

**REDE DE ENSINO DOCTUM
UNIDADE JOÃO MONLEVADE
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

**RODRIGO SILVA FREITAS
WILLIAN LIMA CREPALDI**

**APLICAÇÃO DA METODOLOGIA *LEAN* NA
CONSTRUÇÃO CIVIL.**

JOÃO MONLEVADE

2019

**RODRIGO SILVA FREITAS
WILLIAN LIMA CREPALDI**

APLICAÇÃO DA METODOLOGIA *LEAN* NA CONSTRUÇÃO CIVIL.

Projeto do Trabalho de Conclusão de Curso,
apresentado para obtenção do grau de bacharel
em Engenheiro Civil no curso de Engenharia
Civil, da Faculdade Doctum de João Monlevade.

Orientador(a): Prof. ^o Wagner Cavallare de Souza

JOÃO MONLEVADE

2019

RODRIGO SILVA FREITAS
WILLIAN LIMA CREPALDI

APLICAÇÃO DA METODOLOGIA LEAN NA CONSTRUÇÃO CIVIL.

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado para obtenção do grau de bacharel em Engenheiro Civil no curso de Engenharia Civil, da Faculdade Doctum de João Monlevade.

João Monlevade, 11 de Dezembro de 2019.

BANCA EXAMINADORA

Wagner Cavallare de Souza

Me. Wagner Cavallare de Souza - Rede de Ensino Doctum- Orientador



Esp. Arley Bruno Siqueira Silva- Faculdade Presidente Antônio Carlos UNIPAC

Daysemara Maria Cotta

Me. Daysemara Maria Cotta - Rede de Ensino Doctum

Dedicamos esse trabalho a toda nossa família.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Deus primeiramente pela força e determinação que tem nos dado a seguir em frente e não fraquejar nos obstáculos encontrados durante esse trajeto. Pela tranquilidade e equilíbrio que tem nos concebido e junto a convicção de que não estamos sozinhos.

A nossa família, pelo apoio, exemplo e dedicação; a vocês que eu ofereço esse momento e mais essa vitória.

“Há problemas que se resolvem com dinheiro; e há outros que se resolvem com a cabeça; com um pensamento claro.”

Ricardo Anselmo de Castro

RESUMO

Com a obrigação de se sobressair no mercado da construção civil, as empresas procuram novos produtos, processos e ferramentas para aplicação nas obras, e dentre os fatores relevantes que as empresas almejam; destaca-se a busca pela qualidade e padrões de produtividade. A *Lean Construction* é uma filosofia de trabalho que vem sendo analisada e aplicada nas empresas afim de diminuir os desperdícios, aumentar eficiência de produtividade, qualidade e aperfeiçoar fluxos. Para mensurar as vantagens e o grau de aplicação da implementação dos conceitos enxutos, foi utilizado o modelo de classificação LCR, *Rapid Lean Construction-Quality Rating Model*; que disponibiliza uma avaliação por categorias para visualização e análise dos resultados. O trabalho trata-se de um estudo de caso do tipo qualitativa onde o objetivo é apurar o conhecimento e a aplicação do *Lean Construction* em empresas construtoras da região. Para obtenção do objetivo proposto foi aplicado um questionário semiestruturado de conhecimento do *Lean Construction* a duas empresas da região, em seguida foi aplicado o modelo LCR nas mesmas visando conhecer o grau aplicação dos conceitos enxutos. Com os resultados alcançados, pode-se afirmar que as empresas conhecem pouco a filosofia porém conseguem aplicar alguns princípios, porém sem ser de forma estruturada.

Finalizando, apresentamos diretrizes para implementação da filosofia *Lean* nas empresas de construção civil, visto que os resultados dos dados coletados demonstram que as obras possuem problemas semelhantes, porém obra da empresa 2 encontra-se em um nível de aplicação da filosofia *Lean* mais avançado, sendo possível implementar na empresa 1, uma vez que as mesmas possuem semelhança em seu porte e tipo construções.

Palavras-chave: *Lean Construction*; Construção civil; Filosofia *Lean*.

ABSTRACT

In the face of need to stand out in the construction market, the companies look for new products, processes and tools for application in works, and among the relevant factors that companies aim for, stands out the search for quality and productivity standards. Lean Construction is a work methodology that has been analyzed and applied in companies in order to reduce waste, increase productivity efficiency, quality and improve flows. To measure the advantages and degree of application of lean concepts implementation, the Rapid Lean Construction-Quality Rating Model (LCR) was used, which provides a category assessment for visualization and analysis of results.

This work is a qualitative case study where the objective is to ascertain the knowledge and application of Lean Construction in construction companies in the region. To achieve the proposed objective, a semi-structured Lean Construction knowledge questionnaire was applied to two companies in the region, followed by the LCR model in order to know the degree of application of lean concepts. With the results achieved, it can be said that companies know little about philosophy but even apply some of its principles without, however, doing so in a structured way. Finally, guidelines were presented for the implementation of the Lean philosophy in construction companies were presented, since the results of the collected data show that the works have similar problems, but the work of company 2 is at a more advanced level of application of the Lean philosophy, being possible to implement in company 1, since they have similarity in their size and type of constructions.

Keywords: Lean Construction; Construction; Lean philosophy.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - O Sistema Toyota de Produção	23
Figura 2 - Princípios do pensamento <i>Lean</i>	24
Figura 3 - Modelo Tradicional de Processo.....	28
Figura 4 - Modelo do Processo <i>Lean Construction</i>	29
Figura 5 - Gerenciado de Kanban de argamassas.....	31
Figura 6 - Processo de planejamento <i>Last planner</i>	33
Figura 7 - Dois níveis do Kaizen.....	34
Figura 8 - Processo de desenvolvimento do LCR.....	44
Figura 9 - Classificação dos níveis e interpretação.....	46
Figura 10 - Fachada da Edificação 1.....	46
Figura 11 - Fachada da Edificação 2.....	52
Figura 12 - Avaliação da obra da empresa 1 pelos avaliadores.....	53
Figura 13 - Classificação Final da Obra da Empresa 1.....	57
Figura 14 - Armazenamento e Conformação dos Vergalhões.....	58
Figura 15 - Armazenamento dos tijolos.....	58
Figura 16 - Avaliação da obra da empresa 2 pelos avaliadores.....	62
Figura 17 - Classificação Final da Obra da Empresa 2.....	62
Figura 18 - Desperdício de materiais no canteiro.....	63
Figura 19 - Ponto de reunião diária no canteiro de obras.....	63
Figura 20 - Comparativo entre as Empresas.....	64
Figura 21 - Comparação entre a classificação das obras das empresas.....	65

LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Possíveis causas e soluções para os 7 desperdícios na Construção.....	26
Quadro 2 - Comparação entre os princípios de Womack e Jones (2004) e os princípios de Koskela (1992)	28
Quadro 3 - Categorias e pontos de avaliação do LCR, em escala de 0 a 6.....	41
Quadro 4 - Questionário de Avaliação Conhecimentos <i>Lean</i> – Empresa 1.....	48
Quadro 5- Questionário de Avaliação Conhecimentos <i>Lean</i> – Empresa 1.....	53

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
STP	Sistema Toyota de produção
PE	Produção Enxuta
LC	<i>Lean Construction</i>
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
PAIC	Pesquisa Anual da Indústria da Construção
PCP	Planejamento e Controle da Produção
PPC	Porcentagem do Planejado Concluído
SGQ	Sistema de Gestão da Qualidade
PIB	Produto Interno Bruto
LCR	<i>Rapid Lean Construction</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	17
1.1	OBJETIVOS	19
1.1.1	Objetivos Específicos	19
1.2	JUSTIFICATIVA	19
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	21
2.1	<i>LEAN PRODUCTION</i>	21
2.1.1	Definição	21
2.1.2	Histórico.....	22
2.1.3	Sistema Toyota de Produção	23
2.2	PRÍNCIPIO DO <i>LEAN THINKING</i>	24
2.2.1	Valor	25
2.2.2	Fluxo de Valor.....	25
2.2.3	Fluxo Contínuo	26
2.2.4	Produção Puxada	26
2.2.5	Perfeição	26
2.3	<i>LEAN CONSTRUCTION</i>	27
2.3.1	Definição	27
2.3.2	Histórico.....	28
2.4	FERRAMENTAS <i>LEAN</i>	29
2.4.1	5” S”	30
2.4.2	Kanban	31
2.4.3	Poka Yoke	31
2.4.4	Last Planner.....	32
2.4.5	Kaizen.....	33
2.4.6	Estoque Tipo Supermercado.....	34
2.4.7	<i>Just in time (JIT)</i>.....	34
2.5	DESPERDÍCIOS DO <i>LEAN</i>	35
2.6	DESPERDÍCIOS DA CONSTRUCAO CIVIL	36
2.7	INDUSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL.....	39
2.7.1	Histórico.....	39
2.7.2	O Potencial dessa indústria no mundo	40
2.7.3	O Potencial dessa indústria no Brasil	40

2.8	OS PROCESSOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL	41
2.9	PLANEJAMENTO E CONTROLE DA OBRA	41
2.9.1	Importância / Relevância	42
2.9.2	Ferramentas Aplicadas	42
2.10	MODELO DE MEDIÇÃO DE APLICAÇÃO DO <i>LEAN</i> - LCR.....	44
3	METODOLOGIA	49
3.1	DELINEAMENTO DA PESQUISA.....	49
3.2	PLANO DE COLETA E INTERPRETAÇÃO DOS DADOS.....	49
4	DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA	51
4.1	OBJETO DA PESQUISA.....	51
4.2	FASE 1 – CONHECIMENTOS GERAIS <i>LEAN</i>	51
4.3	FASE 2 – APLICAÇÃO LCR	51
4.4	CARACTERIZAÇÃO DAS OBRAS	52
4.4.1	Edificação 1	52
4.4.2	Edificação 2	52
5	APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS.....	54
5.1	EDIFICAÇÃO 1	54
5.1.1	Fase 1 – Questionário de Conhecimento <i>Lean</i>.....	54
5.1.2	Fase 2 – Questionário LCR.....	56
5.2	EDIFICAÇÃO 2	59
5.2.1	Fase 1 – Questionário de Conhecimento <i>Lean</i>.....	59
5.2.2	Fase 2 – Questionário LCR.....	61
5.3	ASPECTOS CONVERGENTE E DIVERGENTES ENTRE AS EMPRESAS AVALIADAS.....	64
5.3.1	Pontos Convergentes	65
5.3.2	Pontos Divergentes.....	66
5.4	VIABILIDADE QUALITATIVA PARA IMPLANTAÇÃO DA FILOSOFIA <i>LEAN</i>	66
6	CONCLUSÃO	68
	REFERÊNCIAS.....	69
	APÊNDICES	73
	APÊNDICE A - QUESTIONARIO DE CONHECIMENTOS DO LEAN.....	74
	ANEXOS	77
	ANEXO A - QUESTIONARIO DE APLICAÇÃO LCR.....	78

1 INTRODUÇÃO

No atual cenário econômico, a competitividade é essencial à sobrevivência e permanência das empresas no mercado, principalmente no caso daquelas de micro e pequeno porte, que são as primeiras a sentirem os impactos de uma crise. Para tanto, elas devem buscar alternativas que as coloquem em vantagem no que diz respeito não só ao custo de produção, mas também a fatores como agilidade, eficiência, flexibilidade, variedade, qualidade e prazo de entrega.

Eliminar os desperdícios em uma empresa pode sugerir medidas como a redução do quadro de funcionários, o encerramento de atividades que aumentam o preço dos produtos e pelas quais os clientes não desejam pagar ou, simplesmente, o corte de gastos, o que geralmente não gera resultados satisfatórios em longo prazo.

Outra forma de eliminar os desperdícios que tomou espaço dentro das organizações é a metodologia *Lean Manufacturing* (Produção Enxuta), o qual desempenha um papel de destaque no sistema de gestão nas organizações e traz grande diferencial nos processos.

O *Lean Manufacturing* é um sistema de produção que foi desenvolvido pela Toyota na década de 1940, e o principal objetivo é aumentar a produtividade e a eficiência através da redução de desperdícios, gargalos, tempos de espera e superprodução. A metodologia *Lean Manufacturing*, possui como finalidade principal a busca da eficiência, e foca na agregação de valor e redução de desperdícios e de estoques, com sistema de produção puxada pela demanda e entrega (SILVA et al, 2011).

Sua metodologia se apresenta como uma estratégia a ser adotada nos processos de uma empresa a fim de que se mantenham competitivas, e promove a melhoria contínua. A filosofia *Lean* foi implantada inicialmente no setor automotivo de grandes indústrias e ainda é pouco considerado como estratégico por pequenas empresas, que encontram alguns desafios na utilização de sua metodologia.

O presente trabalho busca apresentar de maneira sistemática o nível de conhecimento e grau de implantação da metodologia *Lean* no setor construção em um todo através da avaliação das ferramentas e estudo do fluxo da construção desde o projeto, suprimentos e a obra.

Na construção civil o *Lean Construction* se tornou um dos principais sistemas gestão, que se originou nos princípios do *Lean Manufacturing*. Essa metodologia na construção tem por base a redução das atividades que não agregam valor, aumento do valor agregado do produto, redução da variabilidade, redução do tempo de ciclo e aumento da transparência dos processos.

O conceito da metodologia *Lean Thinking* (Mentalidade Enxuta) tem como o principal objetivo ser o mais enxuto possível onde utiliza o máximo dos recursos necessário e disponíveis com qualidade, busca a satisfação de seus clientes e a eliminação de desperdício, como gasto desnecessário, diminuição dos esforços da sua mão de obra, redução no tempo de planejamento, a aplicação de investimento nos setores corretos. Com passar do tempo a metodologia *Lean* é vista com outros olhos. Empresa de diversos ramos de atividade buscam entender melhor a respeito desta metodologia, a fim de entender a sua verdadeira importância e aplicá-la nos processos dentro da organização.

Na construção civil não é diferente a utilização do conceito *Lean*, mas para a sua aplicação neste setor se faz necessário o entendimento a fundo da filosofia. *Lean Construction* se tornou um dos principais métodos de gestão e gerenciamento de projeto na construção civil, a sua aplicação traz consigo vários benefícios como o aumento de produtividade, redução de custos e no tempo de entrega do produto final aos clientes, além aumentar o nível de satisfação e eficiência no mercado.

Conforme PICCHI (2000), a construção é um setor bastante complexo e diversificado, e deve ser analisado pelo menos em relação a cinco fluxos básicos existentes na construção; o negócio, o projeto, suprimentos, obra, uso e manutenção.

O trabalho conclui com a análise da avaliação da viabilidade da aplicação dessa ferramenta na construção civil, e orientação para implantação da filosofia através da busca pela melhoria contínua, e redução dos desperdícios.

1.1 OBJETIVOS

O trabalho visa apresentar de forma objetiva a aplicação da metodologia *Lean* na construção civil e mostrar seus benefícios através do conceito *Lean Construction*.

1.1.1 Objetivos Específicos

- Avaliar o nível de conhecimento da filosofia *Lean* nas Construtoras da região.
- Pesquisar através de questionário o grau de aplicação da filosofia *Lean* nas obras das Construtoras.
- Análise da viabilidade da aplicação e orientação para implantação dessa ferramenta na construção civil

1.2 JUSTIFICATIVA

Diante da atual concorrência do mercado, onde atender as necessidades para satisfazer seus clientes com produtos confiáveis e livres de defeitos, agilidade e rápidas entregas é o objetivo das organizações; a adoção de ferramentas específicas e estruturação do sistema de produção conforme objetivos da empresa podem trazer a eficiência no processo produtivo e o desenvolvimento organizacional.

A construção civil é um ramo com expressão socioeconômica relevante que se identifica pela geração de empregos com diversos contingentes de mão de obra, e participa com uma significativa parcela no PIB do país. A construção enxuta diante disso precisa ser encarada como uma alteração radical na filosofia e na mentalidade de produção da empresa para que tenha os resultados esperados. Para que se consiga alcançar os objetivos através dessa metodologia, existe uma série de ferramentas e métodos para auxiliar a implementação.

A aplicação da metodologia do *Lean Construction* é uma forma eficiente de reduzir as etapas de produção na construção civil, reduz custos de forma inteligente e sustentável. O *Lean* dissemina valores como a eliminação de desperdícios e a importância de garantir segurança, satisfação e elevar a moral dos trabalhadores. Essa metodologia busca sempre a melhoria contínua em todos os processos, porém

depende de disciplina e acompanhamento constante de informações sobre cada projeto; o resultado é uma maior produtividade que ajuda sua empresa a economizar tempo e dinheiro.

Dada a importância desse novo modelo de gestão na construção civil, este projeto de pesquisa poderá contribuir para a disseminação dos conceitos *Lean* para os estudantes e empresas na construção civil, auxiliar na aplicação dos princípios *Lean* nas obras, e contribuir para o desenvolvimento e melhoria dos resultados.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo será apresentado o referencial teórico que direcionou a pesquisa realizada. Essa apresentação baseia-se nas definições do sistema *Lean Production* através de definições importantes da Produção Enxuta e Construção Enxuta, até a adaptação na construção civil conforme Koskela (1992) e outros autores.

O entendimento completo dos princípios e conceitos da metodologia é de suma importância para a sequência do estudo; pois uma execução sem total entendimento das ferramentas e princípios pode ocasionar a não obter o resultado pretendido ou a falha no resultado final.

2.1 LEAN PRODUCTION

A produção enxuta foi implantada no século XX pela *Toyota Motor Company* objetivando a qualidade nos produtos fabricados e baixo custo, como uma nova forma de produção tendo a eliminação de desperdício como base (SCHLUNZEN JUNIOR, 2003).

Conforme Womack et al. (2004), essa filosofia busca especificar o valor ao produto, realizar as atividades na melhor sequência que criam valor com a mínima interrupção, de forma cada vez mais eficaz.

2.1.1 Definição

Entre as décadas de 80 e 90, o Sistema Toyota de Produção demonstrou possuir técnicas, modelos de gestão e de produção mais eficazes comparados aos de outras empresas automobilísticas, com práticas identificadas como as responsáveis pelo êxito de algumas plantas, principalmente as japonesas. A sistematização dessas práticas, com foco integrado nos ciclos de produção e do consumo, tem o produto como elo, e foi denominada *Lean Manufacturing* ou Manufatura Enxuta (RODRIGUES, 2016).

O objetivo básico do Sistema Toyota de Produção é o aumentar o lucro pela redução dos custos ou desperdícios, tal como o excesso de estoque e o excesso de

pessoal. Para alcançar a redução de custos e desperdícios, a empresa deve aplicar conceitos como a melhoria contínua e fluxo de material puxado, com vistas à qualidade total e aumento da produtividade. Outra meta do sistema é o respeito à condição humana, ou moral (MONDEN, 2015).

2.1.2 Histórico

A Toyota teve seu reinício marcado após a perda da guerra pelo Japão em 1945, onde devido as características internas do mercado no país percebeu a necessidade de reestruturar seu modo de produção (CORRÊA; CORRÊA, 2004).

Segundo SILVA (2009) após o final da guerra a Toyota percebeu a necessidade de se desenvolver, ou caso contrário, seria eliminada do mercado por indústrias ocidentais que estavam em expansão.

O Japão enfrentava nesse período uma séria crise econômica, segundo Sayer e Walker (1992) a indústria japonesa se encontrava numa enorme disparidade em relação a americana, a ponto do produto de apenas um dia e meio de trabalho na indústria americana equivaler a toda produção anual japonesa; assim a Toyota precisou buscar a melhoria contínua até a perfeição em seu processo manufatureiro.

Essa inovação na produção teve início quando o presidente Toyoda Kiichiro exigiu a equiparar ao nível da indústria americana em até 3 anos, caso contrário não sobreviveria. Com a economia do país totalmente debilitada, os gerentes acreditavam que somente conseguiriam reagir através da redução dos desperdícios e diminuição dos custos. Diante disso a empresa implementava o *Just-in-time* e Automação, com objetivo de melhorar o fluxo produtivo e eliminar os estoques, estratégia que tornaria a Toyota uma das maiores fabricas nos anos 90, assim foi criado o Sistema Toyota de Produção (Sayer; Walker 1992).

Ohno (1997) também define como indispensáveis os pilares abaixo que sustentam o sistema, de acordo com a seguinte definição:

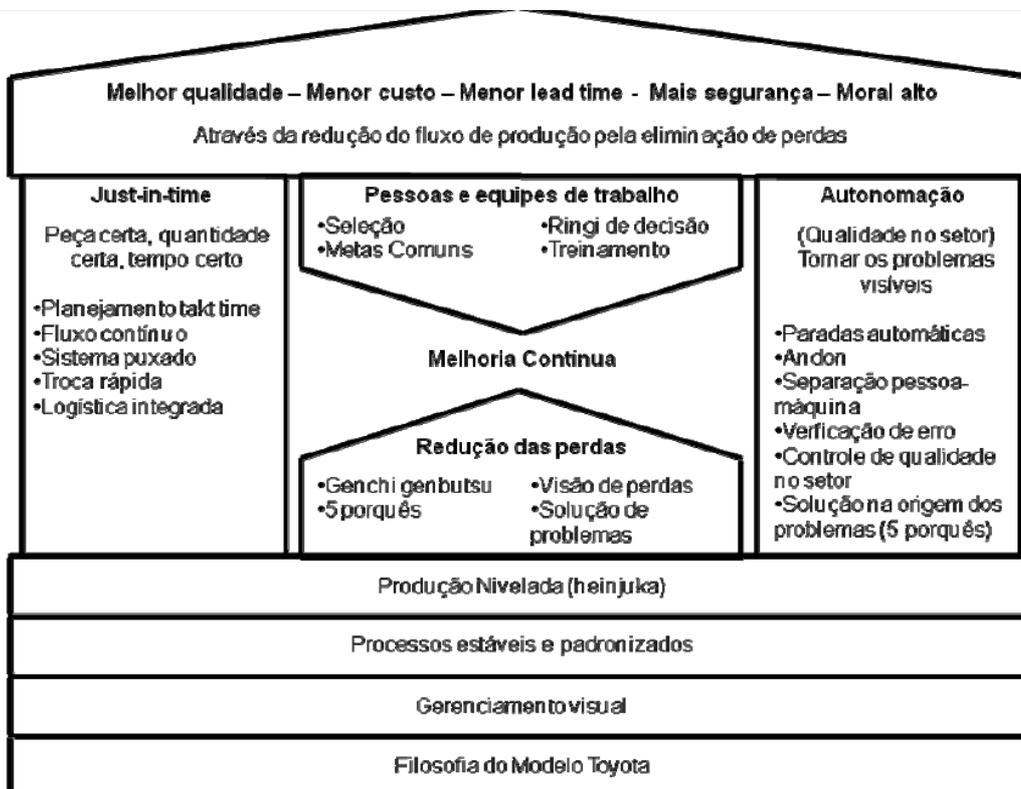
- *Just-in-time*: o sistema consiste em uma abordagem que busca aprimorar a produtividade, utilizando recursos mínimos, de modo que possibilite que as partes necessárias, a produção e montagem forneça apenas a quantidade correta nos momento corretos.

- Automação: o sistema consiste em máquinas acopladas com dispositivo de parada automática o que evita a propagação do erro produtivo e desperdícios posteriores.

2.1.3 Sistema Toyota de Produção

O diagrama em forma de “casa do STP” (Sistema Toyota de Produção) ilustra as principais características da filosofia e mostra os conceitos e sua aplicação utilizados no Sistema Toyota de Produção. A forma de casa foi definida por ser um sistema estrutural, onde somente será resistente se as colunas e fundação forem fortes. O *Just-in-Time* e a Automação são as duas colunas laterais, e tem no centro as pessoas e no fim os processos de nivelamento do processo de produção. Cada elemento possui a importância e criticidade para o sistema, mas o modo com que os elemento reforçam uns aos outros é o mais importante (LIKER, 2005).

Figura 1 – O Sistema Toyota de Produção



Fonte: LIKER (2005).

Um projeto *Lean* torna-se sustentável quando os colaboradores encontram-se no grau máximo de envolvimento com a mudança. Os graus de envolvimento vão

desde o contato inicial com o projeto, passando pelo entendimento dos objetivos, a percepção positiva da mudança, a aceitação da ideia, a criação de novos hábitos, até a internalização da cultura (TEIXEIRA, 2012).

2.2 PRÍNCÍPIO DO *LEAN THINKING*

Conforme Guimarães & Guimarães (2016), a ampliação do escopo de aplicação do *Lean*, foi a principal mudança do termo *Lean production* ou *manufacturing* para *Lean thinking*. Nessa nova filosofia ocorre a abrangência de áreas como projetos, escritórios, construção, planejamento, e outros. O Pensamento *Lean* pode ser compreendido a partir de cinco princípios básicos: valor, fluxo da cadeia de valor, produção puxada e busca pela perfeição, conforme é apresentado na Figura 2 (RODRIGUES, 2016).

Figura 2 - Princípios do pensamento *Lean*



Fonte: RODRIGUES, 2016.

Com foco em seus princípios, o *Lean Thinking* visa melhorar a produtividade, eficiência e qualidade de produtos ou até mesmo de serviços utilizando o menor tempo possível e quantidade de recursos (PFAFFENZELLER,2015).

Womack e Jones (2004) definem cinco princípios para compreender a abrangência da filosofia *Lean*, são eles:

2.2.1 Valor

O valor é um item diretamente voltado para a satisfação do cliente, e não tem a obrigatoriedade de estar atrelado ao processo de produção; pode ser identificado através da visão do cliente. O elo entre produção e o cliente precisa ser forte, pois toda produção precisa visar a satisfação na busca por adaptar e produzir o que realmente o cliente precisa (Womack e Jones 2004).

2.2.2 Fluxo de Valor

O próximo passo da produção enxuta é identificar o fluxo de valor, sendo esse passo muitas vezes negligenciado pelas empresas, devido à grande exposição dos desperdícios (WOMACK et al., 2004).

Womack et al. (2004) citam como o conjunto de ações para se levar o produto a se passar por três tarefas gerenciais como o fluxo de valor. Essas tarefas críticas são:

- Solução de problema: inicia da concepção do produto e vai até o lançamento do produto;
- Gerenciamento de informações: vai do recebimento do pedido até a entrega;
- Transformação física: inicia na matéria-prima até o produto acabado adquirido pelo cliente.

Womack et al. (2004) também descreve a importância da análise do fluxo de valor onde se pode perceber três tipos de ações:

- Etapas que criam valor;
- Etapas que não criam valor, mas são inevitáveis;
- Etapas que não criam valor e devem ser evitadas imediatamente.

O fluxo de valor deve ser mapeado e as atividades que não agregam valor devem ser eliminadas (WOMACK et al., 2004).

O mapeamento do fluxo de valor foi abordado nos trabalhos de Saurin (2000); Sales et al. (2003) e Milano e Fontanini (2012), e todos conseguiram resultados expressivos na redução do lead time, tempo de espera, eliminação de movimentação desnecessária e atividades que não agregam valor.

2.2.3 Fluxo Contínuo

O objetivo desse princípio são as modificações nos processos afim de torna-la um fluxo contínuo. Essas modificações precisam ser estabelecidas através de uma análise completa do fluxo de valor, sendo a grande dificuldade para implementar o fluxo contínuo. Existem ainda outras dificuldades: layout, máquinas, manutenção e dificuldade de adaptação a mudança (Womack , Jones 2004).

Sem estimular a produção, é uma maneira de atender com eficiência a demanda; deve ser acompanhado desde a matéria prima até o produto acabado; assim criar o fluxo contínuo, que é movimentar cada item de produção ao longo dos processos (ROTHER; SHOOK, 2003).

2.2.4 Produção Puxada

Esse princípio sobrepõem a produção convencional onde os produtos são empurrados ao consumidor, e passou para o sistema de puxada de demanda pelo cliente. Para essa filosofia *Lean* a criação de estoques de produção é a forma mais contestada, para isto a produção precisa de rapidez e agilidade, para produzir a quantidade certa na hora certa (WOMACK et al., 2004).

2.2.5 Perfeição

Womack e Jones (2004) trata esse princípio como melhoria contínua no processo (KAIZEN), que elimina todo e qualquer tipo de desperdício. A busca pela

perfeição é um processo contínuo que é melhorada quanto mais análises é feita do fluxo de produção.

2.3 LEAN CONSTRUCTION

Neste tópico será apresentado todo um histórico sobre o assunto *Lean Construction*, desde sua origem até algumas definições de alguns princípios da filosofia.

2.3.1 Definição

Com a finalidade de suprir carências na produção e melhorar o nível de gestão, o finlandês Koskela em 1992, realizou estudos que resultaram no surgimento de um novo modelo de gestão voltado a produção na construção civil, chamado *Lean Construction*, traduzido para o português, Construção Enxuta; essa gestão é oriunda da Produção Enxuta (*Lean Production*) (LORENZON; MARTINS, 2006).

A construção enxuta como um novo sistema de gerenciamento na construção civil, onde planejar e controlar são técnicas de rotina que deve visar reduzir os desperdícios, e melhor o fluxo produtivo (HOWELL, 1999).

Já para Koskela (1999) a nova filosofia é um caminho para se obter melhores resultados, e esses resultados começam pela análise da variabilidade que ocorre nas atividades realizadas no setor.

Segundo Lima (2016), a filosofia *Lean Construction* é um modelo de gestão voltado para a entrega do projeto, e apresenta uma metodologia de gerar recursos financeiros; e tem características de mudança da forma de execução do trabalho através do processo de entrega.

Toda empresa que adota a filosofia *Lean* passa a ser vista como uma empresa de confiança, viabilidade, velocidade por se trabalhar sempre em custo baixo e alta produtividade. A construção enxuta permite ter uma visão ampla e sistêmica das necessidades do cliente; e consegue eliminar os desperdícios, reduzir estoques, evitar retrabalhos durante o processo e utilizar a mão de obra e recursos; na busca pelo alcance das metas com excelência (SANTOS, 2010).

2.3.2 Histórico

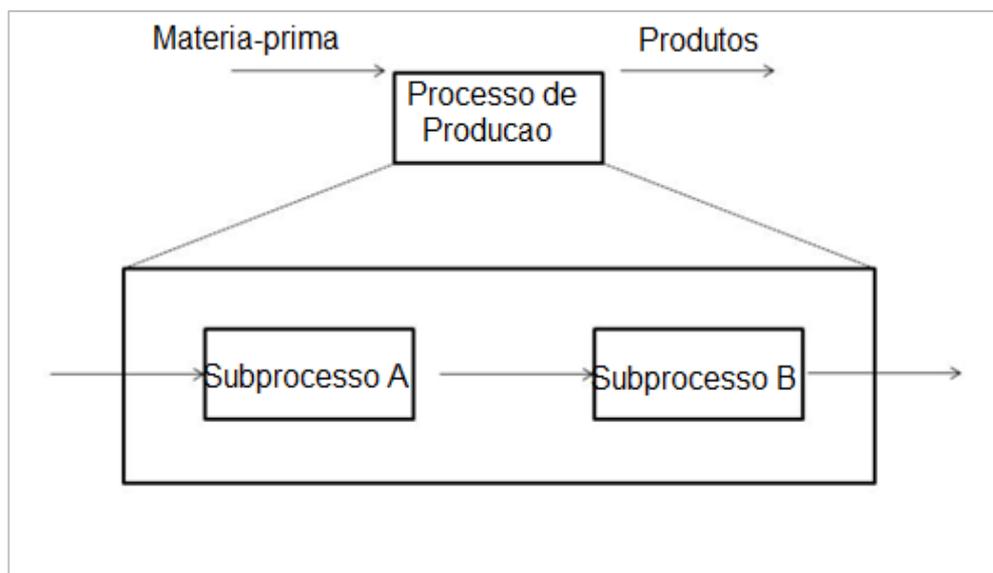
A *Lean Construction* iniciou pelos estudos do finlandês Lauri Koskela em 1992 e no seu trabalho intitulado “*Application of the New Production Philosophy to Construction*”, o autor definiu que seu objetivo era beneficiar o setor da construção civil com um sistema de grande resultado que foi o Sistema da Toyota de Produção.

Assim nos anos 90, começou a se destacar no setor civil os princípios do sistema *Lean*, e percebeu-se que essa prática poderia oferecer grandes potenciais de melhorias em outras áreas (MARTINS, 2011).

Conforme Koskela (2000), existem alguns conceitos necessários à produção; sendo o primeiro deles a conversão de input (matéria-prima) em output (produtos), neste caso ocorre a modificação e pode ser distribuído em sub-etapas, onde se busca a redução de custos e eficiência na produção. Outro item importante se refere ao fluxo de espera e movimentação entre as fases produtivas, onde se tem a variabilidade como um fator determinante para esse comportamento. Por fim e como conceito fundamental de Koskela, tem-se as necessidades do cliente; que é alcançado através do gerenciamento da produção que traduz essas necessidades em produtos ou serviços.

O modelo tradicional utilizado na construção civil define a construção como uma atividade de conversão, não se avalia o fluxo dos processos conforme Figura 3 (Koskela, 2000).

Figura 3: Modelo Tradicional de Processo

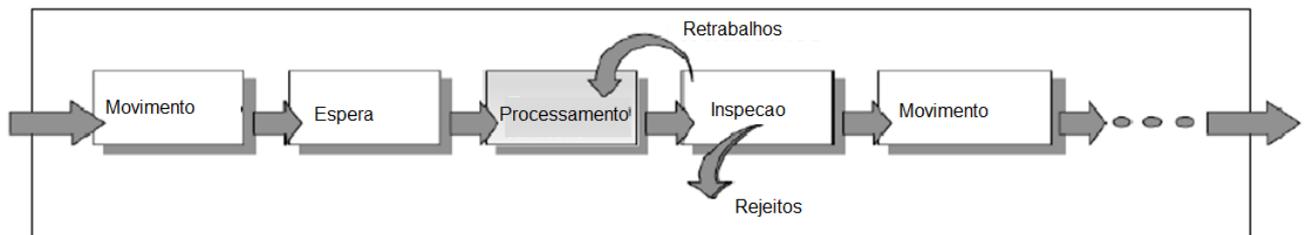


Fonte: KOSKELA (1992)

Assim as atividades de espera, movimentação e inspeção não agregam valor ao produto sendo atividades de fluxo, apesar de que nem toda atividade de processamento agrega valor ao produto, pois em alguns casos as atividades de processamento são retrabalhos (OLIVEIRA et al., 2015).

A Figura 4 também apresenta o modelo de processo *Lean Construction* proposto por Lauri Koskela.

Figura 4: Modelo do Processo *Lean Construction*



Fonte: KOSKELA, 2000

Para Formoso (1996) a grande diferença entre a forma tradicional de produção e a Construção Enxuta é que o tradicional define a produção como o agrupamento das atividades de conversão que transforma os insumos em produtos intermediários, que após todas as conversões transformam na obra completa.

Para Tonin e Schaefer (2013) o *Lean Construction* visa melhorar o processo da construção e baseia-se nos modelos do processo tradicional. Assim a construção enxuta busca objetivos além do método tradicional de entender os projetos como uma simples transformação, pois inclui tempo, satisfação do cliente e variabilidade com itens importantes (Wiginescki, 2009).

Conforme Ballard et al. (1996), todas as atividades do processo de construção consomem recursos financeiros e temporais, assim torna-se essencial conhecer bem os fluxos dos processos para então tomar a decisão de elaborar as melhorias.

Por isso, os fluxos precisam ser tratados com grande importância na construção, para que a Construção Enxuta funcione e alcance os resultados (KOSKELA, 2000).

2.4 FERRAMENTAS LEAN

Conforme Mourão e Valente (2013) para aplicar os princípios do *Lean Construction*, faz-se o uso de algumas ferramentas. Devido a quantidade e

complexidade de todas as ferramentas na *Lean Construction*, optou-se por apresentar as mais citadas na literatura:

- 5 “S”
- Kanban;
- Poka Yoke;
- Last planer;
- Kaizen/Melhoria de atividades;
- Estoque tipo supermercado;
- *Just in time*

Foram selecionadas as ferramentas acima devido fácil entendimento e aplicação para área da construção civil; elas se encaixam de uma forma adequada aos canteiros de obra (MOURÃO, VALENTE, 2013).

2.4.1 5” S”

O 5S é uma ferramenta utilizada para manter a organização dos materiais de forma padronizada, de maneira que tudo tenha um lugar e que tudo esteja no lugar (Solomon 2014). Os 5S são apresentados a seguir:

- 1) seiri (senso de utilização);
- 2) seiton (senso de organização);
- 3) seiso (senso de limpeza);
- 4) seiketsu (senso de saúde);
- 5) shitsuke (senso de autodisciplina).

Essa ferramenta foi utilizada no Japão no momento em que o país se encontrava totalmente desorganizado, após a Segunda Guerra Mundial (PERETTI, 2013).

Segundo Gonzalez (2002) para a manutenção do 5S precisa-se de mais mudança de cultura e autodisciplina. Deve ser iniciada com os 3 primeiros sentidos, conseguindo chegar a uma melhoria de 50%.

Sendo assim a implementação da ferramenta 5 “S” “na rotina de trabalho traz consigo grandes benefícios, como: aumento de produtividade, redução de acidentes

de trabalho, redução do desperdício, entre outros diversos benefícios (Werkema 2006).

2.4.2 Kanban

Segundo Lima (2012), o Kanban tem o objetivo de controlar o fluxo de produção e movimentação em uma indústria através de cartão em forma de registro. Um novo cartão é inserido após todos os pedidos ou insumos se esgotarem, essa ferramenta agiliza a produção dos pedidos sendo realizada com a produção *just in time*. O número de cartões se compara a quantidade de material necessário para a produção, se a mão de obra responsável pelo controle, de forma que não ocorra desperdício ou falta de insumos. É um método por meio visual através de cartões de sinalização que facilita a comunicação, onde busca aprimorar o sistema de comunicação entre os envolvidos no processo de produção e conseqüentemente evita gastos desnecessários de material, previne possíveis falhas e minimiza o tempo perdido durante a o processo.

Figura 5: Gerenciador de Kanban de argamassa



Fonte: MOURÃO E VALENTE (2013).

2.4.3 Poka Yoke

Conforme Lima (2012), essa ferramenta vem do Sistema Toyota de produção com o objetivo de reduzir erros e evitar defeitos durante o processo produtivo. Trata-

se de dispositivo de correção altamente eficaz e pode o mesmo paralisar a atividade/processo até que a condição que causa o defeito seja corrigida. O poka yoke é utilizada na construção civil como ferramenta de redução de variabilidade.

Segundo Slack et al. (2009), Poka yoke são sistemas simples (preferencialmente baratos) que são incorporados para prevenção de erros por falta de atenção dos operadores ou clientes, que provocam defeitos. O *Poka Yoke* é um método que visa eliminar erros ou sinalizá-lo para a correção, com o objetivo do zero defeito, trazendo assim um processo enxuto e sistema de produção com maior qualidade.

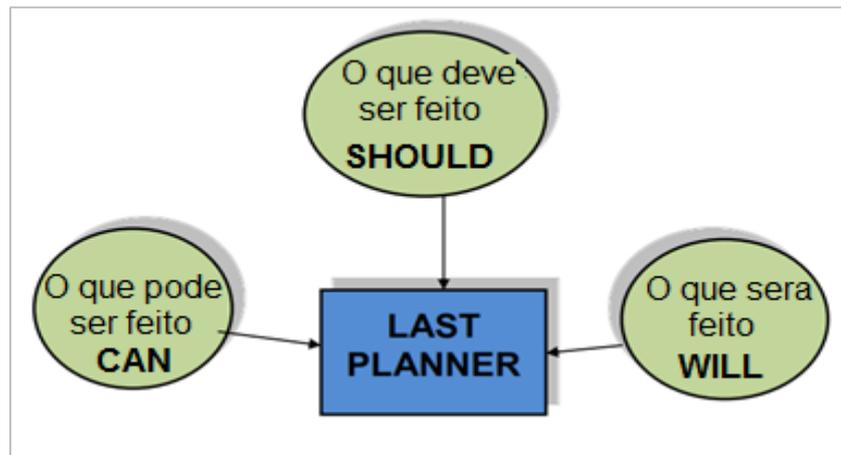
“Defeitos mais frequentes, geralmente, exigem um *Poka yoke* de controle. Se a frequência do defeito é baixa e o defeito puder ser corrigido, é aconselhado um *Poka yoke* de advertência.” (SHINGO, 1996, p.56).

2.4.4 Last Planner

A ferramenta *Last Planner* é um planejamento semanal realizado no canteiro, a partir de uma discursão com os encarregados, mestres e gerente de obra. Após acordado as atividades é repassado aos integrantes para cumprimento das tarefas durante a semana. No final da semana de trabalho é analisado o descumprimento das atividades e verificado e atacada a causa raiz do problema (BALLARD & HOWELL, 1998).

No *Last Planner* existe uma pessoa ou grupo responsável pelo planejamento operacional, estrutura-se o processo e o fluxo de trabalho, através da geração de um cronograma eficiente (SALEM et al., 2005). O mais importante da ferramenta é substituir o planejamento otimizado pelo planejamento real, analisando o desempenho do trabalhador conforme o previsto. A Figura 6 representa a estrutura do processo de planejamento do *Last Planner*.

Figura 6 :Processo de planejamento *Last planner*



Fonte: BALLARD (2000)

Conforme Ballard (2000), o *Last Planner* é uma forma de transformar o previsto em realizado, cria um planejamento de trabalho semanal com as atividades, onde o trabalhador se compromete com o que será realmente feito.

2.4.5 Kaizen

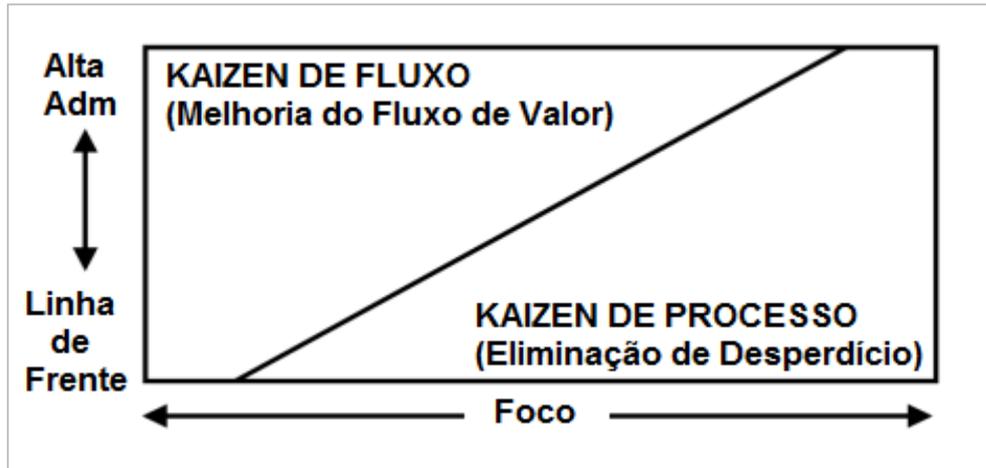
O *kaizen* é um processo de melhoria contínua no processo de construção, que engloba investimentos na mão de obra e recursos de capital, e é acompanhado ao longo do tempo (PIT, 2013).

Já Falconi (1992), considera que com esse mecanismo o erro não é encarado com uma ação que deve ser punida, mas com uma partilha de conhecimento, observando uma oportunidade de melhoria concreta no procedimento.

Conforme Rother e Shook (1999), existem dois níveis de kaizen (figura 7):

- Kaizen de fluxo: foca no fluxo de valor, conduzido ao gerenciamento do sistema
- Kaizen de processo: foca nos processos dirigidos as equipes e líderes

Figura 7: Dois níveis do Kaizen



Fonte: ROTHER E SHOOK (1999)

Kaizen são atitudes contínuas de melhoria que podem ser realizadas por todos e que visam a redução de desperdícios; já o evento Kaizen pode ser definido como a implantação de uma ferramenta ou um método por uma equipe dedicada em um curto espaço de tempo (ROTHER, SHOOK 1999).

2.4.6 Estoque Tipo Supermercado

Pit (2013) considera que no canteiro de obras deve haver uma ampla visão do estoque de materiais e produtos e fácil acesso aos mesmos.

Na obra o controle visual garante visibilidade das quantidades e da localização dos materiais, assim a atividade não fica dependente de um funcionário, o almoxarife; o que garante maior qualidade nas atividades da obra (MOURÃO, VALENTE, 2013).

2.4.7 Just in time (JIT)

O termo *Just in time* significa que, em uma cadeia produtiva, os insumos alcancem a linha de montagem no momento certo, ou seja, no momento que são necessitados e somente na quantidade necessária (OHNO, 1997).

Para Pereira (2012) a produção JIT é focada em atingir a melhoria contínua num sistema de produção. Para isso, utiliza ferramentas que permitem o estoque zero.

Deste modo, os processos precisam se abastecer com recursos necessários, no tempo certo, em quantidade necessária, ou seja, *Just in time*. Com isso os processos terão menor desperdício e conseqüentemente redução nos custos das atividades e produtos.

2.5 DESPERDÍCIOS DO *LEAN*

Conforme Womack e Jones (2004), o crítico mais agressivo da história é o executivo da Toyota Taiichi Ohno (1912-1990); onde em seus trabalhos identificou os sete desperdícios da produção, que são: perdas por superprodução, perdas por transporte, perdas no processamento em si, perdas devido à fabricação de produtos defeituosos, perdas nos estoques, perdas no movimento e perdas por espera.

Conforme Liker (2005), a Toyota definia de imediato o que o cliente desejava com o processo, e se definia algum valor; com isso poderia buscar a eliminação das atividades que não agregam valor.

Abaixo as perdas listadas por Ohno (1997);

- A primeira grande perda é a perda por superprodução, é definida por uma produção superior a necessidade, ou então por produção de antecipação.
- As perdas por espera são caracterizadas por um item que aguarda processamento, inspeção ou transporte, sendo uma perda diretamente ligada ao fluxo de produção.
- Perdas de transporte caracterizam pela etapa de transporte que não agrega valor ao produto; a eliminação dessa perda pode ser através da melhoria do layout de trabalho.
- Perdas por processamento são caracterizadas por realização de atividades desnecessárias, que não agregam valor ao produto final.
- Perdas por estoque acontecem por materiais desnecessários no almoxarifado, e acontecem pela falta de sincronia entre o prazo de entrega e prazo de produção.
- Perdas por movimentação ocorrem por movimentações desnecessárias pelos funcionários durante a produção, por falta de padronização das atividades essa perdas não são facilmente identificadas.

- Perdas por retrabalho, ocorrem quando o produto fabricado não atente a especificação do cliente ou os requisitos da qualidade. As inspeções de qualidade são responsáveis pela diminuição dessa perda.

2.6 DESPERDÍCIOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

Os principais desperdícios da construção são relacionados a atividades que não agregam valor ao fluxo de material e trabalho como espera, movimentação, inspeção e atividades duplicadas; além de retrabalhos oriundos de erros de projeto ou erros de construção (KOSKELA, 1992).

Segundo Ohno (1997), há sete desperdícios principais que devem ser eliminados a fim de melhorar o processo. Esses desperdícios abrangem tudo que é realizado em um processo, mas que não agrega valor para o cliente, gerando apenas um aumento no custo do produto.

O Quadro 1 apresenta de forma resumida os 7 desperdícios relacionados a construção enxuta, e relaciona as causas e soluções relevantes a esses desperdícios na construção (GUIMARÃES; GUIMARÃES, 2016).

Quadro 1 - Possíveis causas e soluções para os 7 desperdícios na Construção Civil.

DESPERDÍCIOS	POSSÍVEIS CAUSAS	POSSÍVEIS SOLUÇÕES
Superprodução	Lotes grandes; Produção empurrada;	Realizar somente o necessário; Puxar a produção;
Espera	Espera por materiais; Imprevistos da produção;	Sincronizar o fluxo de materiais; Realizar TPM (manutenção preventiva)
Transporte	Layout inadequado; Custos elevados de transporte;	Projetar layout celular para minimizar o transporte; Reduzir movimentação de materiais e o tamanho dos lotes;

Processos Inadequados	Falta de padronização; Material Inadequado;	Realizar mapeamento do fluxo de valor; Garantir a qualidade dos materiais;
Estoque	Produto obsoleto; Grande flutuação da demanda;	Realizar acompanhamento do ciclo de vida dos produtos; Utilizar projeto modular;
Movimentação	Padrões inadequados; Layout inadequado;	Reduzir deslocamentos; Realizar estudos de tempos e movimentos;
Defeitos	Falta de treinamento dos colaboradores; Processos de fabricação inadequados;	Treinar os funcionários; Utilizar mecanismos de prevenção de falhas;

Fonte: (GUIMARÃES; GUIMARÃES, 2016)

Koskela apresenta também onze princípios que auxiliam no processo desses fluxos e nas melhorias; que visa redução desses desperdícios, alguns teóricos e outras voltados para a prática. A execução dos 11 princípios do LC, conforme Bernardes publicou em 2010, apresenta-se uma referência para se obter melhorias e vantagens no sistema de produção (TONIN, SCHAEFER, 2013). Os princípios para aplicação na construção civil são:

- 1) Reduzir a parcela de atividade que não agrega valor;
- 2) Aumentar o valor do produto através da consideração das necessidades dos clientes;
- 3) Reduzir a variabilidade;
- 4) Reduzir o tempo de ciclo;
- 5) Minimizar o número de passos e partes;
- 6) Aumentar a flexibilidade da saída;
- 7) Aumentar a transparência do processo;
- 8) Focar o controle no processo global;
- 9) Introduzir melhorias contínuas no processo;
- 10) Equilibrar melhoria de fluxo;
- 11) Benchmarking.

Picchi (2003) desenvolveu um trabalho baseado nos conceitos de Koskela (1992) e de Womack et al. (2004), onde apresentou nove elementos principais. Estes elementos principais, listados no quadro a seguir, descreve como um detalhamento, desenvolvido para melhorar a compreensão das relações existentes entre os conceitos/princípios de Koskela com os princípios do *Lean thinking* (PICCHI, 2003).

Quadro 2: Comparação entre os princípios de Womack e Jones (2004) e os princípios de Koskela (1992)

Cinco Princípios do <i>Lean Thinking</i> (Womack; Jones, 1998)	Elementos Fundamentais	Onze princípios para desenho de processos (Koskela 1992)	
		Nível 1	Nível 2
VALOR	Pacote valor/serviço de valor ampliado	- aumentar o valor do produto através da consideração sistemática dos requisitos do cliente	
	Redução de <i>Lead Times</i>	- reduzir tempo de ciclo	
FLUXO DE VALOR	Alta agregação de valor		- simplificar através da redução de passos, partes e ligações - Focar o controle no processo global - Manter equilíbrio entre melhorias de fluxo e nas conversões
	Produção em fluxo		- Reduzir variabilidade

FLUXO	Trabalho padronizado		- Aumentar a transparência do processo
PUXAR	Produção em entrega <i>Just in time</i>		
	Recursos Flexíveis	- aumentar flexibilidade de saída	
PERFEIÇÃO	Aprendizado rápido e sistematizado	- introduzir melhoria contínua no processo	- Fazer <i>Benchmarking</i>
	Foco comum		

Fonte: PICCHI (2003)

2.7 INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL

A indústria da construção civil e a indústria da manufatura se diferenciam pela característica do produto final, onde na construção ocorre as improvisações devido a mudanças no layout durante o processo e os produtos serem únicos e complexos. O Setor de construção civil é muito complexo e assume grande importância no mundo inteiro, dessa forma abordaremos nos tópicos a seguir sobre a relevância desse setor (CRUZ, 2011).

O desenvolvimento econômico está bem ligado a construção civil, pois promove incrementos capaz de aumentar o crescimento econômico; e ocorre devido ao valor das atividades agregadas e também pela renda multiplicada (TEIXEIRA, 2010).

2.7.1 Histórico

Nos últimos anos a indústria da construção civil tem enfrentado modificações, devido à grande competitividade no setor no país. O alto nível competitivo e a globalização dos recursos tem feito as empresas buscar melhorar seu desempenho através da gestão da produção. A produção se torna cada vez mais um item

estratégico na competitividade das empresas na construção civil, assim como em outros setores industriais (SARCINELLI, 2008).

Com a busca de melhorias contínuas na construção civil, o setor passou a se adaptar a conceitos da manufatura enxuta para o canteiro de obras, através de um planejamento estratégico e controle da produção; porém esses conceitos aplicados na produção industrial ao se aplicarem a construção civil podem não apresentar o resultado desejado (ASSUMPÇÃO, 1996).

O setor de construção civil obtém crescimento constante devido à grande demanda de construções, assim toda ação de melhoria do setor é essencial a população ao crescimento econômico (SANTO et. al., 2014).

2.7.2 O Potencial dessa indústria no mundo

A construção civil ocupa um lugar importante não somente na economia brasileira mas também na Europa, mesmo com toda diferença entre os PIB's existe grande semelhanças em relação a construção civil (MELLO e AMORIM, 2009).

Pode-se listar algumas semelhanças: a) O setor é formado por pequenas e médias empresas; b) As empresas apresentam deficiências em relação à qualificação da mão-de-obra; c) Apresentam problemas em relação à segurança do trabalho; e d) São as grandes empregadoras em suas economias. A diferença mais relevante é evidenciada quando comparamos a produtividade pelo empregados, onde a produção europeia é 75% da americana e a brasileira é 15% da americana.

2.7.3 O Potencial dessa indústria no Brasil

No Brasil os investimentos foram superiores ao do início dos anos 2000; onde nesse período a formação bruta de capital ultrapassou R\$ 702 bilhões, o que representa 51,4% do que foi investido em 2013, ano de recorde de formação de capital. A mudança ocorreu gradativamente, porém foi com a expansão do crédito a longo prazo, juntamente com o aumento dos aportes do governo que se deu o crescimento da construção civil; onde somente de 2007 para 2014 indicou uma taxa de desenvolvimento de 4,3% ao ano (CONSTRUBUSINESS, 2016).

Conforme Sarcinelli (2008), o setor de construção civil ainda apresenta problemas que abalam os avanços do ramo desde a concepção até a execução dos

projetos mesmo sendo considerado de grande influência no desenvolvimento econômico do Brasil.

Segundo Farah (1996), a indústria da construção exerce um importante papel na economia do país. Segundo a autora essa importância se deve, em primeiro lugar, ao suporte que presta às outras atividades econômicas e sociais. Sendo assim o setor da construção civil desempenha um papel de grande importância na economia brasileira, contribui para o desenvolvimento econômico e social do país. Ao gerar consumo de bens e serviços, sob o ponto de vista econômico o setor da construção civil contribui para o desenvolvimento de outros setores. Sob o ponto de vista social, o setor da construção civil mostra sua importância ao apresentar uma alta capacidade de absorção de mão-de-obra, contribuindo assim com a diminuição da taxa de desemprego.

Segundo a Pesquisa Anual da Indústria da Construção (PAIC), divulgada pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) em 2017, no ano de 2015 no Brasil existem cerca de 131.487 empresas do setor, que realizaram obras e serviços movimentando um montante de R\$ 354 bilhões e empregando cerca de 2,4 milhões de pessoas.

Os dados da Câmara Brasileira da Indústria da Construção Civil (CBIC, 2014) mostram que atualmente existem em média mais de 200 mil empresas atuantes neste mercado.

2.8 OS PROCESSOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

O setor de construção é bastante complexo e diversificado, pois abrange diversos agentes, em diferentes possibilidades de combinações, atuando em diversas etapas de um empreendimento (PICCHI, 2000).

2.9 PLANEJAMENTO E CONTROLE DA OBRA

Uma das dificuldades mais encontradas no setor de construção civil é a concepção do PCP não ser considerado um processo gerencial; e isso se dá devido à falta de integração entre o planejamento o que gera falta de recursos, alocações de materiais e mão de obra (FORMOSO et al., 1999).

Laufer e Tucker (1987) consideram umas das causas principais da ineficiência do planejamento da produção a divisão entre a essência do planejamento e a produção, a falta de conhecimento técnico pela supervisão, técnicas de programação e o controle autoritário.

O planejamento deve traçar as tarefas a serem executadas, a metodologia a ser utilizada, os recursos, a sequência dos processos e toda programação das atividades (LAUFER, TUCKER, 1987).

2.9.1 Importância / Relevância

O planejamento e o controle de obras deve ser considerado como um processo gerencial onde é essencial a participação de todos, e compartilhado com os diversos níveis gerenciais. Existe a dificuldade de se planejar todos os detalhes, porém pode-se minimizar com um controle eficaz com o objetivo da conclusão de forma eficiente (Souza e Cabette, 2014).

Assim, o modelo de controle *Lean Construction* utiliza diversas ferramentas de planejamento, gerando benefícios para o controle do processo de construção (Ferreira, 2003).

O planejamento da construção auxilia no desempenho eficaz do projeto, cumprindo o tempo previsto, custos e com a qualidade esperada; porém torna-se difícil executar as atividades quando se empurra a equipe a programação sem preparação das tarefas para execução (HAMZEH et al., 2015).

2.9.2 Ferramentas Aplicadas

2.9.2.1 Porcentagem do Planejado Concluído

Porcentagem do Planejado Concluído (PPC) – ou Porcentagem das Atividades Programadas e Concluídas – é a etapa em se calcula a quantidade de tarefas concluídos, pelo número total de atividades planejadas (BALLARD, 2000).

Ballard (2002) defini ainda que o PPC se torna a referência sobre o nível de produção unitário, resultado de cronogramas de projeto, execução e dados de orçamento e outros; sendo assim quanto maior o PPC, mais atividades concluídos corretamente foram realizadas.

Segundo Conte (2009), o PPC ajuda na medição do resultado do planejamento semanal, porém não se torna suficiente para garantir o cumprimento do prazo de entrega da obra, pois se trabalha com percentual de atividades completadas. A porcentagem do planejado concluído (PPC) serve com indicador de avanço da obra, mas não deve substituir o detalhamento do pacote de trabalho.

2.9.2.2 Linhas de Balanço

A Linha de Balanço, ou *Line of Balance* (LoB), foi desenvolvido pela Marinha dos Estados Unidos nos anos 40, com objetivo de controlar atividades repetitivas de produção; e foi adequado para projetos de construções habitacionais repetitivos no Reino Unido pela Agencia Nacional de Habitação (SUHAIL e NEALE, 1994).

A Linha de Balanço monitora os ritmos de trabalhos das atividades do projeto e busca sempre um balanceamento no tempo definido, e se torna uma técnica de planejamento e controle voltada para análise de andamento de tarefas. Nesta técnica se tem uma linha no plano cartesiano onde representa cada atividade e seu respectivo andamento, e a inclinação de cada linha mostra o ritmo de avanço que a atividade tem de ser executada (LIMMER, 1997).

2.9.2.3 Plataforma de Modelagem BIM

Conforme a *American General Contractors* (AGC, 2011), BIM é a simulação em software de uma construção e sua operação. O *Building Information Model*, é uma forma de representação com alto poder de informação de dados capaz de auxiliar vários usuários a tomar as decisões conforme a necessidade do cliente e programar o melhor prazo de entrega (AGC, 2011).

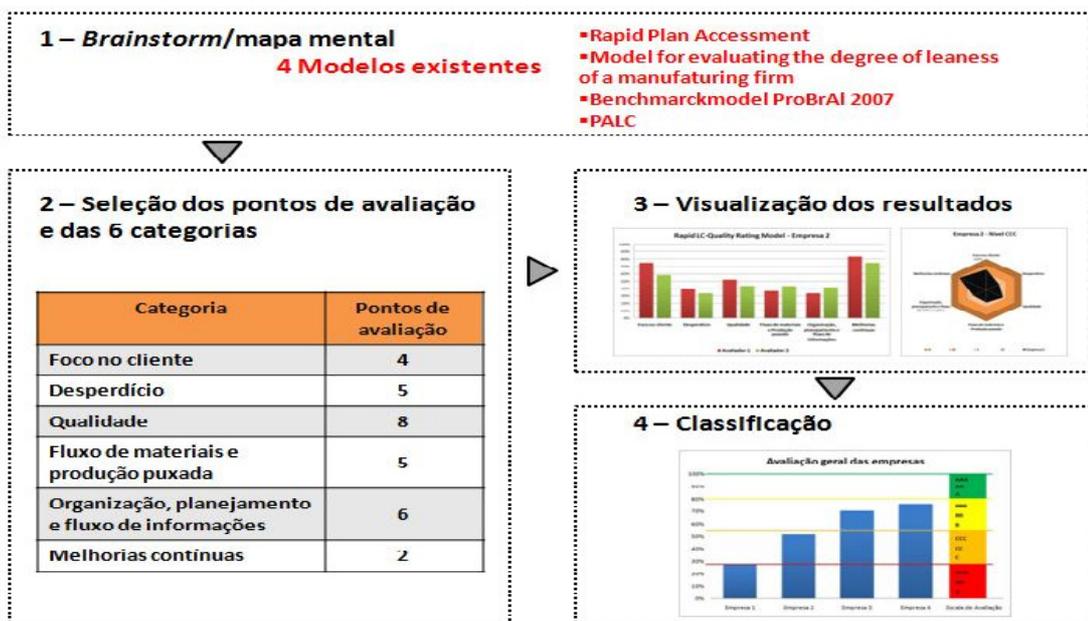
Os modelos BIM podem trazer diversas dimensões de uma construção, e possui extensão que agrega muitos aspectos de informações dos projetos para cada ciclo de vida de uma edificação. Para se integrar mais informações sobre custos, tempo de construção, acessibilidade, acústica e outros detalhes basta inserir o máximo de dimensões possíveis. (LEE et al., 2002).

2.10 MODELO DE MEDIÇÃO DE APLICAÇÃO DO LEAN - LCR

O modelo de aplicação do LCR deu-se a origem de uma ideia, proposta por TMB- Karlsruhe University, denominada de Plano de Aplicação da *Lean Construction* (PALC). O plano considerava o desenvolvimento de uma metodologia de aplicabilidade dos conceitos enxutos em canteiros de obra, utilizando um (*check-list*) como instrumento de avaliação para medir o desempenho das empresas. Mas, o *check-list* proposto não foi eficaz, o que levou os pesquisadores a buscar um novo modelo.

Então, iniciaram um novo estudo de adaptação do *check-list*, para resolver as falhas, porém eles não fizeram as adaptações, mas sim criaram um novo modelo partindo do seguinte objetivo; desenvolver um modelo de avaliação da qualidade e o grau de aplicação da construção enxuta nas construtoras. E o modelo passou a possuir as seguintes características; o tempo de aplicação não ser maior que 1 hora, um preenchimento simples e de forma resumida, com itens agrupados em categorias e pontuada na escala Likert; e que a aplicação pudesse ser realizada apenas na presença do engenheiro ou do encarregado de obras, dentro da construção, para entrevista acompanhada dos pesquisadores. Conforme apresentado na Figura 8 desenvolvimento do modelo LCR.

Figura 8 – Processo de desenvolvimento do LCR



Fonte: Adaptado de HOFACKER *et al.*, 2008

Apoiados pelo PALC, e por outros alguns modelos de avaliação do grau de enxuto em indústrias manufatureiras, foi realizado um *brainstorm* para definir as categorias há serem implantadas ao modelo e seus pontos de avaliação (HOFACKER et al. 2008).

Então foram definidas 6 categorias: Foco no Cliente; Desperdícios; Qualidade; Fluxo de Materiais; Organização, planejamento e fluxo de informações; Melhorias contínuas. As categorias foram definidas a partir dos 5 princípios do *Lean Thinking* (WOMACK; JONES; ROOS, 1992) e dos 11 princípios de Koskela (1992) da *Lean Construction*. Para as categoria foram definidos pontos de avaliação, com pontuação de 0 a 6, assim o modelo totalizou 30 questões a serem avaliadas.

A partir disto determinou-se, a escolha das categorias e questões, que o modelo deveria ser aplicado e número de obras que deveria ser ao menos cinco obras de uma mesma empresa, para fazer o perfil de aplicação da construção enxuta da mesma. Pois a aplicação em apenas uma obra caracterizaria apenas a obra e o engenheiro responsável, e não a empresa. E que o modelo deveria ser aplicado por dois pesquisadores, e que estes tivessem conhecimento da teoria da *Lean Construction* (HOFACKER et al. 2008).

Após a avaliação dos dois pesquisadores, seria feita a média, que indicaria a classificação da empresa quanto ao seu grau de aplicação dos conceitos da construção enxuta em suas obras (figura 9). A classificação foi definida de AAA (de 95% a 100% da pontuação atingida, significa a busca pela perfeição tanto em desenvolver a qualidade como na aplicação dos conceitos *Lean*) até D (de 0% a 9% da pontuação, significa baixa qualidade dos processos e do produto, baixo foco em melhorias, desperdícios e nenhum conhecimento da filosofia enxuta).

Figura 9 – Classificação dos níveis e interpretação

Resultado Níveis		% Obtida	Interpretação do Nível
LC	aaa	95% to 100%	Busca pela perfeição tanto em desenvolver a qualidade como na aplicação dos conceitos <i>lean construction</i>
LC	aa	89% to 94%	
LC	a	81% to 88%	
LC	bbb	73% to 80%	Existe um foco de alta qualidade e de aprendizagem enxuta dentro dos principais níveis de projeto / empresa.
LC	bb	64% to 72%	
LC	b	55% to 63%	
LC	ccc	46% to 54%	Existe consciência da qualidade, mas baixo ou pouca adoção dos conhecimentos do <i>lean construction</i> .
LC	cc	37% to 45%	
LC	c	28% to 36%	
LC	ddd	19% to 27%	Baixa qualidade dos processos e do produto, baixo foco em melhorias, desperdícios e nenhum conhecimento da filosofia enxuta.
LC	dd	10% to 18%	
LC	d	0% to 9%	

Fonte: Adaptado de HOFACKER et al., 2008.

A classificação foi definida de modo que as empresas que não conhecessem ou não aplicassem os conceitos da construção enxuta não atingiram o nível B na classificação. Somente as empresas que aplicassem a filosofia *Lean* em suas obras conseguem atingir os níveis B e A (HOFACKER et al. 2008).

A seguir a apresentação resumida do modelo, com a divisão entre categorias, os pontos de avaliação e a escala de pontuação.

Quadro 3 – Categorias e pontos de avaliação do LCR, em escala de 0 a 6

Categoria	N.º	Ponto de avaliação	0- 6
Foco no cliente	1.	Foco no cliente, em termos de vendas, marketing e foco estratégico, detectando o que é o valor para o cliente.	
	2.	Comunicação regular com o cliente e flexibilidade para adaptar as mudanças requeridas.	
	3.	Flexibilidade do projeto e comunicação entre projetistas e gerente da construção (durante a execução).	
	4.	Limpeza do canteiro de obras (5S).	

Desperdícios	5.	Desperdício dos materiais de construção: detecção dos desperdícios e consciência no canteiro.	
	6.	Ações, conhecimento e incentivos para eliminar os desperdícios (produção em excesso, tempos de espera, transportes desnecessários, retrabalhos...).	
	7.	Gerenciamento dos resíduos (reciclagem, separação do entulho da construção).	
	8.	Utilização dos espaços: quanto o espaço é eficientemente utilizado (áreas dedicadas aos materiais, pequenas peças organizadas, menor espaço possível utilizado).	
	9.	Tempo desperdiçado (redução do tempo de transporte, tempo de espera, padronização do uso de equipamentos e transportes).	
Qualidade	10.	Controle de qualidade constante dos materiais de construção (e.g. Certificação de controle da resistência do concreto).	
	11.	A empresa possui algum tipo de certificação da qualidade (e.g. ISO, PBQP-H).	
	12.	Percepção visual da qualidade de execução dos serviços (Variabilidade do padrão).	
	13.	Segurança no canteiro de obras.	
	14.	Busca e análise das causas dos retrabalhos (5W).	
	15.	Padronização de processos.	
	16.	Sistema de gerenciamento visual (sinalização clara, sinalização autoexplicativa e sistemas de controle de qualidade).	
	17.	Grau de mecanização (maquinário técnico) para obter uma qualidade de padronização e desempenho.	
Categoria	N.º	Ponto de avaliação	0- 6
Fluxo de materiais e Produção puxada	18.	Sistema de cartões <i>Kanban</i> (existência e bom funcionamento).	
	19.	Aplicação de conceitos Just-In-Time (medição e.g. da quantidade de	
	20.	Uso de concreto usinado (uso =(6), feito no canteiro = 0).	
	21.	Sistema de pedido e tempo de reposição de materiais (concreto, aço, tijolos) pelos fornecedores (1 dia = (6), 1 semana = (3), > 2 semanas = (0)).	
	22.	Uso de sistemas de suporte ao transporte (grua) e padronização dos transportes (<i>pallets</i>).	

Organização Planejamento e fluxo de Informações	23.	Como é a consciência, convencimento e suporte da alta gerência na aplicação dos conceitos da <i>Lean Construction</i> .	
	24.	Motivação e responsabilidade dos empregados (existem ações, métodos que promovam isso?).	
	25.	Polivalência dos times (o quão flexíveis são os empregados para trabalhar em diferentes serviços).	
	26.	São feitas reuniões diárias com aplicação do sistema <i>Last-Planner</i> (6)? Ou a estrutura de planejamento da produção é tradicional (0)?	
	27.	Ferramentas de comunicação (e.g. aplicação do <i>Andon</i>).	
	28.	Aplicação de sistemas de informação vertical e horizontal.	
Melhorias contínuas	29.	Busca da empresa pela perfeição, processo de aplicação do aprendizado de projeto para projeto.	
	30.	Educação continuada dos empregados (e.g. qualidade, cursos de especialização, <i>Lean...</i>).	

Fonte: Adaptado de Hofacker *et al.*, 2008

Assim, os pesquisadores, munidos do LCR puderam partir para a etapa de validação do modelo, determinando que obras seriam visitadas e, principalmente, que seu engenheiro responsável pudesse ser entrevistado.

3 METODOLOGIA

O desenvolvimento dessa pesquisa será realizada em duas fases; sendo a primeira aplicação de um questionário semiestruturado para verificarmos o nível de conhecimento das empresas na filosofia *Lean* e a segunda a aplicação de um questionário as construtoras de João Monlevade com o objetivo de obtermos o grau de conhecimento da obra e assim será avaliado a viabilidade de implantação dessa filosofia na construção civil.

3.1 DELINEAMENTO DA PESQUISA

Conforme Gerhardt e Silveira (2009), a pesquisa de natureza qualitativa busca explicar o porquê das coisas, identificando o que deve ser feito; preocupa-se com os aspectos da realidade que não podem ser quantificados. Tal procedimento se encaixa no propósito do trabalho que é analisar a aplicação da filosofia *Lean* nas construtoras através de uma pesquisa que se aproxima de uma conversação.

O universo de procedimento compreende o estudo de caso devido o fenômeno a ser estudado ser complexo, que conforme Gil (2002) essa técnica é caracterizada pelo estudo profundo e exaustivo de um ou mais objetos, permitindo seu conhecimento amplo e detalhado, sendo um método de pesquisa que abrange tudo em abordagens de coleta e análise de dados.

O trabalho caracteriza-se como pesquisa descritiva em seu objetivo e de natureza aplicada onde é uma forma de gerar conhecimentos para aplicação de prática dirigida à solução de problemas específicos (GIL, 2002).

3.2 PLANO DE COLETA E INTERPRETAÇÃO DOS DADOS

Será realizado duas etapas de trabalho; a aplicação de questionário ao responsável pela obra para buscar o nível de conhecimento na filosofia *Lean*, onde será possível entender como o setor da construção civil tem absorvido o conhecimento referente a esta nova abordagem de melhoria.

A segunda será a aplicação de uma pesquisa na obra no setor de construção civil, através da aplicação de um questionário, o LCR.

O objetivo do questionário é levantar o nível de implementação do *Lean Construction* em empresas da área. Essa etapa tem como propósito verificar como os conceitos enxutos estão presentes nas obras do setor civil.

A coleta de dados será realizada no segundo semestre de 2019, fundamentada em entrevista semiestruturada; onde teremos a possibilidade de improvisar pontos de interesse, utilizando perguntas pré-definidas porém acompanhando a informalidade da conversa. A unidade de análise serão as construtoras estabelecidas na cidade de João Monlevade.

Para realizar a análise dos resultados, iremos buscar primeiramente os fatores que impulsionaram a implementação da filosofia *Lean*, com o objetivo de identificar os resultados da aplicação da *Lean Construction* na construção civil, especificamente nos canteiros de obras de empresas.

Após realizada a pesquisa de campo, iniciaremos um estudo de caso baseado nos resultados obtidos nos questionários, e realizaremos a análise de viabilidade de e implantação da filosofia além construir uma arquivo de material descritivo que servirá de referência para ações futuras.

4 DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA

O propósito desse capítulo é apresentar o parâmetro de pesquisa utilizado e as suas fases de desenvolvimento.

4.1 OBJETO DA PESQUISA

A população escolhida para o trabalho de pesquisa considerou empresas da construção civil e as amostras são da cidade de João Monlevade e São Gonçalo do Rio Abaixo

4.2 FASE 1 – CONHECIMENTOS GERAIS *LEAN*

O questionário criado baseia-se em 4 blocos de pesquisa sendo que os dois primeiros blocos do questionário tem como objetivo buscar o nível de conhecimento e caracterização dos impactos da aplicação da *Lean Construction* em empresas do setor.

Os últimos dois blocos do questionário de pesquisa tem como objetivo a verificação das perdas e desperdícios; e a aplicação das ferramentas da filosofia. O trabalho visa levantar dados da filosofia Lean na construção civil e como são tratadas as perdas dentro da obra.

4.3 FASE 2 – APLICAÇÃO LCR

Em um segundo momento, se realizou a visita em campo onde foi aplicado o questionário por dois avaliadores para medir o grau de implementação dos conceitos enxutos na obra em questão.

Para tanto, o LCR foi aplicado em dois canteiros de obras: um em João Monlevade/MG e um em São Gonçalo do Rio Abaixo/MG. Esta fase de aplicações do modelo foi realizada para que se pudesse ter a validação da classificação proposta, diferenciando as empresas que aplicam das que não aplicam os conceitos enxutos.

4.4 CARACTERIZAÇÃO DAS OBRAS

4.4.1 Edificação 1

A edificação residencial 1 foi cedida pelo proprietário com o objetivo de colaborar com o desenvolvimento acadêmico e científico voltado para a filosofia *Lean Construction*. Trata-se de uma edificação na rua Jose Arcênio da Silva, 31, no bairro Mangabeiras em João Monlevade/MG que está em fase de construção estrutural de seus pavimentos, terá uma área construída de 3.306,18 metros quadrados, distribuídos em 11 pavimentos, sendo os 2 primeiros pavimentos de garagem, um depósito no subsolo e os demais pavimentos distribuídos em 24 apartamentos. A edificação ainda possui elevador, estrutura para ar condicionado em todos apartamentos, aquecedor solar e cobertura duplex. A Figura 10 mostra a fachada da edificação.

Figura 10: Fachada da Edificação 1



Fonte: Os autores (2019)

4.4.2 Edificação 2

A edificação residencial 2 foi gentilmente cedida pelo proprietário com o objetivo de colaborar com o desenvolvimento acadêmico e científico; trata-se de uma

edificação residencial localizada no bairro Monte Verde em São Gonçalo do Rio Abaixo e se encontra em fase de acabamento externo e interno, com uma área construída de 1.620m² distribuídos em 6 unidades habitacionais. Trata-se de uma construção constituída de 6 unidades habitacionais de 3 andares cada; e um total de 36 apartamentos. Cada apartamento é composto por dois quartos, uma sala, cozinha conjugada com área de lavar, um banheiro e vaga de garagem. A Figura 11 mostra a fachada da edificação.

Figura 11: Fachada da Edificação 2



Fonte: Os autores (2019)

5 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS

Esse capítulo tem objetivo de apresentar os resultados dos questionários aplicados nas construtoras e realizar a análise desses dados coletados.

5.1 EDIFICAÇÃO 1

A construção da Empresa 1, que executa obras de construções residenciais de vários pavimentos, está localizada na cidade de João Monlevade/MG e não possui grande conhecimento/aplicação da filosofia *Lean*, conforme resultado do questionário de conhecimentos *Lean*.

5.1.1 Fase 1 – Questionário de Conhecimento *Lean*

A fase 1 desta pesquisa teve como objetivo levantar o nível de conhecimento e aplicação da filosofia *Lean Construction na obra*, onde através do resultado do questionário foi possível perceber que a construtora 1 aplica poucas ferramentas da filosofia, além de não ter conhecimento dos princípios do *Lean*, porém tem conhecimento das perdas e desperdícios em sua rotina de construção (Quadro 4).

Quadro 4 – Questionário de Avaliação Conhecimentos *Lean* Empresa 1

BLOCO 1	CONHECIMENTOS LEAN	1	Para conhecimento do comportamento organizacional da empresa, alguns itens devem ser verificados conforme as questões a seguir:	Não conhece	Conhece mas não aplica	Conhece e aplica
		1.1	Nível de conhecimento da empresa do que seja Kaizen		X	
1.2	Nível de conhecimento da empresa do que seja Kanban		X			
1.3	Nível de conhecimento da empresa do que seja <i>Just in time</i>		X			
1.4	Nível de conhecimento da empresa do que seja Fluxo de Valor	X				
1.5	Conhecimento do que sejam Operações Enxutas		X			
BLOCO 2	PRINCÍPIOS LEAN	2	Nível de utilização dos seguintes princípios <i>Lean</i> pela empresa	Não conhece	Conhece mas não aplica	Conhece e aplica
		2.1	Redução da parcela de atividades que não agregam valor:	X		

		2.2	Redução da variabilidade:		X		
		2.3	Redução do tempo de ciclo:		X		
		2.4	Eliminação de atividades de fluxo:		X		
		2.5	Aumento do valor do produto ofertado ao cliente pela redução de atividade que não agregam valor a obra:			X	
BLOCO 3	PERDAS	3	Com relação ao tratamento de perdas gerados na Construção Civil:	Não conhece	Acontece raramente	Acontece constantemente	Acontece Sempre
		3.1	A empresa sempre identifica as perdas e avalia os custos		X		
		3.2	A empresa passou a identificar as perdas e avaliar os custos após a adoção da <i>Lean Construction</i>		X		
		4	Nível de frequência de acontecimentos das perdas na empresa	Não Acontece	Acontece raramente	Acontece constantemente	Acontece Sempre
		4.1	Elaboração de produtos defeituosos (produtos que não atendem a qualidade esperada):		X		
		4.2	Perdas de processamento (erro na concepção do produto):		X		
		4.3	Perdas de movimento (colaboradores trabalhando em excesso, com perda de produtividade):				X
		4.4	Perdas por transporte (desperdício de tempo, manuseio excessivo de materiais):			X	
		4.5	Perdas por espera (produtos em fila esperando para serem processados, falta de material):			X	
		4.6	Perdas de estoque (estoque em excesso):		X		
		4.7	Perdas por superprodução (produção além do necessário):	X			
BLOCO 4	FERRAMENTAS LEAN	5	Para aplicar os princípios do <i>Lean Construction</i>, faz-se o uso de algumas ferramentas. Determinar a aplicação das ferramentas na empresa:	NUNCA	ALGUMAS VEZES	NA MAIORIA DAS VEZES	SEMPRE
		5.1	5 "S"			X	
		5.2	Kanban	X			
		5.3	Poka Yoke	X			

		5.4	Last planer	X			
		5.5	Kaizen/Melhoria de atividades	X			
		5.6	<i>Just in time</i>		X		
		5.7	Estoque tipo supermercado		X		

Fonte: Os autores (2019)

Conforme quadro 04, pode-se identificar no bloco 1 que a empresa conhece mais não aplica a maioria das metodologias descritas, o que pode ser visto pelo nível de conhecimento apresentado no bloco 2 com os princípios da filosofia *Lean*; onde a empresa conhece somente a eliminação das atividades que não agregam valor e que aumentam o valor do produto ao cliente; os demais princípios não conhecem.

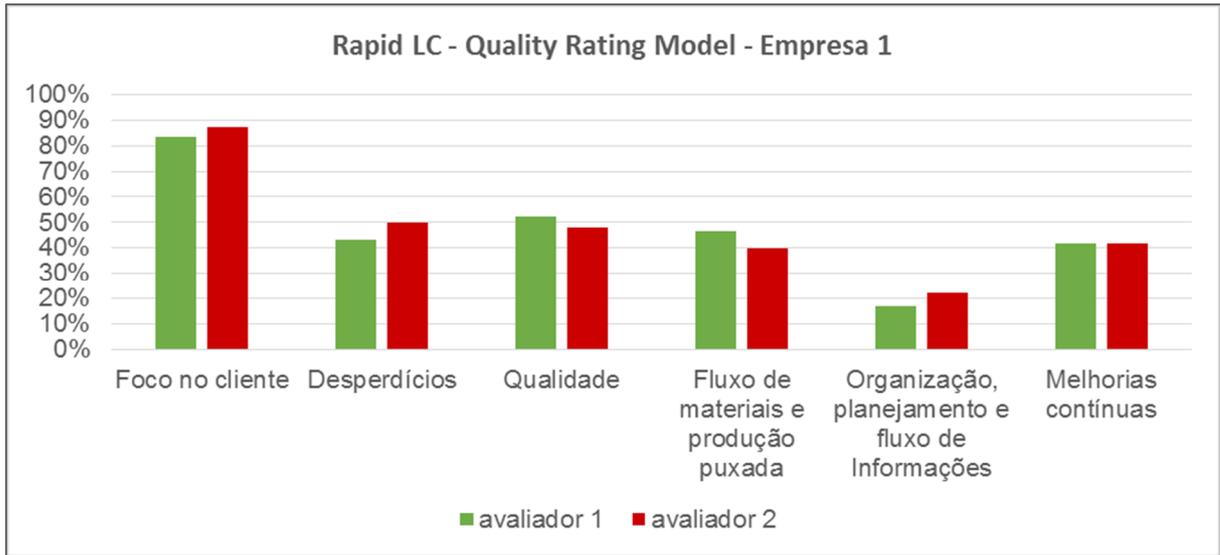
Com relação as perdas, as relacionadas a superprodução, que se refere a produtos fabricados a mais que a demanda; este item não acontece na empresa; as demais perdas acontecem em alguma momento da obra. Essas perdas quando eliminadas ao longo do processo, aumentam o nível de competitividade da empresa no mercado, além de se tornar mais sustentável.

Evidenciado que a empresa não pratica o *Lean* em seus processos, e pode ser visto pelo grau de utilização das ferramentas listadas no bloco 4, onde somente o 5`S` é aplicada mais vezes em sua rotina.

5.1.2 Fase 2 – Questionário LCR

Esta fase de aplicação do modelo LCR foi realizada com o objetivo de obter a classificação da obra, separando as empresas que praticam das que não praticam os conceitos enxutos de construção. O modelo foi aplicado por dois pesquisadores na presença do responsável pela obra.

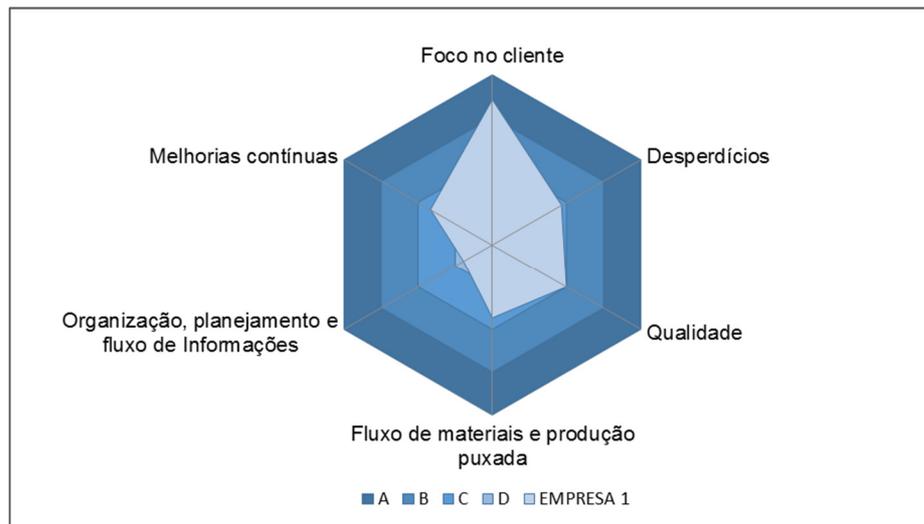
Figura 12: Avaliação da obra da empresa 1 pelos avaliadores



Fonte: Os autores (2019)

Os índices apresentados na figura 12 mostram o resultado da aplicação do modelo pelos dois avaliadores, tendo o objetivo que o resultado não seja somente em cima de uma visão da obra, por isso a importância da presença de mais de um avaliador. A avaliação final da obra da Empresa 1 está representado na figura 13.

Figura 13: Classificação Final da Obra da Empresa 1



Fonte: Os autores (2019)

Pode-se notar que, segundo os resultados do método, positivamente, a construtora 1 se sobressai por práticas que agreguem qualidade ao produto e às necessidades do cliente. A Construtora 1 oferece abertura para adaptações e

mudanças no projeto afim de suprir as necessidades do cliente, essa análise se encaixa bem no resultado obtido.

Como pontos negativos da obra, o destaque aos quesitos 'organização, planejamento e fluxo de informações' e 'fluxo de materiais e produção puxada'. A situação pôde ser constatada em área, visto que o obra apresenta uma organização (figura14) porém não utiliza ferramentas de planejamento que envolvam os empregados e que realize com efetividade o fluxo de informações, e trabalha com um alto estoque de materiais (figura 15); em desacordo com o sistema Just in time.

Figura 14: Armazenamento e Conformação dos Vergalhões



Fonte: Os autores (2019)

Figura 15: Armazenamento dos tijolos



Fonte: Os autores (2019)

Na avaliação, a obra atingiu a classificação CCC com 48% dos pontos alcançados.

5.2 EDIFICAÇÃO 2

A empresa cuja obra avaliada está na cidade de São Gonçalo do Rio Abaixo/MG, executa obras de vários pavimentos e aplica o *Lean Construction* em suas obras. É uma empresa que já possui conhecimentos na aplicação dos conceitos enxutos, o que se reflete na execução da sua obra.

5.2.1 Fase 1 – Questionário de Conhecimento *Lean*

Evidenciado que a empresa da Edificação 2 pratica os conceitos enxutos em seus processos, tem um Sistema de Gestão da Qualidade (SGQ) implementado, buscando reduzir custos, retrabalhos e oferecer produtos de qualidade aos clientes.

A obra utiliza de indicadores de desempenho sendo um dos principais controles para a identificação de melhorias existentes no processo. O gestor demonstrou ter conhecimento sobre o tema *Lean Construction* (Quadro 5).

Quadro 5 – Questionário de Avaliação Conhecimentos *Lean*
– Empresa 2

QUESTIONÁRIO						
BLOCO 1	CONHECIMENTOS LEAN	1	Para conhecimento do comportamento organizacional da empresa, alguns itens devem ser verificados conforme as questões a seguir:	Não conhece	Conhece mas não aplica	Conhece e aplica
		1.1	Nível de conhecimento da empresa do que seja Kaizen		X	
		1.2	Nível de conhecimento da empresa do que seja Kanban		X	
		1.3	Nível de conhecimento da empresa do que seja <i>Just in time</i>			X
		1.4	Nível de conhecimento da empresa do que seja Fluxo de Valor			X
		1.5	Conhecimento do que sejam Operações Enxutas			X

BLOCO 2	PRINCÍPIOS LEAN	2	Nível de utilização dos seguintes princípios <i>Lean</i> pela empresa	Não conhece	Conhece mas não aplica	Conhece e aplica	
		2.1	Redução da parcela de atividades que não agregam valor:			X	
		2.2	Redução da variabilidade:			X	
		2.3	Redução do tempo de ciclo:			X	
		2.4	Eliminação de atividades de fluxo:			X	
		2.5	Aumento do valor do produto ofertado ao cliente pela redução de atividade que não agregam valor a obra:	X			
BLOCO 3	PERDAS	3	Com relação ao tratamento de perdas gerados na Construção Civil:	Não conhece	Acontece raramente	Acontece constantemente	Acontece Sempre
		3.1	A empresa sempre identifica as perdas e avalia os custos			X	
		3.2	A empresa passou a identificar as perdas e avaliar os custos após a adoção da <i>Lean Construction</i>	X			
		4	Nível de frequência de acontecimentos das perdas na empresa	Não conhece	Acontece raramente	Acontece constantemente	Acontece Sempre
		4.1	Elaboração de produtos defeituosos (produtos que não atendem a qualidade esperada):			X	
		4.2	Perdas de processamento (erro na concepção do produto):		X		
		4.3	Perdas de movimento (colaboradores trabalhando em excesso, com perda de produtividade):		X		
		4.4	Perdas por transporte (desperdício de tempo, manuseio excessivo de materiais):		X		
		4.5	Perdas por espera (produtos em fila esperando para serem processados, falta de material):		X		
		4.6	Perdas de estoque (estoque em excesso):		X		
4.7	Perdas por superprodução (produção além do necessário):		X				
BLOCO 4	FERRAMENTAS	5	Para aplicar os princípios do <i>Lean Construction</i>, faz-se o uso de algumas ferramentas. Determinar a aplicação das ferramentas na empresa:	NUNCA	ALGUMAS VEZES	NA MAIORIA DAS VEZES	SEMPRE
		5.1	5 "S"			X	

	5.2	Kanban			X	
	5.3	Poka Yoke	X			
	5.4	Last planner	X			
	5.5	Kaizen/Melhoria de atividades			X	
	5.6	<i>Just in time</i>			X	
	5.7	Estoque tipo supermercado			X	

Fonte: Os autores (2019)

Pode-se constatar o conhecimento dos conceitos enxutos através do bloco 1 e bloco 2 do questionário; a empresa 2 possui conhecimento e aplica vários princípios do *Lean Construction*, e não conhece somente o princípio de redução das atividades que não agregam valor.

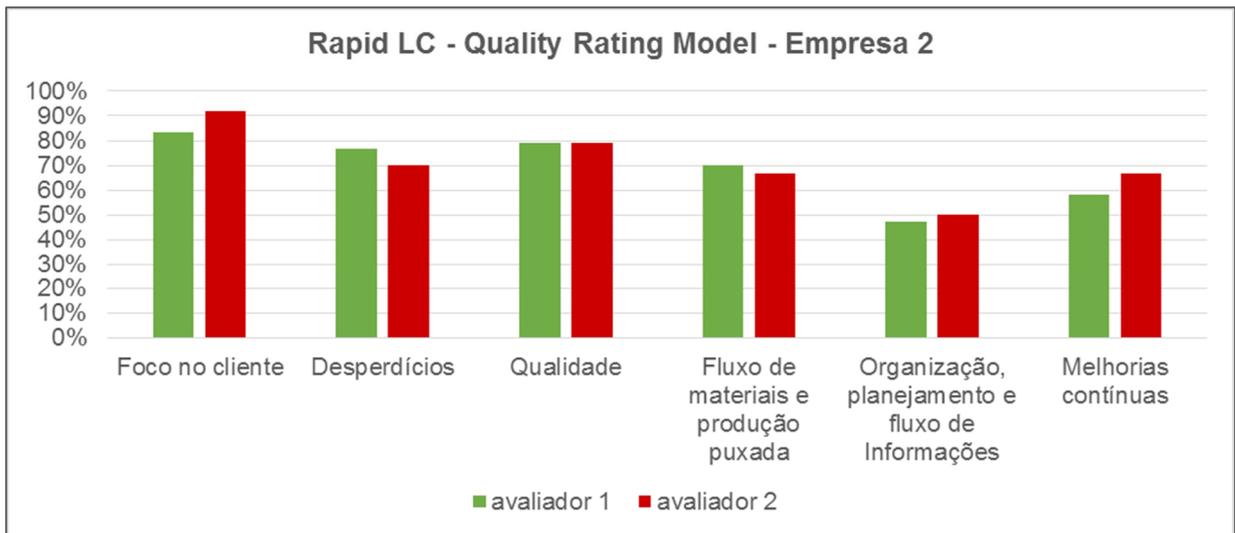
Com relação as perdas, temos como maior grau a perda por produção defeituosa, que acontece quando se tem produtos que não atendem as especificações de qualidade e resulta em retrabalhos, perdas de material e movimentação.

Na aplicação de ferramentas do *Lean* (bloco 4); a empresa mostra-se nunca ter aplicado o Poka Yoke, ferramenta para se prevenir falhas humanas e erros; e o last planner, ferramenta de planejamento e controle da produção. As demais ferramentas são aplicadas constantemente nas obras da empresa 2.

5.2.2 Fase 2 – Questionário LCR

A Empresa 2 executa obras residenciais de múltiplos pavimentos, e a obra avaliada está situada em São Gonçalo do Rio Abaixo. A empresa conhece e aplica vários princípios *Lean* em suas obras, porém ainda em um nível de aprendizado, aplicando algumas das ferramentas e metodologias enxutas (Figura 16).

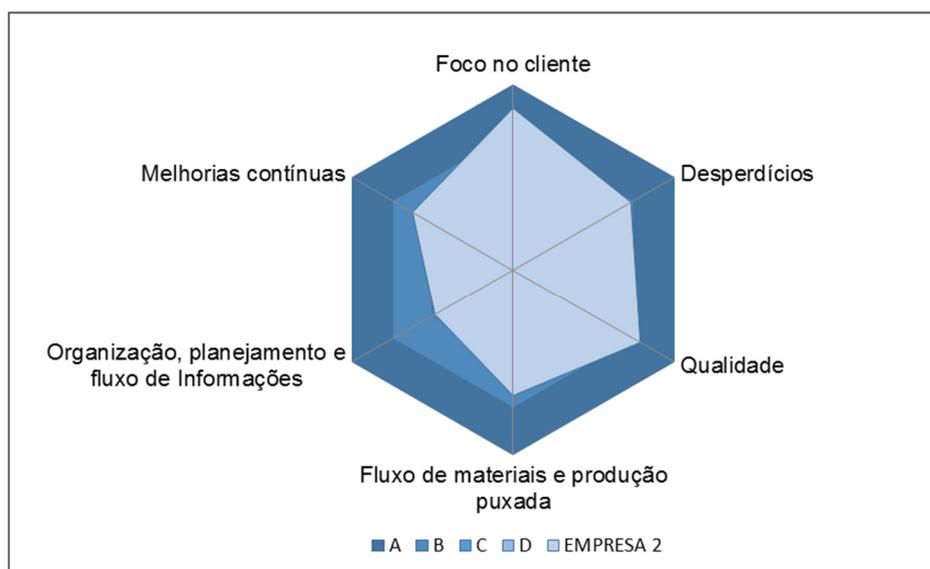
Figura 16: Avaliação da obra da empresa 2 pelos avaliadores



Fonte: Os autores (2019)

Pode-se citar os pontos fortes conforme interpretado na figura 16, sendo o foco no cliente, a qualidade de execução de seus produtos; e a introdução contínua de melhorias nos processos, uma vez que a empresa trabalha continuamente na aplicação do conceito *Lean*, e por já ter prática em várias ferramentas absorver os ganhos que a filosofia traz à produção. A avaliação final da obra da Empresa 1 está representado na figura 17.

Figura 17: Classificação Final da Obra da Empresa 2



Fonte: Os autores (2019)

A construção possui ainda alguns pontos negativos, onde podemos citar o planejamento e aplicação dos fluxos de materiais, consciência com os desperdícios (Figura 18) e o fluxo de informações. Como pontos fortes pode se apontar também a limpeza do canteiro (Figura 19)

Figura 18: Desperdício de materiais no canteiro



Fonte: Os autores (2019)

Figura 19: Ponto de reunião diária no canteiro de obras



Fonte: Os autores (2019)

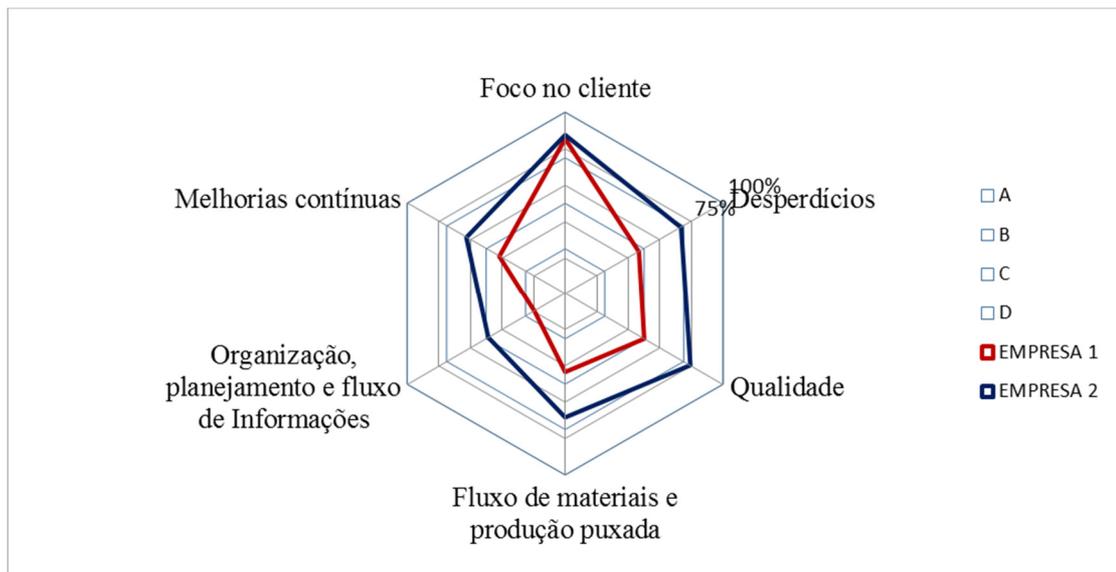
Na avaliação, a obra atingiu a classificação BB (Gráfico 4), com 70% dos pontos alcançados.

5.3 ASPECTOS CONVERGENTE E DIVERGENTES ENTRE AS EMPRESAS AVALIADAS

Pode-se observar a coerência nos resultados através da comparação do questionário de conhecimentos gerais do *Lean* (Fase1), onde se tratou de uma entrevista com o responsável da obra; com os resultados do método de avaliação LCR (Fase 2), que se tratou de uma classificação realizada por dois avaliadores durante visita na obra. O responsável da obra que obteve pouco conhecimento *Lean* diagnosticado no questionário da fase 1, obteve respectivamente a classificação de sua construção com nota baixa.

Com a comparação entre as empresas por categoria, demonstra em quais pontos a empresa tem condições de buscar a melhoria com a aplicação da filosofia e conceitos enxutos (Figura 20).

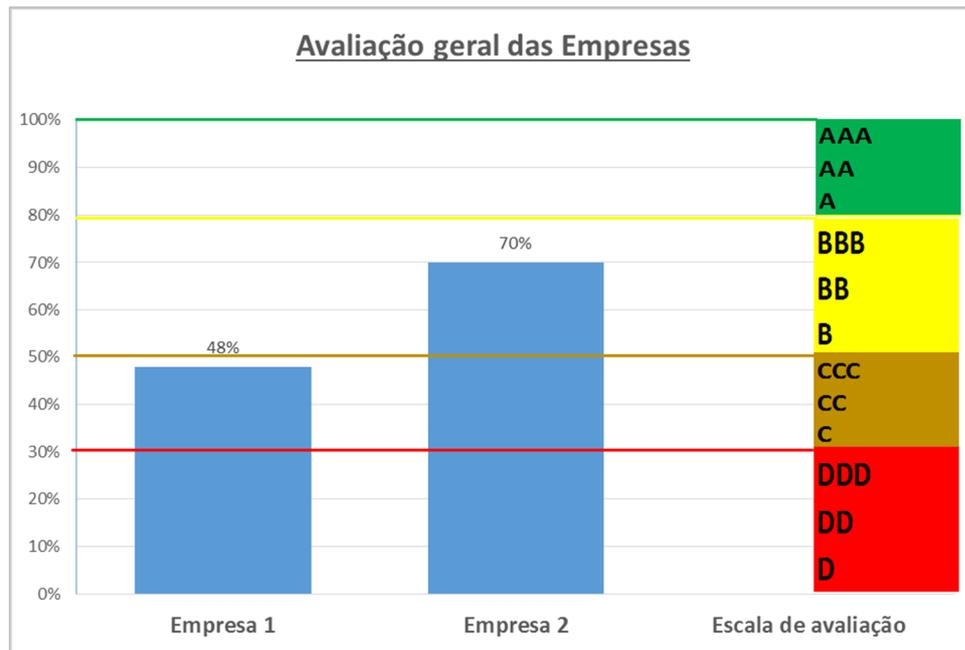
Figura 20: Comparativo entre as Empresas



Fonte: Os autores (2019)

Os resultados do modelo de aplicação LCR nas obras das empresas possibilitaram a constatação de que a classificação (de D a AAA) está apropriada, visto que nenhuma empresa que não conhece ou aplica os conceitos enxutos do *Lean* atingiu o nível B (Figura 21).

Figura 21: Comparação entre a classificação das obras das empresas



O bom resultado de uma empresa, durante a realização de uma obra com a utilização dos princípios do *Lean Construction*, está totalmente ligado ao desenvolvimento igualitário de cada uma das categorias da avaliação.

O modelo LCR foi aplicado em apenas uma obra de cada empresa, entretanto não se pode caracterizar a empresa quanto ao grau de aplicação do *Lean Construction*, apenas sua obra. A presença no momento da avaliação de mais de um aplicador também se mostrou importante.

5.3.1 Pontos Convergentes

Realizando uma análise do gráfico comparativo das duas empresas, pode-se afirmar que o foco no cliente é a grande preocupação das duas construtoras, uma vez que este é o diferencial no mercado; juntamente com a melhoria contínua, explicado pelo avanço tecnológico na construção civil que obriga as empresas a se adequar e inovar. As duas obras apresentam uma limpeza adequada nos canteiros (5" S"), além de uma flexibilidade de comunicação com equipe de projetos e o foco nas vendas.

5.3.2 Pontos Divergentes

A empresa 2 mostrou-se estar mais avançada na aplicação da filosofia que a empresa 1; tanto nos quesitos de melhoria continua, qualidade, organização, planejamento e fluxo de informações e no controle de desperdícios. A empresa 2 alcançou ao nível BB, onde existe um foco de alta qualidade e de aprendizagem enxuta dentro dos principais níveis da empresa.

No item de melhoria continua, as obras não possuem nenhum tipo de incentivo aos funcionários para sugerir ideias de melhoria continua, porém em entrevista a empresa 2 se preocupa em aplicar o aprendizado de obras anteriores utilizando ferramentas que deram certo em outros projetos e relocação de funcionários.

A empresa 1 apresentou-se a classificação CC na avaliação, onde existe a consciência da qualidade dos produtos, porém com baixa adoção dos conceitos enxutos em sua obra. O quesito mais divergente de pontuação entre as empresa é a organização, planejamento de fluxo de informações; onde é verificado ferramentas de planejamento e comunicação dentro da obra; e se pode exemplificar com a baixa utilização de sistemas de gestão visual, com informações de controle de qualidade dentro do canteiro.

5.4 VIABILIDADE QUALITATIVA PARA IMPLANTAÇÃO DA FILOSOFIA *LEAN*

Quando comparamos a teoria com a pratica, podemos perceber que essa filosofia se mostra como uma saída para buscar a melhoria continua na construção civil; e é nítido que a implantação dos princípios enxutos sendo realizado de forma estruturada oferece as empresas uma maior competitividade no mercado cada vez mais exigente. O que se pode perceber é que para a implementação da filosofia nas organizações necessita-se de orientação dentro do seu ambiente de trabalho.

Como sugestão inicial, a empresa precisa tomar a decisão da implantação da filosofia e buscar o conhecimento através de treinamentos ou orientação dos colaboradores através de consultorias; e o mais importante manter o envolvimento da empresa nos conceitos afim de buscar a disseminação das informações em todos os envolvidos no processo.

A consultoria se torna importante para compor a estrutura de implementação da filosofia de maneira eficaz e objetiva, além de indispensável a presença tenha auxiliares que organizem e disseminem com a filosofia funciona. Com a metodologia de implantação desenvolvida, a empresa precisa aplicar sua força na utilização dos princípios da filosofia.

Outro passo importante é o momento de medir os resultados alcançados; esses poderão ser controlados por indicadores de desempenho já existentes na empresa, se comparando o antes com o depois da implantação das ferramentas.

No momento que os conceitos enxutos forem implantados, os colaboradores precisam conhecer as ferramentas e estratégias adotadas para trabalhar com a filosofia e os princípios *Lean*. A busca pela melhoria continua deve acontecer mesmo depois da implantação da filosofia, onde de acordo com o progresso aparecerá novos desafios.

Conforme a coleta de dados dessa pesquisa pode-se perceber que vários conceitos e princípios do *Lean* são aplicados pelas empresa de construção, mesmo sem o conhecimento da empresa e dos funcionários. Além desse fato permitiu-se entender que os princípios de atendimento ao cliente e flexibilidade de saída do produto são os que requerem mais atenção das empresas.

Com esse trabalho de pesquisa foi permitido observar uma deficiência na gestão do setor de construção civil; onde os benefícios da implantação dos conceitos e ferramentas, além da eliminação dos desperdícios são evidentes nos empreendimentos.

6 CONCLUSÃO

Nos últimos anos observou-se em nosso país que as inovações são necessárias para que as empresas continuem sendo cada vez mais competitivas, mas para que isto aconteça as empresas tem que buscar novas tecnologias e inovações que tragam benefícios ao seu negócio. Na construção civil não é diferente, para isto existem ferramentas e métodos que auxiliam na transformação deste setor, contribuindo positivamente em diversas atividades, como: na redução de gastos, na redução de desperdícios, agregando valor e mais qualidade ao produto. Como exemplo tem-se a construção enxuta, ela vem de uma ferramenta chamada *Lean Construction* que é uma ramificação do *Lean Manufacturing*.

Porém como observado nas empresas contempladas neste trabalho de pesquisa, o conhecimento teórico é um dos principais problemas enfrentados pelas empresas, que buscam partir para a parte pratica somente observando empresas concorrentes ou até mesmo aplicando alguma ferramenta sem saber termo técnico correto ou qual sua real função. De um modo geral todas as empresas pesquisadas apresentam problemas semelhantes, onde ainda estão aprendendo a desenvolver e implantar a filosofia da construção enxuta, isto mostra um pouco da realidade da construção civil em nossa região.

Através de questionário foi observado que mesmo com pouco conhecimento da filosofia estudada neste trabalho, as empresas estão buscando se atualizar e tomar conhecimento das ferramentas que vão auxiliar na redução de desperdício que é um dos principais gargalos encontrados pelas empresas, dentre outras melhorias que a filosofia pode trazer se bem implantada. É de suma importância destacar que a partir da implantação da metodologia *Lean* as empresas precisem capacitar os empregados para que o princípio seja seguido. No caso desse trabalho, cada obra se encontra em cidades diferentes e é importante que nas construções existam pessoas capacitadas no conhecimento da filosofia *Lean* para orientar e motivar as pessoas quanto a pratica da mesma.

Por fim pode-se concluir ainda no comparativo entre as empresas que a empresa 2 demonstra um nível mais avançado de aplicação da metodologia *Lean* e sendo possível implementar na empresa 1 uma vez que ambas as empresas possuem semelhanças em seu ramo de atividade conforme observado pelo dados coletados.

REFERÊNCIAS

AGC. **The Contractors' Guide to BIM**, Associated General Contractors (AGC) of America. Disponível em: <www.agc.org>. Acesso em: 03 maio 2019.

ASSUMPÇÃO, J. F. P. **Gerenciamento de empreendimentos na construção civil: modelo para planejamento estratégico da produção de edifícios**. 1996. 206 f. Tese (Doutorado em Engenharia industrial) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.

BALLARD, G. **The Last Planner System of Production Control**. School of Civil Engineering, University of Birmingham, UK, 2000.

BENETTI, Heloiza Piassa. SILVA, Ildeivan. BELLEI, Eduardo. **Classificar empresas Construtoras quanto ao grau de aplicação de ferramentas Lean**. VIII Congresso Nacional de Excelência em Gestão, 2012.

Bookman, 1997. OHNO, T. **Toyota Production System: beyond Large-Scale Production**. Productivity Press, 1988.

CONTRUBUSINESS. **XII CONGRESSO BRASILEIRO DA CONSTRUÇÃO**. São Paulo, 2016.

CORREA, H. L., CORRÊA, C. A. **Administração de produção e operações: manufatura e serviços – uma abordagem estratégica**. Atlas, 2004.

COSTA, D. B.; FORMOSO, C. T. **Guidelines for conception, implementation and use of performance measurement systems in Construction companies**. In: 11TH Annual Conference of *Lean Construction*, Blacksburg, Virginia, 2003. MODEN, Y. T

CRUZ, C. C. R. **Análise da implementação dos elementos e ferramentas da produção enxuta em canteiros de obras na cidade de Belém do Pará**. Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Pará, 2011.

FARAH, Marta Ferreira Santos. **Processo de Trabalho na Construção Habitacional: Tradição e Mudança**. Annablume, 1996, 308p.

FORMOSO C. T. **Lean Construction: Princípios básicos e exemplos. Relatório - Núcleo Orientado para inovação da Edificação**, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2002.

FORMOSO, C. T. **Lean Construction: Princípios Básicos e exemplos. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – NORIE**, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2000.

FORMOSO, C. T., et al. **As perdas na construção civil: conceitos, classificações e seu papel na melhoria do setor. Núcleo Orientado para a Inovação da**

Edificação, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – NORIE, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1996.

GERHARDT, T & SILVEIRA, D. **Métodos de Pesquisa**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2009.

GIL, A. **Como elaborar projetos de Pesquisa**. Editora Atlas, 4 Edição, 2002

GUIMARÃES, L. A.; GUIMARÃES, C. R. **Utilização da construção enxuta no planejamento e controle de obras na construção civil**. In: XXXVI ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. Anais... João Pessoa, PB: 2016.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa Anual da Indústria da Construção**, Rio de Janeiro: v. 21, p.1-98, 2017.

ISATTO, E. L. et al. **Lean Construction: Diretrizes e Ferramentas para o Controle de Perdas na Construção Civil**. 1ª Ed. SEBRAE, 2000.

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.

KOSKELA, Lauri. **Application of the new production philosophy to construction**. CIFE TechnicalReport #7275p.Stanford University, Palo Alto, Califórnia, 1992.

LEE, A.; SEXTON, M. G. nD **modelling: industry uptake considerations**. **Construction Innovation: Information, Process, Management**, v. 7, n. 3, p. 288-302, 2007.

LIKER, J. K. **O modelo Toyota: 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo**. Tradução de Lene Belon Ribeiro. Bookman, 2005. Título original: The Toyota way.

LIMA, E. A. M. **Estudo da Contribuição das Metodologias do Lean Construction e do Gerenciamento de Projetos do PMI para o Planejamento e Controle da Produção de Obras**. Projeto de Graduação apresentado ao Curso de Engenharia Civil, Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2016.

LORENZON, I. A.; MARTINS, R. A. M. **Discussão sobre a medição de desempenho na Lean Construction**. In: XIII SIMPEP - SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. Anais... Bauru, SP: 2006.

MODEN, Y. **Toyota sistema de produção: uma abordagem integrada do just in time**. 3 ed. Norcross, Ga .1998.

MOURÃO, C. A. M. A.; VALENTE, C. P. Coletânea **Lean & Green**. C. Rolim Engenharia Ltda, 2013.

OHNO, Taiichi. **O Sistema Toyota de Produção: Além da Produção em Larga Escala**. Bookman Companhia Editora, Porto Alegre, 1997.

OLIVEIRA, E. A. **Adequação de micro e pequenas empresas de construção civil à *Lean Construction*** – estudo de caso em alagoas. In: XXII SIMPEP – Simpósio de Engenharia de Produção. Anais... Bauru, SP: 2015.

OLIVEIRA, Bruno Fernandes de; FREITAS, Maria do Carmo Duarte; HOFACKER, Alexander. **UM MODELO DE AVALIAÇÃO DO GRAU DE APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS *LEAN* EM EMPRESAS CONSTRUTORAS: O RAPID *LEAN CONSTRUCTION*-QUALITY RATING MODEL (LCR)**. 2010. 19 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina (ufsc), Florianópolis, 2010.

PEREIRA, MARIANA D. C. **AVALIAÇÃO E ANÁLISE DA APLICAÇÃO DA FILOSOFIA *LEAN* EM EMPRESAS DE CONSTRUÇÃO CIVIL DA REGIÃO METROPOLITANA DE BELO HORIZONTE** 2012. MONOGRAFIA APRESENTADA AO CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM CONSTRUÇÃO CIVIL DA ESCOLA DE ENGENHARIA DA UFMG.

PERETTI, L. C.; FARIA, A. C.; SANTOS, I. C. **Aplicação dos princípios da construção enxuta em construtoras verticais: estudo de casos múltiplos na região metropolitana de São Paulo**. Encontro da ANPAD, Rio de Janeiro, 37, 2013.

PFÄFFENZELLER, M.C. ***LEAN THINKING* NA CONSTRUÇÃO CIVIL: ESTUDO DA UTILIZAÇÃO DE FERRAMENTAS DA FILOSOFIA *LEAN* EM DIFERENTES FLUXOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL**. Revista Ibero-americana de Engenharia Industrial, v. 7, n. 14, p. 86-107, 2015.

PICCHI, F. A. ***Lean principles and the construction main flows***_ IN: CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR *LEAN CONSTRUCTION*, 8., 2000, Brighton, UK. Proceedings...Brighton:IGLC,2000.

ROCHA, F.E.M.; HEINECK, L.F.M.; RODRIGUES, I.T.P.; PEREIRA, P.E. **Logística e lógica na construção *Lean***. Fortaleza- Ce, Brasil, Fibra, 2004.

ROTHER, M. & SHOOK, J. **Aprendendo a enxergar. *Lean Institute Brasil***. São Paulo, 1999.

ROTHER, M.; **Aprendendo a enxergar: mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar desperdício**. São Paulo: *Lean Institute Brasil*, 2003.

SALEM, O.; SOLOMON, J.; GENAIDY, A.; LUEGRING, M. Site **Implementation and Assessment of Construção enxuta Techniques. Construção enxuta Journal, Volume 02**, Issue 02, 2005.

SANTOS, F. M. **Análise e controle da produção na construção civil, através do planejamento e controle da produção juntamente com a teoria *Lean Construction***. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Centro Universitário de Formiga - UNIFOR, 2010.

SAYER, A. & WALKER, R. **The New Social Economy: reworking the division of labor**. Cambridge, Massachusetts, Oxford. Blackwell, 1992.

SCHLÜNZEN JUNIOR, K. **Aprendizagem, cultura e tecnologia: Desenvolvendo potencialidades corporativas.** UNESP, 2003.

SHARMA, A., MOODY, P. **A Máquina Perfeita: Como Vencer na Nova Economia Produzindo com Menos Recurso.** São Paulo: Editora Prentice Hall, 2003. 255 p.

SHINGO, SHIGEO. **O SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO DO PONTO DE VISTA DA ENGENHARIA DE PRODUÇÃO;** TRAD. EDUARDO SCHAAN, 2ª EDIÇÃO – PORTO ALEGRE, ARTES MÉDICAS, 1996.

SIQUEIRA, J.P.L de. **Gestão de Produção e Operações.** Curitiba-PR: Editora IESDE Brasil S.A, 2009. 124 p.

SLACK, NIGEL. CHAMBERS, STUART. JOHNSTON, ROBERT. **ADMINISTRAÇÃO DA PRODUÇÃO.** 3 ED. SÃO PAULO: ATLAS, 2009.

TEIXEIRA, L. P. **Desempenho da construção brasileira.** Belo Horizonte: UFMG, 2010.

TONIN, L. A. P.; SCHAEFER, C. O. **Diagnóstico e aplicação da *Lean Construction* em Construtora.** CESUMAR, v. 15, n. 1, p 23-31, 2013.

WERKEMA, Cristina. ***Lean Seis Sigma.*** Belo Horizonte: Werkema, 2006.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. **A mentalidade enxuta nas empresas *Lean thinking: elimine o desperdício e crie riqueza,*** 2004.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROOS, D. **A máquina que mudou o mundo.** 4. ed. Campus Ltda., 1992.

WOMACK, James. JONES, Daniel. **A mentalidade enxuta nas empresas.** Rio de Janeiro, Campus, 1998.

APÊNDICE(S)

APÊNDICE A – QUESTIONARIO DO NÍVEL DE CONHECIMENTO DO *LEAN*

BLOCO 1	CONHECIMENTOS LEAN	1	Para conhecimento do comportamento organizacional da empresa, alguns itens devem ser verificados conforme as questões a seguir:	Não conhece	Conhece mas não aplica	Conhece e aplica	
		1.1	Nível de conhecimento da empresa do que seja Kaizen				
		1.2	Nível de conhecimento da empresa do que seja Kanban				
		1.3	Nível de conhecimento da empresa do que seja <i>Just in time</i>				
		1.4	Nível de conhecimento da empresa do que seja Fluxo de Valor				
		1.5	Conhecimento do que sejam Operações Enxutas				
BLOCO 2	PRINCÍPIOS LEAN	2	Nível de utilização dos seguintes princípios Lean pela empresa	Não conhece	Conhece mas não aplica	Conhece e aplica	
		2.1	Redução da parcela de atividades que não agregam valor:				
		2.2	Redução da variabilidade:				
		2.3	Redução do tempo de ciclo:				
		2.4	Eliminação de atividades de fluxo:				
		2.5	Aumento do valor do produto ofertado ao cliente pela redução de atividade que não agregam valor a obra:				
BLOCO 3	PERDAS	3	Com relação ao tratamento de perdas gerados na Construção Civil:	Não conhece	Acontece raramente	Acontece constantemente	Acontece Sempre
		3.1	A empresa sempre identifica as perdas e avalia os custos				
		3.2	A empresa passou a identificar as perdas e avaliar os custos após a adoção da <i>Lean Construction</i>				
		4	Nível de frequência de acontecimentos das perdas na empresa	Não Acontece	Acontece raramente	Acontece constantemente	Acontece Sempre
		4.1	Elaboração de produtos defeituosos (produtos que não atendem a qualidade esperada):				
		4.2	Perdas de processamento (erro na concepção do produto):				
		4.3	Perdas de movimento (colaboradores trabalhando em excesso, com perda de produtividade):				

		4.4	Perdas por transporte (desperdício de tempo, manuseio excessivo de materiais):				
		4.5	Perdas por espera (produtos em fila esperando para serem processados, falta de material):				
		4.6	Perdas de estoque (estoque em excesso):				
		4.7	Perdas por superprodução (produção além do necessário):				
BLOCO 4	FERRAMENTAS LEAN	5	Para aplicar os princípios do <i>Lean Construction</i>, faz-se o uso de algumas ferramentas. Determinar a aplicação das ferramentas na empresa:	NUNCA	ALGUMAS VEZES	NA MAIORIA DAS VEZES	SEMPRE
		5.1	5 “S”				
		5.2	Kanban				
		5.3	Poka Yoke				
		5.4	Last planer				
		5.5	Kaizen/Melhoria de atividades				
		5.6	<i>Just in time</i>				
		5.7	Estoque tipo supermercado				