da economia nesse período. Nota-se que este percentual é ainda menor em relação ao valor obtido da média dos países da amostra. Além disso, é possível perceber que nos países em desenvolvimento, o desnível entre a produtividade global e setorial é ainda maior. Os gráficos 4 e 5 comparam a diferença entre a produtividade de dezoito países, onde o parâmetro do valor de produtividade dos Estados Unidos é tomado como base. No ano de 2003, a produtividade brasileira foi de cerca de 71% menor em relação à média dos países desenvolvidos da amostra, diminuindo para 69,5%, mesmo após um forte crescimento setorial nesse período de dez anos.

GRÁFICO 4 – DIFERENÇA DE PRODUTIVIDADE NA CONSTRUÇÃO (2003)



FONTE: WIOD, Conference Board. Elaborado pela FGV, 2015.

GRÁFICO 5 – DIFERENÇA DE PRODUTIVIDADE NA CONSTRUÇÃO (2013)



FONTE: WIOD, Conference Board. Elaborado pela FGV, 2015.

De forma complementar, estudos da Mckinsey (2015) afirmaram que o crescimento da mão de obra do setor foi de 1% ao nos últimos 10 anos, enquanto que a economia como um todo foi de 2,8% e 3,6% na área industrial. Menos de 25% das

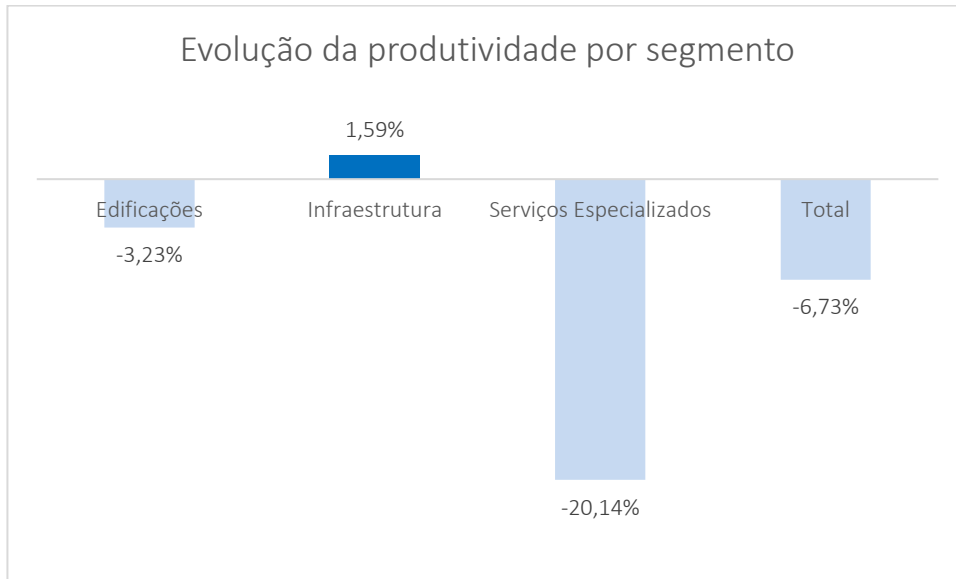
empresas do ramo conseguiram ter o mesmo nível de produtividade das economias em que estavam inseridas. Portanto, é possível perceber um duplo *gap*⁶ de produtividade. Mesmo em países desenvolvidos a produtividade da indústria da construção foi menor quando comparado à produtividade média. Já no Brasil é possível observar uma diferença ainda maior em relação a esses dois fatores discutidos. Em 2003, o valor agregado por trabalhador brasileiro na economia foi 77,2% menor que a média dos países desenvolvidos, enquanto que a diferença na construção chegou a 76,1% no ano de 2013.

Em uma análise mais profunda da construção civil brasileira, indica que existem 112 mil empresas ativas no ano de 2013, empregando quase 3 milhões de pessoas. Desse total, 47% são de pequeno porte, ou seja, aquelas com até 4 funcionários. Do valor agregado de R\$ 170,1 bilhões, o segmento de edificações representou 40,1% desse valor, enquanto que infraestrutura constituiu 38,6% e 21,3% de serviços especializados (SINDUSCON-SP, 2015).

A pesquisa anual da indústria da construção civil (PAIC), apontado no estudo da Sinduscon-SP (2015), revela que no período de 2007 a 2013 houve um crescimento setorial e aumento de valor agregado pelas empresas de construção em todos os segmentos: Edificações representou um crescimento de 79,4%, infraestrutura de 62,2% e serviços especializados 94%. Mas percebe-se um grande descompasso entre o aumento do valor agregado em relação ao aumento de produtividade. O gráfico 6 revela a evolução da produtividade do segmento de edificações, infraestrutura e serviços especializados como sendo -3,23%, +1,59% e -20,14% respectivamente.

⁶ Duplo *gap*: Do inglês, a palavra *gap* significa intervalo, separação, interrupção. A expressão duplo *gap* refere-se a dupla diferença de produtividade entre a economia global e o setor da construção civil brasileiro com os países desenvolvidos listados.

GRÁFICO 6 – PRODUTIVIDADE POR SEGMENTO (2007 A 2013).



FONTE: PAIC, (IBGE) (2015).

Como visto, existe uma grande discrepância de níveis de crescimento do setor da construção com a eficiência da mão de obra. Este problema, acarreta não somente problemas macroeconômicos, mas também uma redução de resultados operacionais de empresas do setor.

3 METODOLOGIA

O presente estudo, tem como objetivo analisar mediante o uso de dados de entrevistas e estudos de caso, o atual cenário de produtividade da indústria da construção civil, bem como o aumento da eficiência construtiva por meio da inserção da metodologia *lean*.

Para tanto, se fez necessário pesquisas para um embasamento teórico em livros especializados, trabalhos científicos, teses, *sites*, artigos e boletins informativos a fim de aprofundar o tema referencial *lean construction*. Já os dados apresentados no resultado deste trabalho foram obtidos por meio de um relatório técnico da *McgrawHill Construction* (2013), empresa norte americana que oferece serviços e ferramentas de inteligência de mercado imobiliário e plataformas colaborativas para construção civil, desenvolvido em parceria com a *Lean Construction Institute (LCI)*.

Além disso, o início da aplicação da metodologia *lean* em uma empresa nacional de construção na área de edificações residenciais populares também foi apresentado, a fim de validar a aplicação da metodologia dentro das peculiaridades da forma de produção nacional. Para tanto, o início das soluções apontadas por uma empresa de consultoria em *lean construction* serão reveladas.

A junção desses dados e informações, possibilitou a validação da eficácia dessa filosofia de gestão, como uma contramedida para o aumento de produtividade e qualidade de construções.

4 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

O presente trabalho, apresenta como resultado uma análise de uma pesquisa realizada pela empresa norte americana *McgrawHill Construction*, realizado em conjunto com o LCI, revelando dados sobre o conhecimento e difusão da metodologia *lean* na indústria, bem como um paralelo da percepção das empresas habituadas com a metodologia com aquelas que apresentavam baixo conhecimento ou desconhecimento sobre.

De forma complementar, é revelado o resultado de três construções que tiveram uma maior aplicação da construção enxuta, denominados neste trabalho como estudos de caso, que mostraram uma melhoria de cronograma, economia de mão de obra e redução de custos. Por fim, adentrando em possíveis soluções da aplicação *lean* na indústria nacional, contramedidas propostas por uma empresa de consultoria especializada em *lean construction* a uma empresa construtora curitibana serão apresentadas nesse trabalho.

4.1 METODOLOGIA DAS ENTREVISTAS REALIZADAS

A pesquisa realizada pela *McgrawHill*, é resultado da compilação de dados de entrevistas quantitativas e qualitativas realizadas com empresas construtoras e, empresas subcontratadas, comumente conhecidas como empreiteiras aqui no Brasil. Foram selecionadas 193 empresas previamente qualificadas para responder a pesquisa. Destas, 120 eram empresas que utilizavam a plataforma de inteligência e colaboração da *McgrawHill*, e, 73 eram empresas afiliadas ao *Lean Construction Institute*. A coleta de todos os dados que posteriormente serão apresentados, foram

coletados no mês de setembro de 2013, apresentando um nível de confiabilidade de 95%.

Para as empresas subcontratadas, foram selecionadas as seguintes áreas de atuação:

- Concretagem
- Contenção
- Instalações Elétricas
- Sistemas de calefação, ar condicionado e hidráulica
- Coberturas
- Construções metálicas
- Isolamento térmico
- Transportes verticais

O primeiro passo da pesquisa foi quantificar o grau de engajamento destas empresas, perguntando a familiaridade ou implementação de seis práticas *lean*:

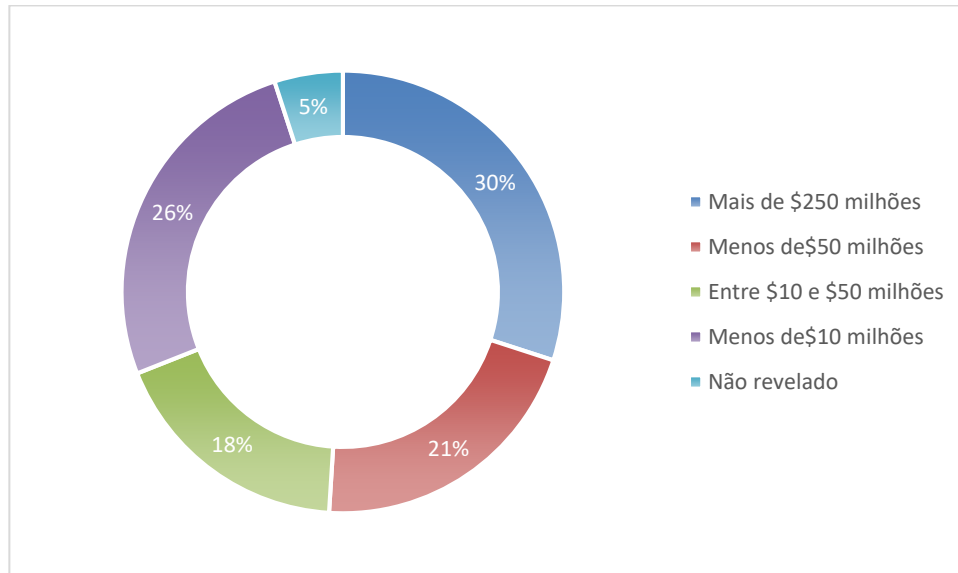
- *Just in time*
- *Last Planner System*
- *Lean Construction*
- *Pull planning*
- *Six Sigma*
- *Toyota Way* ou outras abordagens de fabricação

Com base nas respostas, as 193 empresas foram classificadas em três grandes grupos:

- Praticantes da metodologia *lean*: foram considerados praticantes aqueles que responderam afirmando que implementaram ao menos uma prática *lean* das seis listadas no questionário. Totalizaram 94 empresas, representando 49% da amostra que se enquadraram nesse grupo;
- Familiarizado com a metodologia *lean*: foram considerados nesse grupo aqueles que responderam conhecer ao menos uma prática, apesar de não a tê-la implementado. Totalizaram 57 empresas, representando 29% da amostra que se enquadraram nesse grupo;
- Não familiarizado com a metodologia *lean*: foram considerados nesse grupo aqueles que responderam não conhecer nenhuma das seis práticas apresentadas. Totalizaram 42 empresas, representando 22% da amostra que se enquadraram nesse grupo;

Pode-se também dividir as empresas, além das áreas de atuação e afinidade com a metodologia *lean*, caracterizando-as segundo o seu faturamento anual. O gráfico 7 revela o porte das empresas entrevistadas no estudo aqui descrito:

GRÁFICO 7 – PORTE DAS EMPRESAS ENTREVISTADAS



FONTE: *McgrawHill Construction* (2013).

Traçando um paralelo com o porte de empresas brasileiras, caracterizando-as segundo faixas de faturamento do BNDES e sem converter a moeda em real, 30% das empresas entrevistadas são caracterizadas como médias-grande, 39% como média e 26% como pequenas empresas (BNDES, 2010).

4.2 APRESENTAÇÃO DOS DADOS DAS ENTREVISTAS

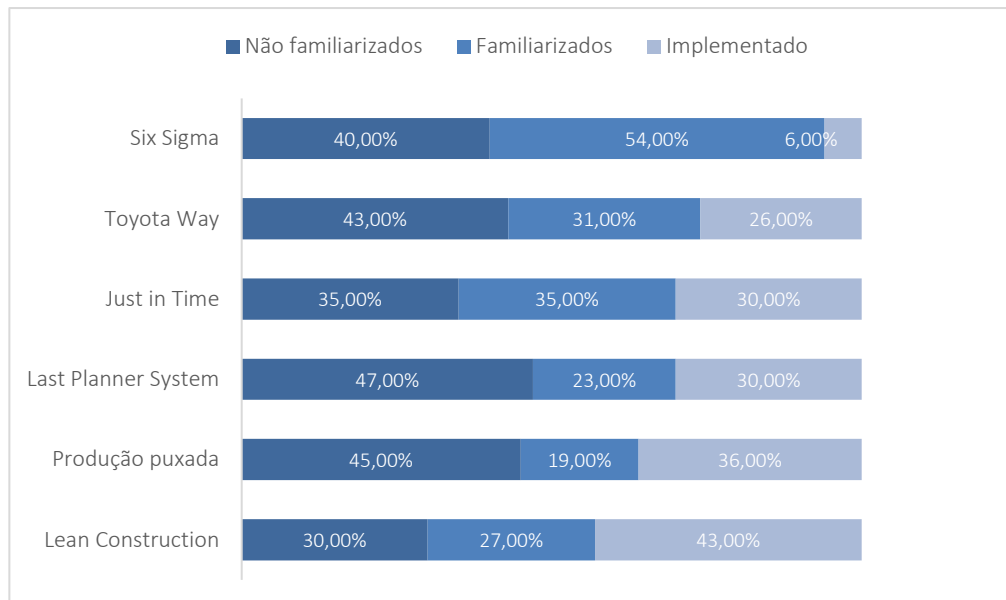
As entrevistas realizadas apresentaram resultados interessantes entre empresas que aplicam a metodologia, as que tem afinidade e empresas que não conhecem. Trazendo essa realidade para o Brasil, é esperado que os números sejam diferentes frente as empresas subcontratadas e até mesmo as construtoras, tendo em vista a baixa disseminação desta metodologia no país, diferente cultura e o método construtivo disseminado. Apesar disso, aspectos gerais da pesquisa irão ser revelados neste trabalho, apontando potenciais benefícios da prática.

4.2.1 Familiaridade com a metodologia

Embora existam inúmeras ferramentas *lean* já disseminadas para ajudar a indústria da construção civil a ser mais enxuta, alguma dessas como o *Six Sigma*, *Toyota Way* e *JIT*, são originadas na indústria da manufatura. Outras ferramentas, por sua vez, foram originadas de um conceito *lean*, mas foram desenvolvidas especificamente para a indústria da construção civil, como o *Last Planner System*®, desenvolvido pelo *Lean Construction Institute*.

Com base nessa pesquisa de familiaridade, a amostragem das empresas entrevistadas foi classificada em três grandes grupos, como já explanado na seção 4.1 deste trabalho. Os resultados observados no gráfico 8 a seguir, revelam que em média 28,5% das empresas implementaram de fato alguma ferramenta *lean*, 40% desconhecem as ferramentas, enquanto que 31,5% são familiarizados, mas não as aplicam. Assim, chega-se a um total de 61,5% de empresas que não aplicam sequer uma ferramenta ligada a metodologia.

GRÁFICO 8 – FAMILIARIDADE COM PRÁTICAS LEAN



FONTE: *McgrawHill Construction* (2013).

Tendo em vista o amplo conceito dessas práticas e as inúmeras ferramentas que estão ligadas a cada uma dessas, o percentual total de praticantes ainda é baixo, o que pode indicar a falta de conhecimento do setor sobre essa metodologia, ou até

mesmo a baixa profissionalização em técnicas de gestão na construção. Com base no resultado desse questionamento, os dados apresentados nas próximas seções serão advindos de pesquisas feitas com as empresas da amostragem praticantes *lean*, familiarizados com a metodologia e também com aqueles que a desconhecem.

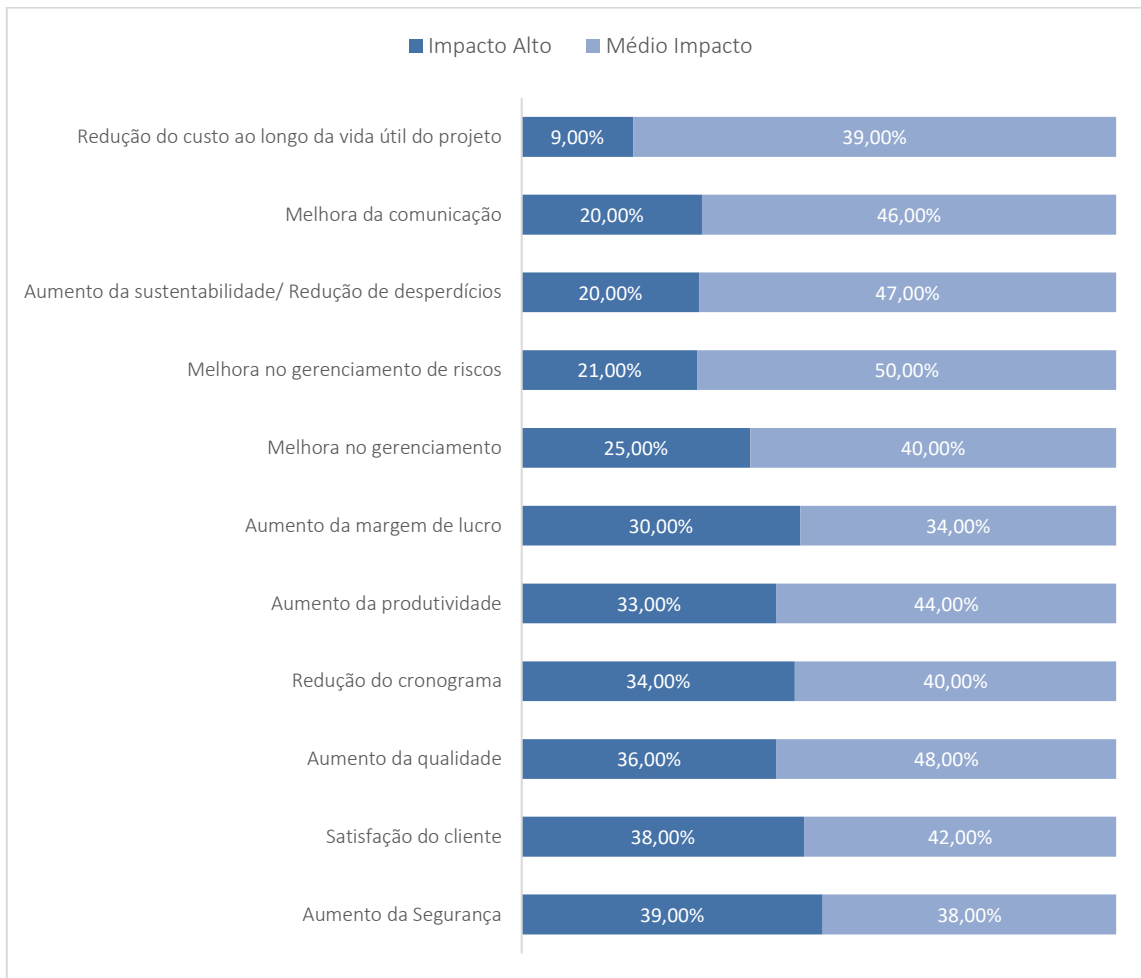
4.2.2 Benefícios da implementação *Lean*

A pesquisa realizada pela *McgrawHill Construction* (2013), revelou que ao menos 70% das empresas entrevistadas alcançaram resultados de médio impacto no negócio em seis benefícios listados no estudo.

Dentre os benefícios mostrados no gráfico 9, 92% das empresas que colocaram em prática ao menos 4 práticas *lean* indicaram como benefício um alto impacto na qualidade das obras, enquanto que esse benefício foi apontado por 75% das empresas que tinham 3 ou menos práticas em *lean*. Esse dado revela que o grau de engajamento *lean* da empresa tem uma relação diretamente proporcional com o aumento da qualidade das obras.

Além disso, um alto percentual de empresas que implementaram 4 ou mais práticas *lean*, também reportaram um alto impacto na redução de desperdícios e aumento da sustentabilidade das construções, representado por cerca de 78% das empresas, sendo que 58% dessas revelaram uma redução dos custos em todo o ciclo de vida do projeto (MCGRAWHILL CONSTRUCTION, 2013).

GRÁFICO 9 – BENEFÍCIOS ALCANÇADOS



FONTE: *McgrawHill Construction* (2013).

O aumento da segurança também foi um benefício listado entre os que tiveram maior impacto após a implementação *lean*. As empresas entrevistadas mostraram que inúmeras práticas contribuíram para um trabalho mais seguro, como um fluxo mais previsível de trabalho, locais mais limpos e organizados (5S), ergonomia e treinamentos para manuseios mais adequados de materiais e equipamentos. Em particular, a pré-fabricação e a modularização também foi elencada como uma prática para o aumento da segurança do trabalho, uma vez que o ambiente passa a ter condições mais controladas. Como mostrado no gráfico 9, 39% elencaram o aumento da segurança com alto impacto no negócio, enquanto que 38% colocaram um médio impacto para esse benefício.

Ainda, há outros benefícios não listados no gráfico, apontado por um construtor entrevistado: “A maior recompensa da aplicação *lean* é o engajamento de todos os funcionários. Eles ficam empolgados em entrar e fazer as atividades todos

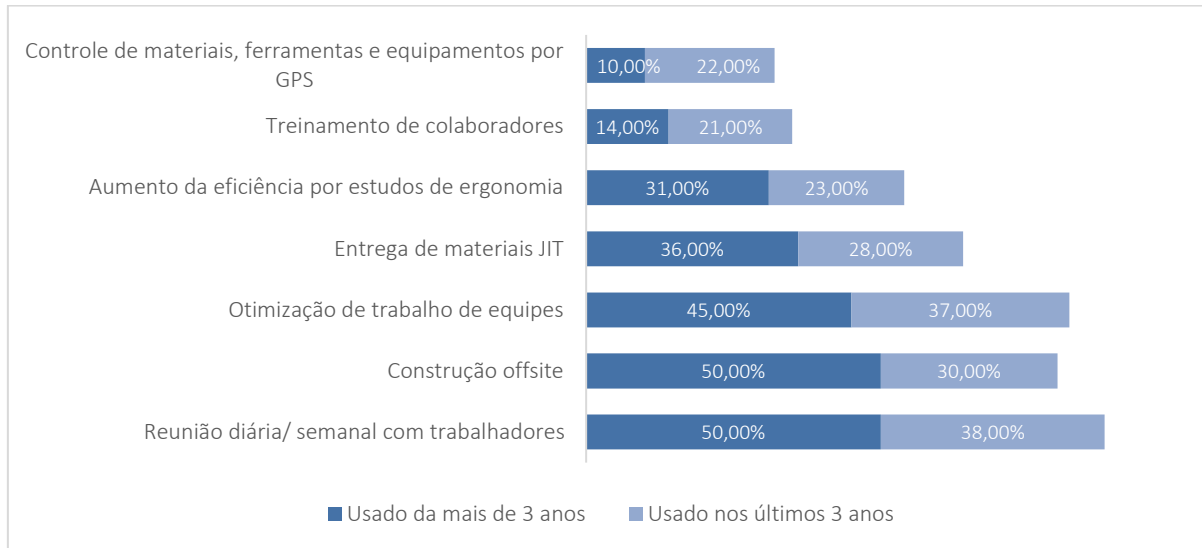
os dias. Isso se transforma em uma maior qualidade e uma maior segurança. Além disso, um outro benefício de difícil mensuração é que a cultura de inovação se mantém ativa na empresa”.

4.2.3 Técnicas utilizadas para aumentar a eficiência

Mesmo antes de uma abordagem enxuta formal aplicada no contexto da construção, práticas que visam aumentar a eficiência de processos de maneira global já vêm sendo aplicadas há mais tempo. Uma prática muito comum são reuniões com periodicidade diária ou até mesmo semanal, onde são participantes integrantes da equipe de engenharia e também operários da construção. É percebido que empresas já habituadas com a prática *lean*, utilizam essa ferramenta há mais de 3 anos, enquanto que empresas familiarizadas ou não, a usam em média menos que 3 anos. Reuniões no local de trabalho podem ser boas para aumentar a produtividade do funcionário, aumento das técnicas de segurança e até mesmo para otimização de equipes.

Como mostra o gráfico 10, a penúltima técnica consiste na pré-fabricação ou utilização de construções *offsite*. Segundo o relatório da *McGrawHill Construction* no ano de 2013, cerca de 80% das empresas subcontratadas que foram entrevistadas no estudo abordavam de algum nível a utilização dessa técnica. Percebe-se, portanto, que a pré-fabricação não é uma técnica exclusiva *lean*, mas estudos mais aprofundados revelam que muitas empresas *lean* consideram a pré-fabricação uma estratégia essencial para a eliminação do desperdício nos processos de construção (MCGRAWHILL CONSTRUCTION, 2013).

GRÁFICO 10 – TÉCNICAS USADAS PARA AUMENTO DA EFICIÊNCIA



FONTE: *McgrawHill Construction* (2013).

A capacidade de coletar dados diretamente do canteiro de obras tem tomado cada vez mais força, uma vez que sua análise pode fomentar *insights* ou melhorias expressivas na implantação *lean*. Nesse contexto, algumas práticas são emergentes no mercado, como por exemplo o monitoramento de funcionários, equipamentos e até mesmo materiais por meio de equipamentos GPS. O uso dessa informação agrupado por mais de um projeto, pode trazer a causa raiz de ineficiências e desperdícios de processos construtivos.

4.3 ESTUDOS DE CASO

De uma forma mais prática, será apresentado brevemente nesta seção, três estudos de caso de obras americanas que utilizaram técnicas de fabricação *offsite* em conjunto com a metodologia *lean* a fim de obter melhores resultados. Todos estes estudos, assim como as entrevistas já apresentadas, foram descritos no relatório da *McgrawHill Conctruction*, produzido no ano de 2013. Os três apresentaram de maneira quantitativa melhores resultados após a implementação de ferramentas *lean*. As obras apresentadas como estudo de caso a seguir são três obras hospitalares nomeadas por Hospital Saint Joseph, Hospital St. Elizabeth e o bloco de pesquisas da UCSF.

4.3.1 Obra da UCSF

A empresa subcontratada para executar as instalações elétricas do bloco de pesquisas da Universidade da Califórnia (UCSF), localizada na cidade de San Francisco na Califórnia, sempre se orgulhou por ser vanguardista no uso de novas tecnologias e inovação. Para esta obra, a empresa montou uma equipe interna a fim de criar estudos de como melhorar o orçamento e cronograma de suas obras. Como resultado, uma das abordagens que decidiram seguir foi o VSM⁷ (MCGRAWHILL CONSTRUCTION, 2013).

A ferramenta VSM, também conhecida por mapeamento de fluxo de valor (MFV), surgiu com o manual de John Shock e Mike Rother, denominado de *Learning to see* (Aprendendo a enxergar). É percebido que as empresas que já são habituadas com a melhoria contínua, via de regra não focalizam essa melhoria de forma sistemática. Além disso, o fluxo de valor é apontado por Womack, como um dos princípios fundamentais à transformação *lean*, contudo, até então ainda faltava uma ferramenta para que se pudesse enxergar processos de agregação de valor de forma horizontal. O VSM surge a fim de suprir os dois últimos pontos apresentados, permitindo uma análise que vai além da tradicional divisão departamental, enfatizando atividades que criam valor ao produto em uma conexão que vai dos fornecedores ao cliente final (FERRO, 2005).

O VSM foi utilizado pela empresa deste estudo de caso a fim de analisar especificamente o processo de instalação de lâmpadas fluorescentes. Segundo o relatório da *McgrawHill Construction* (2013), para realizar este mapeamento foi necessário ir a campo a fim de descrever todas as atividades que compunham o processo atual de montagem das luminárias, para que se possa ter como resultado do diagnóstico de processos que são considerados como desperdícios nessa etapa de montagem. Nesse diagrama é cronometrado o tempo de todas as atividades: daquelas que agregam valor ao produto, aquelas que não agregam. Por isso, é fundamental que o ritmo e o processo de montagem não sejam influenciados pela cronometragem, a fim de que o dado se torne preciso para o embasamento de melhorias e tomadas de decisão. Como resultado, a empresa constatou que 9 dos

⁷ VSM – *Value Stream Mapping*

processos colocados no mapeamento poderiam ser otimizados, desperdícios eliminados e etapas antes feitas no local de instalação, poderiam ser executadas pela própria empresa fabricante da luminária.

Um mapeamento do estado futuro também foi desenhado a fim de tornar mais claro onde era necessário chegar. Portanto, percebe-se que esta ferramenta é apenas um meio que permite melhorar o desempenho de uma organização, que pode ser considerado como o verdadeiro fim (FERRO, 2005). Assim, foi identificado que poderia se eliminar um tempo substancial de instalação por luminária, levando alguns processos para uma etapa de pré-fabricação desse produto. Uma proposta permitiu que a empresa fabricante das luminárias produzisse um acessório, sem custos adicionais, a fim de otimizar o processo de instalação na obra (como mostra a figura 3).

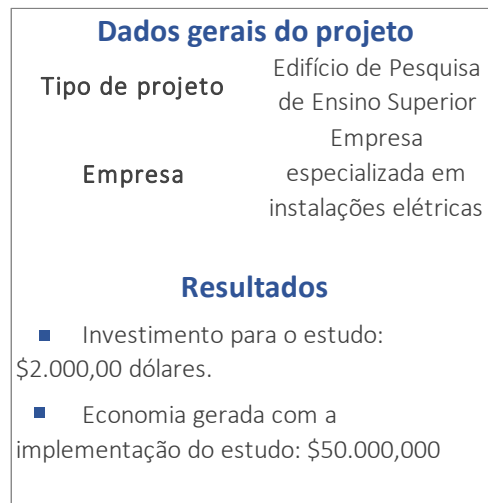
FIGURA 3 – PROCESSO MAIS EFICIENTE NAS INSTALAÇÕES



FONTE: *McgrawHill Construction* (2013).

O resultado da aplicação do estudo foi a redução do orçamento inicialmente fixado. Com a eliminação do desperdício e otimização do processo de montagem identificados através do VSM, foi possível reduzir 15 minutos de montagem por luminária de um total de 2000. Assim, um total de 500 homem-hora foram reduzidos do orçamento inicial, o que representou um total de 50.000,00 dólares.

FIGURA 4 – RESULTADOS DO PROJETO



FONTE: *McgrawHill Construction* (2013).

Como apontado pela figura 4, o resultado da aplicação da ferramenta teve um ótimo retorno em vista o valor despendido com o estudo para realizá-lo, mesmo que a parcela economizada não tenha grande influência frente ao orçamento total da obra.

4.3.1.1 Análise crítica do estudo de caso

A obra da UCSF, não demonstrou uma aplicação intensa da metodologia *lean*, mas sim mostrou o resultado da aplicação de apenas uma ferramenta em uma etapa de toda a construção. O mapeamento de fluxo de valor se revelou eficiente quando comparado o custo despendido ao estudo com o resultado gerado da aplicação.

É percebido que muitas empresas ao iniciarem a aplicação da metodologia, aplicam ferramentas *lean* de forma isolada, sem que de fato transformem todo o processo em um fluxo mais enxuto, assim, resultados satisfatórios não são alcançados. A aplicação do VSM se mostra fundamental para a aplicação inicial da metodologia *lean*, tendo em vista que muitos dos princípios da filosofia estão ligados à eliminação de desperdícios. O mapeamento é capaz de rastrear de maneira global todas as atividades que agregam e que não agregam valor ao produto final, passando por processos ligados a cadeia de fornecedores a entrega ao cliente. Dessa forma, uma transformação e reestruturação interna se tornaria viável, uma vez que o mapeamento rompe a ideia departamental, trazendo à tona a ideia de fluxo.

Para um resultado mais significativo, a empresa deste estudo de caso poderia ter aplicado a ferramenta em uma análise global de todo o processo de construção e não apenas de uma etapa isolada. O custo despendido com o estudo com certeza seria mais alto, contudo, seria possível identificar mais processos que não agregam valor ao produto a fim de eliminá-los, trazendo uma economia ainda maior para projeto.

4.3.2 Obra do Hospital St. Elizabeth

Este estudo de caso, relatado pela *McgrawHill Construction* (2013), mostra dados da obra de uma torre hospitalar de 5 pavimentos, localizada na cidade de Appleton, em Wisconsin. A principal técnica utilizada pela construtora, que já trabalha com a metodologia *lean* há mais de dez anos, foi a utilização de painéis pré-fabricados. Segundo a empresa, a utilização da pré-fabricação foi uma saída para redução de custos de obras, melhora no cronograma, aumento da segurança e até mesmo melhorar a qualidade das construções.

Conforme o relato da empresa que executou o hospital, existem dois fatores principais que contribuem com a coordenação intensiva da pré-fabricação: um processo de planejamento disciplinado e uma abordagem integrada à entrega do projeto (MCGRAWHILL CONSTRUCTION, 2013). É muito importante que a decisão de qual nível de pré-fabricação a obra terá, onde o embasamento deverá ser através de reuniões colaborativas com todos os projetistas. A empresa relata que este tipo de decisão é sempre fundamentado através do A3, método desenvolvido na Toyota para resoluções de problemas de uma forma mais eficiente. O relatório é assim chamado, pois é executado em uma folha de papel de tamanho A3, correspondente ao tamanho de duas folhas A4, preenchido à mão. Apesar de ser sucinto se mostra uma ferramenta poderosa. A ferramenta documenta os resultados chave das soluções dos problemas relatados de maneira concisa e apresenta de maneira objetiva o entendimento e acompanhamento do trabalho proposta a sanar estes problemas (SOBEK, 2006).

Segundo o relatório *Mcgrawhill Construction* (2013), na quarta e última fase de expansão do hospital St. Elizabeth, o proprietário do projeto trouxe em uma reunião realizada com os construtores que os ganhos com a construção *offsite* precisariam ser ainda maiores. Assim, o construtor explorou ao máximo soluções logísticas e

parceiros comerciais que pudessem customizar o produto pré-fabricado quando requisitado pelo cliente. A figura 5 a seguir mostra os painéis pré-fabricados que foram utilizados como solução para a obra do hospital.

FIGURA 5 – PÁINEIS PRÉ-FABRICADOS PRONTOS PARA A INSTALAÇÃO



FONTE: *McgrawHill Construction* (2013).

O planejamento foi fundamental para determinar o tempo exato de instalação de cada painel, bem como o tempo logístico deste material. Assim, foi calculado de maneira precisa desde o tempo em que seria necessário recolher os resíduos provenientes desse processo construtivo, até mesmo o tempo de subida e descida de escadas dos funcionários. Como consequência de todas as medidas adotadas, a empresa conseguiu os seguintes resultados demonstrados na figura 6.

FIGURA 6 – RESULTADOS DO PROJETO

Dados gerais do projeto	
Tipo de projeto	Hospitalar
Ínicio da demolição	2012
Resultados	
Paredes pré-fabricadas	
■	Redução da mão de obra de 24 horas para 7 por parede
Banheiros pré-fabricados	
■	Redução da mão de obra onsite de 9,5 horas para 3, com uma redução total (offsite e onsite) de 1 hora de trabalho por banheiro.

FONTE: *McgrawHill Construction* (2013).

4.3.2.1 Análise crítica do estudo de caso

O presente estudo de caso apresenta de forma mais rasa as soluções adotadas, com isso o paralelo com a metodologia *lean* também não pode ser aprofundado de uma forma adequada. Neste relato percebe-se um grande aumento de produtividade nos dados apresentados na figura 5, na ordem de uma redução aproximada de 70% no tempo de instalação *insite* dos painéis que foram justificados com uma melhora no planejamento, cronograma e estudos logísticos da entrega das peças.

Segundo o relato, o estudo dos movimentos dos funcionários durante a obra, dos painéis e de seu transporte, permitiu um trabalho muito focado no segundo princípio *lean*: fluxo de valor. Estes focaram na eliminação dos movimentos desnecessários, conseqüentemente, atividades que não agregam valor ao produto. A escolha do parceiro comercial que permitia customizar os painéis fabricados está conectado diretamente com o princípio de valor, onde o valor do produto pode ser aumentado através da consideração sistemática do cliente.

Outro ponto interessante colocado por este estudo de caso foi na utilização da ferramenta A3 pela construtora. Esta ferramenta, criada e desenvolvida pela Toyota para a resolução de problemas, está conectada com vários dos princípios *lean* já discutidos, mas principalmente com a melhoria contínua de processos, através da resolução de problemas pela sua causa raiz.

4.3.3 Obra do hospital Saint Joseph

O terceiro estudo de caso da *McgrawHill Construction* (2013), diz respeito à obra pública do hospital Saint Joseph, localizada na cidade de Denver no estado de Colorado. Com um *deadline*⁸ curta imposta pelo governo, estratégias de colaboração, pré-fabricação e modularização foram implementadas a fim de suprir a demanda de entrega dentro do cronograma. Tal estratégia permitiu a entrega da obra de pouco mais de 77 mil metros quadrados em 30 meses, 5 meses antes do cronograma proposto inicialmente.

⁸ *Deadline* – Prazo final de entrega do projeto.

Os elementos pré-fabricados foram divididos em quatro frentes principais: painéis de parede externa, banheiros modularizados, paredes internas e *racks* pré-fabricados de elementos de instalações nos corredores. O processo foi iniciado pelos painéis externos de tal modo que, puderam seguir em pouco tempo com os elementos pré-fabricados internos (MCGRAWHILL CONSTRUCTION, 2013). A execução, foi realizada como a grande maioria das construções brasileiras, através da subcontratação de serviços por empreiteiras. Contudo, foram utilizados conceitos integrados de entrega, onde foram previstos incentivos nesse acordo de colaboração, ao mesmo tempo em que foi implementado o uso da tecnologia BIM para planejamento e mapeamento dos processos de construção. A colaboração juntou projetistas com as empresas subcontratadas de execução a fim de identificar e eliminar possíveis retrabalhos na etapa de execução.

Para a finalização da obra, foram utilizados 166 *racks* pré-fabricados de instalações, como ilustrado a seguir pela figura 7, os quais foram montados em um galpão e transportados por caminhão para a montagem seguindo o modelo *just in time*. Totalizaram também, 346 painéis externos, cada um medindo aproximadamente 9 metros por 4,5 metros, que da mesma forma também foram transportados por caminhão até o local da instalação. Ao chegar o caminhão com aproximadamente 5 ou 6 painéis, cada unidade era prontamente içada e instalada diretamente do veículo. A produção diária girava em torno de 26 painéis instalados (MCGRAWHILL CONSTRUCTION, 2013).

FIGURA 7 – UTILIZAÇÃO DE PEÇAS MONTADAS OFFSITE



FONTE: *McgrawHill Construction* (2013).

A edificação contou com um total de 640 banheiros, dos quais 440 tiveram uma adaptação de projeto para que fossem modularizados e padronizados em um único padrão. O projeto original era constituído por 75 configurações de banheiro, onde, após reuniões entre projetistas, gestores de obra e empresas subcontratadas, alteraram para apenas 15 configurações finais (MCGRAWHILL CONSTRUCTION, 2013).

Segundo o relatório da *McgrawHill* (2013), a obra do hospital Saint Joseph foi a precursora no uso de *racks* pré-fabricados de instalações prediais e que resultou em uma medida de alto impacto após a sua adoção, pois esse serviço representava um dos gargalos no planejamento da obra em sua concepção original. Os *racks* contaram com a colaboração de mais de uma empresa, tendo em vista que envolvia mais de um tipo de instalação e isolamento térmico em sua composição. Sua construção, foi planejada de tal modo que a sua produção mantivesse um fluxo contínuo e constante de montagem, sem apresentar vales, picos ou qualquer flutuação na demanda de mão de obra. Além disso, pode-se notar que a medida foi eficiente para a segurança aos trabalhadores, uma vez que esses módulos eram montados ao nível do solo dentro de um galpão, com condições mais adequadas e estáveis de trabalho quando comparado a uma montagem *in loco*.

Na figura 8, é mostrado alguns dados básicos do projeto, bem como resultados obtidos com a implementação de novas metodologias de gestão e técnicas de construção.

FIGURA 8 – RESULTADOS DO PROJETO

Dados gerais do projeto	
Tipo de projeto	Hospitalar
Área construída	77 mil m ²
Ínicio da demolição	dez/11
Entrega	jun/14
Resultados	
Redução do cronograma em pelo menos 5 meses utilizando técnicas colaborativas e elementos pré-fabricados e modularizados, que incluem:	
■	166 racks de instalações prediais
■	376 paredes pré-moldadas
■	440 módulos de banheiro
■	346 painéis de fachada

FONTE: *McgrawHill Construction* (2013).

4.3.3.1 Análise crítica do estudo de caso

Percebe-se que as medidas adotadas impactaram diretamente no cronograma da obra do hospital Saint Joseph. Mensurando, é possível obter uma melhora de aproximadamente 15% em relação ao cronograma inicial, o que representou um aumento da produtividade na ordem de 385 m² construídos por mês e 11.500m² ao final da obra. Mesmo não sendo um percentual muito alto, em função do porte da obra, gerou ao final uma diferença significativa em metragens quadradas que foram otimizadas. Observando as medidas adotadas pelo construtor, percebe-se que muitas dessas se enquadram em princípios da filosofia *lean*.

Analisando os elementos pré-fabricados, foi necessário a colaboração de várias equipes na execução, onde o processo construtivo foi otimizado através do planejamento por linhas de balanceamento, permitindo um fluxo contínuo de operação. A fabricação *offsite* foi puxada pela obra, desse modo, os estoques eram muito baixos ou inexistentes nos galpões. A entrega e montagem na obra ocorreu de forma *just in time*, onde os painéis e *racks* eram içados do caminhão e levados diretamente ao local de montagem, o que reduziu conseqüentemente estoques em obra e movimentações desnecessárias de materiais, listados como desperdícios pelo STP.

As reuniões com os *stakeholders*⁹ dessa construção, permitiu um ciclo de melhoria no processo através da padronização do projeto dos banheiros ao mesmo tempo que se aumentou o valor para o cliente com a redução do *lead time*. A modularização também permitiu a simplificação pela redução de passos necessários à instalação, o que representa um dos onze princípios *lean* de Koskela.

4.4 OPORTUNIDADES DA IMPLEMENTAÇÃO LEAN NA BRASIL

Como visto na seção 2.8 deste trabalho, dedicada exclusivamente ao debate de índices de produtividade, o Brasil apresenta uma produtividade global baixa em relação a outros países e o índice é ainda menor quando estudados índices da construção civil. Já nos tópicos apresentados nos resultados deste trabalho, dados de

⁹ *Stakeholders* – Todas as partes interessadas de um projeto.

entrevistas e estudos de caso de construtoras norte americanas que aplicaram a metodologia *lean*, mostraram benefícios e quantificaram as melhorias de redução de custos e prazo após a aplicação. Mas é percebido que ainda há uma diferença entre a indústria da construção civil norte americana com a brasileira. A indústria, analisando um contexto de construção de edificações, por questão de custo, normativas de métodos construtivos, conservadorismo de construtores e até mesmo cultura do consumidor final, impõem um método construtivo ainda muito artesanal. Mas então, como aplicar uma nova metodologia, que acredita em uma melhoria contínua, pensamento constante na redução de desperdícios nesse contexto?

Nesta seção, visa apresentar o início da aplicação da metodologia *lean* por uma empresa de consultoria especializada em *lean construction* (denominada neste trabalho por empresa Y), contando com a participação do autor deste trabalho, em um grupo empresarial curitibano focado no segmento de edificações residenciais populares, aqui neste trabalho denominado por empresa X. O diagnóstico inicial apresentado pela empresa de consultoria iniciou pelo conhecimento dos principais processos e responsáveis da empresa, identificação de todos os gargalos a fim de propor um plano de projeto e priorizar ações. Para a apresentação do diagnóstico, foram realizadas 20 entrevistas e 6 *gembas*¹⁰ em obra durante o período de uma semana, no mês de setembro de 2019. A escolha da contratação de uma consultoria se deu pelo fato de a empresa X querer rever seus processos internos e buscar alternativas de desenvolver a cultura como foco nas melhorias através da metodologia *lean*.

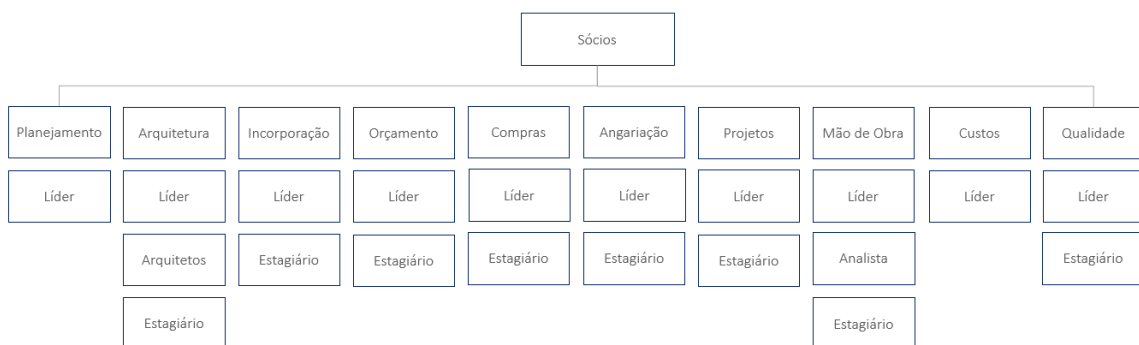
Para contextualizar um pouco sobre o cenário e as soluções apresentadas pela consultoria, uma breve apresentação da empresa é necessária. A empresa X, com sede em Curitiba, tem como principal objetivo incorporação, construção e vendas de unidades residenciais de padrão popular, localizados em Curitiba e região metropolitana. Teve um crescente faturamento nos últimos anos: em 2016 teve um faturamento de R\$ 9 milhões, em 2017 foram R\$ 21,4 milhões e em 2018 R\$ 36,6 milhões de reais. O crescimento acelerado foi fruto de uma boa estratégia comercial, com um ritmo acelerado nas vendas. Porém, as operações e o resultado operacional foram constatados como abaixo do esperado.

¹⁰ Gemba – Palavra de origem japonesa que significa “o verdadeiro lugar”. Na indústria pode-se trazer como sendo o lugar em que ocorre a produção.

A empresa X, com pouco mais de 150 funcionários no ano de 2019, ainda opera em silos organizacionais. Segundo o site da *constructapp*, os silos organizacionais ocorrem quando os setores internos não apresentam uma comunicação eficiente e não cooperam entre si para que o objetivo do negócio seja atingido. Quando se analisa um silo, percebe-se que esse é capaz de armazenar de maneira eficiente grãos, mas quando olhamos um conjunto de silos, cada um guarda seu grão e esses permanecem separados durante todo o tempo. Além disso, a falta de confiabilidade nos processos compromete a integração obra e escritório. A aplicação *lean* além de abranger o *core business*, que de fato é a construção de uma edificação em uma empresa construtora, deve se estender para todo o *back office*, uma vez que processos de obra e escritório estão intrinsecamente ligados e o aumento global da eficiência é resultado de um engajamento de todas as partes com a metodologia. É percebido que muitas empresas ao aplicarem algo da metodologia, não a aplicam como um todo, mas sim aplicam ferramentas isoladas, as inserindo em um contexto de processos departamentalizados, onde a falta de integração e quebra de fluxo, gera resultados não muito satisfatórios.

A figura 9 mostra o atual organograma da empresa X, revelando uma grande departamentalização da empresa e incongruências como líderes sem liderados. Além disso a grande horizontalização do organograma faz com que todas as disciplinas tenham reportes direto aos sócios da empresa.

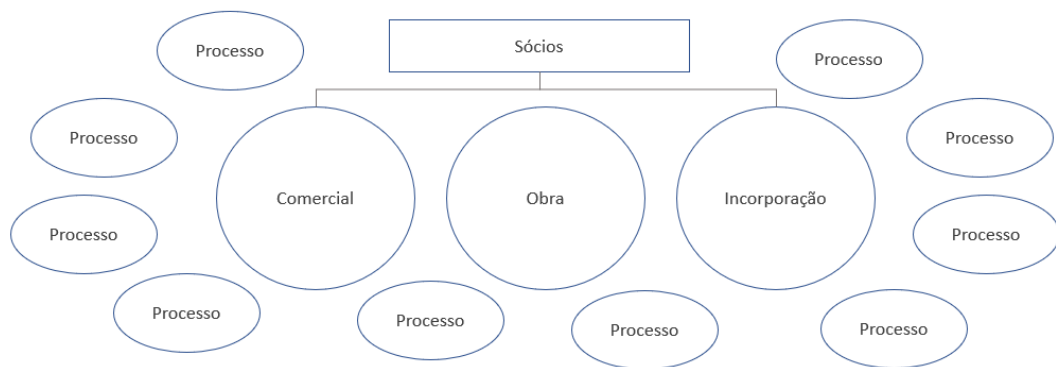
FIGURA 9 – DEPARTAMENTALIZAÇÃO DA EMPRESA X.



FONTE: Adaptado da empresa Y (2019).

Assim, a fim de tornar os fluxos mais contínuos de trabalho dentro das rotinas de escritório, um novo organograma foi proposto pela empresa de consultoria Y, separando a construtora em 3 grandes diretorias ligadas a processos e não mais departamentos, como mostrado na figura 10 a seguir:

FIGURA 10 – ORGANOGRAMA PROPOSTO



FONTE: Adaptado da empresa Y (2019).

Outro ponto que foi levantado pela empresa de consultoria são os prazos dilatados para lançamento do empreendimento e execução da obra. Que mesmo sendo ampliado, a empresa X apresenta em média de 3 meses de atraso nas entregas das obras em relação ao cronograma planejado. Aliado ao problema de prazo, processos de qualidade em desenvolvimento foram as causas para falhas de execução, retrabalhos e elevados custos no final das obras.

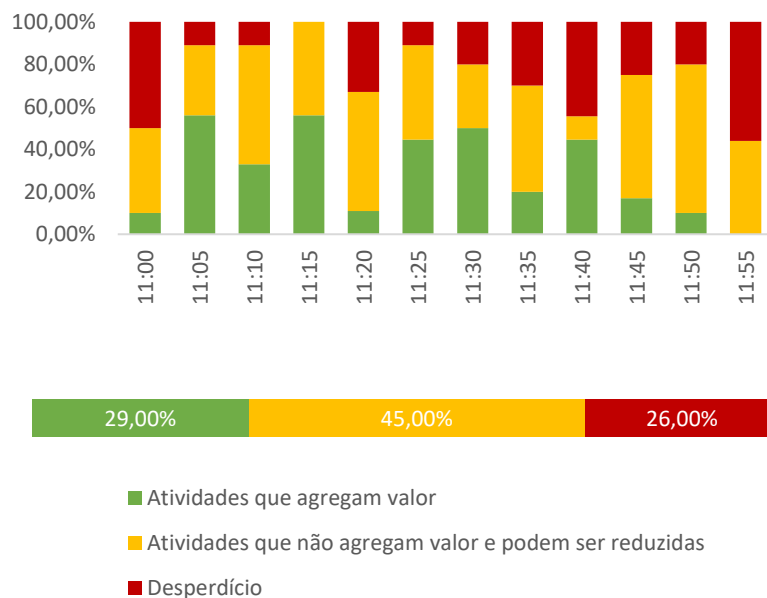
4.4.1 Diagnóstico das obras

Como comentado na seção 4.4 deste trabalho, a empresa de consultoria *lean* que além da realização das entrevistas, visitou no período de diagnóstico 4 das 6 obras em andamento da empresa X, aqui denominadas por obras A, B, C e D. Nas visitas foram realizadas observações e medições de tempo a fim de compreender níveis de eficiência através da agregação de valor nas mais diversas etapas de obras. As medições tiveram uma duração aproximada de 1 a 2 horas em cada uma das obras. Dados de tempo de agregação e não agregação de valor foram coletados.

As atividades que não agregavam valor ao produto foram subdivididas em dois grupos: atividades que não agregam valor e podem ser totalmente eliminadas e atividades que não agregam valor, mas que não podem ser eliminadas, apenas reduzidas. Pode-se citar atividades que se enquadram no último grupo as atividades de transporte. Otimizações no método de transporte de materiais no interior da obra, um planejamento mais eficiente e estudos de *layout* podem contribuir com a redução do transporte dentro de uma construção, contudo, a atividade que não agrega valor ao produto final não pode ser eliminada por completo.

O gráfico 11, do tipo *yamazumi*, mostra os dados de medição por um período aproximado de uma hora, na obra A que estava na fase de montagem de formas. Na barra horizontal, os valores apresentam uma média das medições dos dados mostrados nas barras verticais. É possível observar que uma pequena parcela das atividades de fato agregava valor ao produto, correspondente à 29% de todo o tempo despendido nesta etapa. Ainda, é possível observar que existe uma oportunidade de melhoria de 26% nas atividades que não agregam valor ao produto e podem ser totalmente eliminadas, e, uma redução do percentual de 45% que expressa atividades que não são possíveis serem eliminadas, apenas reduzidas.

GRÁFICO 11 – MEDIÇÃO DE AGREGAÇÃO DE VALOR NA OBRA A.



FONTE: Adaptado de empresa Y (2019).

A figura 11 mostra o *status* da obra A em que a medição foi realizada. Nesse estudo, foi constatado que materiais estavam estocados em rotas de circulação diária dos operários, fazendo com que esses tivessem dificuldades ou alterassem a rota para que pudessem se locomover de um local para outro. Além da falta de planejamento de canteiro, havia uma falta de gestão visual nos materiais ali estocados.

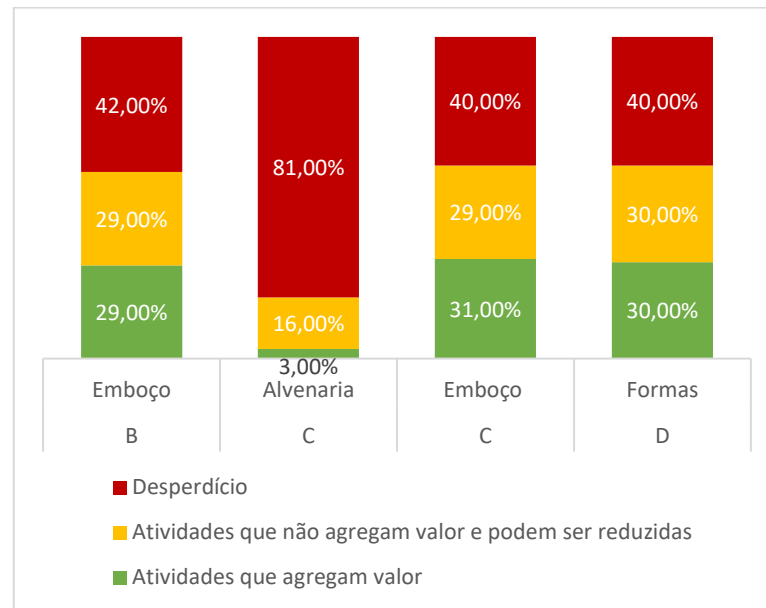
FIGURA 11 – MONTAGEM DE FORMAS DA OBRA A



FONTE: O autor (2019).

Sobre as outras obras, o gráfico 12 mostra além da etapa de construção, o percentual de tempo médio gasto em atividades que agregam e também não agregam valor ao produto final.

GRÁFICO 12 – AGREGAÇÃO DE VALOR NAS OBRAS B,C E D.



FONTE: Adaptado de empresa Y (2019).

Percebe-se que o valor médio de agregação de valor gira em torno de 30% independente da obra, tipo de serviço ou empresa subcontratada que estava produzindo. No serviço de alvenaria da obra C o valor foi ainda menor. Foi relatado que a empreiteira responsável pelo serviço estava apenas produzindo contramarcos, mas que teve uma parada geral decorrente de uma falta de materiais.

4.4.2 Apresentação das soluções

Dado os problemas identificados, foram elencados 4 pontos pivôs pela empresa de consultoria, como propostas de soluções a serem implementadas ainda no ano de 2019:

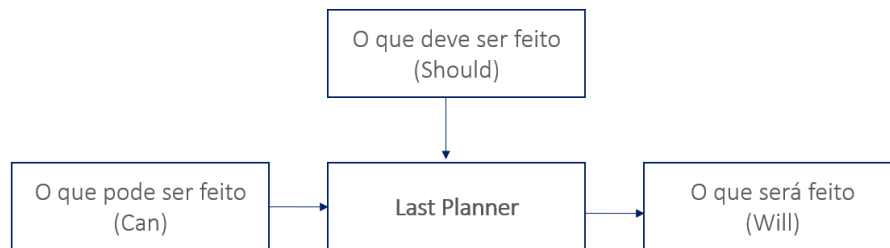
- *Last planner* como integrador de processos;
- *Quick Wins* de suprimentos;
- *Last Planner* de projetos;
- Treinamentos;

Dos quatro pontos citados, é válido ressaltar que metade destes apresentam o sistema *Last Planner* como proposta de melhoria. O *Last Planner* faz uma alusão ao termo último planejador, que em última instância planeja as atividades a serem executadas (COSTA, 2017). O sistema de planejamento, foi registrado como LPS ®

pelo pesquisador Ballard em sua tese do ano de 2000, denominada por “*The Last Planner System of production control*”. Mostrando-se necessário entre a transição do planejamento com a produção, o sistema permite garantir a concretização do planejamento além de suavizar variações nos fluxos de trabalho (COSTA, 2017).

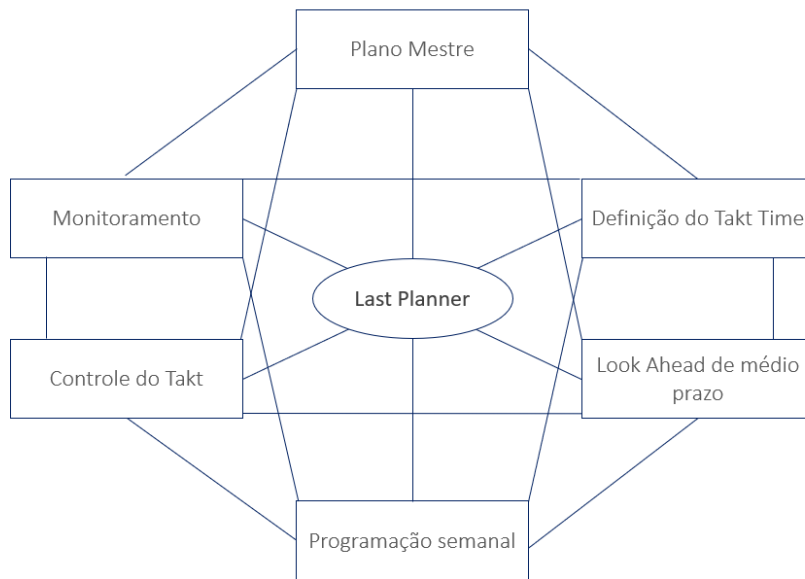
O sistema *Last Planner* permite uma análise do ponto de vista gerencial de atividades que serão feitas confrontando com as atividades que podem ser feitas, através da eliminação de todas as restrições para a execução de uma atividade na etapa do que pode ser feito (COSTA, 2017). A seguir, a figura 12 apresenta um esquema simplificado da estrutura *Last Planner*.

FIGURA 12 – ESTRUTURA DO *LAST PLANNER*



FONTE: Ballard (2000).

Como solução, a aplicação do *Last Planner* conduzirá de forma mais apropriada o planejamento e controle as obras e etapas dos projetos da empresa X, além disso, o sistema também permitirá uma maior comunicação dos setores de engenharia eliminando a característica de silos organizacionais. Assim, foi elencado um sistema *Last Planner* atingido por 6 dimensões, como mostrado pela figura 13.

FIGURA 13 – DIMENSÕES DO *LAST PLANNER*

FONTE: Adaptado de Empresa Y (2019).

Uma análise da situação atual, a empresa X apresenta um baixo percentual de atendimento das 6 dimensões apresentadas, sendo dessa porcentagem: 67% de atendimento do plano mestre através da apresentação de uma EAP para planejamento, orçamento, controle de custos e a apresentação de um cronograma de longo prazo no MsProject®. Além disso, a empresa X apresenta 20% de atendimento do controle do *takt*, com o acompanhamento mensal das atividades desenvolvidas, porém ainda sem a consideração de fato do *takt*. E por último, 10% de atendimento à programação semanal, pois algumas das obras apresentam um início de uma iniciativa de reuniões semanais com operários e equipes gerenciais.

Segundo Fauchier (2013), o sistema *Last Planner*, portanto não é apenas uma ferramenta, mas é uma porta de entrada para comportamentos *lean* estritamente necessários à inserção da metodologia. É visto que o *Last Planner* permite benefícios como uma maior colaboração, cria uma maior estabilidade da produção e *pull planning* que andam alinhados com os princípios *lean construction*.

O presente diagnóstico, se apresenta em uma fase de implementação, portanto, não foi possível coletar dados e medir os resultados gerados e compará-los com um estado anterior. Mas é possível identificar que, as soluções apresentadas pela empresa de consultoria *lean*, mostram-se simples e com o intuito principal de aumentar a produtividade e melhorar o resultado operacional. Dessa forma,

observando as características apresentadas da indústria nacional da construção civil, é possível perceber que o aumento da produtividade pode ser obtido com a inserção de simples ferramentas que andam alinhadas aos princípios *lean*, onde não necessariamente ter uma tecnologia ou um método construtivo disruptivo é sinônimo de uma maior produtividade.

5 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Tendo em vista que os pontos apresentados no último tópico deste trabalho tratam-se de um diagnóstico e início da aplicação *lean* a uma empresa construtora nacional, não foi possível até o momento coletar dados e medir de fato os ganhos obtidos com essa metodologia na empresa denominada neste trabalho por empresa X.

Como indicação para um futuro trabalho, a apresentação dos dados, medição de ganhos obtidos com a metodologia e a comparação com os ganhos levantados nos estudo de caso, poderiam ser mostrados a fim de levantar um comparativo desses valores, tendo em vista a diferença apresentada pelos métodos construtivos entre países, peculiaridades e dificuldades da indústria nacional da construção civil neste trabalho descritas e o impacto gerado pela inserção da metodologia *lean* gerada nesses dois cenários.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Mundialmente é percebido um problema de produtividade no setor da construção civil, onde esse número historicamente sempre se mostra menor quando comparado com percentuais da economia como um todo. Segundo a McKinsey (2017), existe uma oportunidade de 1,6 trilhões de dólares anuais de valor que poderia ser agregado apenas equiparando a produtividade da indústria com a economia como um todo. É percebido que no Brasil ainda existe um duplo *gap* de produtividade: o percentual de produtividade da economia como um todo no Brasil é mais baixo quando comparado com a média de outros países, e analisando dados de construção esse valor é ainda mais baixo.

Nesse contexto, a empresa de consultoria Ernest & Young elencou sete alavancas a fim de aumentar a produtividade do setor, a partir da identificação das

causas raiz que hoje geram esse problema. A alavanca com maior potencial de resolução no curto prazo foi a implantação de metodologias de gestão como melhorias de fluxo de operações e o *Lean Construction*. A metodologia nasce na indústria automobilística onde a sua essência está na redução de desperdícios, melhoria contínua e resolução de problemas de maneira sistemática. Segundo Womack (1992), a metodologia *lean* permite a redução de esforços de operários, metade do esforço de fabricação, metade do investimento em ferramentas e metade do tempo para desenvolver novos produtos com a redução dos defeitos e aumento do leque de variedade de produtos finais. Ainda na década de 90, esses conceitos foram introduzidos na indústria da construção por Lauri Koskela.

Contudo, é percebido que a metodologia ainda não é muito difundida no setor, que apresenta características peculiares em relação a outras indústrias. O presente trabalho, portanto, buscou dados de entrevistas e estudos de caso a fim de comparar o resultado efetivo da aplicação *lean*, comparando o estado presente com o estado anterior antes da aplicação da metodologia nos estudos de caso, validando a sua real efetividade.

Das entrevistas realizadas, foi possível levantar como benefícios alcançados a partir da implantação *lean* o aumento da satisfação do cliente, aumento da qualidade, produtividade, margem de lucro e aumento da segurança, como os cinco pontos alcançados de maior impacto. Dos três estudos de caso mostrados, foi possível constatar dados interessantes de aumento de produtividade. Na primeira obra, foi medido uma economia de 50 mil dólares através da otimização de processos de montagem identificados a partir de um VSM. Na segunda e terceira obra, foi observado uma redução do tempo de montagem *onsite* e redução do cronograma global da obra em 5 meses. Por fim, estudos do início da aplicação *lean* em uma empresa construtora curitibana, mostraram que em média 45,8% do tempo despendido em 4 obras eram com atividades que não agregavam valor ao produto, revelando assim uma alta oportunidade de melhoria. Como solução para aumentar o valor agregado, foi constatado a utilização do *last planner* como uma metodologia capaz de eliminar silos organizacionais, otimizar o fluxo não somente da obra, mas do empreendimento como um todo.

A metodologia *lean*, portanto, não é um kit de ferramentas, mas sim uma forma de gestão que quando aplicado de maneira global com um engajamento de todos os funcionários é capaz de gerar resultados expressivos, aumentando a competitividade

e resultados de empresas da indústria da construção. Analisando o cenário da indústria nacional conclui-se também que a inserção de tecnologias e novos métodos construtivos por si só não são capazes de gerar um aumento de produtividade se não foram acompanhados de um sistema inteligente e sólido de gestão, o qual o *lean* pode proporcionar.

REFERÊNCIAS

ARANTES, P.. **Lean Construction – Filosofias e Metodologias**. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Porto, Portugal, 2008.

ASSUMPÇÃO, J. **Gerenciamento de Empreendimentos na Construção Civil: Modelo para Planejamento Estratégico da Produção de Edifícios**. São Paulo, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1996. Tese de Doutorado.

BALLARD G. **The Last Planner System of Production Control**. Berkeley, California, 2000.

BALLARD G., KOSKELA L., TOMMELEIN I.. **The foundations of lean construction**. University of California, Berkeley, 2002.

BANCO Nacional do Desenvolvimento. Disponível em <https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/imprensa/noticias/conteudo/20100622_modificacao_porte_empresa> Acesso em: 14 out. 2019.

CARVALHO, B.. **Proposta de uma ferramenta de análise e avaliação das construtoras em relação ao uso da construção enxuta**. Dissertação de mestrado apresentado ao Programa de Pós Graduação em Construção Civil - PPGCC - UFPR. - Curitiba, 2008.

CBIC. **Produtividade da Construção Civil brasileira**. Brasília, s.a. Disponível em < www.cbicdados.com.br>. Acesso em junho de 2019.

CONSTRUCT. Disponível em: <<https://constructapp.io/pt/silos-organizacionais/>> Acesso em: 01 nov. 2019.

COSTA B. **Estudo sobre os ganhos obtidos com a adoção do Last Planner System aplicado ao planejamento e controle na construção de uma hidrelétrica de grande porte**. UFRJ Escola Politécnica, Rio de Janeiro, 2017.

ERNEST & YOUNG. **Estudo sobre a produtividade na construção civil: desafios e tendências no Brasil**, 2014. Disponível em <www.ey.com.br>. Acesso em maio de 2019.

FAUCHIER D., ALVES T. **Last Planner System the gateway to lean behaviors**. San Diego, 2013.

FERRO J. **A essência da ferramenta “Mapeamento de fluxo de Valor”**. Sem cidade, 2005. Disponível em <www.lean.org.br> Acesso em 20 out. 2019.

FORMOSO C. **Lean Construction: Princípios básicos e exemplos**. Relatório - Núcleo Orientado para inovação da Edificação. Porto Alegre, 2002.

GONÇALVES W.. **Utilização de técnicas Lean e Just in Time na Gestão de Empreendimentos e Obras**. Dissertação, Universidade técnica de Lisboa, Portugal, 2009.

KOSKELA L.; **Application of the new production philosophy to construction**. Thechnical Report. Finland VTT Building Techlogy. Finland, 1992.

KOSKELA L. **An exploration towards a production theory and its application to construction**. Dissertation for the degree of Doctor of Technology at Helsinki University of Technology. - Espoo : Technical research centre of Finland. Finland, 2000.

LIKER J. **O modelo Toyota: 14 Princípios da Construção Enxuta. IV SIBRAGEC**. Porto Alegre, 2005.

MCGRAWHILL CONSTRUCTION. **Lean Construction: Leveraging Collaboration and Advanced Practices to Increase Project Efficiency**. Bedford, Massachusetts, 2013.

MCKINSEY GLOBAL INSTITUTE, **Reinventing Construction: A route to higher productivity**, 2017.
Disponível em < www.mckinsey.com >. Acesso em maio de 2019.

MOREIRA, M.; BERNARDES S. **Planejamento e controle da produção para empresas de construção civil**. Rio de Janeiro, 2012.

OHNO T.. **O Sistema Toyota de produção – Além da produção em Larga Escala**. São Paulo, 1997.

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

PICCHI F. **Lean Principles and the construction main flows**. Brington UK, 2000.

SANTOS A **Informalidade na construção civil causa perda de R\$ 4 bi**, 2017.
Disponível em < <https://www.cimentoitambe.com.br> >. Acesso em junho de 2019.

SEBRAE. **Lean Construction: Uma mudança necessária.** 2016
Disponível em <>; Acesso em maio de 2019.

SHINGO S.. **O sistema Toyota de Produção – Do ponto de vista da Engenharia de Produção.** Porto Alegre, 1996.

SINDUSCON-SP.; **Produtividade na construção.** São Paulo, 2015. Relatório técnico.

SOBEK D., JIMMERSON C., **Relatório A3: ferramentas para melhorias de processo.** Sem cidade, 2006. Disponível em <www.lean.org.br> Acesso em 18 out. 2019.

VENTURI J.; **Propostas de ações baseadas nos 11 princípios Lean Construction para implantação em um canteiro de obras em Santa Maria.** Trabalho de conclusão de curso. Santa Maria, 2015.

VILLAS BÔAS B. **Modelagem de um programa computacional para o sistema Last Planner de planejamento.** Dissertação de mestrado apresentado ao Programa de Pós Graduação em Construção Civil - PPGCC - UFPR. - Curitiba, 2004.

WOMACK J., JONES D. **Lean Thinking: Banish Waste and create wealth in your Corporation.** New York, 2003.

WOMACK J.; JONES D. e ROSS D. **A máquina que mudou o mundo** - Rio de Janeiro: Campus, 1992.

ZANG D. **An International Benchmarking and Metrics (BM&M) Model for industrial Construction Enterprise to Understand the Impact of Practices Implementation Level on Construction Productivity.** *Jornal Canadense de Engenharia Civil*, 2012.