



**LUÍSA RIBEIRO ARAÚJO
MARIA CAROLINE SOUSA SILVA**

**SOLUÇÕES DO *LEAN CONSTRUCTION*: ESTUDO DE CASO
DE UM EDIFÍCIO NA CIDADE DE LAVRAS-MG**

**LAVRAS-MG
2022**

**LUÍSA RIBEIRO ARAÚJO
MARIA CAROLINE SOUSA SILVA**

**SOLUÇÕES DO *LEAN CONSTRUCTION*: ESTUDO DE CASO DE UM EDIFÍCIO NA
CIDADE DE LAVRAS-MG**

TCC apresentado à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Engenharia Civil, para a obtenção do título de Bacharel.

Prof. Dra. Priscilla Abreu Pereira Ribeiro
Orientadora

**LAVRAS-MG
2022**

**LUÍSA RIBEIRO ARAÚJO
MARIA CAROLINE SOUSA SILVA**

**SOLUÇÕES DO *LEAN CONSTRUCTION*: ESTUDO DE CASO DE UM EDIFÍCIO NA
CIDADE DE LAVRAS-MG
LEAN CONSTRUCTION SOLUTIONS: CASE STUDY OF A BUILDING IN THE
CITY OF LAVRAS-MG**

TCC apresentado à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Engenharia Civil, para a obtenção do título de Bacharel.

APROVADA em 25/10/2022
Dra. Priscilla Abreu Pereira Ribeiro
Dra. Elisa Reis Guimarães
Dr. Lucas Henrique Pedrozo Abreu

Prof. Dra. Priscilla Abreu Pereira Ribeiro
Orientadora

**LAVRAS-MG
2022**

AGRADECIMENTOS

Gostaríamos de agradecer primeiramente a Deus que nos deu força e sabedoria para a realização deste trabalho e que não permitiu que nós desistíssemos durante o processo.

Agradecemos aos nossos pais, irmãos e pessoas próximas que a cada minuto nos incentivaram com palavras e carinhos, nos fazendo nos sentir capazes de concluir essa etapa que foi tão difícil para nós. Com eles foi possível passar por essa fase com mais leveza e alegria.

Também agradecemos à nossa orientadora, professora Dr. Priscilla pela orientação e compreensão ao longo deste trabalho.

Por fim, agradecemos a todos os colegas de faculdade que sempre nos ajudaram nesta caminhada e principalmente a UFLA por proporcionar um ambiente e uma estrutura agradável além de tantos aprendizados que levaremos por toda a vida.

RESUMO

A Construção Civil brasileira é caracterizada por sua informalidade nos procedimentos construtivos e pelo elevado nível de desperdício, o que faz com que esse setor seja ineficiente. Em busca de uma maior competitividade e otimização da produção, surgiu o *Lean Construction*, que prioriza as atividades que agregam valor. Derivado do sistema Toyota de produção, este começou a ser disseminado por um estudo publicado por Lauri Koskela no início da década de 1990, no qual apresentou os 11 princípios desta filosofia, cada um destinado a uma solução de melhoria do processo produtivo. Neste contexto, o presente trabalho tem como objetivo analisar áreas que podem ser melhoradas dentro de um canteiro de obras e propor soluções que sejam práticas e embasadas na filosofia *Lean Construction*. Por meio de um estudo de caso foram realizadas visitas frequentes na obra, que permitiu identificar alguns pontos de gestão que poderiam ser otimizados. A partir de uma base de referencial teórico, foi possível elaborar propostas alinhadas aos princípios e que tiveram resultados positivos mostrados nos estudos. Com a aplicação e acompanhamento dessas propostas, espera-se o aumento da produtividade da eficiência da empresa, o aumento do controle dos processos e a diminuição da variabilidade.

Palavras-chave: Construção civil. Produção enxuta. Redução de desperdícios.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Modelo tradicional de processo.....	16
Figura 2 - Produção como um processo de fluxo.....	17
Figura 3 - Benefícios da aplicação dos conceitos <i>lean</i>	22
Figura 4 - Sequência lógica do trabalho.....	25
Figura 5 – Tábuas distribuídas em grande volume pelo canteiro de obras sem local próprio.....	28
Figura 6 - Disposição de barras de aço e armaduras de pilares pelo canteiro de obras.....	29
Figura 7 - Baias para armazenamento de materiais.....	30
Figura 8 - Sinalização do material.....	30
Figura 9 - Sinalizações de material e estoque mínimo.....	31
Figura 10 – Planta baixa com canteiro de obras otimizado.....	31
Figura 11 - Almojarifado.....	33
Figura 12 – Organização Almojarifado.....	34
Figura 13 - Gaiola para transporte de materiais pelo guincho.....	37
Figura 14 - Escorregador de materiais.....	38
Figura 15 - Sinalização de Regras no canteiro de obras.....	39
Figura 16 – Transparência na obra.....	40

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Planejamento e Controle de Aquisição de Materiais.....	35
Tabela 2 - Controle de Fornecedores.....	35
Tabela 3 - Traços de concreto e massa.	36

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
1.1 Objetivo Geral	10
1.2 Objetivos Específicos	10
2 REFERENCIAL TEÓRICO	11
2.1 Contexto Histórico	11
2.2 Lean Thinking	11
2.2.1 Sistema Toyota de Produção	11
2.2.2 <i>Just in time</i>	12
2.2.3 Conceito de perdas	13
2.3 Lean Construction	14
2.3.1 Conceitos e características	14
2.3.2 Princípios	17
2.3.3 Técnicas e ferramentas	21
2.3.4 Aplicação do <i>Lean Construction</i> em construtoras.	21
3 METODOLOGIA	24
3.1 Estudo de caso	24
3.2 Apresentação da empresa	26
3.3 Caracterização do empreendimento	26
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	27
4.1 Canteiro de obras	27
4.2 Estoque	32
4.3 Cronograma e controle de compras	34
4.4 Variabilidade das ações	35
4.5 Fluxo de materiais	37
4.6 Ociosidade dos colaboradores	38
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	42
REFERÊNCIAS	43

1 INTRODUÇÃO

A indústria da Construção Civil tem grande importância na economia brasileira, sendo atualmente considerada um dos setores que mais recrutam mão de obra em meio à crise decorrente da COVID-19. Em 2021 o setor registrou o seu maior crescimento da década, chegando a 7,6%, de acordo com a Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC), no estudo de desempenho para 2021 e cenário para 2022 (CBIC,2022). Esse aumento de demanda aumenta também o número de empresas projetistas, construtoras e empresas de demais segmentos da área da construção, tornando-se necessário que as entregas sejam feitas com extrema qualidade, transparência para os clientes e processos eficientes.

Tal crescimento traz consigo um maior nível de exigência dos clientes, além de reivindicações por melhoria das condições de trabalho por parte da mão de obra, esses fatores, acrescentados a grandes prazos e a custos elevados, justificam a necessidade de mudanças no setor.

Ademais, a Construção Civil brasileira ainda é caracterizada por sua informalidade nos procedimentos construtivos e pela escassez de mão de obra qualificada, o que acaba gerando maior tempo de execução do que o realmente necessário, acumulando desperdício também de materiais e tornando a produção ineficiente.

Considerando este contexto e as necessidades de melhora na eficiência e eficácia do sistema de produção, que deriva da década de 1990, o setor da construção civil iniciou desde então a introdução de novas filosofias gerenciais, vindo em sua maioria de ambientes de produção industrial (ISATTO et al., 2000).

Objetivando minimizar os problemas existentes no setor e otimizar as produções surgiu o *Lean Construction*, nova filosofia de produção em que os ideais englobam muito mais que o ambiente de produção (KOSKELA,1992). Este foi derivado do sistema Toyota de produção, que tem como objetivo a otimização do desempenho e como base o controle de qualidade total.

Prazos de obras estendidos, falta de planejamento financeiro, espera por insumos, mão de obra parada, canteiro de obra ineficiente, retrabalhos e grande volume de desperdícios e de prejuízos financeiros podem ser facilmente minimizados com a utilização de técnicas como modularização do projeto, planejamento de obras, cronograma de obras e outras estratégias apresentadas pelos princípios do *Lean Construction*.

1.1 Objetivo Geral

Objetivou-se com o presente trabalho realizar um estudo de caso, trazer a análise de uma construtora sob o olhar dos princípios do *Lean Construction*, identificar as áreas de possíveis melhorias e propor soluções que sejam de fácil aplicação e que tragam resultados eficientes.

1.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos deste trabalho são:

1. Identificar problemas e necessidades de um edifício em análise.
2. Propor soluções embasadas no *Lean Construction* para melhorias no canteiro de obras relacionadas à produtividade da mão de obra e ao menor desperdício de tempo e de materiais na obra analisada.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Apresenta-se a seguir uma revisão de literatura sobre a evolução do conceito *Lean Construction*, desde seu contexto histórico aos conceitos base trazidos pelo *Lean Thinking*, além de suas principais características e princípios e sua utilização em construtoras do Brasil.

2.1 Contexto Histórico

A evolução da produção acompanha a evolução humana, visto que as necessidades dos seres humanos orientam as suas ações produtivas e inovadoras, seja para criar ou desenvolver resultados a partir de menos recursos.

No princípio o sistema de produção artesanal foi caracterizado de forma que a atenção era exclusivamente ao cliente, que solicitava o produto ou serviço. Tinha-se uma frente de trabalho altamente qualificada em projeto, operações de máquinas, ajuste e acabamento que era realizada por empreendedores autônomos, porém havia um volume de produção baixo e os custos dos processos produtivos eram elevados, logo o sistema de produção artesanal tinha suas desvantagens visto que ao final da produção poucos produtos eram semelhantes, pois o método gerava variação por sua própria natureza produtiva (WOMACK; JONES; ROOS, 2004).

Sendo o sistema incapaz de garantir qualidade do produto quanto à sua forma de confiabilidade e durabilidade, juntamente com a necessidade de desenvolver novas tecnologias, surgiu o sistema de produção em massa, conhecido também como Fordismo. Tal sistema veio para diminuir significativamente os custos e aumentar a qualidade do produto, foi denominado de sistema de “produção em massa”, sendo determinante para revolução industrial (WOMACK; JONES; ROOS, 2004).

O fordismo tornou-se um processo produtivo caracterizado por dois pilares básicos: a velocidade da produção e o aumento da capacidade (VALENTE; AIRES, 2017).

2.2 *Lean Thinking*

O *Lean Thinking* traz maneiras para transformar desperdício em valor, criando uma maneira de tornar o trabalho mais gratificante e satisfatório e criando novos trabalhos em vez de destruí-los em nome da eficiência (WOMACK; JONES, 2003).

2.2.1 Sistema Toyota de Produção

Na década de 1950, após a Segunda Guerra Mundial, a economia do Japão estava devastada, então a partir da necessidade de se adaptarem às condições do novo mercado, menor, mais fragilizado e com pouco capital, surgiu o Sistema Toyota de Produção (STP) a fim de adequar à nova realidade japonesa (JUNQUEIRA, 2006; PEREIRA, 2012).

A proposta desse modelo de produção é obter um aumento da lucratividade e redução dos custos, através da eliminação de atividades que não agregam valor (JUNQUEIRA, 2006).

Dessa forma, os estoques são reduzidos, com pequenos lotes de produção e uma alta quantidade de entregas e transportes (SHINGO, 1996; WIGINESCKI, 2009). E como umas das principais características desse modelo é a redução de perdas, tal processo estaria muito mais facilitado.

De acordo com Shingo (1996) existem três diferenças básicas entre os sistemas Toyota e Ford de produção:

1. Tamanhos dos lotes: no sistema Ford são produzidas várias quantidades, mas de poucos modelos, já no sistema Toyota são produzidas pequenas quantidades de vários modelos;

2. Estoque: no sistema Toyota há a adoção da produção com modelos mistos no processo de montagem, no qual pequenos lotes são produzidos, eliminando assim os estoques intermediários que haviam no sistema Ford;

3. Fluxo contínuo de peças unitárias: no sistema Toyota as peças utilizadas para a montagem final do produto, são produzidas em pequenos lotes o que gera um contínuo escoamento de peças, diferentemente do que a produção de Ford realizava, com a produção em grandes lotes o que leva a uma carência no fluxo das peças produzidas.

Baseado no Sistema Toyota de Produção criou-se uma nova filosofia, o *Lean Thinking*, como sendo uma generalização do sistema Toyota. Esse termo surgiu pela primeira vez no livro "*The Machine that Changed the World (A Máquina que mudou o mundo)*" de Womack, Jones e Roos publicado nos Estados Unidos em 1990, para que o sistema Toyota fosse aplicado em outras áreas de atuação, não somente a automobilística (GALLARDO, 2007; PEREIRA, 2012).

2.2.2 *Just in time*

O sistema *Just in time* (JIT) surgiu a partir do modelo Toyota, por Ohno e Shingo, nas fábricas de automóveis com a necessidade de redução do tempo de produção. Este método conseguiu aumentar a produtividade e a variabilidade da produção, uma vez que o sistema produz somente as partes necessárias, com um único sentido de fluxo de trabalho e com o

mínimo de estoque possível, sendo este seu foco principal, redução ou eliminação dos estoques (SUGIMORI, et al., 1997; CARVALHO, 2008; KOSKELA, 1992).

De acordo com Koskela (1992), o conceito de desperdício é um dos pilares do JIT. Atividades que não agregam valor à produção como superprodução, espera, transporte, retrabalho e movimentação, podem ser eliminadas e alcançar melhores resultados na qualidade do produto final, flexibilidade do fluxo de produção e maior confiabilidade nos equipamentos e fornecedores (SILVA; PAIVA, 2017).

Esta ferramenta, é uma das formas que as empresas podem utilizar para aplicar a filosofia do *Lean Construction* no seu processo de gestão e controle (KOSKELA, 1992; CARVALHO, 2008).

2.2.3 Conceito de perdas

As perdas na construção civil por muito tempo foram consideradas como sinônimo de entulho, essa visão não é somente compartilhada pela indústria no geral como também pelas pessoas através das notícias que apontam o tamanho do desperdício que a construção civil gera no mundo. De acordo com The Brainy Insights (2022), os materiais de construção são responsáveis por metade dos resíduos sólidos gerados anualmente em todo o mundo, sendo que, segundo Tiseo (2022), se estima que este chegue ao volume de 3,40 bilhões de toneladas globalmente até 2050.

No Brasil este problema pode ser evidenciado devido aos métodos mais utilizados por aqui, sendo eles estruturas de concreto armado e alvenaria com tijolos cerâmicos. De acordo com os dados trazidos pela Pesquisa Nacional por Amostras de Domicílio (PNAD Contínua), coordenada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e estatística (IBGE), esses métodos predominam em 88,6% (64,1 milhões) de casas e apartamentos pelo país (IBGE, 2019).

Tais perdas envolvem restos de madeiras utilizadas principalmente para execução de fôrmas da estrutura, pedaços de tijolos cerâmicos e blocos de concreto utilizados para paredes e muros, restos de argamassa de assentamento e de reboco, restos de concreto, entre outros diversos materiais que se resumem em itens que não possuem valor para obra, são tangíveis e que são facilmente quantificados, mas essa definição pode ser muito simplificada diante todos os processos que envolvem uma obra (ISATTO et al., 2000).

Ohno (1997) trouxe as seguintes categorias para sustentação dos processos de identificação e eliminação de perdas:

- Desperdício de superprodução: perda por produzir além do necessário e perda por produzir antes do tempo necessário;
- Desperdício de tempo disponível: quando nenhum serviço é executado em determinado tempo gerando espera dentro do ciclo de produção;
- Desperdício em transporte: o transporte é considerado uma perda, sendo necessário sua eliminação;
- Desperdício do processamento em si: partes da produção que podem ser eliminadas sem nenhum prejuízo;
- Desperdício de produzir produtos defeituosos: perda de produtos que não atinge a qualidade requerida;
- Desperdício de movimento: se trata dos serviços de movimentos que não agregam valor no processo;
- Desperdício de estoque: desperdício de espaço, manutenção e investimento.

Na Construção Enxuta, o conceito de perdas vai além de apenas materiais, pois, está relacionado a todos os recursos necessários dentro do processo, sejam eles transporte, mão de obra, material e tempo de execução. Isto é, trabalhos que se resumem em atividades que agregam valor para o produto final, as que não agregam valor, mas que são essenciais ao processo e as atividades que não agregam valor e que podem ser eliminadas (ISATTO et al., 2000; OHNO, 1997). E diante do cenário atual, com a crescente competitividade, as perdas podem ser um ponto crucial para o desenvolvimento da empresa.

2.3 Lean Construction

Os vários problemas enfrentados pela construção civil ao longo dos tempos, levaram ao desenvolvimento de esforços na busca por melhorias baseadas nos modelos *lean* que estavam sendo implantados nas indústrias (KOSKELA, 1992). Diante disso, em 1992, o finlandês Lauri Koskela publicou um dos artigos que marcavam a aplicação do *Lean* no setor de construções.

2.3.1 Conceitos e características

A nova filosofia de produção na construção civil ou também chamada como *Lean Construction* é um termo para designar a aplicação de processos que surgiram em outras áreas de atuação, como a automobilística, na construção civil.

As inovações propostas pelo *Lean Construction* começaram a se disseminar a partir de 1992, por Lauri Koskela, com a publicação do trabalho “*Application of the new production philosophy to construction*” e desde então diversos pesquisadores se esforçam para essa prática se tornar cada vez mais usual nas empresas, como por exemplo os trabalhos de um grupo internacional denominado Grupo Internacional da *Lean Construction* (HOWELL, 1999; BERNARDES, 2001).

No Brasil, a tese desenvolvida por Maurício Moreira e Silva Bernardes, publicada em 2001, trouxe um estudo feito em várias micro e pequenas empresas no qual aplicou-se um conjunto de conceitos do *Lean Construction* e avaliou-se os resultados após a sua implementação, tal trabalho é de grande importância para outros estudos e aplicações que são realizadas (BERNARDES, 2001). Outra importante publicação foi trazida por Luiz Eduardo Lollato Junqueira no ano de 2006, no qual através de sua dissertação procurou introduzir os princípios fundamentais da produção enxuta no modelo de habitação CASA 1.0, modelo patenteado no Brasil e desenvolvido pela Associação Brasileira de Cimento Portland (JUNQUIRA, 2006). Por fim, um estudo trazido por Bruno Soares de Carvalho em sua dissertação publicada em 2008 que avaliou o uso da construção enxuta em 04 estudos de caso, sendo três empresas de pequeno porte e uma de médio porte, nas quais duas possuíam produção enxuta e as outras duas não (CARVALHO, 2008).

Esse conceito tem como fundamento a produção enxuta, que tem como objetivo principal eliminar qualquer tipo de trabalho que não agregue valor no processo ou no produto final, denominado de perda (BERNARDES, 2001). Existe uma diferença conceitual entre a forma tradicional de produção e a Construção Enxuta, sendo essa diferença a introdução de uma nova forma de entender os processos abstraindo o conceito de que a edificação é apenas o resultado da conversão de materiais e substâncias em um produto (ISATTO et al., 2000).

Segundo Womack, et al. (2004) apud Carvalho (2008) a produção enxuta é definida como:

A produção enxuta é “enxuta” por utilizar menores quantidades de tudo em comparação com a produção em massa: metade do esforço dos operários na fábrica, metade do espaço para fabricação, metade do investimento em ferramentas, metade das horas de planejamento para desenvolver novos produtos em metade do tempo. Requer também bem menos da metade dos estoques atuais no local de fabricação, além de resultar em bem menos defeitos e produzir uma maior e sempre crescente variedade de produtos (WOMACK, et al., 2004, p.03).

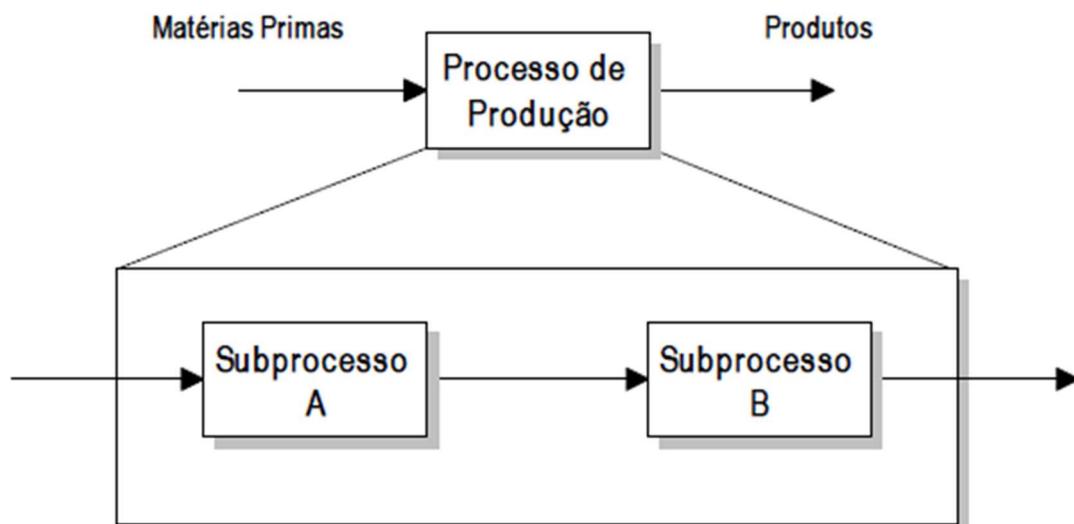
O *Lean Construction* é uma adaptação do sistema de Produção Enxuta, porém os processos de construção possuem peculiaridades, pois não há repetição e produção de projetos iguais, há fiscalização de autoridades para aprovação dos mesmos, elaboração de canteiro de obras, entre outros (KOSKELA, 1992). Logo, é necessário aprimorar os conceitos, adaptar as ferramentas existentes e desenvolver ferramentas específicas (MARQUES, 2007).

A construção enxuta é promissora se aplicada adequadamente, visto que a construção civil em determinadas partes é caracterizada por altos indicadores de desperdício, produtos com baixa qualidade, grande ocorrência de patologias construtivas, processos ineficientes e ineficazes, e por isso mesmo com a aplicação do *Lean Construciton* podem ser obtidos resultados que mudem esse cenário (JUNQUEIRA, 2006).

A diferença principal entre a filosofia *Lean Construction* e a filosofia tradicional é o conceito de processos. Na visão tradicional, como mostrado na Figura 1, a produção na construção civil é definida no geral como um conjunto de atividades de conversão (modelo de conversão), no qual há a conversão de matérias primas em produtos intermediários ou finais (KOSKELA, 1992). Segundo Koskela (1992), este modelo possui as seguintes características:

- O processo de produção é uma conversão de uma entrada em uma saída;
- O processo de conversão pode ser dividido em subprocessos;
- O custo do processo total pode ser reduzido minimizando o custo de cada subprocesso;
- O valor da saída está associado aos custos das entradas desse processo.

Figura 1 - Modelo tradicional de processo.

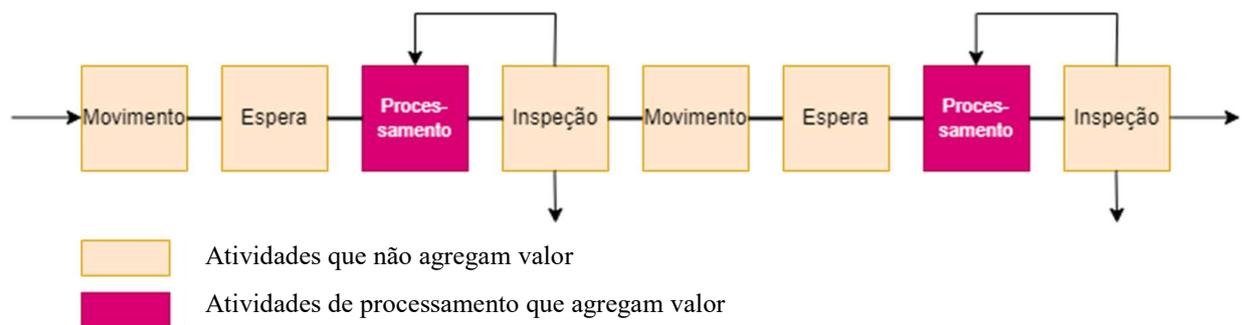


Fonte: Modificado de Koskela (1992).

A essência deste modelo está baseada que o trabalho pode ser dividido em partes independentes e que podem ser geridas de forma independente, mas se algo sai do controle toda a estrutura está propensa a colapsar (BALLARD, 2000; WIGINESCKI, 2009).

A filosofia do *Lean Construction* por sua vez, consiste que o processo é um fluxo de materiais e ou informações desde a matéria prima até o produto final. E este processo é constituído por atividades de transporte, conversão, inspeção e até mesmo espera, ou seja, atividades que agregam e que não agregam valor ao produto final (ISATTO et al., 2000). Na Figura 2, observa-se como esse processo funciona.

Figura 2 - Produção como um processo de fluxo.



Fonte: Modificado de Koskela (1992).

Como se pode ver, a nova filosofia consiste tanto em fluxos como em conversões, sendo essas atribuíveis à eficiência da produção. De acordo com Koskela (1992), enquanto todas as atividades geram custos e consomem tempo, apenas as atividades de conversão agregam valor ao material, estas devem ser mais eficientes. Já as atividades de fluxo devem ser minimizadas ou até mesmo eliminadas, como por exemplo a manutenção de equipamentos, o processo de estocagem de materiais e a limpeza.

É preciso salientar que este modelo pode ser aplicado não só em processos físicos como também em processos de natureza gerencial, como por exemplo no planejamento e controle de uma obra (ISATTO et al., 2000).

2.3.2 Princípios

Além dos conceitos básicos, o *Lean Construction* através de Koskela (1992), apresenta um conjunto de princípios que são importantes para o projeto e para a melhoria do processo de fluxo, os quais estão apresentados a seguir:

1. Reduzir a parcela de atividades que não agregam valor: Este princípio está baseado que a eficiência dos processos pode ser melhorada através da eliminação de algumas atividades de fluxo, principalmente aquelas que não agregam valor.

Existem dois tipos de atividades, as que agregam valor que podem ser definidas como atividades que convertem o material para o que é exigido pelo cliente e as que não agregam valor, que também podem ser chamadas de desperdícios que são atividades que consomem tempo, recursos e espaço, mas não alteram o produto final, como por exemplo acidentes e retrabalhos.

É considerado um dos principais princípios da construção enxuta, porque aperfeiçoa a eficiência dos processos e diminui as perdas eliminando algumas atividades de fluxo (VENTURINI, 2015).

Ballard e Howell (1998) identificam parte deste conceito como a padronização de produtos e tarefas e a entrega instantânea com estoque zero. Este plano ideal maximiza o valor do produto e minimiza as perdas. Para sua aplicação na construção, é necessária uma mudança na maneira de se enxergar e de se fazer a construção.

2. Aumentar o valor do produto através da consideração das necessidades dos clientes: O valor é gerado através dos requisitos que foram impostos pelo cliente, diferente dos processos tradicionais que tendem diminuir o papel do cliente dentro dos processos, no *Lean Construction* as necessidades dos clientes, sejam eles internos ou externos, devem ser consideradas no projeto do produto e até mesmo na gestão da produção (KOSKELA, 1992; ISATTO et al., 2000).

3. Reduzir a variabilidade: Apesar dos processos de produção serem variáveis, é necessário reduzi-los em diversos âmbitos para aumentar a eficiência e a qualidade do produto final.

Dentro do processo de produção pode-se ter variabilidade nos processos anteriores, sendo eles relacionados aos fornecedores, variabilidades no próprio processo, relacionados a execução e variabilidade na demanda, relacionados às necessidades dos clientes.

Um exemplo é quando os operários ficam responsáveis pela realização de muitas tarefas ao mesmo tempo, com isso há uma redução na produtividade e na eficiência do processo. Algumas consequências provenientes destes problemas são: o desperdício de tempo devido ao deslocamento para diferentes locais da obra; a falta de objetividade para a realização da tarefa; o aumento dos ciclos de produção levando a uma redução do efeito aprendizagem na atividade, entre outras (SOUZA E SILVA; FELIZARDO, 2007).

4. Reduzir o tempo de ciclo: O tempo de ciclo é a soma do tempo de processamento mais o tempo de inspeção mais o tempo de espera mais o tempo de movimentação. (WIGINESCKI, 2009). Quando compreendido corretamente o tempo das atividades de inspeção, espera e movimentação é possível obter uma redução.

Dessa forma, ao reduzir o tempo de ciclo, força a reduzir as atividades que não agregam valor trazendo assim maiores benefícios como a entrega mais rápida ao cliente, maior facilidade na gestão dos processos, maior efeito de aprendizagem e também o sistema de produção se torna menos vulnerável a mudanças de demandas, porque ao se ter um controle da produção e um tempo de ciclo reduzido, quando surge uma demanda de mudança pelo cliente, essas solicitações podem ser implementadas com facilidade. Portanto esse princípio é importante estar presente em diversas etapas da produção.

5. Simplificar através da redução do número de passos ou partes: A complexidade do produto ou processo aumenta a chance de ocorrência de erros, aumenta os custos e aumenta o número de atividades que não agregam valor.

A simplificação pode ser expressa tanto como a redução de componentes do produto como também do número de passos existentes em um fluxo. Quanto mais passos se tem em um processo maior será a possibilidade de existir atividades que não agregam valor. O uso de elementos pré fabricados ou métodos de produção tende a diminuir o número de passos ou partes do processo (BERNARDES, 2001).

6. Aumentar a flexibilidade de saída: Esse princípio está relacionado ao processo como gerador de valor com a possibilidade de personalizar o produto de acordo com o cliente, mas sem alterar o custo de forma significativa e preferencialmente o mais tarde dentro do processo (KOSKELA, 1992; ISATTO et al., 2000).

Dessa forma, a simplificação do fluxo e a redução do tempo de fluxo estão relacionados para uma eficiência global da produção *Lean Construction*.

7. Aumentar a transparência do processo: Quando não se tem transparência no processo, se torna mais frequente a sequência de erros, reduzindo a qualidade do trabalho desenvolvido e aumentando o desperdício.

Este princípio pode ser implementado através do processo de planejamento e controle da produção. Através da utilização de plantas ou esboços durante toda discussão de metas, há uma maior transparência do processo, de maneira a facilitar a compreensão por parte das equipes de execução (BERNARDES, 2001).

8. Focar o controle no processo global: Este princípio está baseado em controlar o processo como um todo, tendo um responsável por este controle, pois em um fluxo onde há

diferentes etapas com diferentes colaboradores, as melhorias podem se perder dentro dos esforços (KOSKELA, 1992; ISATTO et al., 2000).

9. Introduzir melhoria contínua no processo: Este princípio é um componente fundamental da filosofia *Just In Time*.

A premissa básica da maioria das organizações tem sido a busca incessante por eficiência e eficácia em suas operações como forma de garantir retorno satisfatório de suas atividades (BARROS, 2005), essa busca por melhoria contínua não pode ser diferente na construção civil, visto que de modo geral, as construtoras têm um objetivo de lucratividade. Esse lucro, atualmente depende tanto do baixo custo que é sinônimo de excelência como também do atendimento das necessidades dos clientes, processo contínuo de qualidade, envolvimento de todos e a redução de perdas e desperdícios.

10. Equilíbrio entre melhorias nos fluxos e nas conversões: Na busca da melhoria do processo, tanto as conversões quanto os fluxos devem ser analisados. Ao melhorar as conversões, com a introdução de novas tecnologias, por exemplo, tende-se a reduzir a variabilidade e conseqüentemente o tempo de ciclo (KOSKELA, 1992; ISATTO et al., 2000).

As diversas novas tecnologias de informação podem auxiliar no planejamento da construção civil no geral, conseguindo eliminar distorções de comunicação dentro do canteiro de obras. Com o avanço da realidade virtual e modelos visuais em 3D, as construtoras podem optar por ferramentas de informática que ultrapassam o uso tradicional da tecnologia de informação, elevando a implantação de sistemas de planejamento e gestão integrados (BARROS, 2005).

Dessa forma, os fluxos são beneficiados, podendo ocorrer um melhor gerenciamento e controle através da identificação das necessidades da empresa.

Portanto, é necessário que haja um equilíbrio entre as melhorias, além de saber qual usar e qual trará os melhores resultados de acordo com cada momento.

Segundo Rezende et al. (2012) o balanceamento da melhoria dos fluxos equilibrado com a melhoria das conversões nada mais é que observar os processos e analisar de fato o que pode ser melhorado.

11. Benchmarking: Benchmarking é uma técnica para acompanhar o desempenho de processos, sejam eles industriais ou administrativos (COELHO; FOLLMANN; RODRIGUEZ, 2008).

Este princípio está relacionado a melhoria contínua a partir do esforço interno da empresa, assim o *benchmarking*, sendo um processo de análise de práticas usadas em empresas

e que possivelmente podem ser aplicadas à outra, auxilia como sendo um estímulo de melhorias revolucionárias e de identificação de erros (KOSKELA, 1992; ISATTO et al., 2000).

2.3.3 Técnicas e ferramentas

Os princípios do *Lean Construction* mencionados acima, podem ser aplicados nas obras, construtoras, escritórios de engenharia civil através de técnicas e ferramentas que quando implantadas melhoram o sistema da construção.

Segundo ISATTO et al. (2000), diferentes ferramentas se complementam para atingir alguma finalidade, e quando se trata de situações mais complexas como o controle de um sistema de produção é necessário o uso dessas ferramentas em conjunto, para que, com a função de cada uma seja possível chegar a um bom resultado final, com isso precisa-se entender como as elas se complementam.

Ainda de acordo com ISATTO et al. (2000), as ferramentas de controle da produção podem ser divididas em dois grupos, sendo eles:

- Ferramentas voltadas ao acompanhamento da produção: estas são caracterizadas pelo uso contínuo dentro do processo, que permite a avaliação de desempenho ao longo do tempo, além disso são fundamentais para a avaliação da eficiência e da eficácia da produção, são exemplos o cartão de produção, controle do consumo de materiais e *Last Planner*.
- Ferramentas para avaliação e diagnóstico: possuem caráter descritivo, no qual avaliam qualitativa e quantitativamente questões do processo, identificam os problemas através da descrição da execução dos processos e fornece as possíveis causas dos problemas encontrados, como por exemplo o diagrama de processo, mapa fluxograma, listas de verificação e registro de imagens do processo.

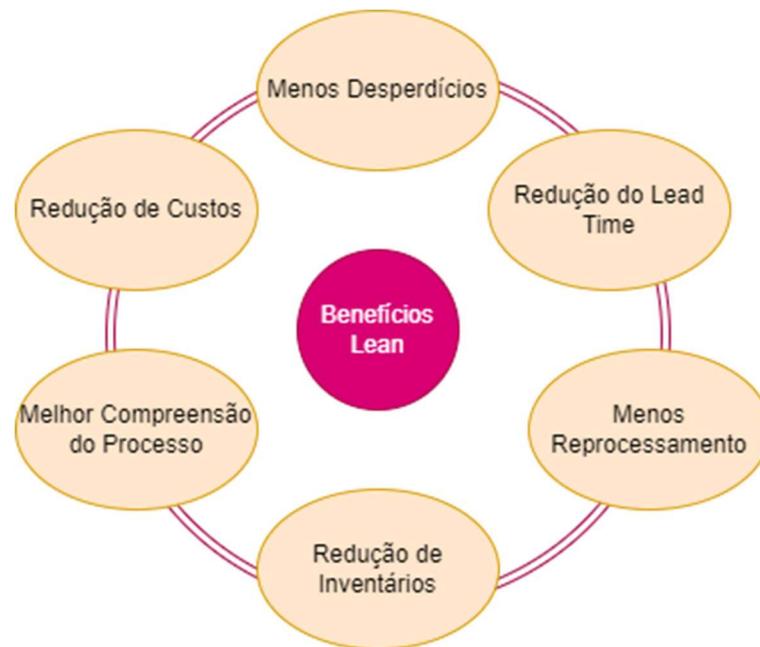
2.3.4 Aplicação do *Lean Construction* em construtoras.

A construção civil é conhecida por gerar grandes desperdícios, possuir elevadas quantidades de atividades que não agregam valor, baixa produtividade e baixa utilização de tecnologias. Além desses problemas, há grande deficiência no setor gerencial das empresas e como consequência se mostram fragmentadas e pouco transparentes (ARANTES, 2008; REZENDE; DOMINGUES; MANO, 2012).

A implementação do *lean* em um projeto habitacional pode reduzir custos dos materiais e mão de obra e dessa forma os gastos gerais da obra (BEZERRA, 2010). Tal é o objetivo das construtoras, ou seja, o lucro com suas construções. Sendo o *Lean Construction* um grande aliado para atingi-lo (ARANTES, 2008).

Conforme apresentado por Melton (2005), a aplicação dos conceitos *Lean* traz vários benefícios ao processo produtivo, sendo os principais representados na Figura 3.

Figura 3 - Benefícios da aplicação dos conceitos *lean*.



Fonte: Modificado de Melton (2005).

De acordo com Womack e Jones (1998), as empresas devem elaborar uma estratégia sólida de implementação dos conceitos do *Lean Construction*, de maneira estruturada e sustentável ao longo do tempo, não somente visando os lucros imediatos. É visto que as aplicações das ferramentas *lean* no canteiro de obras, apresentam-se de forma isolada e fragmentada, o que pode prejudicar os resultados, mas esses passos são importantes na disseminação do uso das técnicas da Construção Enxuta (SANTOS, 1999; BERNARDES 2001).

Um estudo trazido pela ENGEVISTA (2012) realizado no estado da Bahia, mostrou que as empresas estudadas são pressionadas pela mudança crescente do mercado e dos critérios de qualidade e certificação agora exigidos. Desta forma, começaram a aplicar conceitos do *Lean*

Construction buscando diminuir desperdícios e aumentar a produtividade (REZENDE; DOMINGUES; MANO, 2012).

Outro importante estudo foi realizado por CARVALHO (2008), que pôde verificar que a satisfação dos clientes era maior nas empresas que utilizavam algum nível das ferramentas do *Lean Construction* do que as que utilizavam processos construtivos tradicionais.

A aplicação da filosofia *lean* em empresas de construção civil analisada por Figueiredo (2015) também trouxe resultados satisfatórios. As técnicas contribuíram na melhora dos prazos de construção, fluxos de informação, motivação e comprometimento das equipes, cumprimento dos trabalhos planejados semanalmente, redução dos custos de manutenção, redução dos desperdícios e custos de produção.

Portanto, a utilização do *Lean Construction* traz uma melhora geral dentro das construtoras, tanto na produção como na gestão de suas obras. Sendo uma importante ferramenta para o crescimento e o destaque das empresas no mercado.

3 METODOLOGIA

A metodologia utilizada neste trabalho foi o estudo de caso. A partir de uma observação e vivência realizada na obra analisada foi possível identificar as principais necessidades do objeto de estudo relacionadas ao canteiro de obras, produtividade dos trabalhadores e desperdício de tempo e materiais. Assim, com base no referencial teórico aqui apresentado, foi possível sugerir possíveis mudanças e implementações que o *Lean Construction* oferece que poderiam, caso aplicadas, aumentar a lucratividade da empresa e melhorar o fluxo da obra como um todo.

Nesse tópico serão apresentados a metodologia deste trabalho bem como a classificação dessa pesquisa e o empreendimento estudado.

3.1 Estudo de caso

A abordagem deste trabalho se trata de uma pesquisa qualitativa em que o principal objetivo é a interpretação do fenômeno de estudo, trabalhando com descrições, interpretações e comparações, sem uso de métodos estatísticos.

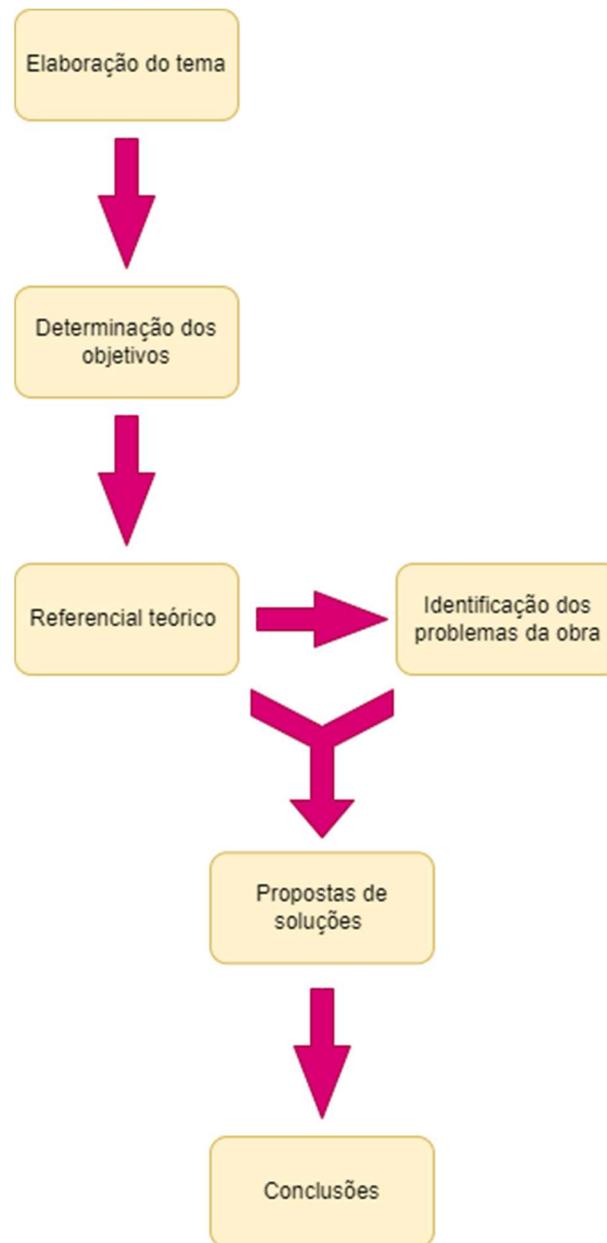
Trata-se de uma pesquisa descritiva que observa e analisa os fatos variáveis, sem manipulação de dados (SELLTIZ; JAHODA; DEUTSCH, 1974).

Com essa classificação descritiva a estratégia usada é o estudo de caso, em que serão apresentados os problemas e discutidos os fatos de maneira organizada e detalhada, com o intuito de trazer uma boa interpretação do conteúdo abordado neste trabalho, trazendo possíveis propostas de solução para cada caso observado.

A princípio, foi elaborado o tema e juntamente os objetivos. Em sequência foi levantada uma base de referencial teórico que serviu para embasar as soluções propostas a partir dos problemas identificados e analisados ao longo dos resultados e discussões, e assim foi possível relacionar o tema em questão com o mercado competitivo da atualidade, apresentado nas considerações finais.

Essa sequência mencionada é representada pelo fluxograma a seguir na Figura 4.

Figura 4 - Sequência lógica do trabalho.



Fonte: Das Autoras (2022).

A coleta de dados foi realizada através de três visitas à obra pelas duas autoras no mês de Junho de 2022, vivência através de estágio durante o mês de Agosto de 2022 por parte de uma das autoras, com o foco voltado para a pesquisa, reuniões para discutir os fatos observados e também por conversas com os colaboradores. Diante do contexto encontrado na obra, foram identificados os principais pontos a serem melhorados. Dessa forma, deu-se início à caracterização e descrição dos mesmos, a fim de propor soluções práticas que podem ser aplicadas no cotidiano para o aumento da eficiência das atividades, que estejam relacionadas aos 11 princípios do *Lean Construction*.

3.2 Apresentação da empresa

A construtora objeto do estudo é uma empresa familiar que está há 07 anos no mercado, mas que atua no ramo da construção civil há mais de 30 anos, através da construção de prédios e casas de pequeno, médio e alto padrão na cidade de Lavras - MG, para venda e aluguel.

A maioria dos funcionários que estiveram presentes nas primeiras obras foram os próprios membros da família. Ao longo dos anos, foram moldando o próprio método de execução de obra, sem planejamento e controle, seja de compras, estoque, funcionários e cronograma. Este modo gera resultados, porém não eficientes, uma vez que o desperdício de tempo e recursos não são contabilizados.

O principal empreendimento sendo executado pela construtora no ano de 2022 será o objeto de estudo deste trabalho.

3.3 Caracterização do empreendimento

A obra a ser analisada trata-se de um edifício de alto padrão localizado na cidade de Lavras – MG. Este empreendimento possui área total de construção de 8.179,18m².

O edifício é composto por 18 pavimentos, sendo eles:

- 04 (quatro) garagens com duas vagas para cada apartamento;
- 01 (um) pavimento pilotis com área social, incluindo piscina, academia, *coworking*, salão de festas e espaço *kids*;
- 11 pavimentos tipo sendo cada pavimento composto de 03 (três) unidades de apartamentos de 127 m², 147 m² e 158 m², com um total de 33 apartamentos;
- 01 (um) pavimento constituído por 03 (três) coberturas duplex.
- Além disso, o edifício é composto por dois elevadores, gás encanado, poço artesiano, sistema fotovoltaico e varandas gourmet. O empreendimento possui todos os projetos complementares, sendo eles o estrutural, hidrossanitário, elétrico e de prevenção e combate a incêndio.

O edifício possui uma taxa de ocupação no lote de 59,87%, que aliada ao tamanho do prédio e devido a sua localização ser no centro da cidade, em um lote de esquina e em uma região de grande movimentação de carros e pedestres, faz com que o canteiro de obras se torne um importante passo a ser estudado e planejado, para que a logística dentro e fora da obra ocorram de maneira eficiente.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta seção, serão apresentadas as dificuldades identificadas na construção do edifício em estudo, relacioná-las aos princípios do *Lean Construction* e sugerir possíveis soluções a serem aplicadas na obra para aumentar sua eficiência.

4.1 Canteiro de obras

Pode-se observar que o canteiro de obras necessita de melhorias, uma vez que o mesmo não foi planejado antes do início da obra. Além disso, pelo fato do aproveitamento do terreno para a construção do edifício ser relativamente alto (taxa de ocupação de 59,87%), o espaço disponível para se montar um canteiro de obras adequado se torna limitado.

No caso em estudo, o canteiro de obras ocupa vários andares da edificação e é localizado de acordo com a demanda e a conclusão dos pavimentos. Tal disposição pode prejudicar a logística dentro de obra, pois demanda mais funcionários para o controle e distribuição de materiais e mais tempo para realizar essas atividades. Este tópico é focado apenas no primeiro pavimento de garagem (subsolo) que tem acesso único pela rua lateral à fachada principal do edifício e onde se encontra a maior movimentação e maior quantidade de materiais.

Em relação aos insumos, diversos problemas podem ser identificados, como por exemplo a falta de um lugar adequado para estoque de materiais, bem como a sua localização dentro do canteiro, sendo eles, sacos de cimento, cal, areia e brita, tubulações de PVC, ferragens e descarte de materiais. Conforme a Figura 5, é possível visualizar tal disposição no canteiro.

Figura 5 – Tábuas distribuídas em grande volume pelo canteiro de obras sem local próprio.

(A) Tábuas distribuídas sem local próprio.

(B) Materiais diversos amontoados.



Fonte: Das Autoras (2022).

Além disso, o local de trabalho para preparo de argamassas não é fixo, pois as betoneiras são trocadas de lugar de acordo com a demanda de argamassas e concretos, pela disponibilidade de espaço para estoque de outros materiais e quando o local necessita ser limpo, uma vez que não é uma prática diária dos funcionários. Dessa forma, pode-se considerar que o local não está preparado para execução deste serviço, o que pode influenciar na qualidade do material.

Outro serviço executado no local, é a armação e estoque de armaduras de vigas e pilares que dificulta o fluxo tanto de materiais quanto o de funcionários pelo local, uma vez que não há uma área reservada para este serviço e o armazenamento do mesmo dentro do canteiro de obras. A Figura 6 apresenta a disposição das barras de aço e armaduras nos períodos de preparação da estrutura para concretagem.

Figura 6 - Disposição de barras de aço e armaduras de pilares pelo canteiro de obras.

(A) Distribuição das barras de aço.

(B) Distribuição das armaduras de aço.



Fonte: Das Autoras (2022).

Tal disposição pode provocar prejuízos à empresa, pois o aço mal armazenado pode sofrer com distorções e corrosões, inviabilizando o seu uso na obra.

Partindo do princípio de Redução da Variabilidade, quanto mais padronizado é o processo mais qualidade terá o produto final, dessa forma ter locais fixos de trabalho para preparação de argamassa e montagem das armaduras, é imprescindível para a redução das atividades que não agregam valor e para a melhora na execução do serviço.

A organização dos materiais em locais adequados está relacionada também ao princípio “Simplificar, minimizando o número de etapas, peças e ligações”, pois terá uma diminuição do tempo de execução e transporte, uma vez que os materiais terão fácil acesso e qualidade verificada, conseqüentemente haverá uma melhora no tempo de ciclo e na qualidade do produto final. Além disso, tal organização vai de encontro à segurança dos funcionários, uma vez que materiais bem alocados e sinalizados contribuem para um melhor ambiente de trabalho.

Uma boa opção para manter a organização dos materiais de grande volume é dividir o canteiro em baias, dessa forma o material se manterá nas condições adequadas para o seu devido armazenamento e sem contato com outros tipos de insumo. A Figura 7 traz um exemplo de como podem ser feitas as baias adaptando para o canteiro estudado.

Figura 7 - Baias para armazenamento de materiais.



Fonte: Engenharia ao Cubo (2016).

A Figura 8 mostra um exemplo de placa a ser colocada em frente de cada baia dos materiais, através dela é possível controlar a qualidade do mesmo e indicar o melhor uso do insumo.

Figura 8 - Sinalização do material.

IDENTIFICAÇÃO DO MATERIAL
MATERIAL:
DATA DE RECEBIMENTO:
VALIDADE:
MODO DE USO:
QNT. MÍNIMA PARA PEDIDO:

Fonte: Das Autoras (2022).

Para Santos (2021), o controle visual da gestão do estoque aplicado em seu objeto de estudo, conseguiu alcançar maior eficiência nas variações da demanda dentro do estoque, agilidade no reabastecimento dos insumos e como consequência contribuiu para que a produção possuísse um fluxo contínuo. A Figura 9 representa a proposta trazida por ele.

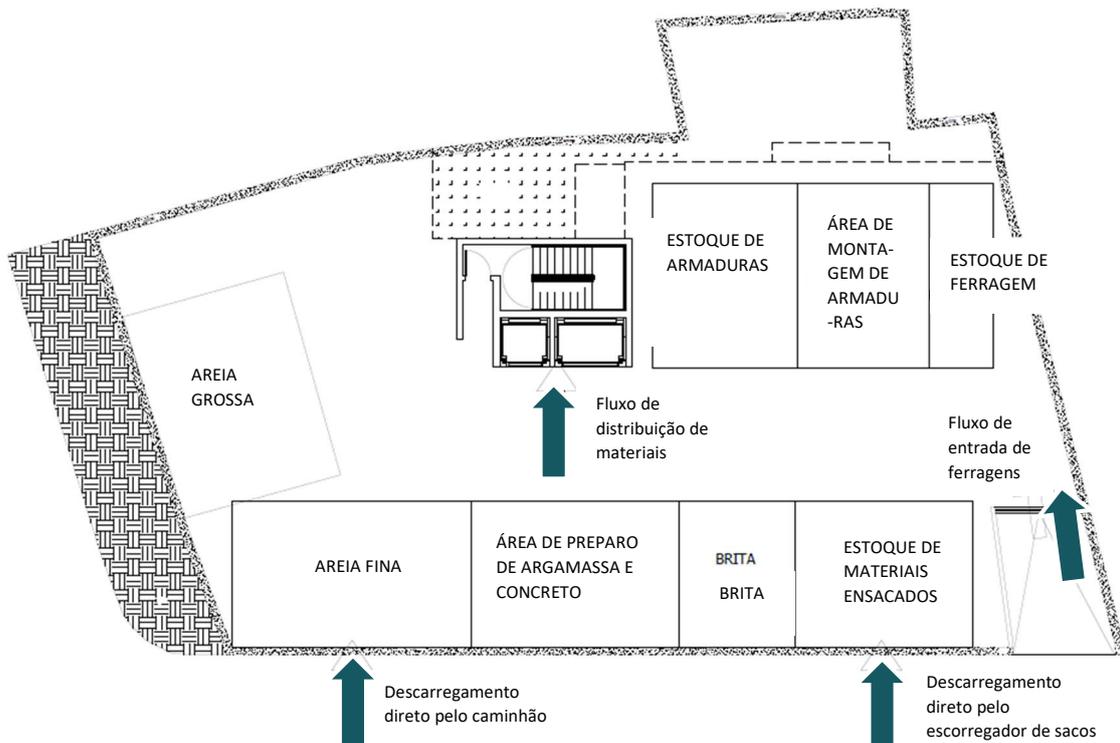
Figura 9 - Sinalizações de material e estoque mínimo.



Fonte: Santos (2021, p.148).

A Figura 10 apresenta um modelo de canteiro de obras pensado para um melhor fluxo das atividades considerando os princípios citados até então e a movimentação dentro da obra. Foi utilizado para a proposta o primeiro pavimento do edifício devido ao espaço disponível para estoque de materiais e por ter acesso à rua que apresenta maior facilidade para parada de caminhões com o carga e descarga marcado na via.

Figura 10 – Planta baixa com canteiro de obras otimizado.



Fonte: Das Autoras (2022).

Ainda segundo Santos (2021), o canteiro de obras projetado para o objeto em estudo proporcionou maior desenvolvimento da equipe, redução no transporte de materiais e das movimentações, além do aumento do bem estar dos colaboradores. Corroborando para que os princípios do *Lean* possam ser aplicados de maneira eficaz à configuração do canteiro de obras.

A introdução de fichas de verificação de materiais (FVM) pode auxiliar no controle dos materiais estocados, pois através deles permitirá que a empresa identifique a presença ou falta de qualidade dos materiais. Além disso, a compra de armaduras já cortadas e dobradas, pode ser uma boa solução para evitar problemas de fluxo e armazenamento de armaduras.

É importante que o princípio “Incorporar a melhoria contínua ao processo” esteja sempre presente no dia a dia da empresa, mesmo que o canteiro de obras não tenha sido planejado, melhorias podem ser aplicadas ao longo da execução da obra. A utilização do princípio do “*Benchmarking*” pode ser uma boa opção para entender como são os canteiros de obras de outras empresas e qual prática pode ser interessante de ser aplicada.

4.2 Estoque

Devido à falta de um planejamento o estoque da obra se encontra espalhado em vários pavimentos, não possuem identificação, divisões ou local adequado para armazenamento dos materiais. Esse fator pode ser um problema uma vez que pode gerar atividades que não agregam valor.

Conforme a Figura 11, é possível ver que os materiais hidráulicos estão amontoados e por serem peças pequenas pode dificultar a separação no momento que for preciso usá-las, isso pode gerar atrasos, funcionários ociosos, falta de padronização do serviço, como também a perda ou compra desnecessária de materiais.

Figura 11 - Almoxarifado.



Fonte: Das autoras (2022).

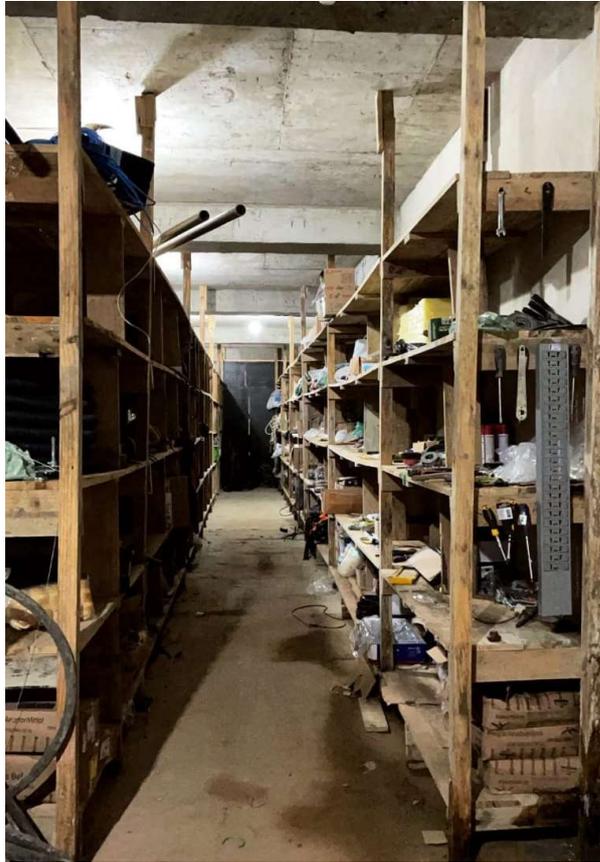
Este problema está relacionado principalmente ao princípio de “Reduzir a participação de atividades que não agregam valor” em virtude da procura dos materiais e a distâncias dos mesmos do serviço ou do funcionário responsável pelo controle.

A melhora do estoque também estará em conformidade aos princípios de “Reduzir o tempo de ciclo” por acelerar o processo de obtenção de materiais e “Aumentar a transparência do processo”, pois um estoque organizado possui etiquetas de identificação, controle de quantidades e aferição da qualidade dos materiais.

A Figura 12 traz sugestões de um estoque organizado e eficiente.

Figura 12 – Organização Almojarifado.

(A) Almojarifado com seções separadas.



Fonte: Das Autoras (2022)

(B) Estoque de peças pequenas.



Fonte: Arruda (2017)

Para que o estoque esteja condizente à filosofia *Lean Construction* é necessário que a empresa tenha controle do processo completo e que incorpore melhorias contínuas. As consequências de um estoque organizado não são somente para a harmonia no canteiro de obras, mas também no controle de toda a obra, pois evita desperdícios, materiais em excesso, perda de materiais por validade, e com a falta de controle de entrada e saída, interfere na compra e nos prazos de entrega. Portanto é de extrema importância que ajustes no estoque sejam colocados em prática.

4.3 Cronograma e controle de compras

A falta do cronograma de compras está relacionada ao controle do estoque. A falta deste controle acarreta no atraso para compra de materiais, desperdício, falta e variabilidade como

por exemplo se não há um planejamento de compras de porcelanato, a linha comprada inicialmente pode sair do mercado tendo que mudar o modelo já utilizado.

Uma forma de minimizar este problema é fazer uma listagem de materiais de acordo com cada etapa da obra e através do planejamento geral definir datas limite para pedido de materiais e previsão de chegada do mesmo, dessa forma a produtividade não estará dependente da matéria prima. A Tabela 1 traz um exemplo como essa planilha pode ser utilizada na obra.

Tabela 1 - Planejamento e Controle de Aquisição de Materiais.

Material	Unidade	Quantidade	Data limite na Obra	Prazo Entrega / Fabricação	Data Limite de Aquisição
Porcelanato	m ²	1000	10/10/2022	30 dias	10/09/2022

Fonte: Das autoras (2022).

Ao implantar o cronograma de compras, o princípio de “Reduzir a variabilidade” estará mais uma vez presente na empresa, uma vez que terá padronização de datas para pedido de materiais, padronização de fornecedores, sendo importante ter uma lista de melhores contatos, referências, como representado na Tabela 2.

Tabela 2 - Controle de Fornecedores.

Empresa	Nome do fornecedor	Cidade	Telefone	E-mail	Nível de preferência	Principal produto
X	José	Lavras	(35)9999-9999	Não possui	2	Porcelanato

Fonte: Das autoras (2022).

Dessa forma também haverá impacto no princípio “Reduzir o tempo de ciclo” em virtude de os materiais sempre estarem disponíveis para o serviço ser executado, e os fornecedores já listados, agilizando o processo de compra e assim simplificando e minimizando o número de etapas, peças e ligações, sendo este outro princípio fundamental da filosofia *Lean Construction*.

4.4 Variabilidade das ações

A variabilidade pode ser observada em várias partes da execução da obra. Uma delas é a variabilidade na execução. Como são muitos funcionários executando vários serviços de

acordo com a demanda do momento, cada um pode fazer de uma forma, isto é, pode começar em um certo local diferente do que o outro que no final pode ocasionar diferentes quantidades de uso de um material, diferentes tempos de execução e assim atrapalhando o ciclo de produção no geral.

A falta de padronização dos serviços interfere também no controle de toda a obra, o cronograma geral fica complexo por não ter definição dos tempos de execução, a compra de materiais também pode sofrer interferências por causa de prazos e quantidades.

Outro fato observado na obra é a mudança de layout dos apartamentos por conta dos clientes depois da obra já avançada. Este problema acarreta retrabalhos, desperdícios e realocação de funcionários.

Partindo do princípio de “Reduzir a variabilidade” os processos devem ser reduzidos para aumentar a eficiência e qualidade do produto final, trazendo mais satisfação ao cliente.

Treinamento para os colaboradores, apresentação das atividades sequenciais, equipes especializadas para cada etapa e informativos sobre o processo de produção, como apresentado na Tabela 3, tendem a reduzir a variabilidade e assim reduzir a participação de atividades que não agregam valor, outro princípio fundamental *do Lean Construction*.

Tabela 3 - Traços de concreto e massa.

	Cimento (Saco 50 kg)	Areia fina (Carro de mão)	Areia Grossa (Carro de mão)	Brita (Carro de mão)	Água (Lata 18 l)	Aditivo (Garrafa 2 l)	Peneirado
Chapisco interno	1		3		2		
Chapisco externo	1		3		2	1	
Reboco interno	1	3	3		2		Sim
Reboco externo	1	3	3		2	1	Sim
Lastro de concreto magro	1		3	3	1,5	1	

Fonte: Das autoras (2022).

Neste tópico o princípio de “Incorporar a melhoria contínua ao processo” se torna fundamental para empresa sempre estar estudando os melhores e mais eficientes modos de executar a obra.

4.5 Fluxo de materiais

O fluxo de materiais observado na obra se mostrou pouco organizado. Com a falta de planejamento do uso durante o dia, a produção se dá de acordo com a demanda dos próprios funcionários, o que pode ocasionar desperdícios, retrabalhos, tempo de espera e falta de material. Com isso a distribuição do mesmo pela obra se dá de forma desorganizada, utilizando apenas carrinhos de mão através de guias, que por muitas vezes ocorre o desperdício de materiais que caem devido à altura e por não ficarem protegidos dentro do carrinho de mão.

A figura 13 mostra uma boa solução para otimizar o fluxo vertical de materiais. Dessa forma os funcionários se sentem mais seguros em retirar o material e há a diminuição dos desperdícios.

Figura 13 - Gaiola para transporte de materiais pelo guincho.



Fonte: Das Autoras (2022).

A chegada dos materiais também pode ser otimizada. A localização do estoque de materiais de grande volume deve estar alinhada com a forma que este material chega na obra.

Desta maneira é possível fazer o uso do princípio “Simplificar, minimizando o número de etapas, peças e ligações”, como mostrado na Figura 14, o processo de recebimento de materiais pode ser melhorado. Assim, pode-se diminuir o tempo de ciclo desta atividade além do número de funcionários envolvidos ser reduzido.

Figura 14 - Escorregador de materiais.



Fonte: Arruda (2017).

4.6 Ociosidade dos colaboradores

Todos os problemas citados acima têm como consequência a ociosidade dos funcionários, que pode ser um fator decisivo para o prejuízo que a empresa possa ter. A espera de materiais que estão mal alocados ou desorganizados, a falta de planejamento das ações do dia e planejamento geral da obra, localização de bebedouros, banheiros, desvio de funções e a falta de sinalização da obra podem influenciar para que o trabalhador perca mais tempo em atividades que não agregam valor do que colaborando para o produto final.

Como o edifício é muito grande e com vários pavimentos, novos funcionários podem facilmente se perder e assim podem passar mais tempo andando pela obra do que executando seu trabalho. Uma forma de otimizar este problema são as sinalizações espalhadas pela obra que indicam onde tem banheiros, para qual direção está o refeitório e em quais pavimentos têm bebedouros, além disso placas com incentivo ao trabalho ou com regras dispostas no canteiro de obras podem motivar ou inibir atividades que não agregariam valor para o produto final.

A Figura 15 traz ideias de sinalizações que podem ser distribuídas ao longo de toda obra que podem facilitar a locomoção dos usuários e trabalhadores.

Figura 15 - Sinalização de Regras no canteiro de obras.

(A) Sinalização das Regras do canteiro de obras.

(B) Informação de locais na obra.



Fonte: Das Autoras (2022)

A sinalização está ligada não somente ao aumento da produtividade dos funcionários, mas também com a segurança dos trabalhadores. A norma regulamentadora de Segurança e Saúde no Trabalho na Indústria da Construção (NR 18) traz que o canteiro de obras deve ser sinalizado com o objetivo de identificar os locais de apoio, indicar saídas de emergência, advertir quanto aos riscos existentes, alertar quanto à obrigatoriedade do uso de EPI, identificar acessos e circulação de veículos e equipamentos, entre outros que tais sinalizações alinhadas às placas de exemplo trazidas na Figura 15 anteriormente podem contribuir de maneira benéfica para obra como um todo.

Outra medida para diminuir a ociosidade dos trabalhadores é aumentando a transparência na empresa, dessa forma os colaboradores se sentem fazendo parte da equipe e

com a visualização das atividades de forma clara pode melhorar a organização e incentivar a produtividade. O planejamento semanal e o quadro Kanban, que permitem ver as funções de cada trabalhador, como mostrados na Figura 16, inseridos em local exposto podem motivá-los a executar o trabalho da melhor forma para que toda a equipe atinja a meta esperada.

Figura 16 – Transparência na obra.

(A) Planejamento semanal.

Planejamento Semanal							mês
	12	13	14	15	16	17	18
	segunda	terça	quarta	quinta	sexta	sábado	dom
manhã	APT 102 RB	APT 102 RB	APT 102	APT 102	APT 102		
	PAV 10° ALV						
	APT 802 CH	APT 802 CH	PAV 108 ALV	PAV 108 ALV	PAV 108 ALV		
tarde	APT 102 RB	APT 102 RB	APT 102	APT 102	APT 102		
	PAV 10° ALV						
	APT 802 CH	APT 802 CH	PAV 108 ALV	PAV 108 ALV	PAV 108 ALV		
noite	PAV 108 ALV	PAV 108 ALV					

(B) Quadro tarefas com cartões de produção.

A FAZER	FAZENDO	FEITO	PARADO
			ATRASADO

CARTÃO DE PRODUÇÃO
EQUIPE:
TAREFA:
LOCAL:
DATA DE INÍCIO:
DATA DE TÉRMINO:

Fonte: Das Autoras (2022)

Segundo Dias (2016), para tratar de uma deficiência na produção de argamassa na obra em estudo foi utilizado o quadro Kanban, no qual pôde-se observar que os principais ganhos com o uso dessa ferramenta foi a diminuição no tempo de produção de pedidos e menos material foi desperdiçado. Dessa forma, houve uma redução no custo do processo e um aumento a

velocidade da operação, ou seja, melhorou-se a eficiência dos funcionários como também da produção com um todo.

A medida que este problema vai sendo reduzido, a tendência é que a empresa entre em conformidade com os princípios de “Reduzir o tempo de ciclo”, uma vez que os trabalhadores estarão focados na execução da atividade, e de “Reduzir a participação de atividades que não agregam valor”, além da empresa conseguir controlar o processo como um todo, aumentando sua produtividade.

De acordo com o artigo de Francelino et al (2006), foram implementadas diversas ações do *Lean Construction* na gestão organizacional de obras verticais de uma empresa, como exemplo o uso de sinalização, planejamento e controle da produção, dentre outros. Em sua consideração final foram apresentadas diversas melhorias de processos na construtora em análise, como resultado obteve-se um ótimo controle de fluxos, sendo eles físicos, de informação ou financeiros, o planejamento da obra mostrou uma maior abertura quanto a visualização do mesmo, sendo em curto prazo ou longo prazo.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve como tema principal o *Lean Construction* e sua aplicação em um edifício na cidade de Lavras – MG, onde definiu-se como objetivo, propor melhorias para os problemas identificados na cadeia produtiva da empresa, buscando principalmente reduzir as atividades que não agregam valor ao produto final.

A obra analisada não contém aplicação dessa filosofia, e através do estudo foram identificadas algumas áreas que podem ser otimizadas, de acordo com os onze princípios propostos por Koskela (1992).

As soluções trazidas foram pensadas de forma prática e que sejam facilmente aplicadas no canteiro de obras para que a equipe trabalhe sinergicamente em prol de um mesmo objetivo. Portanto, o estudo do canteiro de obras, como também dos processos da empresa, faz com que se identifiquem as falhas e assim sejam implementadas as soluções para que a produção seja eficiente e enxuta.

Uma vez que o empreendimento apresentado é um edifício de grande porte, no qual deveria possuir um elevado volume de atividades padronizadas, pode-se inferir que caso as sugestões de soluções sejam aplicadas e acompanhadas, estas podem aumentar a produtividade e eficiência da empresa e o controle dos processos. Tais ações também contribuem com a diminuição da variabilidade e conseqüentemente redução dos desperdícios, tornando-se um passo essencial para a evolução da empresa como um todo.

Dessa forma, tem-se que este estudo atingiu seus objetivos, trazendo um estudo sobre a evolução do *Lean Construction* e suas características e ferramentas que foram utilizadas para propor soluções dos problemas encontrados pela pesquisa.

Para obter um estudo mais detalhado e aprofundado, em trabalhos futuros sugere-se a aplicação das propostas trazidas em canteiro de obras com a mesma necessidade apresentada por esta pesquisa, além de uma comparação dos resultados obtidos com os resultados aqui esperados. Um fator que limitou essa pesquisa foi a falta de tempo disponível para a aplicação das propostas e a confirmação dos resultados.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA CBIC. **Construção Civil, em 2021, registrou o seu maior crescimento nos últimos 10 anos.** Câmara Brasileira da Indústria. Construção Civil, 2022. Disponível em: <https://cbic.org.br/construcao-civil-em-2021-registrou-o-seu-maior-crescimento-nos-ultimos-10-anos/>. Acesso em: 25 jun. 2022.
- ARANTES, P.C.F.G. **Lean Construction – Filosofia e Metodologias.** 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal. 2008.
- BALLARD, G. H. **The Last Planner system of production control.** 2000. Thesis (Doctor of Philosophy) – Faculty of Engineering, University of Birmingham, Birmingham, UK, 2000.
- BALLARD, G.; HOWELL, G. **Implementing Lean Construction: understanding and action.** International Group for Lean Construction, 6th Annual Conference, Proceedings, 1998.
- BARROS, E. S. **Aplicação da construção enxuta no setor de edificações: um estudo multicaso.** 2005. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2005.
- BERNARDES, M. M. e S. **Desenvolvimento de um modelo de planejamento e controle da produção para micro e pequenas empresas de construção.** Tese (Doutorado em Engenharia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.
- BEZERRA, L. M. C. de M. **Planejamento e controle da produção com a utilização de células de trabalho: estudo de caso em construções com vedações verticais em concreto armado moldadas *in loco*.** 2010. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010.
- CARVALHO, B. S. de. **Proposta de uma ferramenta de análise e avaliação das construtoras em relação ao uso da construção enxuta.** 2008. Dissertação (Mestrado em Construção Civil). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR. 2008.
- COELHO, L. C.; FOLLMANN, N.; RODRIGUEZ, C. M. T. Agregando valor ao cliente através da integração entre marketing e logística. ADMpg Gestão Estratégica, Ponta Grossa, v.1, n.1, p. 129-134, 2008.
- DÊGELO, M. **Arquitetos apontam soluções para gerar menor entulho em obras.** Casa e Jardim, 2022. Disponível em: <https://revistacasaejardim.globo.com/Um-So-Planeta/noticia/2022/03/arquitetos-apontam-solucoes-para-gerar-menos-entulhos-em-obras.html>. Acesso em: 25 jun. 2022.
- DIAS, G. F. **Implantação de ferramentas da filosofia Lean Construction: estudo de caso.** 2016. Monografia (Especialização em Gestão de Processos Industriais) – Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade de Taubaté, Taubaté. 2016.

ENGENHARIA AO CUBO³. **Armazenamento de Materiais**. Engenharia ao cubo³, 2016. Disponível em: <https://engenhariaaocubocom.wordpress.com/2016/06/03/armazenamento-de-materiais/>. Acesso em: 27 set. 2022.

FIGUEIREIDO, L. A. de J. C. P. de. **Implementação da Filosofia Lean em empresas de construção civil**. 2015. Dissertação (Mestre em Engenharia da Produção) - Escola superior de Tecnologia de Setúbal, Instituto Politécnico de Setúbal. 2015.

FRANCELINO, T.R. *et al.* **Melhorias de processos com a aplicação da filosofia lean**. Enegep, 2006. Disponível em: https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/6474/1/2006_eve_jpbarrosneto.pdf. Acesso em: 27 set. 2022.

GALLARDO, C. A. S. **Princípios e ferramentas do lean thinking na estabilização básica: diretrizes para implantação no processo de fabricação de telhas de concreto pré-fabricadas**. 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil na área de concentração de Edificações) - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2007.

HONDA, R. H. **Subsídios para o planejamento da implantação do sistema de Lean Construction em uma construtora**. Trabalho de Formatura (Diploma de Engenheiro de Produção) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

HOWELL, G. A. **What is Lean Construction – 1999**. In: Annual Conference of the International Group for Lean Construction, 7, 26-28 jul, 1999. Berkeley, CA. Proceedings IGLC-7 - University of California, 1999.

ISATTO, E. L. *et al.* **Lean Construction: diretrizes e ferramentas para o controle de perdas na construção civil**. Porto Alegre, SEBRAE/RS, 2000.

JUNQUEIRA, L. E. L. **Aplicação da Lean Construction para Redução dos Custos de Produção da Casa 1.0**. 2006. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia de Produção, Departamento de Engenharia de Produção, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

KOSKELA, L. **Application of the New Production Philosophy to Construction**. CIFE Technical Report No 72 – Stanford University, EUA, 1992.

MARQUES, S. **Lean Construction and Just in Time - Introdução na construção portuguesa**. 2007. Dissertação (Mestrado) - Instituto Superior Técnico, Portugal, 2007.

MELTON, T. **The Benefits of Lean Manufacturing: What Lean Thinking has to Offer the Process Industries**. Chemical Engineering Research and Design, v. 83, p. 662-673, 2005.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. **NR 18 – Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção**. Brasília: Ministério do Trabalho e Emprego, 2015. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/composicao/orgaos-especificos/secretaria-de-trabalho/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/ctpp-nrs/norma-regulamentadora-no-18-nr-18>. Acesso em: 20 set. 2022.

MONDEN, Y. **Toyota Production System: An Integrated Approach to Just-In-Time**. 3rd ed. Norcross G.A: Engineering & Management Press, 1998.

OHNO, T. **O Sistema Toyota de Produção: Além da produção em larga escala**. Porto Alegre: Bookman, 1997.

PEREIRA, D. S. M. **A Lean Construction em Obras de Reabilitação – Análise de Adequabilidade e Contributo para a Definição de um Modelo de Aplicação**. 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil – Perfil de Construção) - Faculdade de Ciências e Tecnologia. Universidade Nova de Lisboa, 2011.

PEREIRA, M. D. C. **Avaliação e análise da aplicação da filosofia LEAN em empresas de construção civil da região metropolitana de Belo Horizonte**. 2012. Monografia (Especialização em Construção Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, 2012.

PNAD CONTÍNUA. **Características gerais dos domicílios e dos moradores 2019**. IBGE, 2020. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101707_informativo.pdf. Acesso em: 25 set 2022.

REZENDE, Juliana; DOMINGUES, Stella Maris; MANO, Aline Patricia. Identificação das práticas da filosofia Lean Construction em construtoras de médio porte na cidade de Itabuna (BA). *Engevista*, v.14, n.3, p. 281-292, dezembro 2012. Disponível em: <https://periodicos.uff.br/engevista/article/view/8915>. Acesso em: 15 set. 2022.

SANTOS, A. **Application of Production Management Flow Principles in Construction Sites**. Tese (Doutorado) - University of Salford, Salford, 1999.

SANTOS, E. de B. **Implantação dos princípios e ferramentas da Lean Construction: um estudo de caso em um condomínio residencial multifamiliar na cidade de Maringá - PR**. 2021. Dissertação (Mestrado em Inovações Tecnológicas) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, Paraná. 2021.

SELLTIZ, C.; JAHODA, M.; DEUTSCH, M. **Métodos de Pesquisa nas Relações Sociais**. São Paulo: EDUSP, 1974.

SHINGO, S. **O Sistema Toyota de Produção do ponto de vista da engenharia de produção**; trad. Eduardo Schaan, 2ª edição -Porto Alegre, Artes Médicas, 1996.

SILVA, R. B; PAIVA, T. P. D. A. **A aplicação do método *Lean Construction* na construção civil**. 2017. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Faculdade Evangélica de Goianésia, Goiás, 2017.

SOUZA E SILVA, M. F.; FELIZARDO, F. C. **Aplicação de técnicas de gestão em obras de pequeno porte e curta duração**. V Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia na Construção, Anais, Campinas, 2007.

- SUGIMORI, Y. *et al.* **Toyota production system and Kanban system. Materialization of just-in-time and respect-for-human system.** International Journal of Production Research. - London, 1977.
- TANABE, R. **Proposta de implantação do sistema *Lean Construction* em uma construtora.** 2012. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia de Produção) - Universidade Estadual de Maringá, Paraná, 2012.
- THE WORLD BANK. **What a waste 2.0 – A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050.** The World Bank, 2018. Disponível em: https://datatopics.worldbank.org/what-a-waste/trends_in_solid_waste_management.html. Acesso em: 18 jun. 2022.
- TISEO, I. **Global waste generation – statistics & facts.** Statista. 2022. Disponível em: https://www.statista.com/topics/4983/waste-generation-worldwide/#topicHeader__wrapper. Acesso em: 18 jun. 2022.
- VALENTE, C. C.; AIRES, V. M. **Gestão de projetos e lean construction: Uma abordagem prática e integrada.** Curitiba: Appris, 2017.
- VENTURINI, J. S. **Proposta de ações baseadas nos 11 princípios *Lean Construction* para implantação em um canteiro de obras de Santa Maria.** 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2015.
- WIGINESCKI, B. B. **Aplicação dos princípios da construção enxuta em obras pequenas e de curto prazo: um estudo de caso.** 2009. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2009.
- WOMACK, J. P.; JONES, D. T. **A mentalidade enxuta nas empresas – elimine o desperdício e crie riquezas.** Rio de Janeiro: Campus, 1998.
- WOMACK; J. P.; JONES, D. T. **Lean Thinking.** Free Press, New York, 2003.
- WOMACK J.; JONES D. e ROOS D. **A máquina que mudou o mundo –** Rio de Janeiro : Campus, 2004.