

**UNIEVANGÉLICA**

**CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**ANA FLÁVIA ALVES DE OLIVEIRA**

**ANÁLISE DA METODOLOGIA LEAN CONSTRUCTION EM  
UM EDIFÍCIO RESIDENCIAL NO MUNICÍPIO DE  
ANÁPOLIS**

**ANÁPOLIS / GO  
2019**

**ANA FLÁVIA ALVES DE OLIVEIRA**

**ANÁLISE DA METODOLOGIA LEAN CONSTRUCTION EM  
UM EDIFÍCIO RESIDENCIAL NO MUNICÍPIO DE  
ANÁPOLIS**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO  
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA.**

**ORIENTADORA: KÍRIA NERY ALVES DO E. S. GOMES**

**ANÁPOLIS / GO: 2019**

## FICHA CATALOGRÁFICA

OLIVEIRA, ANA FLÁVIA ALVES.

Análise da metodologia Lean Construction em um edifício residencial no município de Anápolis.

52 P, 297 mm (ENC/UNI, Bacharel, Engenharia Civil, 2019).

TCC - UniEvangélica

Curso de Engenharia Civil.

1. Construção Enxuta

3. Toyota

I. ENC/UNI

2. Pensamento “Lean”

4. Planejamento

II. Título (Série)

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

OLIVEIRA, Ana Flávia Alves. Estudo de caso e análise da metodologia Lean Construction em um edifício residencial no município de Anápolis. TCC, Curso de Engenharia Civil, UniEvangélica, Anápolis, GO, 52p. 2019.

## CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Ana Flávia Alves de Oliveira

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO: Análise da metodologia Lean Construction em um edifício residencial na cidade de Anápolis.

GRAU: Bacharel em Engenharia Civil

ANO: 2019

É concedida à Unievangélica a permissão para reproduzir cópias deste TCC e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte deste TCC pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

  
Ana Flávia Alves de Oliveira  
E-mail: anaflaviaaoli25@gmail.com

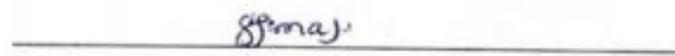
**ANA FLÁVIA ALVES DE OLIVEIRA**

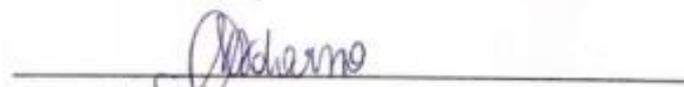
**ANÁLISE DA METODOLOGIA LEAN CONSTRUCTION EM  
UM EDIFÍCIO RESIDENCIAL NO MUNICÍPIO DE  
ANÁPOLIS**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO CURSO DE  
ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA COMO PARTE DOS REQUISITOS  
NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL.**

**APROVADO POR:**

  
KÍRIA NERY ALVES DO E. S. GOMES, Mestra (UniEvangélica)  
(ORIENTADORA)

  
JULLIANA SIMAS VASCONCELOS, MESTRA (UEG)  
(EXAMINADOR EXTERNO)

  
ANA LÚCIA CARRIJO ADORNO, DOUTORA (UniEvangélica)  
(EXAMINADOR INTERNO)

**DATA: ANÁPOLIS/GO, 03 de Maio de 2019.**

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus, pois sem Ele nada seria possível, agradeço a minha família que sempre me apoiaram em tudo e estiveram ao meu lado em todas as situações, ao meu namorado Mateus por me apoiar e ajudar ao longo desses cinco árduos anos de faculdade, ao meu chefe Eng. Robson por me proporcionar desafios, impulsionar meu crescimento na área e por sugerir o tema do meu trabalho, aos meus amigos da faculdade que estiveram ao meu lado, aos professores e a minha orientadora Kíria, por auxiliar na construção desse trabalho.

Ana Flávia Alves de Oliveira

## RESUMO

Em resposta às necessidades da construção civil, o modelo de gestão da metodologia *Lean Construction* surge, tendo como fundamento a utilização de ferramentas que visam a geração de valor agregado ao produto, sem que isso leve a um aumento significativo nos custos, prazos e perdas da qualidade. Essa metodologia tem como um dos principais objetivos eliminar, ou pelo menos reduzir, o número de desperdícios, seja com tempos de espera, logística ou custo e visa, por meio de muito planejamento, a otimização das obras. O objetivo deste trabalho é conhecer a história da construção enxuta, abordar o modo de aplicação do sistema, mostrar as ferramentas e os princípios *Lean* e compor um diagnóstico de viabilidade das práticas *Lean*, por meio de um estudo de caso. Para isso, escolheu-se uma obra de uma das empresas pioneiras da utilização dessa filosofia em Goiás, onde a aplicação dessas ferramentas é fundamental para a empresa. O estudo foi feito por meio do acompanhamento da obra, coleta de dados, e preenchimento de um check list, onde demonstrou a viabilidade da aplicação da metodologia na obra analisada.

### **PALAVRAS-CHAVE:**

*Lean Construction*. Ferramentas *Lean*. Desperdícios. Planejamento. Otimização.

## **ABSTRACT**

Regarding construction options, the evaluation model Wingspan Lean construction lean expression risk input once had. This methodology aims to eliminate, reduce or reduce the number of times, waiting times, logistics or cost of acquisition, through a very high planning, the optimization of works. The objective of this work was to know the history of the construction, to approach the way of applying the system, to show how tools and to understand the methodology of a case study. For this, a work of pioneering companies in the use of the philosophy in Goiás is chosen, where the applications are fundamental for a company. The study was done through the monitoring of the work, data collection and completion of a checklist, where it was demonstrated a feasibility of applying the methodology in the work analyzed.

### **KEYWORDS:**

Lean Construction. Lean Tools. Waste. Planning. Optimization.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura</b>	<b>Página</b>
Figura 1 – Pilares de sustentação do JIDOKA.....	16
Figura 2 – Demonstração do dispositivo.....	18
Figura 3 – Demonstração do Dispositivo Andon.....	19
Figura 4 – Modelo do Quadro de Kanban.....	20
Figura 5 – Relacionamento entre as ferramentas do JIT.....	25
Figura 6 – Tipo de relação de precedência entre atividades.....	26
Figura 7 – Modelo de Linha de Balanço.....	27
Figura 8 – Modelo de processo tradicional.....	29
Figura 9 – Modelo de Processo <i>Lean Construction</i> .....	29
Figura 10 – Localização do empreendimento.....	32
Figura 11 – Fase de Execução do Empreendimento.....	32
Figura 12 – Empreendimento finalizado (Maquete eletrônica).....	33
Figura 13 – Minigrua para transporte de materiais.....	33
Figura 14 - Projeto de canteiro de obras pavimento térreo com localização da cremalheira	34
Figura 15 – Caminho Seguro.....	35
Figura 16 – Quadro de Kanban.....	36
Figura 17 – Linha de Balanço.....	37
Figura 18 – Painel de Macro Fluxo.....	38
Figura 19 – Painel do Andon.....	39
Figura 20 – Painel Tático.....	40
Figura 21 – Mantra da empresa.....	40
Figura 22 – Forma de Pilar com Identificação.....	41
Figura 23 – Planejamento de Estrutura de Concreto.....	42
Figura 24 – Abastecimento de Tijolos para Alvenaria.....	43
Figura 25 – Ciclo de Alvenaria + Talisca.....	44
Figura 26 – Prática Padronizada Revestimento cerâmico.....	45
Figura 27 – Planejamento Revestimento Cerâmico.....	46
Figura 28 - Apartamento referência.....	46

## **LISTA DE QUADROS**

Quadro 1 – Check list - Aumentar a Transparência do Processo .....	47
Quadro 2 - Check list - Reduzir a variabilidade .....	47
Quadro 3 – Check list – Aumentar a Flexibilidade de Saída .....	48
Quadro 4 – Check list – Aumento do Valor Agregado ao Produto .....	48

## SUMÁRIO

Capítulo	Página
<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	9
1.1 JUSTIFICATIVA.....	10
1.2 OBJETIVOS.....	10
<b>1.2.1 Objetivo Geral.....</b>	10
<b>1.2.2 Objetivos Específicos.....</b>	10
1.3 METODOLOGIA.....	10
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	11
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	12
2.1 PRODUÇÃO ARTESANAL.....	12
2.2 PROCESSO DE PRODUÇÃO EM MASSA.....	13
2.3 SISTEMA TOYOTA.....	15
<b>2.3.1 Jidoka.....</b>	18
<b>2.3.2 Andon.....</b>	18
<b>2.3.3 Kanban.....</b>	19
<b>2.3.4 Just In Time .....</b>	21
<b>2.3.5 Linha de Balanço.....</b>	25
2.4 LEAN CONSTRUCTION.....	27
<b>3 ESTUDO DE CASO.....</b>	31
3.1 A EMPRESA.....	31
3.2 O EMPREENDIMENTO.....	31
3.3 CANTEIRO DE OBRAS.....	33
<b>3.3.1 Diagnóstico Canteiro de Obras.....</b>	39
3.4 ESTRUTURA.....	41
<b>3.4.1 Diagnóstico Estrutura.....</b>	42
3.5 ALVENARIA.....	42
<b>3.5.1 Diagnóstico Alvenaria.....</b>	44
3.6 REVESTIMENTO CERÂMICO.....	45
<b>3.6.1 Diagnóstico Revestimento Cerâmico.....</b>	46
<b>4 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	49
4.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	49
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	50

## 1 INTRODUÇÃO

A construção é uma indústria essencial para o desenvolvimento de qualquer país, e tem sido um dos ramos produtivos que mais vem sofrendo alterações substanciais nos últimos anos. Ela proporciona condições básicas de saúde, conforto e comodidade, que são necessários em cada habitação. Com o aumento da competitividade, a globalização do mercado, a demanda por bens cada vez mais modernos e sofisticados, o aumento na exigência do cliente sobre o produto final e a reduzida disponibilidade de recursos financeiros, para sua realização, houve uma necessidade maior em se investir na melhor gestão e controle dos processos. No entanto, a construção continua a padecer de problemas repetitivos, dentre eles o da baixa produtividade, mão-de-obra não especializada, falta de condições de segurança, inúmeros problemas de interligação de projetos, muitas vezes a impossibilidade de aplicação de conceitos teóricos em obra e a falta de planejamento, que pode acarretar atrasos e escalada de custos, assim como colocar em risco o sucesso do empreendimento.

Estes problemas implicam principalmente na impossibilidade de criar padrões para a execução das várias atividades, o que faz com que não se tenha um controle exato sobre a produção e assim, reduza consideravelmente a margem de lucro e aumente o prazo de execução de obras. Tendo isso em mente, foi idealizado o *Lean Construction* “Construção Enxuta”, que é incorporado pelo pensamento enxuto “*lean thinking*”, desenvolvido pela Indústria Toyota na década de 1940, onde o principal objetivo é aumentar a eficiência e a produtividade por meio de métodos que visam a redução de desperdícios, tempos de espera, gargalos e superprodução. As principais metodologias utilizadas foram TQM (*Total Quality Management*), que consiste na busca da satisfação do cliente e na melhoria contínua, e o JIT (*Just In Time*), que consiste num sistema de controle de produção que determina que nada deve ser produzido, transportado ou comprado antes da hora certa (ALVES, 2017).

Uma vez que empresas construtoras se interessam pelos métodos da construção enxuta e buscam implementar as práticas *lean*, surge a necessidade da avaliação de desempenho da implementação deste sistema, de modo que seu corpo gerencial possa avaliar as vantagens da filosofia enxuta e estabelecer novas metas a serem alcançadas em prol da consolidação dessa filosofia. E, mesmo empresas que já são estruturadas em relação ao sistema da construção enxuta também necessitam de avaliação de desempenho periódica, a fim de manter a motivação com relação ao emprego das práticas e ferramentas *lean*. Os métodos de avaliação de desempenho desse sistema são ainda bastante recentes, e possuem metodologias de aplicação bem distintas, alguns tratam de uma classificação geral e pontual da empresa, outros avaliam

inclusive a percepção dos clientes sobre a utilização dos conceitos *lean* pela construtora. Outros ainda servem apenas de auxílio para os esforços iniciais de implantação desses conceitos.

## 1.1 JUSTIFICATIVA E IMPORTÂNCIA DO TEMA

A construção civil no Brasil não seguiu a evolução que as indústrias de bens de consumo sofreram no século XX e início do século XXI. Ela ainda é caracterizada pela informalidade dos procedimentos e padrões construtivos, debilidade na qualificação de mão de obra, carência de profissionais preparados para desempenhar suas funções, dificuldade na mudança de velhos padrões e metodologias ultrapassadas.

Essas características contribuem para improvisações que levam a aumentar as atividades que não agregam valor ao produto final e elevam seus custos gerando perdas por retrabalhos, transporte, armazenamento, estoque, dentre outros tipos de perdas, que as atitudes da filosofia de Construção Enxuta auxiliam a combater e eliminar.

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo Principal

Apresentar o “*Lean Construction*” por meio de pesquisa histórica e analisar os efeitos das práticas desse sistema em um estudo de caso, em uma obra localizada na cidade de Anápolis, identificando seus impactos em cada etapa analisada da obra, em virtude da produtividade e cumprimento do cronograma planejado.

### 1.2.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos são:

- Apresentar a Construção Enxuta;
- Abordar o modo de aplicação do sistema;
- Mostrar as ferramentas auxiliaadoras e os princípios *Lean* específicos;
- Compor um diagnóstico da obra sobre a viabilidade das práticas *Lean*, por meio do estudo de caso em um edifício residencial.

## 1.2 METODOLOGIA

Por meio de pesquisa teórica em livros, sites e artigos científicos realizou-se um estudo sobre a história da filosofia da Construção Enxuta, mostrando desde os primórdios até a ideologia atual que encontramos após várias implementações e melhorias.

Realizou-se um estudo de caso em uma obra de uma empresa que é incorporadora/construtora, Edifício Forma Opus localizada na cidade de Anápolis-GO segundo práticas e princípios da filosofia “Lean Construction”.

A obra foi acompanhada desde a sua fase de estrutura até a fase de acabamentos de algumas unidades, contemplando a entrega total do apartamento decorado segundo os preceitos dessa filosofia. Serão analisados o controle de estoque, controle de mão de obra, metodologias padrão e os prazos de execução dos serviços segundo as práticas “Lean”.

## 1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho será dividido em 4 capítulos, tendo como principal intuito esclarecer ao leitor a ideologia do “*Lean Construction*”, e poder colaborar para o seu crescimento intelectual.

O Capítulo 01 é formado pela introdução, a justificativa, os objetivos geral e específico, a metodologia adotada, e a própria estrutura do trabalho.

O Capítulo 02 é formado pelo referencial teórico, que tem como principal propósito informar e localizar o leitor sobre como, onde, quando e porquê foi desenvolvida essa filosofia para a construção cívil.

O Capítulo 03 é formado pelo estudo de caso, que tem por objetivo principal evidenciar a utilização da metodologia *Lean Construction* em uma edificação, mostrando suas reais vantagens.

O Capítulo 04 é formado pelas considerações finais, onde é apresentada a viabilidade da metodologia após o estudo de caso, com todos os resultados pontuados e devidamente evidenciados.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 PRODUÇÃO ARTESANAL

Embora atualmente sejam usadas novas tecnologias no ramo da construção civil, ainda é possível constatar a predominância de processos artesanais nesse setor. Alguns dos motivos que inviabilizam a utilização de maquinários nas edificações são: técnicas construtivas arcaicas, instrução dos trabalhadores, falta de treinamento e determinados tipos de materiais. No Brasil, grande parte das obras são caracterizadas por processos artesanais executados por mão de obra não qualificada, falta de padrão para realização das atividades e baixa taxa de mecanização. Para que haja evolução tecnológica e se aumente a produtividade operacional na construção civil, é imprescindível o desenvolvimento dos meios de produção, a criação de novos métodos, processo e sistemas construtivos e, se aperfeiçoem os já existentes.

A indústria francesa do ramo automobilístico ilustra a produção artesanal do início de 1871, com fabricação de máquinas e ferramentas de Panhard e Levassor, popular P&L. Através dela podemos realizar a descrição das técnicas e características artesanais usadas na época, que possibilitarão entender a essência desse modelo de produção (WOMACK *et al*, 1992). De acordo com Womack *et al* (1992), as características fundamentais da produção artesanal eram:

- A alta qualificação da força de trabalho nas operações das máquinas, ajustes e dos acabamentos;
- A habilidade e domínio dos princípios de mecânica e dos materiais dos operários das equipes de trabalho que montavam os veículos manualmente;
- Organização dispersa onde a maior parte das peças e projeto do automóvel eram resultantes de reduzidas oficinas e o sistema era dirigido por um empresário/proprietário, que mantinha relação direta com empregados, fornecedores e consumidores;
- Máquinas usadas somente para perfuração e corte em metal ou madeira, ou seja, para uso geral;
- Volume baixo de produção, por ano era produzido cerca de mil automóveis, onde apenas cinquenta ou menos eram iguais ao projeto pré-determinado. Entre os cinquenta compatíveis, não existiam dois que fossem idênticos, devido ao método artesanal de produção, com variações.
- Todas as solicitações e protótipos dos consumidores eram acolhidos, pois a produção era fundada em concepções individuais, ficando clara a aproximação existente entre consumidor e produtor.

As particularidades acima mostram que essa categoria de indústria não se interessava com a contenção dos custos de produção através do aumento de escala e tais características deixam evidente que para a fábrica artesanal, o cliente era a minoria da população que conseguisse pagar pela exclusividade do artefato e de superar os obstáculos de operação e assistência de um produto exclusivo. Segundo Womack *et al* (1992), a fabricação artesanal pode ser considerada como a época esplêndida da produção automotiva, na qual o que contava era a perspicácia artesanal, o cuidado e perfeição com que cada mercadoria era individualmente arquitetada e executada para satisfazer completamente as ânsias do consumidor, dando total atenção aos mesmos de forma exclusiva. Entretanto, apenas os mais prósperos podiam dar-se ao luxo de obter um automóvel, isso devido aos custos de fabricação elevados e que não reduziam com o volume, pois cada carro era um produto exclusivo.

De acordo com Womack *et al* (1992), uma grande adversidade que o sistema de fabricação artesanal enfrentava era a ausência de credibilidade dos produtos, ou seja, o processo de fabricação artesanal não conseguia assegurar a excelência nos seus produtos, isso decorria da falta de ensaios que assegurassem a confiabilidade e estabilidade dos mesmos. O progresso nas estratégias de produção de tecelagem e têxtil foram as precursoras na evolução industrial, por este motivo estavam em patamar avançado nesta época, entretanto a surgente indústria automobilística teve início em 1890 e empregava os recursos artesanais de produção. Esse sistema de produção em pequenos volumes e usando técnicas artesanais foi utilizada até a primeira Guerra Mundial (1914-1918), sendo posteriormente suplantada pelo processo de fabricação em massa.

## 2.2 PROCESSO DE PRODUÇÃO EM MASSA

Conforme ressalta Womack *et al* (1992), tal método tornou-se afamado como Sistema de Produção em Massa ou Fordismo e possuiu sua materialização inicial em 1908 com a fundação do modelo T de Ford. Segundo Maximiano (2004) é autoria de Henry Ford a propagação da produção em massa pelo mundo inteiro. Este sistema está apoiado sobre dois fundamentos básicos: a uniformização das peças e a profissionalização dos colaboradores. No ponto de vista de Womack *et al* (1992), o item essencial para a produção em massa não encontra-se na linha de montagem contínua, mas na permuta das peças, conseguida através da padronização e na simplicidade de arrumá-las. Sendo essas mudanças a chave para a invenção da linha de montagem móvel. Segundo Freitas (2003), a padronização das peças pode ser vista como a principal etapa e o motivo de ascensão para o método fordista, que tem como causa

direta o crescimento significativo do quantitativo de produção, quando comparado com o sistema de produção artesanal.

Essa uniformização de itens e ferramentas foi indispensável para facilitar o trabalho de montagem e reduzir erros de fabricação e ajustes. Maximiano (2004) reforça que a padronização também deu início ao sistema de qualidade, que garantia a padronização dos itens; a facilidade dos processos e a redução do número de peças dos itens. Segundo este mesmo autor, no método de produção em massa, o item é repartido em partes e o sistema de fabricação é repartido em etapas, nas quais cada peça do produto é fabricada em cada etapa do procedimento.

Com isso, cada indivíduo tem uma função fixa dentro de uma etapa do procedimento de fabricação, reduzindo as qualificações dos colaboradores apenas no conhecimento essencial para executar uma única tarefa, surgindo assim o trabalhador intercambiável. Sobre esse procedimento, Freitas (2003) reforça que no fim de cada linha de montagem existia também um encarregado por corrigir todas as adversidades de montagem constatadas pelo fiscal da qualidade, com o objetivo de que o cliente não recebesse um produto defeituoso. No ano de 1955 o método de fabricação em massa já estava sendo usado em grande parte dos segmentos da indústria, sendo indiscutível até o início de 1960, quando surgiu no Japão o sistema Toyota de Produção (FREITAS, 2003).

Segundo Chiavenato (1983), no ano de 1926 Ford produzia 2.000.000 de produtos do modelo T, e empregava mais de 150.000 indivíduos. Esse quantitativo foi fantástico para a época e possibilitou a obtenção em massa deste item até então retido para pessoas com poder aquisitivo elevado. Segundo Drucker (2003), essa ascensão na fabricação pôde ser compreendido pelo significado de economia de escala 2, pois Ford atentou-se que quanto maior o número de veículos produzidos, menor o custo por unidade.

Segundo Freitas (2003) o alto volume produzido foi alcançado por meio do emprego de peças imutáveis e padronizadas. Nesse sentido, a precisão de peças padrões e de um método de medidas e produções precisas forçou a Ford Motors Company a criar suas próprias fábricas de peças e acessórios, tornando confiável o fornecimento delas, segundo o cronograma de produção. De acordo com Womack *et al* (1992), um dos pontos chave da produção em massa estava na confecção de ferramentas imutáveis. Esses acessórios eram capazes de cortar um metal de dureza alta e prensar chapas de aço com precisão elevada.

A ampla vantagem para o uso das ferramentas padrões era o seu custo reduzido de aquisição, pois essas ferramentas realizavam um amplo volume de atividades a um custo reduzido de preparação. As ferramentas de Ford eram altamente eficientes, quase

automatizadas, entretanto dedicadas a produção de um único item, sendo esta uma das razões cruciais do ascendente êxito da produção em massa nas décadas iniciais do século XX. Após 1955, as vendas das fábricas de Ford passaram a reduzir. O fator primordial deste declínio era a moderada diversidade de produtos oferecidos e a modificação no comportamento do cliente que passou a solicitar maior distinção dos produtos o que era impossível para o sistema, pois feria sua base primordial, a moderação de escala, e por consequência, terminava com o índice de lucro da Ford. Porém, este não foi o motivo singular para a decadência do fordismo. Mesmo com os esforços, os modelos de ligações trabalhistas não agradavam mais aos funcionários. O formato de honorários já não cativava mais os sindicatos, tão quanto a forma de trabalho prevalecente já estava exaurida. As conexões entre diretoria e empregados estavam encerradas, além do mais, novas práticas econômicas, políticas e sociais afloravam.

Assim, o fordismo chega ao seu extremo. Sendo preciso a fundação de uma nova forma de produção, que estimulasse a competitividade, atendesse as novas precisões dos clientes, trouxesse maiores privilégios aos colaboradores e que, principalmente, não fosse apenas uma cópia do método americano. Esta inédita indústria estava aflorando no Japão, onde estava surgindo uma maneira inteiramente inédita de criar, chamada de produção enxuta (WOMACK *et al*, 1992).

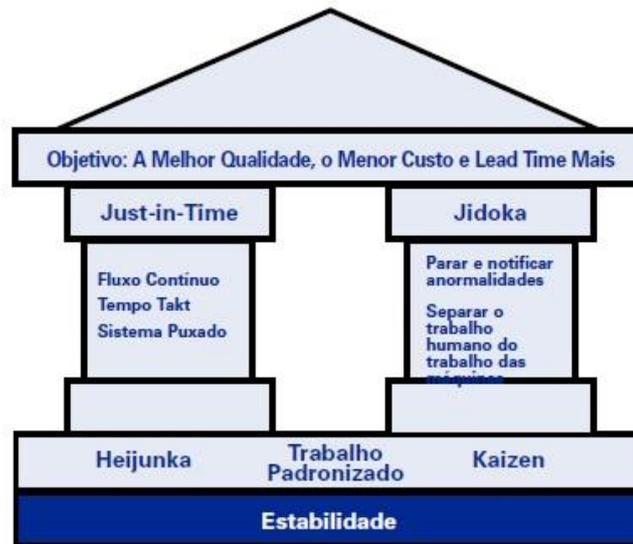
### 2.3 SISTEMA TOYOTA

O Sistema Toyota foi criado na década de 1950, quando os fundadores Sakichi Toyoda e Taiichi Ohno ao visitarem a fábrica de automóveis da Ford nos Estados Unidos chegaram a conclusão que o seu principal problema era o desperdício de recursos e assim nasceram os principais elementos do Sistema Toyota de Produção, tendo como os princípios mais importantes a eliminação de desperdício e fabricação com qualidade. (MAXIMIANO, 2012.). Os créditos do desenvolvimento do *Toyota Production System* (TPS) deve-se a Taiichi Ohno (1997), chefe de produção da Toyota no período posterior à Segunda Guerra Mundial. Começando nas operações de usinagem, onde liderou o desenvolvimento do TPS ao longo das décadas de 1950 e 1960, e sua disseminação à cadeia de fornecedores nas décadas de 1960 e 1970 (MAXIMIANO, 2012).

A eliminação de desperdícios tinha como objetivo a redução ao mínimo de atividades que não agregam valor ao produto e a qualidade visava a fabricação de produtos com zero defeitos. Além desses princípios foi criado um terceiro que é o envolvimento com os trabalhadores, que serve para o perfeito funcionamento dos primeiros. Vale ressaltar também

que para que esses sistemas de produção se sustentem, existem dois pilares de suma importância que são os conceitos do *Just In Time* (JIT) e da Automação do processo Industrial (Jidoka) e é normalmente ilustrado pela Figura 1.

**Figura 1 - Pilares de sustentação do JIDOKA.**



Fonte: Lean Institute Brasil, 2018.

Os princípios do *Just-in-Time* (JIT) e Jidoka tem origem no período pré-guerra. Toyoda criou o conceito de Jidoka no início do século XX, coligando um dispositivo de parada automática em seus teares, que interrompia o funcionamento de uma máquina caso um fio se partisse. Isso abriu espaço para grandes melhorias na qualidade e liberou os funcionários para a realização de um trabalho que agregasse mais valor do que o simples monitoramento das máquinas. Por fim, esse conceito simples encontrou espaço em todas os equipamentos, em todas as operações da Toyota e em todas as linhas de produção.

O reconhecimento do TPS como um sistema modelo de produção se espalhou rapidamente com a publicação do livro "A Máquina que Mudou o Mundo", em 1990, resultado de cinco anos de pesquisa liderada pelo Massachusetts Institute of Technology (MIT). Os pesquisadores do MIT expuseram que o TPS era muito mais dinâmico e eficiente do que o sistema de produção em massa e representava um protótipo totalmente novo e foi monetizado, então, o termo produção *lean* (ou produção enxuta), indicando essa abordagem distinta da produção.

O TPS aplica três principais métodos para eliminar desperdícios que são: a racionalização da força de trabalho, o JIT e a produção flexível. A racionalização da força de

trabalho tem como intuito congrega os funcionários em equipes e obter um líder para coordená-las. Cada equipe recebe um montante de tarefas a serem realizadas coletivamente, executando-as da melhor maneira possível com os colaboradores fazendo as manutenções em seus equipamentos. A racionalização torna-se, assim, a interação dos trabalhadores com a sua rotina de trabalho e a realização das suas atividades de maneira dinâmica.

O Just In Time busca a redução no tempo de produção e o volume de estoque, instituindo um fluxo contínuo de materiais concomitante com a programação do processo. O seu principal diferencial deu-se através do uso de cartões chamados Kanban, onde sua principal finalidade era produzir apenas o necessário no tempo certo, seguindo o pensamento da eliminação de desperdícios. A produção flexível é um modelo de produção que consiste na fabricação de pequenos lotes que eram produzidos de acordo com a demanda dos clientes (encomendas). Como resultado de tamanha flexibilidade, era preciso fazer incessantes mudanças na linha de produção e, para isso, Ohno treinou os funcionários para que eles conseguissem fazer as alterações necessárias sem o auxílio de um especialista e, assim, a produção conseguia ser modificada de acordo com a necessidade do momento (CORRÊA; GIANESI, 1993).

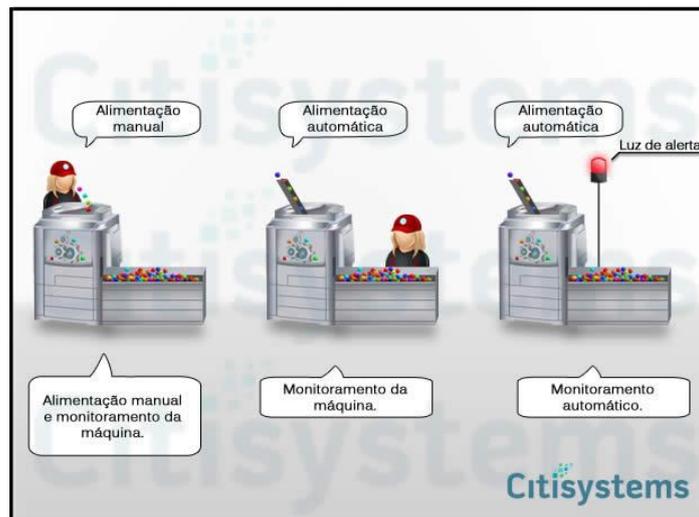
No princípio da fabricação com qualidade, tal como o de eliminação de desperdícios, existem três elementos estruturais básicos, onde tem-se: fazer certo da primeira vez, corrigir erros em suas principais causas e utilizar círculos de qualidade. Fazer certo da primeira vez é uma teoria que torna o trabalhador responsável pela qualidade do que ele produz, tornando o trabalho de inspetores de qualidade dispensável. A estabilidade nos processos é considerada um pré-requisito para implementação do TPS. O planejamento da produção só pode ocorrer em um ambiente controlado e previsível e para manter o “acerto em alto nível” todo o processo deve ser mantido em condições estáveis e niveladas. (GEHBAUER, 2002)

A correção dos erros é aplicada dando aos trabalhadores o poder de paralisar a produção sempre que localizado algum problema que não fosse possível resolver de maneira rápida e individual. O grande colaborador do sistema de correções de erros da Toyota foi um dos pilares do Jidoka, o dispositivo *Poka Yoke*. Esse aparelho funciona como um organismo de detecção de anomalias impedindo a execução irregular das atividades. Os círculos de qualidade foram idealizados pelo Dr. Kaoru Ishikawa, quem em seu formato original é um grupo de voluntários de um mesmo departamento que estudam e propõem soluções para as anomalias encontradas na execução das atividades durante o processo produtivo. Essa metodologia consiste em identificar as causas dos problemas que geram prejuízos, identificar as prioridades, propor soluções e as formas de implementá-las.

### 2.3.1 Jidoka

O termo Jidoka significa automação (automação com um toque humano), e é uma das bases do TPS. Conforme mencionado anteriormente esse conceito surgiu com uma máquina de tear inventada por Toyoda que contava com um dispositivo detector de condições normais e anormais, que evita a produção de produto defeituoso, diferente da máquina de tear automática que continuava funcionando mesmo diante de um fio rompido e o defeito só era detectado quando o processo estivesse concluído. Com isso, não era mais necessário possuir um operador monitorando a máquina enquanto ela estava em funcionamento, mas sim apenas sua interferência caso ela paralisasse. Desta forma um único operador poderia cuidar de várias máquinas e a fábrica operaria com um número reduzido de pessoas, aumentando a eficiência da produção. Fundamentando, assim, precisamente o objetivo do Jidoka que é o de reduzir o número de desperdício. É possível visualizarmos o dispositivo na prática conforme demonstrado na Figura 2.

**Figura 2 - Demonstração do dispositivo**



Fonte: Citissystems, 2017.

### 2.3.2 Andon

O andon é uma das ferramentas utilizadas pelo TPS, e é uma maneira para gerir as ocorrências e os resultados do local de trabalho, apresentando nas formas de quadros, sinalizadores sonoros e visuais. Essa ferramenta facilita a comunicação e monitoramento a distância das linhas de produção e veio para implementar ao Jidoka, conforme a figura 3.

**Figura 3 - Demonstração do dispositivo Andon**



Fonte: Citisystems, 2017.

No Andon temos as luzes de sinalização classificadas por cores onde cada uma possui o seu significado:

**Vermelho**: Linha parada;

**Amarelo** : Chamada de atenção ou solicitação de ajuda;

**Verde** : Normalidade no processo.

Na indicação da luz vermelha, apresenta-se também uma sirene que dispara sempre que acionada, causando efeito luminoso rotativo e ruído agudo, notificando alguma situação de emergência onde caberá ao líder da patente mais alta comparecer ao local acionado para resolução do problema apresentado.

Os principais benefícios ligados à implantação do ANDON são: fornecimento de um sistema de alerta para as falhas no processo, mantendo o operador informado sobre as condições da linha de produção, a disponibilidade de parada do processo sinalizando a equipe de manutenção ao ocorrerem anomalias, otimização do tempo com intervenções imediatas e melhoria contínua permitindo a construção de uma série histórica por meio do registro das suas ocorrências (Citisystems, 2017).

### 2.3.3 Kanban

Termo de origem oriental, que significa cartão ou sinalização, é um sistema que propõe o uso de cartões em um quadro para indicar e acompanhar de maneira bem visual, prática e com poucos recursos, o andamento dos fluxos de produção nas empresas. O quadro do Kanban deve estar em um local de fácil visualização para que todos os envolvidos possam vê-lo e atualizá-lo de maneira interativa de acordo com que as atividades são realizadas, inserido o cartão no campo correspondente ao status da tarefa. (MOURA, R 1989). O modelo do Kanban é demonstrado na Figura 4.

Figura 4 - Modelo do quadro de Kanban



Fonte: FURTADO,2011.

Segundo Monden (1984) e Vollmann *et al.* (1997) existem algumas regras básicas sobre o funcionamento do sistema Kanban, citados a seguir:

- O processo seguinte deve retirar do processo anterior somente os produtos necessários nas quantidades necessárias e no tempo devido;
- O processo anterior deve produzir seus produtos nas quantidades requisitadas pelo processo seguinte;
- Produtos com defeitos não deve ser enviado para o processo seguinte;
- O número de Kanbans deve ser mantido o menor possível e reduzido por meio de melhorias do processo;

- Cada contenedor deve ter anexado um cartão no quadro do Kanban que somente deve conter quantidades padronizadas de peças.

### ***2.3.4 Just In Time***

A estratégia de controle da produção JIT, desenvolvida pela Toyota, consolidou-se no Japão na década de 70. O JIT é na verdade um conjunto de princípios coesos e coerentes entre si que fornecem diretrizes para que a empresa consiga trunfos competitivos por meio de uma busca de melhorias permanentes, tais como:

- Ampliar a parcela de mercado que a empresa apreende;
- Atender o cliente o mais rápido possível;
- Eliminar desperdícios.

A manufatura enxuta é uma estratégia de gestão da produção, portanto, ela engloba a estratégia de Planejamento e Controle da Produção (JIT). Manufatura Enxuta (ME) é definida por Womack e Jones (1998) como uma abordagem segundo a qual existe uma forma melhor de organizar e gerenciar os relacionamentos de uma empresa com os clientes, cadeia de fornecedores, desenvolvimento de produtos e operações de produção segundo a qual tenta-se fazer cada vez mais com menos tempo.

Segundo Ghinato (2000) o JIT é um princípio, um meio para obtenção do objetivo principal da Manufatura Enxuta. Os princípios do JIT são direta ou indiretamente relacionados ao Plano de Controle de Produção (PCP).

Os princípios indiretamente relacionados ao PCP são: eliminação de desperdícios, envolvimento dos trabalhadores na tomada de decisão, gestão de qualidade total, recebimento Just In Time, busca de melhorias, ferramentas de controle de qualidade, projeto voltado ao JIT, manutenção preventiva total, trabalhador multi-habilitado e utilização de fábricas focalizadas.

A eliminação de desperdícios, é demonstrada pelos sete tipos de desperdícios que devem ser eliminados:

- Superprodução: produzir mais do que o necessário é uma das principais fontes de desperdício, por isso, é preciso fazer lotes pequenos de produção;
- Tempo de espera: a eficiência da máquina e da mão de obra pode ser utilizada para controlar os tempos de espera do processo, porém o tempo gasto para produzir estoque desnecessário também é entendido como tempo de espera;

- Transporte: a movimentação de materiais no interior da fábrica é um tipo de desperdício que pode ser reduzido com mudanças no layout produtivo;
- Processamento: nem todas as operações no processo produtivo são realmente necessárias e, portanto, são fontes de desperdícios e devem ser eliminados;
- Estoque: deve ser eliminado ou pelo menos reduzido;
- Movimento: está relacionado aos movimentos desnecessários do trabalhador quando está realizando as tarefas;
- Produtos defeituosos: produtos com defeitos devem ser refeitos, ou seja, são desperdícios diretos e devem ser combatidos a todo custo.

Dentro desse conceito o JIT busca a total eliminação desses sete tipos de desperdícios, ou seja, zero excesso de produção, zero espera, movimentação zero, zero setup, zero quebra de máquinas, zero defeito, zero estoque e zero oscilações no plano de produção.

O envolvimento dos trabalhadores na tomada de decisão, dentro da filosofia JIT, relata que os trabalhadores devem ter mais responsabilidade pelo processo produtivo; Trabalho em equipe, delegação de tarefas e responsabilidades são ferramentas importantes dentro desse conceito. Essa autonomia pode ser, por exemplo (Slack *et al.*, 2002): autoridade para parar a linha, programação de materiais, coleta de dados e resolução de problemas.

A Gestão da Qualidade Total (*Total Quality Management - TQM*) é uma filosofia com sua série de ferramentas que faz com que a empresa utilize a qualidade como um diferencial competitivo (NOGUEIRA, N. 2011).

O Recebimento *Just In Time* é teoricamente uma ferramenta que está ligada à chegada de itens na empresa justamente no momento necessário para a produção. Na prática isso é muito difícil de ser conseguido para toda a linha de produtos. Kochan (1998) descreve os benefícios da integração de fornecedores e do recebimento just in time em uma empresa automobilística.

A Busca de melhorias é descrita dentro da filosofia JIT por dois tipos: a incremental e a radical. A melhoria incremental é o *Kaise*, a qual prega que a perfeição será alcançada pela melhoria contínua, formada por infinitas etapas de mudanças. Nesse processo os métodos utilizados podem ser caixa de sugestões de funcionários e círculos de qualidade (discussões sobre como problemas podem ser resolvidos). Já a melhorias radical envolve um salto em direção à perfeição.

As ferramentas de controle de qualidade são métodos de controle da qualidade de extrema importância para o JIT, como por exemplo, a utilização do Controle Estatístico de

Processo (CEP), diagrama de causa e efeito e automação (máquina para automaticamente quando detecta alguma falha na produção) (KOCHAN, 1998).

O projeto voltado ao JIT, segundo Corrêa e Gianesi (1993) existem três técnicas a serem utilizadas:

I. Projeto modular: busca ao menos tempo reduzir os números de componentes necessários à fabricação dos produtos, projetar produtos com um enfoque modular e combinar um número pequeno de componentes para gerar uma maior diferenciação aos clientes;

II. Projeto visando à simplificação: objetiva projetar produtos que serão fáceis de fabricar e montar;

III. Projeto adequado à automação: objetiva projetar produtos que tenham maior facilidade em si adaptar uma possível automação na produção e montagem.

A Manutenção Produtiva Total (TPM) é uma ferramenta do JIT que visa eliminar variabilidade do processo causada pelas quebras não planejadas de máquinas.

O Trabalhador multi-habilitado com rodízio de funções, pressupõe que dentro da equipe de trabalho todos os trabalhadores devem ser treinados em várias funções para que haja intercambiabilidade de funções.

A Utilização de fábricas focalizadas indica que ao invés de se ter uma grande fábrica que produza todos os produtos, devem ser construídas pequenas fábricas especializadas. Gerando assim, maior facilidade de administração, menores custos, dentro outros. Nesse contexto inclui-se a utilização de máquinas pequenas e baratas ao invés de grandes máquinas, tendo como vantagens maior facilidade de manuseio, menores risco de investimento e custos menores.

Os princípios diretamente relacionados ao PCP, tem como a estratégia de controle da produção os seguintes itens:

- Puxar a produção em todos os estágios do sistema produtivo;
- Regular o fluxo de materiais de um sistema produtivo de forma que fique linearizado entre estágios de produção e intraestágios, a partir de células de fabricação que internamente devem funcionar com um padrão de fluxo flow shop;
- Eliminar ao máximo a mão de obra indireta para executar as atividades do controle de produção (CP), atribuindo aos operários grande responsabilidade na regulação do fluxo de materiais e, assim, ligando fortemente muitas das atividades dos CP ao próprio processo produtivo;

- Trabalhar em cima de um programa de produção nivelado para que a carga de trabalho seja uniforme.

Com o JIT tem-se uma implantação longa e contínua que exige estabilidade e alto nível de repetição, o que implica em poucas opções de produtos, poucas mudanças de engenharia e, a curto prazo, pequenas mudanças no mix de produtos. Para atingir esses princípios, são utilizados basicamente três ferramentas, detalhadas a seguir.

1. Tecnologia de grupo ou manufatura celular: esse tipo de layout consiste na divisão de todos os componentes em famílias e todas as máquinas em grupos, de tal forma que todos os elementos de uma família possam ser processados em somente um grupo de máquinas, onde cada grupo de máquinas recebe o nome de célula. Isso é fundamental para se conseguir uma simplificação do fluxo de materiais no chão de fábrica, dentre outros benefícios.

2. Redução do tempo de setup: que são os tempos de preparação das máquinas vistos como desperdícios, portanto devem ser combatidos. Ao invés de aceitar tempos de setup fixos, prega que os tamanhos de lote de produção devem ser pequenos e para isso devem conseguir melhorias para a redução dos tempos de setup. Existem ferramentas para essa redução de tempo, dentre elas merece destaque a Troca Rápida de Ferramentas (TRF). De acordo com Shingo (1996) existem oito técnicas do TRF, dentre elas algumas merecem destaque:

- Separação das operações de setup externo e interno: as operações de preparação que podem ser realizadas com máquina funcionando (setup externo) devem ser separadas das operações que devem ser realizadas com a máquina parada (setup interno);
- Converter setup interno em setup externo: por meio de uma análise minuciosa nas operações deve-se tentar ao máximo converter as operações realizadas com máquina parada em operações que podem ser realizadas com máquina funcionando;
- Adotar operações paralelas: muitas vezes operações de um *setup* podem ser feitas paralelamente, reduzindo-se o tempo de setup total;
- Eliminar ajustes: deve-se reconhecer que o ajuste é diferente de preparação. Ajustar significa mexer ou modificar a preparação, portanto isso deve ser evitado e, se possível, eliminado.

3. Produção em fluxo unitário ou redução no tamanho do lote: no JIT o tamanho do lote ideal é de apenas uma unidade. A prática do lote unitário serve aos seguintes propósitos (Davis *et al.*, 2001):

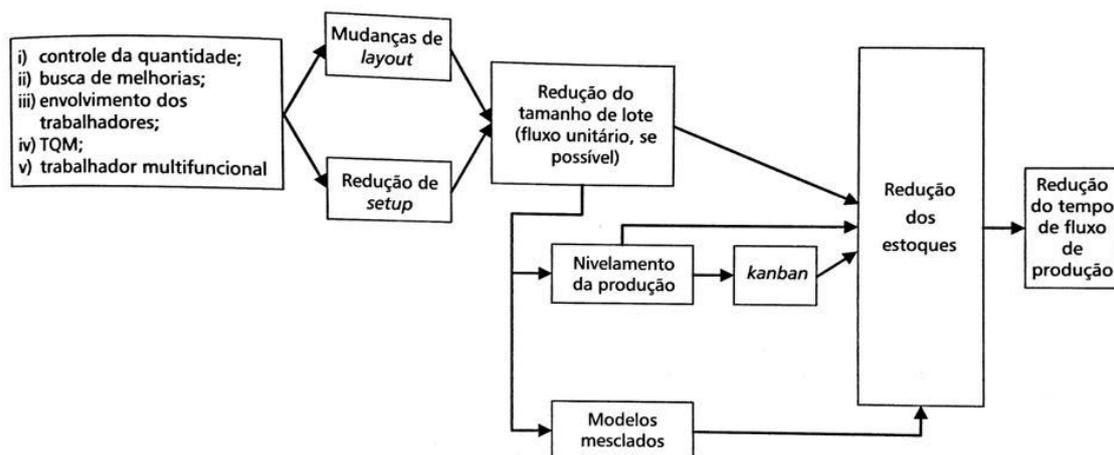
- Minimizar os investimentos com estoques;
- Reduzir tempos de fluxos;

- Reagir rapidamente às mudanças na demanda;
- Auxiliar a descobrir problemas de qualidade.

O Programa Mestre de Produção (MPS) no *Just In Time*, é estabelecido numa base diária e representa apenas a demanda real, e não a demanda prevista como outros sistemas. Dados os níveis muito baixos de estoque em processo, para haver um balanceamento da carga de trabalho por toda a fábrica, o plano liberado deve estar nivelado, ou seja, em pequenas doses e de forma que o mix e o volume de produção sejam constantes ao longo do tempo.

O relacionamento entre as ferramentas do JIT apresentadas, se encadeiam de forma que os objetivos sejam atingidos. Esse relacionamento faz com que cada um dos desperdícios propostos seja eliminado ou pelo menos reduzido. Na figura 5 é demonstrado como alguns princípios se relacionam visando a redução dos estoques e a redução do tempo de fluxo.

**Figura 5: Relacionamento entre as ferramentas do JIT**



Fonte: FERNANDES e FILHO, 2009.

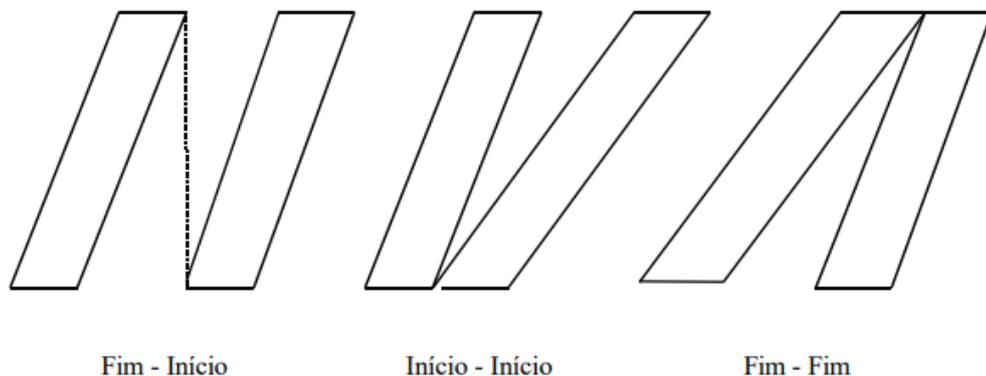
### 2.3.5 Linha de balanço

A técnica da Linha de Balanço (Line of Balance – LOB) para planejamento de atividades foi criada pela Goodyear nos anos 40. Sua primeira aplicação foi na indústria de manufaturados para programar o ritmo de produção e em seguida foi desenvolvida pela Marinha dos Estados Unidos, durante a Segunda Guerra Mundial. Essa ferramenta vem sendo utilizada na indústria da produção contínua e em série desde 1942, essencialmente devido ao seu objetivo de encontrar uma razão de produção para o fluxo de fabricação, visando servir ao controle da produção (JOHNSTON, 1981).

Os processos da construção civil podem ser desmembrados em diferentes grupos, sendo que um desses é de obras com caráter repetitivo. Essas obras tem como característica principal a repetição de atividades dentro do processo construtivo, ou seja, quando certas atividades são realizadas sucessivas vezes de uma mesma maneira. No planejamento de obras de longo prazo, o setor dos planos engloba todo o período de construção e tem como principal objetivo a definição do ritmo das atividades, que compõem as grandes etapas construtivas da edificação como, por exemplo, estrutura, alvenaria e reboco (MENDES e HEINECK, 1998).

Outra importante determinação relacionada a linha balanço é a definição da estratégia de ataque à obra. É feito um estudo em que é estabelecido o sequenciamento das atividades, visando extinguir possíveis interferências entre equipes ocasionando a melhoria dos fluxos de materiais e mão-de-obra no canteiro. A preparação dos planos é feita a partir do uso de técnicas de programação no qual são explicitadas informações a respeito do início e fim das atividades, assim como a duração necessária para a execução do empreendimento (TOMMELEIN e BALLARD, 1998; MENDES e HEINECK, 1998). A data de início da atividade será determinada em função do tipo de relação de precedência com a atividade anterior, como indica a Figura 6.

**Figura 6: Tipo de relação de precedência entre atividades**



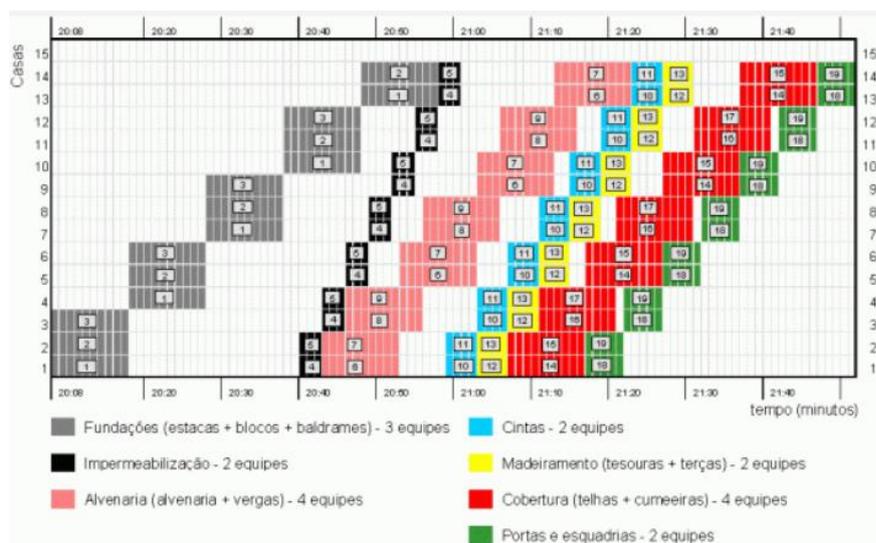
Fonte: TOMMELEIN e BALLARD, 1998; MENDES e HEINECK, 1998.

A técnica da Linha de Balanço se resume à ideia que certas tarefas são repetidas várias vezes ao longo da construção, como por exemplo o serviço de contrapiso, que é realizado inúmeras vezes ao longo de todas as unidades de um conjunto habitacional ou pavimentos de um edifício. O ritmo de execução das atividades nas unidades depende de quantas equipes são alocadas, e a técnica de aplicação é bem simples, especialmente por que pode ser feita

graficamente, se admitirmos a linearidade do desenvolvimento da atividade, podendo ser visualizada num gráfico espaço x tempo, indicando o local e o prazo da execução da atividade, conforme representado pela Figura 7.

Por meio da Linha de Balanço o engenheiro, assim como toda a equipe da obra, passa a ter uma visão mais simples da execução das atividades convindo como ferramenta de apoio na melhoria da produtividade no canteiro. A LOB é proveniente do gráfico de barras (*Gantt*), onde ao invés de alocarmos as atividades da obra no eixo vertical, inserimos os pavimentos ou as repetições do mesmo serviço. Assim cada barra representa uma fase ou atividade alcançando-se um conjunto linear de produção evidenciadas em plano cartesiano com as durações das atividades definindo-se os ritmos de avanço da construção (MATTOS, 2010).

**Figura 7 - Modelo de Linha de Balanço**



Fonte: JUNQUEIRA,2006.

O balanceamento das linhas pode ser obtido através da abolição de conflitos entre equipes pela mudança das sequencias de atividades ou pela alteração de ritmo, eliminação dos tempos de espera na obra, definição de estratégias de execução que permitam a dissipação das atividades reduzindo o tempo de entrega ou ocupação de uma unidade, dentre outras determinações gerenciais que a Linha de Balanço pode abordar de uma forma mais efetiva do que outros métodos de planejamento e controle (JUNQUEIRA, 2006).

## 2.4 LEAN CONSTRUCTION

Segundo Koskela *et al* (2010) o *Lean Construction* é denominado como uma nova filosofia de gestão da produção, originada pelo Sistema Toyota de Produção e adaptada para a construção civil. Nota-se que a proposta de maior valor é a mudança conceitual do protótipo do processo de produção tradicional, demonstrado como ineficiente, com a aplicação de onze princípios interativos entre si:

1. Reduzir a parcela de atividade que não agrega valor como por exemplo, o excesso de funcionários em apenas em um setor ao invés de priorizar uma divisão eficaz que englobe todas as áreas de uma construção;
2. Aumentar o valor do produto através da estima das precisões do cliente entendendo que o cliente paga um valor de acordo com as suas necessidades e sua satisfação;
3. Reduzir a variabilidade buscando a padronização;
4. Reduzir o tempo de ciclos;
5. Simplificar os processos por meio da redução do número etapas;
6. Aumentar a flexibilidade de saída;
7. Aumentar a transparência do processo;
8. Focar o controle no processo global (utilizando o método “partes” somadas para um “todo” produtivo);
9. Estabelecer melhorias contínuas no processo;
10. Introduzir melhoria dos fluxos com a melhoria de conversões;
11. Fazer “*benchmarking*” que é um processo utilizado no EUA que utiliza a comparação de produtos, serviços, práticas empresariais e é uma importante ferramenta de gestão de pessoas.

O modelo tradicional é demonstrado por Moreira (1998). No qual visualizamos a matéria prima, o processo de conversão composto por vários subprocessos, e os produtos sendo disponibilizados aos consumidores finais.

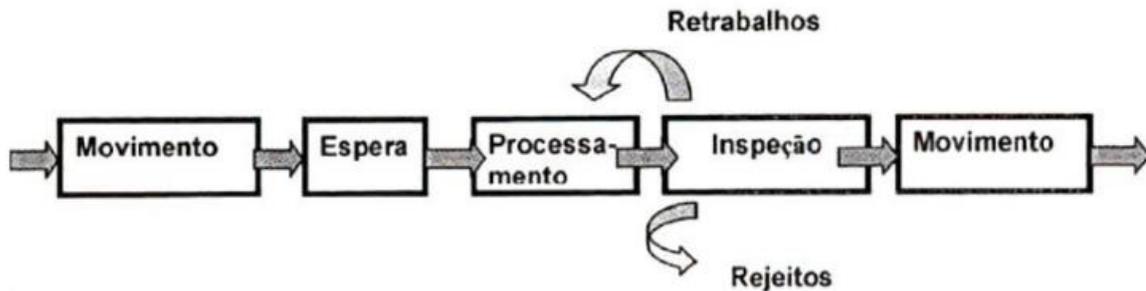
Esse modelo, demonstrado na figura 8, apresenta algumas características apontadas por Formoso *et al* (2000):

- O processo de conversão pode sr subdividido em subprocessos, que também são processos de conversão;
- O esforço de minimização de custos total de um processo em geral é focado no esforço de minimização de custo de cada subprocesso separadamente;

- O valor do produto de um subprocesso é associado somente ao custo dos seus insumos.

O modelo *Lean Construction* funciona conforme a figura 9, representada abaixo, onde em primeiro lugar deve-se considerar o processo como um fluxo de materiais desde a matéria prima até o consumidor final.

**Figura 8 - Modelo de processo tradicional**



Fonte: KOSKELA, 1992

Realizando uma comparação entre o modelo tradicional de produção e o *Lean Construction* pode-se notar que na figura 8 (Modelo Tradicional) somente o fluxo de montagem é consideravelmente influenciado pelo Fordismo, enquanto no modelo do *Lean Construction* demonstrada pela figura 9, além dos fluxos de montagem também são considerados os fluxos de materiais, informações e de trabalhos que mesmo não agregando valor ao produto final consomem a maior parcela do custo e do tempo da mão de obra. (GONÇALVES, 2014)

**Figura 9 - Modelo de processo Lean Construction**



Fonte: KOSKELA, 1992.

O grande desafio da construção enxuta é eliminar tudo que não agrega valor, reduzindo assim os custos e gerando maior lucro. Existe na construção civil muitos serviços entendidos

como não geradores de valor. Tais detrimientos estão escondidos em movimentos e transportes desnecessários, retrabalhos, entre outros. Sua origem dá-se desde os projetos mal concebidos, desenvolvimento do planejamento executivo coordenado através de princípios obsoletos, preeminência da individualidade de ações no canteiro, sendo demonstrada por grupos ou pessoas, não havendo a ideia de conjunto. Ao pensar sobre a eliminação total dos desperdícios, principal bandeira do pensamento enxuto, deve-se ter em mente que o aumento da eficiência só faz sentido quando está associado à redução de custos. Para isso, deve-se produzir apenas o necessário utilizando a quantidade necessária de mão de obra para se alcançar a eficiência desejada com o mínimo de desperdício e com o máximo de qualidade. A geração de valor é um aspecto que caracteriza os processos na construção enxuta. O conceito de valor está diretamente vinculado à satisfação do cliente, não sendo inerente à execução de um processo. Assim, um processo só gera valor quando as atividades de processamento transformam as matérias primas ou componentes nos produtos requeridos pelos clientes, sejam eles externos ou internos (KOSKELA, 1992).

### 3 ESTUDO DE CASO

Para verificar a eficácia e os benefícios proporcionado pelo *Lean Construction*, realizou-se um estudo de caso em uma obra de edificação residencial situada na cidade de Anápolis-Goiás. O estudo foi baseado nos princípios *Lean* apresentados em todos os serviços da obra. Foram analisados esses princípios de forma isolada nos seguintes processos: organização no canteiro da obra, execução de estrutura, alvenaria, instalações e revestimento cerâmico.

#### 3.1 A EMPRESA

A elaboração do estudo de caso realizou-se na obra executada por uma empresa que é construtora e incorporadora referência no estado de Goiás. A escolha por aplicar o estudo nessa empresa, se deve pela oportunidade de analisar uma diversidade de sistemas construtivos, além da colaboração de dados e divulgação de materiais.

#### 3.2 O EMPREENDIMENTO

Trata-se de uma obra localizada no bairro Jundiaí, considerado o bairro mais nobres da cidade de Anápolis, teve início no mês de outubro de 2017, com previsão de entrega para final do mês de Março de 2020. O local conta com uma grande infraestrutura viária, boa estrutura urbanística, agências bancárias, farmácias, hospital, rede escolar e vários bares e restaurantes. A Figura 10 mostra a localização do empreendimento no bairro, a Figura 11 o estágio de execução da torre em março de 2019 e Figura 12 a imagem do empreendimento finalizado, por meio de maquete eletrônica.

O empreendimento contém uma torre conforme demonstrado pela Tabela 1, conta também com 62 escaninhos, sendo 42 distribuídos nos pavimentos de estacionamento e 20 nos pavimentos tipo (um por andar).

**Tabela 1 - Composição da Torre**

<b>Local</b>	<b>Descrição</b>
Subsolo	Estacionamento com 61 vagas
Térreo	Estacionamento com 46 vagas
Mezanino 01	Estacionamento com 31 vagas
Mezanino 02	Estacionamento com 36 vagas
Mezanino 03	Lazer composto por salão de festas, academia, piscina, sauna, vestiários, brinquedoteca e sala de jogos

Pavimento Tipo	3 apartamentos por laje com plantas diferentes, sendo: apartamentos final 01 189m <sup>2</sup> , apartamentos final 02 162m <sup>2</sup> e apartamento final 03 155m <sup>2</sup>
Cobertura	2 apartamentos penthouse
Pavimento 25	Casa de máquinas, barrilete e casa de motores
Pavimento 26	Reservatório superior

Fonte: Próprio autor

**Figura 10 – Localização do empreendimento**



Fonte: Opus, 2017.

**Figura 11 - Fase de execução de empreendimento**



Fonte: Próprio autor, 2019

**Figura 12 – Empreendimento finalizado (Maquete eletrônica)**



Fonte: Opus, 2017.

### 3.3 CANTEIRO DE OBRAS

A organização do canteiro da obra foi planejada de tal forma que proporcione o menor desperdício com logística e fluxo de materiais. Foi instalada uma minigrua, Figura 13, utilizada para transporte vertical de materiais para a execução da estrutura, como madeirites para montagem de formas e aço para armação. A cada pavimento que é concretado faz-se necessária a elevação da minigrua para que sejam transportados os materiais.

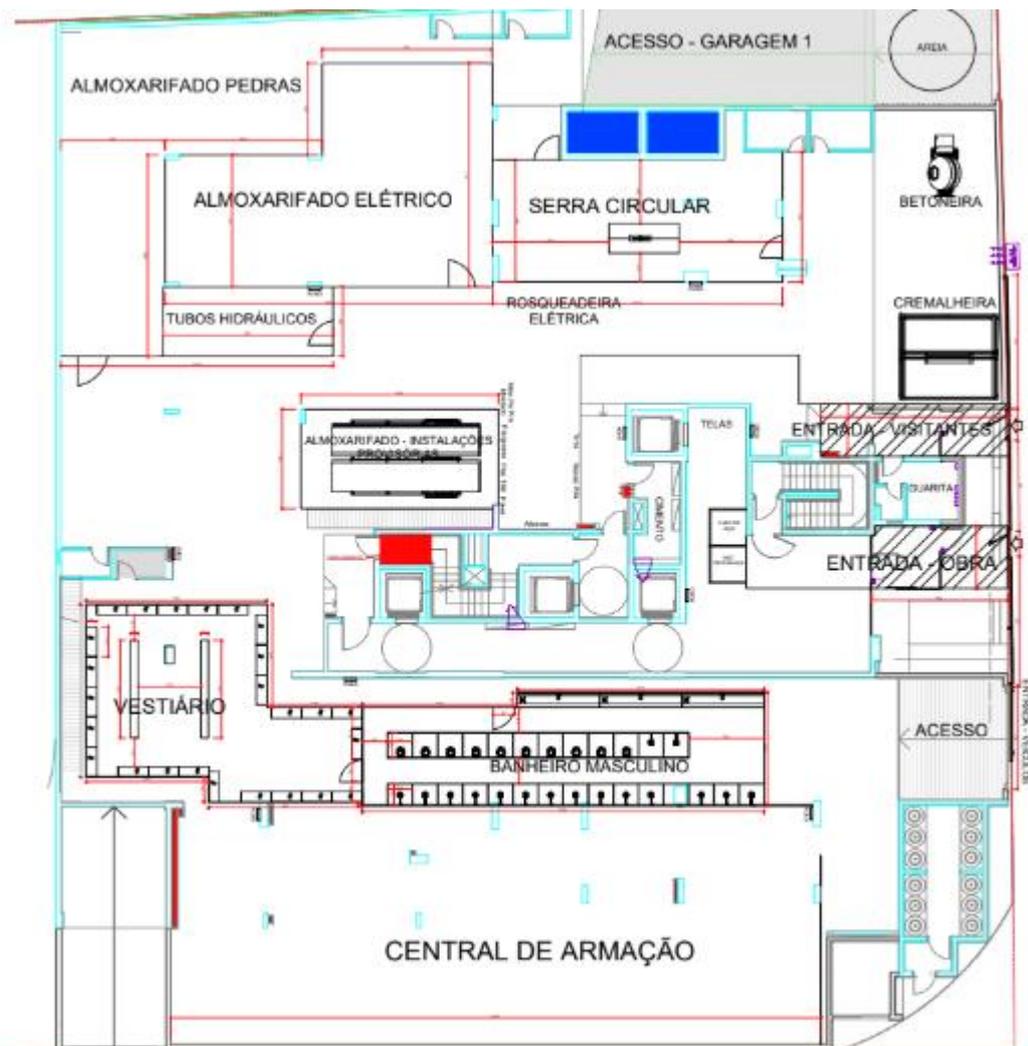
**Figura 13 - Minigrua para transportede materiais**



Fonte: Próprio autor, 2019.

Também foram implementadas no canteiro 2 elevadores cremalheira, equipamentos utilizados para movimentação vertical de cargas e pessoas. Os elevadores foram estrategicamente alocados em área de estacionamento, para não intervir no processo da execução de nenhuma outra região. Eles tem capacidade de 1.200 kg e transportam pessoas e materiais separadamente Figura 14.

**Figura 14 - Projeto de canteiro de obras pavimento térreo com localização da cremalheira**



Fonte: Próprio autor, 2019.

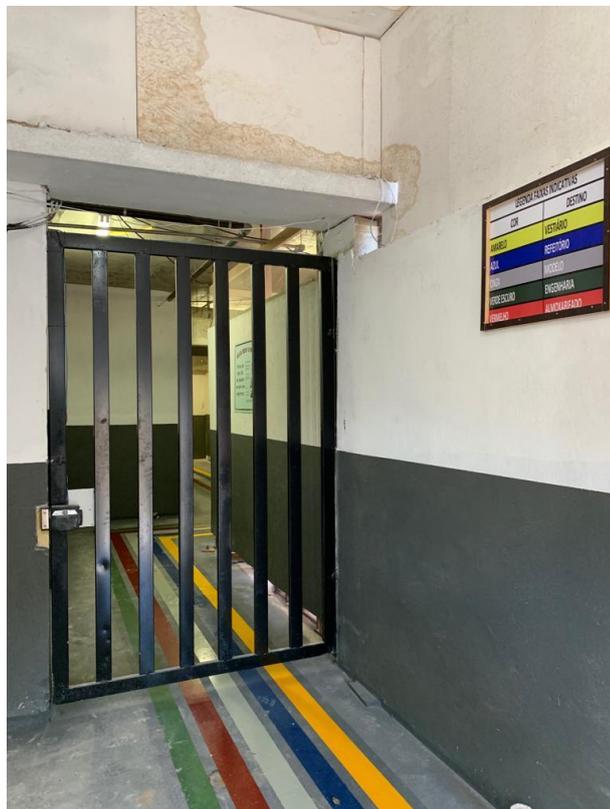
Também foram alocados em região de estacionamento o almoxarifado da obra, almoxarifado de terceiros, administração, refeitório e vestiários, para que não atrapalhassem a execução de nenhuma outra área.

No subsolo tem-se o almoxarifado de ensacados como cimento, cal e argamassa que se mantém trancado para que os materiais sejam controlados, almoxarifado de pedras e mármore, almoxarifado de revestimento cerâmico, com um ambiente separado apenas para a

reserva técnica (material para ajustes e assistência técnica com cerca de 5% do do total entregue de cada lote), almoxarifado de personalização, para armazenar os materiais que os clientes fornecem e materiais que devemos devolver ao cliente, almoxarifado de forro de gesso (material de empresa terceirizada), armazenamento de materiais diversos como de tijolos, canaletas, blocos de concreto, contramarcos e um estacionamento separado para motos e bicicletas de funcionários.

No térreo encontra-se o almoxarifado de materiais hidráulicos e elétricos, vestiários masculinos e o início do caminho seguro que segue do térreo ao 4º pavimento onde encontra-se os apartamentos referência e o apartamento decorado. Esse caminho seguro é composto por uma placa indicativa na entrada da obra, com o significado de todas as cores sinalizadas pelo piso (Figura 15), sendo cor amarela indicação da engenharia, azul almoxarifado, verde refeitório vermelho vestiários e cinza apartamento decorado. Esse sistema adotado facilita que os visitantes consigam encontrar o destino esperado com maior facilidade e em segurança. O caminho seguro também é marcado por uma grande organização, ele é feito em um estágio mais inicial da obra, porém é apresentado como um produto já pronto, tendo as paredes rebocadas e pintadas e o piso também pintado o que faz com que cause boa impressão e bem-estar aos visitantes.

Figura 15 – Caminho seguro

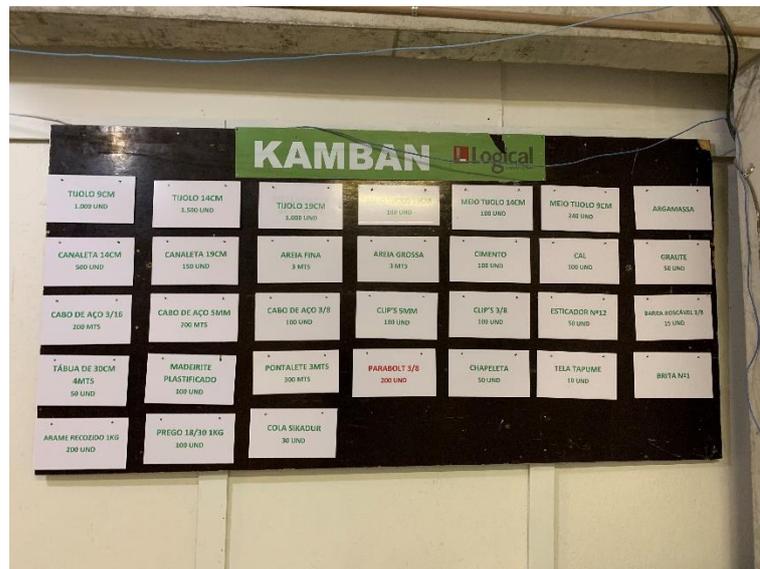


Fonte: Próprio autor, 2019.

Na garagem 01, tem-se o almoxarifado da obra, que contém os demais materiais fornecidos pela obra, sala do técnico de segurança de trabalho, sala do mestre de obras onde encontram-se os projetos para uso da obra, a sala de engenharia onde ficam o engenheiro, estagiários, assistentes e administrativo de obras, e o refeitório onde é servido o café da manhã e almoço. Na garagem 02 tem-se apenas o almoxarifado de ar condicionado e de elevadores.

O canteiro de obras foi organizado de tal forma em que ao se transitar por ele fica evidente a aplicação do *Lean Construction*. Observa-se na região externa ao almoxarifado a presença do quadro Kanban (Figura 16), em que é utilizado como ferramenta para fácil visualização das quantidades mínimas de determinados materiais necessários para que a obra mantenha o ritmo sem que haja nenhum atraso devido a falta de materiais. Com a demonstração das letras na cores verde, que significa que no estoque consta a quantidade mínima exigida ou mais, e a cor vermelha que significa que o estoque está abaixo do mínimo esperado. Assim, rapidamente pode-se verificar o que falta e tomar as devidas providências para resolver o problema.

Figura 16 - Quadro de Kanban

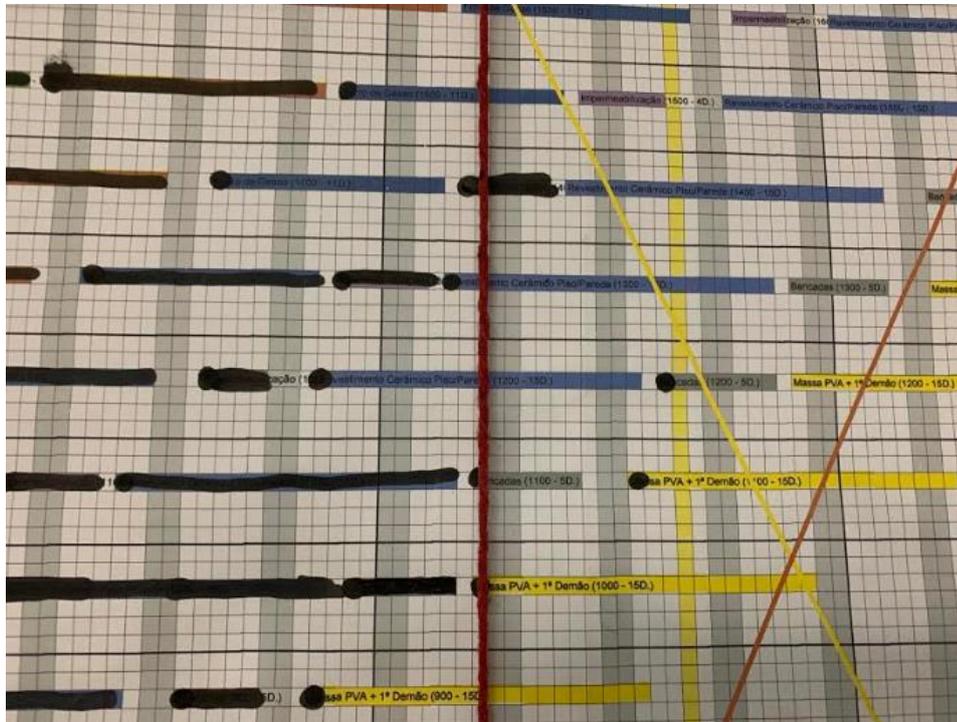


Fonte: Próprio autor, 2019.

Também, ao transitar no canteiro observa-se a presença da linha de balanço, que é o planejamento da obra do início ao fim, que está disponibilizada em três locais, circulação próximo ao refeitório, sala de engenharia e sala de reunião. Essas linhas de balanço são atualizadas diariamente, com uma linha de barbante vermelha que se localiza em cima do dia e do mês atual, que facilita a verificação de tudo que está planejado para ser executado, e também faz-se a atualização da seguinte maneira: serviços em andamento são identificados com uma marcação

de pingo no início, finalizados são riscados por completo e serviços que ainda não iniciaram ficam sem nenhuma marcação (Figura 17).

**Figura 17 - Linha de balanço**



Fonte: Próprio autor, 2018

Na entrada da sala de engenharia encontra-se o painel de macro fluxo Figura 18, onde mostra as atividades decorrentes do fluxograma da obra, que são apresentadas em um painel que contem as seguintes identificações:

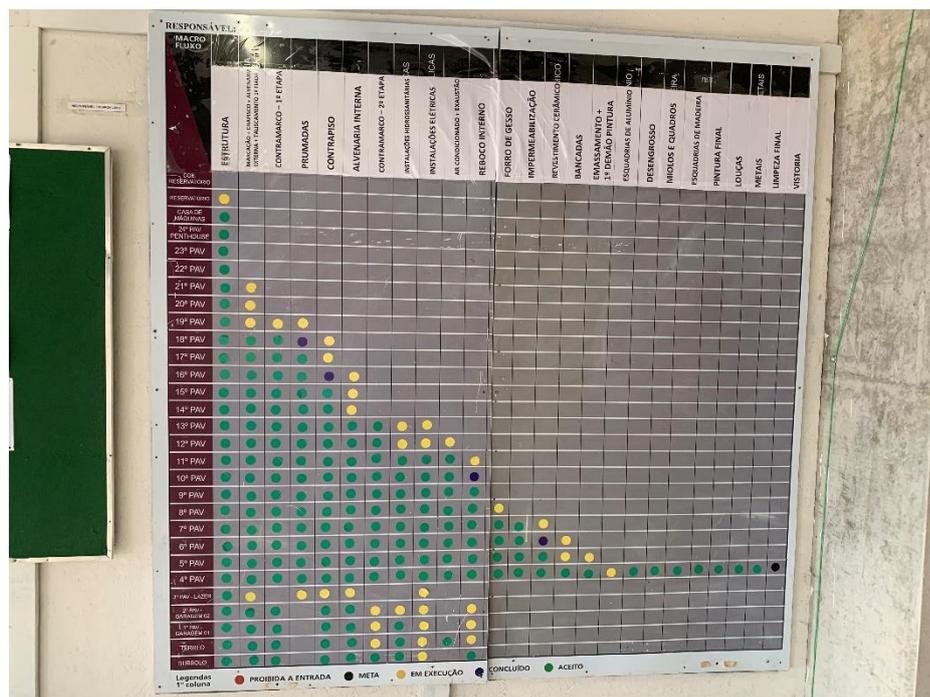
- Preto** – Meta ;
- Amarelo** – Serviço em andamento;
- Vermelho** – Proibido a entrada de serviços;
- Roxo** – Serviço concluído;
- Verde** – Serviço concluído e aprovado.

Esse painel serve para que se tenha uma fácil visualização do que está planejado para o andamento da obra dentro do mês.

Na engenharia encontra-se o painel do Andon (Figura 19), ferramenta que auxilia no controle de ocorrências e monitoramento das atividades em andamento da obra. Esse painel é ligado a interruptores que são instalados em todos os pavimentos da torre, e contam com 3 teclas nas cores verde, amarela e vermelha. O uso desses interruptores seguem as seguintes regras:

- Verde: utilizado para evidenciar a presença de funcionários trabalhando no local, deve ser ligado todos os dias no início do expediente de trabalho e desligado ao final;
- Amarelo: deve ser acionado sempre que houver qualquer dúvida de projeto, algum problema que seja necessário o auxílio do mestre ou encarregado de obras ou para sinalizar que falta abastecimento de material e em 30 minutos o serviço será paralisado;
- Vermelho: deve ser acionado sempre após o acionamento do amarelo em que o problema não tenha sido resolvido e houve a paralisação da frente de serviço. Ele além de acender uma luz vermelha no painel liga uma sirena que pode ser ouvida a longas distâncias. Em casos de acidente de trabalho esse interruptor deve ser acionado imediatamente, sem a necessidade do acionamento do amarelo anteriormente.

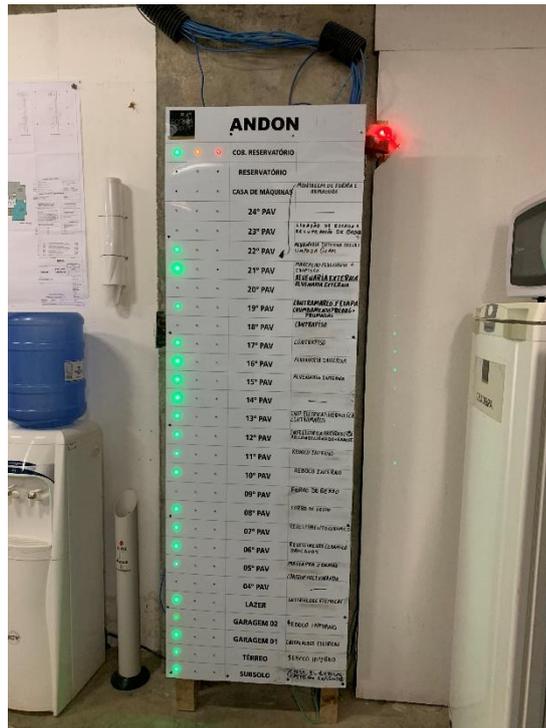
**Figura 18 - Painel de macro fluxo**



Fonte: Próprio autor, 2019.

Junto ao painel do Andon, tem-se a planilha de controle diária, onde é registrada todas as ocorrências e também o tempo decorrido para resolução do problema. Ao final do mês é montado um gráfico com todas as ocorrências, pois facilita que a partir da detecção do problema possa ser feito um plano de ação para sanar ou pelo menos reduzir o número de perdas que possam impactar o perfeito andamento da obra.

**Figura 19 - Painel do Andon**



Fonte: Próprio autor, 2019.

Encontra-se também na engenharia o planejamento tático (Figura 20), que é um painel onde vai estar planejada a redução das restrições que se tem para o início das atividades, sempre com visão dos próximos três meses. Por exemplo, a compra das esquadrias de madeira é uma restrição para o início da instalação das portas, assim como a contratação dos funcionários ou empreiteiro que irá fazer a instalação. Sendo assim, o tático facilita muito o controle e o planejamento da obra com essa visão mais focada no trimestre e permite que as restrições sejam vistas e sanadas a tempo. Ao final de cada mês é laçando o índice IRR (Índice de Redução de Restrições), onde é calculado por meio da divisão entre o número de restrições que conseguiu reduzir pelo número total das restrições que foram planejadas para ser sanadas no mês. Esse índice facilita encontrar onde estão as falhas de planejamento da obra e possibilita que seja resolvido em tempo hábil.

### 3.3.1 Diagnóstico Canteiro de Obras

Verificou-se que a implementação das ferramentas *Lean* nesse canteiro de obras foi bastante intensa e proporcionou, como esperado, a otimização do canteiro tanto para a fácil identificação do estágio da obra quanto para a logística do ambiente de trabalho. De acordo com

o estudo feito com o acompanhamento da obra, observou-se que um canteiro que segue essa metodologia consegue além de proporcionar ótimos resultados com a sua organização também impressiona nos resultados de vistorias e auditorias, conseguindo, garantir para a obra bons resultados segundo o mantra da empresa conforme Figura 21.

Figura 20 - Painel Tático

Atividade	Inicio	Fim	Status	Responsável	Prévio	Atual
1. Obras	23/02/19	23/02/19	✓	Wagner Siqueira		
2. Planejamento	01/04/19	01/04/19	✓			
3. Trabalho de campo	25/04/19	25/04/19	✓			
4. Início	27/04/19	27/04/19	✓			
5. Planejamento	28/04/19	28/04/19	✓			
6. Planejamento	28/04/19	28/04/19	✓			
7. Planejamento	28/04/19	28/04/19	✓			
8. Planejamento	28/04/19	28/04/19	✓			
9. Planejamento	28/04/19	28/04/19	✓			
10. Planejamento	28/04/19	28/04/19	✓			
11. Planejamento	28/04/19	28/04/19	✓			
12. Planejamento	28/04/19	28/04/19	✓			
13. Planejamento	28/04/19	28/04/19	✓			
14. Planejamento	28/04/19	28/04/19	✓			
15. Planejamento	28/04/19	28/04/19	✓			
16. Planejamento	28/04/19	28/04/19	✓			
17. Planejamento	28/04/19	28/04/19	✓			
18. Planejamento	28/04/19	28/04/19	✓			
19. Planejamento	28/04/19	28/04/19	✓			
20. Planejamento	28/04/19	28/04/19	✓			
21. Planejamento	28/04/19	28/04/19	✓			
22. Planejamento	28/04/19	28/04/19	✓			
23. Planejamento	28/04/19	28/04/19	✓			
24. Planejamento	28/04/19	28/04/19	✓			
25. Planejamento	28/04/19	28/04/19	✓			
26. Planejamento	28/04/19	28/04/19	✓			
27. Planejamento	28/04/19	28/04/19	✓			
28. Planejamento	28/04/19	28/04/19	✓			
29. Planejamento	28/04/19	28/04/19	✓			
30. Planejamento	28/04/19	28/04/19	✓			

Fonte: Próprio autor,2019.

Figura 21 - Mantra da empresa



Fonte: Próprio autor, 2019.

### 3.4 ESTRUTURA

A empresa optou pela terceirização do serviço estrutura e como um todo, para evitar problemas com a sua qualidade, tanto do produto quanto em seu processamento. As fôrmas, para execução do concreto estrutural, foram feitas sob medida, por uma empresa também terceirizada. A escolha por terceirizar esse serviço foi estudado pelo setor de engenharia e o objetivo foi de aumentar a produtividade. Nos primeiros andares houve um prazo maior para realização e uma maior dificuldade para a montagem, mas nos pavimentos tipo conseguiu-se uma alta produtividade, prazo reduzido e um resultado bem satisfatório. A empresa já pensando nessas dificuldades, optou por contratar funcionários mais especializados e com alguma experiência nesse tipo de serviço, mas não deixou de dar treinamento para evitar possíveis problemas. A Figura 22 demonstra uma fôrma com identificação do pilar, para facilitar a organização do canteiro e eliminar riscos de erros.

**Figura 22 – Forma de pilar com identificação**

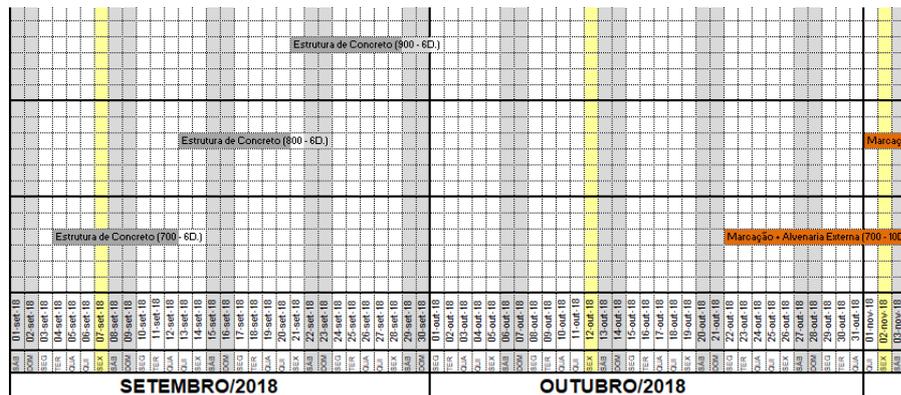


Fonte: Próprio autor, 2019.

Para o abastecimento de materiais nas lajes com execução de estrutura foi utilizado a minigrua, que em cada concretagem passa pelo processo de ascensão. O transporte dos materiais também é de responsabilidade da terceirada que faz a execução de montagem de fôrmas e armadura, disponibilizando apenas o operador da minigrua, como contratado da executora.

Conforme o planejamento da obra, a execução de cada laje tipo foi prevista para execução em 6 dias conforme Figura 20, sendo o sexto dia a concretagem onde o concreto é fornecido por uma concreteira e o lançamento é feito por equipe terceirizada. O serviço de estrutura, é um dos únicos em uma obra em que a recuperação é praticamente impossível dependendo do tamanho do atraso, devido a impossibilidade de se executar mais de um pavimento por vez.

**Figura 23 – Planejamento de E estrutura de Concreto**



Fonte: Opus, 2017.

### 3.4.1 Diagnóstico Estrutura

Conforme analisado no estágio referente ao mês de março de 2019, mesmo com a aplicação dos princípios *Lean*, houve um atraso significativo na execução da estrutura, o que fez com que o marco de finalização do serviço previsto para dia 19/03/2019 fosse alterado para dia 26/04/2019. Esse atraso foi marcado por grande volumes de chuvas e por falha no rendimento da equipe terceirizada, o que conforme demonstrado impediu o cumprimento do prazo. No entanto, esse atraso não haverá impacto no prazo final de entrega da obra, pois como foi planejado com um prazo bastante apertado e sabia-se que poderia haver atrasos principalmente por intempéries, de acordo com a linha de balanço, tem-se um gargalo entre as atividades de estrutura de concreto e marcação de alvenaria, o que torna possível a recuperação do atraso.

### 3.5 ALVENARIA

Para a alvenaria foi feito um planejamento, decidiu-se padronizar o máximo possível para evitar excesso de movimentação e esforço físico dos operários. A empresa disponibilizou transpaleteira, equipamento de movimentação de materiais para curtas e longas distâncias e foi feito o levantamento de quantidade de materiais necessários por pavimento para que sejam

transportados no dia zero, evitando no início do serviço algum problema de abastecimento (Figura 24). O pavimento é abastecido antes do início dos serviços.

**Figura 24 – Abastecimento de Tijolos para Alvenaria**



Fonte: Próprio autor, 2019

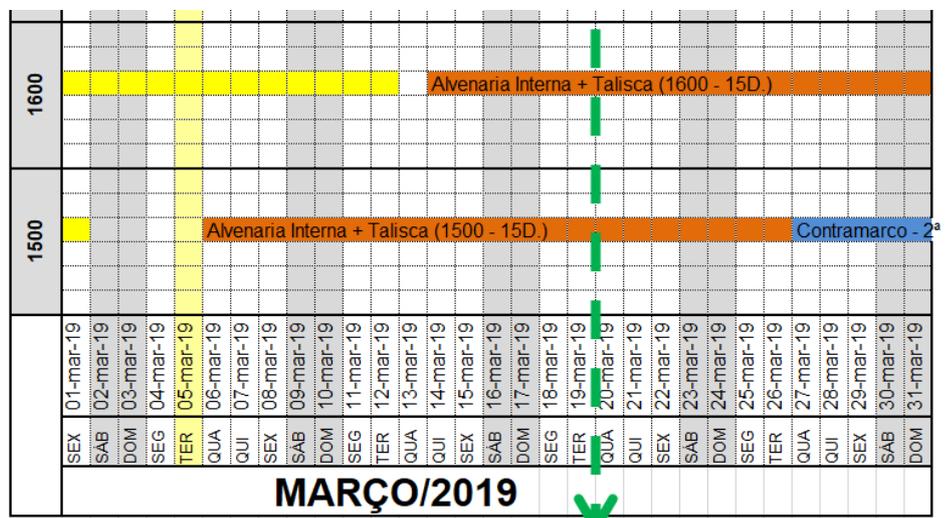
A padronização dos serviços deu-se por meio dos documentos conhecidos na empresa como “PP” (Prática Padronizada) e “PEIS” (Padronização de Execução Interna de Serviços). Neles constam todas as etapas dos serviços, como devem ser executados, como devem ser conferidos e ainda contém várias ilustrações o que facilita o entendimento. Todos os funcionários da empresa passam por um treinamento, com o mestre de obras, antes do início dos serviços com o auxílio desses documentos para que se admita realmente a padronização.

Com o serviço padronizado, conseguiu se estabelecer um número ideal de dias e um número adequado de funcionários para a execução da alvenaria. Além de negociar com o fornecedor para que o paleta com os blocos cerâmicos viessem com o peso máximo que a carregadeira aguentasse. É utilizado um sistema de pacotização de todos os serviços da obra que consiste em um documento que descreve o serviço prestado e agrega a ele o valor referente aquele serviço que pode ser usado tanto para pagamento dos serviços de mão-de-obra própria quanto para terceirizada e, junto ao pacote, tem-se a ficha de FVS (ficha de verificação de serviços) onde constam todos os critérios necessários para que o serviço seja entregue segundo aos padrões exigidos pela construtora. Para esse serviço, foi escolhido a realização com mão-de-obra própria e como estratégia para alavancar a produtividade foi negociado o pagamento

por produção aos funcionários, o que faz com que seja benéfico tanto para ele quanto para a empresa.

No planejamento desse empreendimento, os serviços de alvenaria interna e talisca caminham juntos em todos os pavimentos, e para essa execução foi planejado o prazo de 15 dias úteis por pavimento (Figura 25), e para o serviço no próximo pavimento iniciar não necessariamente deverá finalizar no pavimento anterior. Por isso toda essa preocupação com o abastecimento e padronização para que não ocorra perda por tempo de espera e nem retrabalhos e, assim o ciclo seja cumprido conforme o planejado.

**Figura 25 – Ciclo de Alvenaria + Talisca**



Fonte: Opus, 2017.

### 3.5.1 Diagnóstico Alvenaria

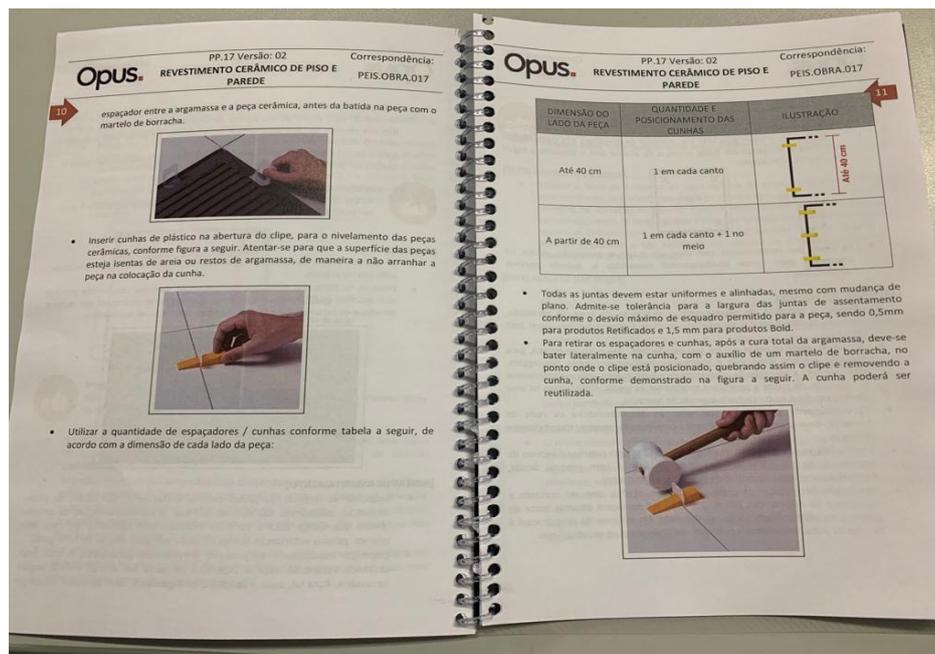
Verificou-se que no serviço de alvenaria, mesmo seguindo todos os preceitos do *Lean Construction*, não foi possível cumprir o prazo do serviço segundo o planejamento da obra, pois houve uma falha no cumprimento dos prazos devido a mão-de-obra que acabou tendo uma rotatividade de funcionários o que influencia de maneira negativa na produtividade planejada. No entanto para que não haja atraso na entrega do empreendimento, foi criado um plano de ação que visa acrescentar mais uma equipe de alvenaria, executando-se assim, dois pavimentos de cada vez, para que seja recuperado o prazo do serviço e não haja impacto na qualidade dos mesmos. Esse plano de ação, mostra-se eficaz e a previsão é que dessa maneira, não só seja recuperado o atraso, como também, haja um adiantamento na finalização de toda alvenaria da torre.

### 3.6 REVESTIMENTO CERÂMICO

Após o serviço de alvenaria tem-se os serviços de taliscamento, instalações hidráulicas e elétricas, reboco, impermeabilização e revestimento cerâmico. No serviço de revestimento cerâmico, como todos os outros, também há aplicação dos princípios *Lean*, tem-se “PP” (Prática padronizada), onde se encontra o passo a passo para execução do serviço com informações e imagens bastante claras para que qualquer leitor possa compreender conforme Figura 26. No PP tem-se desde o prepare da base até a indicação de qual desempenadeira adequada para cada dimensão de peça cerâmica. Isso faz com que a qualidade do serviço atenda aos padrões da construtora e possíveis retrabalhos com erros de execução.

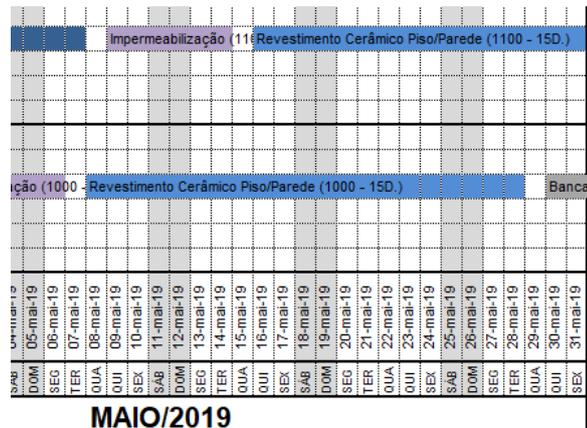
O planejamento do serviço de revestimento cerâmico, Figura 27, foi feito considerando que o serviço tem 15 dias por pavimento para execução, sendo que a partir do dia 9 do ciclo o serviço se inicia no próximo pavimento. Na obra, para que não fosse necessária a contratação de 2 equipes do terceiro que executa o serviço, foi planejado que o serviço seria executado em 8 dias úteis por pavimento e assim, seja cumprido o cronograma sem a necessidade de entrar em dois pavimentos de uma vez. A qualidade do serviço, segue conforme exigências da construtora, seguindo critérios de execução e conferência contidas nas FVS's (Fichas de verificação de serviços).

**Figura 26 - Prática Padrozizada Revestimento cerâmico**



Fonte: Próprio autor, 2019.

**Figura 27 - Planejamento revestimento cerâmico**

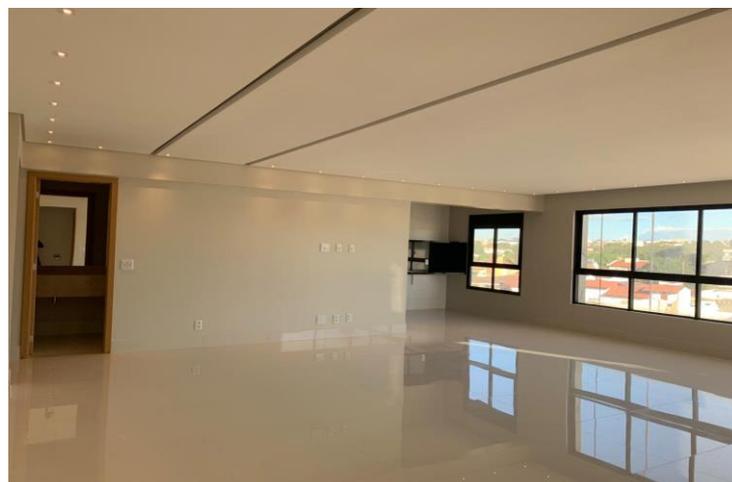


Fonte: Opus, 2017.

### 3.6.1 Diagnóstico Revestimento Cerâmico

Verificou-se que no serviço de revestimento cerâmico, com o uso das ferramentas *Lean* se obteve um resultado bastante positivo tanto na qualidade do produto final quanto no cumprimento do cronograma. O plano de ação para se reduzir o prazo de execução do serviço visando a execução em apenas um pavimento por vez foi bastante efetivo, e inclusive, facilitou para que o serviço não só seguisse o planejamento como também, tivesse um adiantamento, conseguindo assim, em um prazo de 3 meses, recuperar o atraso causado por serviços antecessores como a estrutura. Por se tratar de um serviço de acabamento, é considerado bastante delicado, uma vez que o seu aspecto causa bastante impacto desde a primeira vista, e conforme entrega realizada no mês de abril do pavimento referência Figura 24, obteve-se um retorno bastante satisfatório dos clientes que o visitaram.

**Figura 28 - Apartamento referência**



Fonte: Próprio autor, 2019.

### 3.7 APLICAÇÃO DE CHECK LIST

Para fazer uma análise na aplicação das ferramentas da metodologia *Lean* foi criado um check list onde visa identificar aplicação na obra analisada pelo estudo de caso, conforme demonstrado pelos Quadros 1, 2, 3 e 4.

A aplicação desse check list tem como finalidade propiciar uma fácil visualização, se a obra em questão realmente se enquadra nos princípios *Lean* e se a sua aplicação faz-se viável para a execução da mesma. Foi analisado apenas alguns itens propostos pelo *Lean Construction*, porém são suficientes obter um resultado palpável.

**Quadro 1 - Check list – Aumentar a Transparência do Processo**

1 AUMENTAR A TRANSPARÊNCIA DO PROCESSO		SIM	NÃO
1.1	<b>A empresa disponibiliza as informações de processo na área de trabalho?</b> (Nota: informação de resultados por indicadores, auditorias internas, através de planilhas e gráficos expostos em locais de fácil visualização.)	X	
1.2	<b>Há sinalização dos locais de apoio à mão de obra?</b> (Nota: informações relacionadas à localização de banheiros, refeitório, bebedouro, equipamentos de segurança.)	X	
1.3	<b>O processo realizado pela empresa é observável através do <i>layout</i> ou da sinalização?</b> (Nota: o espaço físico é organizado espacialmente para tornar fácil a sua compreensão. Há placas informativas para identificar cada ambiente?)	X	
1.4	<b>Há controle visuais na obra (<i>andon e kanban</i>) ?</b> (Nota: os andons são aparelhos utilizados para determinar parada na produção. Os kanbans são cartões que controlam a produção.)	X	
1.5	<b>Os processos são padronizados?</b> (Nota: Os diversos processos produtivos estão padronizados com procedimentos específicos de produção e verificação.)	X	

Fonte: Próprio autor, 2019.

**Quadro 2 - Check list - Reduzir a variabilidade**

2 REDUZIR A VARIABILIDADE		SIM	NÃO
2.1	<b>A empresa procura certificar-se da entrega dos materiais?</b> (nota: existe um processo para a conferência deste serviço, é utilizado alguma ferramenta para a verificação - FVS )	X	
2.2	<b>A empresa possui a distribuição de materiais através de transporte vertical e horizontal ?</b> (nota: a empresa utiliza carrinho porta <i>pallets</i> e elevadores de carga, por exemplo.)	X	
2.3	<b>Há ordenação dos trabalhos, ou seja, nenhum processo se inicia sem que seus pré-requisitos tenham sido concluídos?</b> (nota: antes da finalização de uma etapa, há a conferência desta, para evitar que nenhum serviço fique sem conclusão antes que outra etapa se inicie.)	X	

Fonte: Próprio autor, 2019.

Quadro 3 - Check list - Aumentar a flexibilidade de saída

3 AUMENTAR A FLEXIBILIDADE DE SAÍDA		SIM	NÃO
3.1	<b>Há a adequação do projeto e da produção para permitir a flexibilidade?</b> (nota: a empresa faz a opção por projetos que permitam maiores mudanças em seu espaço físico, caso o cliente solicite.)	X	
3.2	<b>Há uma equipe destinada a realizar modificações solicitadas pelo cliente no projeto?</b> (nota: a empresa disponibiliza de um arquiteto ou equipe responsável para apresentar ao cliente as opções possíveis a serem realizadas dentro dos padrões daquele imóvel.)	X	
3.3	<b>A empresa oferece aos seus funcionários de produção algum tipo de treinamento e/ou aperfeiçoamento?</b> (nota: a empresa oferece treinamento em diversas áreas, capacitando sua equipe de trabalho)	X	

Fonte: Próprio autor, 2019.

Quadro 4 - Check list - Aumento no valor agregado ao produto

4 AUMENTO DO VALOR DO PRODUTO/ SERVIÇO A PARTIR DAS CONSIDERAÇÕES DOS CLIENTES		SIM	NÃO
4.1	<b>A empresa realiza auditorias internas e externas?</b> (nota: auditorias para acompanhar e atestar a qualidade em todo o processo de execução dos serviços.)	X	
4.2	<b>Existe procedimento para a correta preservação dos serviços já executados antes da entrega da obra?</b> (nota: se a empresa realiza algum trabalho para manter em bom estado de conservação o imóvel que ainda não foi entregue ao proprietário.)	X	
4.3	<b>É fornecido ao cliente manual do proprietário contendo as principais informações sobre as condições do imóvel e da conservação da sua vida útil?</b> (nota: a empresa fornece no momento de entrega do imóvel algum informativo constando os procedimentos que se deve ter para conservar o imóvel e também esclarecendo dúvidas sobre ele.)	X	
4.7	<b>A empresa se preocupa com a qualidade térmica, acústica e lumínica garantida pela norma de desempenho NBR 15575 (ABNT, 2008)?</b> (nota: utiliza de algum material específico para atribuir o nível de desempenho garantido pela norma.)	X	
4.8	<b>Há assistência técnica após a entrega da obra?</b> (nota: a empresa disponibiliza uma equipe para realizar manutenções nos imóveis já entregues, caso haja necessidade de reparos, lembrando que existe um prazo limite para a utilização deste serviço.)	X	

Fonte: Próprio autor, 2019.

Os itens analisados nos check lists estão de acordo com o item 2.4 *Lean Construction* descrito nesse trabalho.

## 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por meio do referencial teórico foi apresentado o *Lean Construction* que é uma metodologia que visa minimizar os desperdícios e os prazos de execução e maximizar a qualidade e o lucro. Foi abordado o modo de aplicação dessa metodologia apontando suas principais ferramentas e princípios e elaborado um estudo de caso em um edifício residencial onde é utilizada essa metodologia não só pelas suas ferramentas, mas sim a cultura *Lean*.

De acordo com os resultados obtidos, o objetivo do estudo foi alcançado, destacando que a utilização do *Lean Construction* favorece não só com a otimização do canteiro e no gerenciamento da obra, como também na execução de todos os serviços contidos nela através da padronização dos serviços e critérios para as conferências, possibilitando entregar empreendimentos com cada vez menos desperdícios.

Evidenciou-se também, que mesmo que em determinados serviços não seja possível cumprir o cronograma conforme planejamento, como o serviço de alvenaria demonstrado no estudo de caso, é possível criar um plano de recuperação e assim, ao final, atingir a principal meta proposta por essa metodologia que é o prazo e custo reduzido e alta qualidade do produto final. As atitudes tomadas na obra estudada atenderam a filosofia, em especial aos princípios de aumento da transparência dos processos, redução da variabilidade, aumento na flexibilidade de saída, redução das parcelas de atividades que não agregam e assim aumento do valor ao produto final.

### 4.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Sabe-se que o planejamento e controle de obras que utilizam essa metodologia é diferenciado. Assim, trabalhos futuros podem fazer uma comparação entre em obras já controladas e organizadas segundo os preceitos dessa metodologia e obras tradicionais, para assim medir comparativamente a eficiência de cada ferramenta, e também detectar quais são as mais significativas para o sucesso da aplicação dessa filosofia.

Estudos futuros podem mensurar a eficácia de ações *lean* fazendo a implementação desse sistema em uma obra tradicional, podendo acompanhar o início do processo de adaptação, tanto do layout do canteiro, como os treinamentos dos funcionários administrativos e de produção com a padronização dos serviços.

Outros estudos podem mensurar a variação dos consumos de materiais nas frentes de serviço, evidenciando a eficácia das ações *lean* no controle de perdas e na geração de resíduos.

## REFERÊNCIAS

- ALVES, N. **Lean Construction: benefícios, exemplos e 5 princípios fundamentais, 2017.** Disponível em: <<https://constructapp.io/pt/lean-construction/>> Acesso em: 05 de novembro de 2018.
- BRASIL, L. I. **Sistema Toyota de produção, 2018.** Disponível em: [https://www.lean.org.br/conceitos/117/sistema-toyota-de-producao-\(toyota-production-system---tps\).aspx](https://www.lean.org.br/conceitos/117/sistema-toyota-de-producao-(toyota-production-system---tps).aspx) Acesso em: 20 de outubro de 2018.
- CHAIVENATO, I. **Introdução a Teoria Geral da Administração.** 3.ed. São Paulo: MC Graw Hill, 1983.
- CORRÊA, H.; GIANESI, I. 1993. **Just in Time, MRPII e OPT – Um enfoque estratégico.** 2ª edição. Brasil: Atlas.
- DAVIS, M. – **Fundamentos da administração da produção/** Mark M. Davis, Nicholas J. Aquilano e Richard B. Chase: trad. Eduardo D’Agord Schaan...[et al.] – 3 ed – Porto Alegre: Bookman Editora, 2001.
- DRUCKER, P. F. **Prática da Administração de Empresas.** Trad. Carlos A. Malferrari. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2003.
- FERNANDES, F. C. F.; FILHO, M. G. **Planejamento e controle da produção.** Rio de Janeiro: Atlas, 2009.
- FORMOSO, C. T. *et al.* **Lean Construction: diretrizes e ferramentas para o controle de perdas na construção civil.** Porto Alegre, SEBRAE/RS, 2000.
- FREITAS L. **Fordismo e Pós-Fordismo: mecanismos propulsores do capitalismo, 2003.** Disponível em: < <http://www.unime.com.br/rau/1/artigo2.htm>> Acesso em: 15 ago. 2018.
- FURTADO, J. **Apresentação Kanban.** Disponível em: < <https://www.slideshare.net/jota/apresentao-kanban/4>> Acesso em: 24 de outubro de 2018.
- GEHBAUER, F. **Planejamento e gestão de obras.** Curitiba: Editora CEFET-PR, 2002.
- Ghinato, P. 2000. **Jidoka: Mais do que “Pilar da Qualidade”.** [Internet] disponível em <http://www.leanway.com.br/jidoka.pdf> [acedido a 20/12/2008].
- GONÇALVES, P. G. F. , **Estudo e análise da metodologia Lean Construction,** Minas Gerais – 2014.
- JOHNSTON, D. W. **Linear scheduling method for highway construction. Journal of the Construction Division,** v. 107, n. 2, p. 247-261, 1981.
- JUNQUEIRA, L. E. L. **Aplicação da Lean Construction para redução dos custos de produção da casa 1.0.** 2006. Dissertação (Especialização em Engenharia de Produção para Construção Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.

KOCHAN, T. A. **Automotive industry looks for lean production.** *Assembly Automation*, v. 18, n. 2, p. 132-137, 1998.

KOSKELA, L. **Application of the new production philosophy to construction.** CIFE Technical Report #72, 75p. Stanford University, Palo Alto, California, 1992.

KOSKELA, L.; STRATTON, R.; KOSKENVESA, A. **Last planner and critical chain in construction management: comparative analysis.** In: *INTERNATIONAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION*, 18th., 2010, Haifa. Proceeding... Haifa: IGLC, 2010.

Mattos, A. D. **Livro Planejamento e Controle de Obras.** PINI, 2010.

MAXIMIANO, A. C. A. **Teoria Geral da Administração: da revolução urbana à revolução digital.** 4 ed. São Paulo: Atlas, 2004.

MAXIMIANO, A. C. A. **Teoria Geral da Administração: da revolução urbana à revolução digital.** 2 ed. Compacta São Paulo: Atlas, 2012.

MENDES J., R.; HEINECK, L. F. M. **“Dados básicos para programação de edifícios com linha de balanço: estudos de casos”.** In: *ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO*, 7, 1998, Florianópolis. Anais... Florianópolis, SC. 1998. v.2 p. 687- 695.

MONDEN, Y. **Sistema Toyota de produção.** São Paulo : IMAM, 1984.

MOREIRA, D. A. **Administração da produção e operações.** 3ª ed. São Paulo: Pioneira, 1998.

MOURA, R. **Kanban: A simplicidade no controle de produção.** IMAN, 1989.

NOGUEIRA, N., **O que é a gestão da qualidade total (TQM) – 2011.**

OPUS, 2017. Disponível em: <http://opusic.com.br/imovel/forma-opus-jundiai/> Acessado em: 12 de fevereiro de 2019.

SHINGO, S. **O Sistema Toyota de Produção do ponto de vista da Engenharia de Produção.** 2ª ed. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996.

SILVEIRA, C. B. **Jidoka automatização com toque humano, 2017.** Disponível em: <https://www.citisystems.com.br/jidoka/> Acesso em: 24 de outubro de 2018.

SLACK, N.; STUART, C.; CHRISTINE, H.; ALAN, H.; ROBERT, J. **Administração da produção.** 3 ed., São Paulo: Atlas, 2009.

TAIICHI, Ohno. **O Sistema Toyota de Produção – além da produção em larga escala,** Ed. Bookman, 1997.

TOMMELEIN, I. D.; RILEY, D.; HOWELL, G. A. **“Parade Game: impact of work flow variability on succeeding trade performance”.** In: *CONFERENCE OF THE*

**INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION**, 6., 1998, Guarujá.  
Proceedings... Guarujá, Brasil. 1998, 14p.

VOLLMAN, T. E.; BERRY, W. L.; WHYBARK, D.C. *Manufacturing Planning & Control Systems*. *McGraw-Hill*, 1997.

WOMACK, J. P., JONES, D. T; ROOS, D. **A Máquina que Mudou o Mundo**. Trad. Ivo Korytowski. Rio de Janeiro: Campus, 1992.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. **A mentalidade enxuta nas empresas – elimine o desperdício e crie riquezas**. Rio de Janeiro: Campus, 1998.