

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA
CATARINA - CAMPUS FLORIANÓPOLIS – IFSC
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL
CURSO SUPERIOR DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL**

**CASSIANE APARECIDA DA SILVEIRA
KAMILA LOHN**

**ESTUDO DE CASO DE APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS DO *LEAN
CONSTRUCTION* COMO AUXÍLIO NO GERENCIAMENTO DE UM
EMPREENHIMENTO RESIDENCIAL MULTIFAMILIAR**

FLORIANÓPOLIS, 2022.

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA
CATARINA - CAMPUS FLORIANÓPOLIS
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL
CURSO SUPERIOR DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL**

**CASSIANE APARECIDA DA SILVEIRA
KAMILA LOHN**

**ESTUDO DE CASO DE APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS DO *LEAN
CONSTRUCTION* COMO AUXÍLIO NO GERENCIAMENTO DE UM
EMPREENDIMENTO RESIDENCIAL MULTIFAMILIAR**

Trabalho de Conclusão de Curso
submetido ao Instituto Federal de
Educação, Ciência e Tecnologia de
Santa Catarina como parte dos
requisitos para obtenção do título de
Engenheira Civil.

Orientador: Prof. Dr. Samuel João da
Silveira

FLORIANÓPOLIS, 2022.

FICHA DE IDENTIFICAÇÃO

Silveira, Cassiane Aparecida; Lohn, Kamila

Estudo de caso de aplicação de ferramentas do *Lean Construction* como auxílio no gerenciamento em um empreendimento residencial multifamiliar - Cassiane Aparecida da Silveira; Kamila Lohn; Orientação de Samuel João da Silveira – Florianópolis, SC, 2022.

91 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina.

Inclui referências.

1. Construção enxuta. 2. Desperdício. 3. *Lean Production*. 4. Padronização. 5. Gerenciamento de obra. I. Silveira, Samuel João da. II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina. III. Estudo de caso de aplicação de ferramentas do *Lean Construction* como auxílio no gerenciamento em um empreendimento residencial multifamiliar

ESTUDO DE CASO DE APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS DO *LEAN CONSTRUCTION* COMO AUXÍLIO NO GERENCIAMENTO DE UM EMPREENDIMENTO RESIDENCIAL MULTIFAMILIAR

**CASSIANE APARECIDA DA SILVEIRA
KAMILA LOHN**

Este trabalho foi julgado adequado para obtenção do Título de Engenheiro em 2022 e aprovado na sua forma final pela banca examinadora do Curso de Engenharia Civil do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina.

Florianópolis, 17 de março de 2022.

Banca examinadora:



Samuel João da Silveira, Dr

Juliana Guarda de Albuquerque, Msc
IFSC - Campus Florianópolis

Juliana Bonacorso Dorneles, Msc
IFSC - Campus Florianópolis

AGRADECIMENTOS

Agradecemos primeiramente a Deus por nos iluminar durante toda essa caminhada, dando-nos força para enfrentar as dificuldades, humildade para reconhecermos os erros, e sabedoria para agradecermos as conquistas.

Somos gratas a todos os mestres e professores do curso de Engenharia Civil pelos ensinamentos ao longo dessa jornada, em especial ao Professor Doutor Samuel João da Silveira que aceitou nos orientar nesta pesquisa, pela paciência e informações construtivas no desenvolvimento deste trabalho de conclusão de curso.

Agradecemos a todos os familiares e amigos que nunca negaram palavras de força, incentivo e otimismo ao longo dessa jornada acadêmica, sobretudo ao nossos pais que nos incentivaram e acreditaram que seríamos capazes de superar os obstáculos que a vida nos apresentou.

“O progresso não pode ser gerado quando estamos satisfeitos com situações existentes”.

(Taiichi Ohno)

RESUMO

Construir obras no custo e prazo previsto é um grande desafio para muitas empresas no mercado brasileiro. A construção civil é um dos setores que possuem maior relevância para o PIB (Produto Interno Bruto), porém ao longo dos últimos anos não teve evoluções grandiosas, tratando do desenvolvimento de técnicas de execução diferentes para se fazer o mesmo serviço. A busca por eliminar ou reduzir consideravelmente o desperdício de tempo, material e mão de obra, e ainda assim manter a qualidade, vai ao encontro da metodologia *Lean Construction* ou Construção Enxuta, visto que é uma filosofia que auxilia a promover essa melhoria. O objetivo do presente trabalho é de analisar, através de um estudo de caso, a aplicação das ferramentas do *Lean Construction* como auxílio no gerenciamento em um empreendimento residencial multifamiliar. Essa análise é feita através do acompanhamento da implantação dos métodos e ferramentas da filosofia *Lean* e da verificação quanto a percepção dos colaboradores através de um questionário, a partir dessas informações o estudo apresenta os pontos positivos, desafios encontrados e propostas de melhoria acerca do processo de implantação do uso dessa filosofia em um empreendimento residencial multifamiliar na Grande Florianópolis/SC.

Palavras-chave: Construção enxuta; Desperdício; *Lean Production*; Padronização; Gerenciamento de obra.

ABSTRACT

Construction within the estimated cost and time frame is a major challenge for many companies in the Brazilian market. Civil construction is one of the sectors that have the greatest relevance to GDP (Gross Domestic Product), but over the last few years it has not had great evolutions, in terms of the development of different execution techniques to do the same service. The challenge to eliminate or considerably reduce the waste of time, material and labor, and still maintain quality, is in line with the Lean Construction or Lean Construction methodology, since it is a philosophy that helps to promote this improvement. The objective of the present work is to analyze the application of Lean Construction tools as an aid in the management of a multifamily residential development. This analysis is done by monitoring the implementation of methods and tools of the Lean philosophy and verifying the perception of employees through a questionnaire, from this information the study presents the positive points, challenges encountered and proposals for improvement about the process of implementation of the use of this philosophy in a multifamily residential development in Greater Florianópolis/SC.

Keywords: Lean construction; Waste; Lean Production; Standardization; Construction management.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Estrutura do trabalho.....	18
Figura 2 - Modelo do fluxo de produção.....	29
Figura 3 - Cartões <i>Kanban</i>	35
Figura 4 - Ciclo PDCA associado ao processo da melhoria contínua	40
Figura 5 – Painel Andon	43
Figura 6 - Linha de Balanço ideal.....	51
Figura 7 - Linha de Balanço com desvios	51
Figura 8 - Fluxograma do trabalho	57
Figura 9 - Planta baixa dos apartamentos.....	62
Figura 10 - Implantação do Empreendimento	63
Figura 11 - Empreendimento em construção	63
Figura 12 – Equipe administrativa em reunião	65
Figura 13 - Diagrama de <i>Gantt</i> de acabamento	69
Figura 14 - Exemplo de linha de balanço do empreendimento	70
Figura 15 - Planejamento visual de seis semanas	72
Figura 16 - Reunião de médio prazo	73
Figura 17 - Quadro de restrições.....	74
Figura 18 - Plano de ação	74
Figura 19 - Reunião diária.....	75
Figura 20 - Quadro dos blocos.....	76

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Medidas para a implementação do <i>Lean Construction</i>	52
Quadro 2 - Plano de ação para alcançar os 11 princípios do <i>Lean</i>	52
Quadro 3 - Método do trabalho	56

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Balanceamento das equipes	65
Tabela 2 – Resultado dos questionários	76

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	14
1.1. Justificativa.....	15
1.2. Definição do problema.....	16
1.3. Objetivo geral.....	17
1.4. Objetivos específicos.....	17
1.5. Estrutura do trabalho.....	17
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	20
2.1. Origem e difusão da filosofia <i>Lean Production</i> (Produção Enxuta).....	20
2.2. Ideias e princípios do <i>Lean Production</i> (Produção Enxuta).....	22
2.3. <i>Lean Production</i> na construção.....	26
2.4. Algumas das ferramentas para aplicação do <i>Lean Construction</i>	30
2.4.1. <i>Just In Time</i> (JIT).....	30
2.4.2. Produção Puxada.....	31
2.4.3. Fluxo Contínuo.....	33
2.4.4. <i>Kanban</i> (Sistema de Cartões).....	33
2.4.5. <i>Jidoka</i> (Autonomação).....	36
2.4.6. <i>Takt Time</i>	37
2.4.7. Tempo de Ciclo (TC).....	38
2.4.8. <i>Kaizen</i>	38
2.4.9. Ciclo PDCA.....	39
2.4.10. <i>Heijunka</i> (balanceamento ou nivelamento de produção).....	41
2.4.11. <i>Andon</i>	42
2.4.12. <i>Poka-Yoke</i>	43
2.4.13. Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV).....	44
2.4.14. Manutenção Produtiva Total.....	45
2.4.15. Célula de Produção.....	45
2.4.16. <i>Gemba</i>	46
2.4.17. Os 5 Sentos (5S).....	46
2.4.18. Os 5 Porquês.....	47
2.5. Métodos de Planejamento para Potencializar os Resultados da Implantação do <i>Lean Construction</i>	48

	13
2.5.1. <i>Last Planner System</i> (LPS).....	48
2.5.2. Linha de Balanço	49
2.6. Implantação do <i>Lean Construction</i>	51
3. MÉTODO DE PESQUISA.....	54
3.1. Classificação e estratégia do estudo	54
3.2. Fluxograma de desenvolvimento de trabalho	56
3.3. Objeto de estudo	58
3.4. Elaboração da coleta de dados	58
3.4.1. Questionário.....	59
3.4.2. Observação em campo	59
3.5. Análise dos dados	60
4. ESTUDO DE CASO.....	61
4.1. Descrição da Empresa e Empreendimento	61
4.2. Observação em campo da implantação do <i>Lean Construction</i>	64
4.2.1. Definição de ritmo de serviços: <i>Takt Time</i>	66
4.2.2. Balanceamento de equipes.....	66
4.2.3. Tempo de Ciclo	68
4.2.4. Planejamento de Longo Prazo	70
4.2.5. Planejamento de Médio Prazo	71
4.2.6. Planejamento de Curto Prazo	75
4.3. Percepção dos Colaboradores	77
5. CONCLUSÃO	80
REFERÊNCIAS.....	82
APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO APLICADO AOS COLABORADORES	89

1. INTRODUÇÃO

A Indústria da Construção Civil (ICC) é uma atividade fundamental na economia de um país e representa parcela significativa de seu PIB. De acordo com Souza *et al.* (2015), PIB é uma forma de mostrar o quanto o país acumulou de riqueza durante certo período de tempo. Este é determinado a partir do acúmulo dos valores de três grandes setores: Agropecuária, Indústria e Serviços. Esses três grandes setores subdividem-se totalizando 20 atividades econômicas, na qual uma delas é a Indústria da Construção Civil. A ICC é caracterizada por: consumir grande parte dos recursos naturais disponíveis; empregar elevadas quantidades de mão de obra; dar vida a uma cadeia produtiva complexa ao seu entorno; disponibilizar a infraestrutura necessária para o crescimento de uma comunidade.

As empresas do setor da Construção Civil vêm ganhando espaço e se encontram cada vez mais entre as maiores empresas do Brasil. Contudo, todo este cenário positivo vem corroborar que a avaliação do mercado imobiliário não pode ser feita da mesma forma que outros mercados. A produção imobiliária possui algumas especificidades, dentre elas o longo ciclo produtivo. Tomando como termômetro o Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV)¹, que se refletiu no setor imobiliário em grandes ganhos de rentabilidade, impulsionando e consolidando transformações no setor da construção civil no cenário nacional, observamos que alguns resultados de empresas que vemos hoje são consequência do ciclo produtivo iniciado em 2009 (CARDOSO; ARAGÃO, 2010).

Ainda Cardoso e Aragão (2010), apontam que a corrida das construtoras em realizar o maior número de unidades, dentro da meta do PMCMV fez com que grande parte delas ampliasse o número de lançamentos, sem dar grande importância se conseguiriam gerenciar a quantidade de frentes de trabalho em diversos canteiros de obras espalhados por todo o país.

Diante das questões citadas e do aumento da competitividade entre empresas de engenharia compreende-se a necessidade de melhorias contínuas.

¹ Programa de crédito à produção e ao consumo de habitação destinado a famílias com renda de até 10 salários mínimos, lançado no início de 2009, a partir dos debates realizados no âmbito do Ministério das Cidades relacionados à consolidação do Sistema Nacional de Habitação de Interesse Social e da Política Habitacional Nacional (CARDOSO; ARAGÃO, 2010).

Segundo Sousa (2021), aliado a um quadro de crescimento da competição existente no setor da construção, aumento do nível de exigência e reivindicação dos consumidores e melhores condições de trabalho, gera-se um novo padrão de produção e consumo imerso em constantes mudanças e cada vez mais competitivo. Dessa forma, o mercado da construção civil vem inovando e adaptando métodos, conceitos e técnicas.

Ao longo dos anos 90, um novo referencial teórico vem sendo construído para a gestão de processos na construção civil, envolvendo o esforço de um grande número de acadêmicos tanto no país como no exterior, com o objetivo de adaptar alguns conceitos e princípios gerais da área de Gestão da Produção às peculiaridades do setor. Este esforço tem sido denominado de *Lean Construction*, por estar fortemente baseado no paradigma da *Lean Production* (Produção Enxuta), que se contrapõe ao paradigma da produção em massa (*Mass Production*), cujas raízes estão no Taylorismo e Fordismo (FORMOSO [entre 2000 e 2008], p. 2).

Baseado nos conceitos da filosofia, o presente trabalho tem como objetivo realizar um estudo de caso da utilização de algumas das ferramentas do *Lean Construction* como auxílio no gerenciamento de um empreendimento residencial multifamiliar no qual uma das autoras trabalha.

1.1. Justificativa

O crescimento de produtividade da economia mundial foi de 2,8% ao ano nas duas últimas décadas. Nesse mesmo período, o crescimento da indústria ficou em 3,6% enquanto o segmento de construção registrou apenas 1% ao ano de incremento de produtividade. Em uma amostra de países analisados, somente cerca de 25% das empresas de construção atingiram crescimento de produtividade equivalente à economia da região onde atuam na última década. Sem mudanças, não será possível atingir a necessidade mundial por habitação e infraestrutura. Considerando que a produtividade da construção atingisse níveis similares à economia mundial, o valor do setor poderia aumentar em US\$1,6 trilhão por ano trazendo aumento do PIB mundial em 2%. Mesmo assim somente metade das necessidades anuais de infraestrutura seriam atingidas (MCKINSEY GLOBAL INSTITUTE, 2017).

O modelo atual dominante na construção civil costuma definir a produção como um conjunto de atividades de conversão, que transformam os insumos em produtos intermediários ou finais. Esse modelo de conversão possui algumas deficiências, como a existência de uma parcela de atividades que compõem os fluxos entre as atividades de conversão as quais não agregam valor ao produto, o controle da produção e esforço de melhorias tende a ser focado nos subprocessos individuais e não no sistema de produção como um todo e ao fato de não considerar os requisitos dos clientes na produção (FORMOSO, [entre 2000 e 2008]).

O modelo de filosofia do *Lean Construction*, segundo Formoso (entre 2000 e 2008), assume que um processo consiste em um fluxo de materiais, desde a matéria prima até o produto, sendo o mesmo constituído por atividades de transporte, espera, processamento e inspeção. As atividades de transporte, espera e inspeção não agregam valor ao produto, sendo por esta razão denominadas atividades de fluxo. Esses itens já eram definidos nos orçamentos convencionais de forma implícita, entretanto o fato de que estes não são explicitadas dificulta a percepção e prejudica a gestão da produção. O objetivo do novo modelo de produção é a eliminação de desperdício ao longo da produção, melhorando a produtividade, a fim de alcançar um produto de valor acrescentado.

O estudo de caso referente a aplicação de ferramentas do *Lean Construction* como auxílio no gerenciamento em um empreendimento residencial multifamiliar se justifica por se tratar de uma filosofia relativamente recente (1992) e que cada vez mais as construtoras estão implantando, com o propósito de impactar diretamente na redução de custos e prazos através de uma metodologia para auxiliar no desenvolvimento de obras. Além disso, a escolha deste empreendimento para a realização do estudo de caso ocorreu visto que uma das autoras gerencia o setor de acabamento da construção e tem acesso aos documentos, relatórios, canteiro de obras, gestores superiores da obra e demais informações.

1.2. Definição do problema

A análise se baseia no seguinte questionamento: É efetiva a aplicação de ferramentas do *Lean Construction* para auxiliar no gerenciamento de um empreendimento residencial multifamiliar na Grande Florianópolis?

1.3. Objetivo geral

Analisar a aplicação de ferramentas *Lean Construction* como auxílio no gerenciamento de um empreendimento residencial multifamiliar em um estudo de caso.

1.4. Objetivos específicos

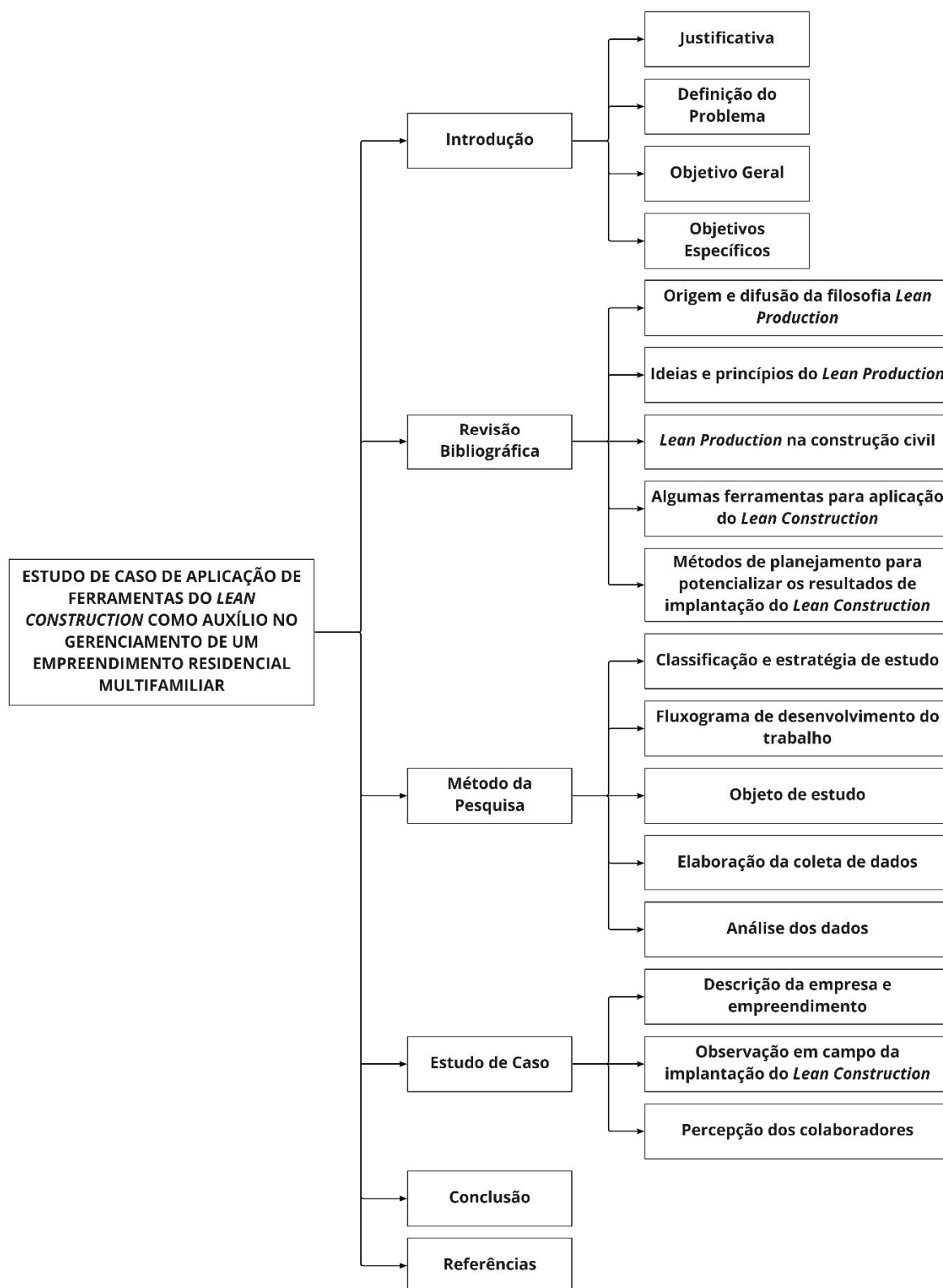
Para atingir o objetivo geral, serão realizados os seguintes objetivos específicos frente a implantação do *Lean Construction*.

- a) Acompanhar aplicação de ferramentas da filosofia *Lean Construction* como auxílio no gerenciamento;
- b) Verificar a percepção dos colaboradores;
- c) Apontar os desafios;
- d) Propor melhorias.

1.5. Estrutura do trabalho

O presente trabalho está estruturado conforme a Figura 1 a seguir, composto de seis capítulos.

Figura 1 - Estrutura do trabalho



Fonte: Elaboração própria (2022).

Capítulo 1 – O primeiro capítulo diz respeito a introdução do assunto a ser tratado, em seguida é apresentada a justificativa para escolha do tema, a definição do problema que contextualiza o trabalho, os objetivos a serem atingidos e a presente estrutura;

Capítulo 2 – No segundo capítulo é realizada uma revisão sobre a origem do *Lean Production*, suas ideias, sua aplicabilidade na construção civil (*Lean Construction*), suas ferramentas e a forma implementação;

Capítulo 3 – Neste capítulo estão apresentados os métodos que serão utilizados para alcançar os objetivos especificados no capítulo 1;

Capítulo 4 – No quarto capítulo é apresentado o estudo de caso, dissertado sobre a metodologia aplicada para a inserção da filosofia *Lean Construction* e apresentado a percepção dos colaboradores;

Capítulo 5 – Este capítulo diz respeito a conclusão do trabalho, onde está apresentado as considerações finais da pesquisa;

Capítulo 6 – Por fim, neste são apresentados os autores e suas respectivas obras que foram utilizadas para embasamento desse trabalho.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo apresenta-se a fundamentação teórica sobre a origem dos conceitos do *Lean Production* e a utilização destes na indústria da Construção Cível: *Lean Construction*. Através dos conceitos, princípios e principais ferramentas.

O principal objetivo desse capítulo é o aprofundamento a respeito do tema para guiar as autoras no desenvolvimento do trabalho de pesquisa.

2.1. Origem e difusão da filosofia *Lean Production* (Produção Enxuta)

Quando Henry Ford e Alfred Sloan desenvolveram a teoria sobre a produção em massa, as ideias que adotaram já circulavam entre outras empresas, pois já se percebia que as modalidades de produção artesanal, usadas até então, haviam chegado ao limite. A indústria frigorífica, por exemplo, já possuía linhas de “desmontagem”, para cortes de carcaças, antes do final do século XIX (FAVONI, 2012).

O sistema da produção em massa, segundo Womack, Jones e Roos (2004), não residia na linha de montagem em movimento contínuo, pelo contrário, consistia na facilidade de trocar e ajustar peças entre si. Depois, Ford decidiu que o montador executaria uma única tarefa, fazendo com que a tarefa fosse executada cada vez mais rápido, que resultou no aumento da produtividade. As linhas de montagem sucessoras surgiram com esse conceito, fazendo com que cada vez mais a Ford chamasse atenção devido a sua alta produtividade.

Em 1950, em uma visita à fábrica Rouge da Ford, em Detroit, Eiji Toyoda estudou cuidadosamente cada palmo da indústria, na época o maior e mais eficiente complexo fabril do mundo. Ele, em conjunto com Taiichi Ohno chegaram à conclusão de que a produção em massa jamais funcionaria no Japão, dando início ao que a Toyota veio a chamar de Sistema de Produção Toyota e, finalmente *Lean Production* (Produção Enxuta) (WOMACK; JONES; ROOS, 2004).

Segundo Shingo (1996, p. 38), produção é uma rede de processos e operações destinados a transformar a matéria-prima em produto acabado. Para realizar melhorias nos processos de produção, deve-se distinguir o fluxo de produto do fluxo de trabalho e analisá-los separadamente, em resumo, para maximizar a eficiência da produção, é preciso analisar profundamente e melhorar o processo antes de tentar melhorar as operações.

Em 1973 a economia japonesa estava em crise e muitas empresas estavam com problemas, porém na Toyota Motor Company, embora os lucros tenham diminuído, os ganhos permaneceram maiores comparado a outras empresas. Esse evento foi devido a decisão da Toyota em produzir muitos modelos de automóveis em pequenas quantidades, ao contrário do sistema de produção em massa (OHNO, 1978)

O Sistema de Produção Toyota tinha o plano inicial de eliminar estoques e outros desperdícios, alcançando essa meta através de um menor lote de produção, reduzindo os tempos de configuração, inserindo máquinas semiautomáticas, alcançando a colaboração dos fornecedores e outras técnicas. Simultaneamente, as questões de qualidade foram atendidas, evoluindo de um método estatístico de garantia de qualidade para uma abordagem mais ampla, incluindo círculos de qualidade e outras ferramentas para o desenvolvimento de toda a empresa (KOSKELA, 1992).

Ainda Koskela (1992), contextualiza que por volta de 1975, essas ideias se difundiram para Europa e América, especialmente na indústria automobilística. Já em 1980, uma onda de livros foi publicada que analisou e explicou a abordagem de forma mais detalhada. Então, no início da década de 1990, a nova filosofia de produção, que era conhecida por diversos nomes (manufatura de classe mundial, produção enxuta, novo sistema de produção, Sistema de Produção Toyota) era a abordagem dominante praticada, pelo menos parcialmente, pelas grandes manufaturas.

2.2. Ideias e princípios do *Lean Production* (Produção Enxuta)

Segundo Ohno (1978), a base do Sistema Toyota de Produção é a absoluta eliminação do desperdício, sendo os pilares utilizados para sustentar esse sistema: *Just-in-time* (JIT) e autonomia. A ideia do *Just-in-time* é que na linha de montagem as partes corretas cheguem somente no momento e quantidade necessária; e a ideia da autonomia trate de máquinas que podem evitar problemas “autonomamente” ou máquinas com um dispositivo de parada automática. Esse sistema com seus dois pilares representa um conceito em administração que funciona para qualquer tipo de negócio.

De acordo com Monden (2012), o sistema *Kanban*² foi desenvolvido como um meio de corrigir a manufatura durante o mês e gerenciar o JIT, através da redução do tempo de sequência de produção. Uma vez que várias peças devem ser produzidas a cada dia, pode-se utilizar a produção de pequenos lotes ou a produção de uma “peça”. A primeira pode ser alcançada através do curto tempo de preparação, já a segunda pode ser realizada por trabalhadores multiprocessos. A rotina de operações padrão irá garantir a conclusão de todos os trabalhos em uma unidade de produto em um tempo padronizado, o *takt*.

Essa ideia era difícil de se implementar pois se trata de eliminar praticamente todos os estoques, e ainda, se uma fração do sistema de produção falhar, o sistema inteiro precisa parar. Para Ohno, desenvolvedor desse sistema, esse era o ponto forte da ideia, pois promove os bolsões de folga, fazendo com que cada membro do processo de produção se preocupe em prever problemas, antes que eles parem a linha. No fim, esses conceitos trouxeram consequências extraordinárias para a produtividade, qualidade dos produtos e agilidade no atendimento para a Toyota (WOMACK; JONES; ROOS, 2004).

A produção é um fluxo de material e informação da matéria-prima até o produto. Os processos de fluxo podem ser caracterizados por tempo, custo e valor. Valor refere-se ao cumprimento dos requisitos do cliente, que na maioria dos casos são apenas as atividades de processamento as que agregam valor. Em essência, ideia central do novo conceito de filosofia de produção implica em uma visão

² *Kanban*, é uma palavra japonesa e sua tradução literal é: registro visível ou placa visível (PACE, 2003, p. 7).

dupla da manufatura: conversões e fluxos. Assim, a melhoria das atividades de fluxo deve ser focada principalmente em sua redução ou eliminação, enquanto na conversão as atividades devem ser mais eficientes (KOSKELA, 1992).

A fim de projetar, controlar e melhorar os processos de fluxo, foram desenvolvidos os onze princípios do *Lean Construction*, que segundo Koskela (1992), são:

a) Reduzir a participação de atividades que não agregam valor;

Atividades que agregam valor são as que convertem material e informações para as exigências dos clientes. Atividades que não agregam valor são as que consomem tempo, recursos e espaços e não agregam valor ao produto. É da natureza da produção que existam atividades que não agregam valor: o trabalho em processo deve ser movido de uma seção para a próxima, defeitos surgem, acidentes acontecem. Porém é possível eliminar ou reduzir a quantidade dessas atividades, no entanto, este princípio não pode ser usado de forma simplista. Algumas atividades que não agregam valor produzem valor para os clientes internos, como planejamento, contabilidade e prevenção de acidentes, essas atividades não devem ser suprimidas sem considerar se mais atividades resultaram dessas. No entanto, acidentes e defeitos, por exemplo, não têm valor para ninguém e devem ser eliminadas sem qualquer hesitação (KOSKELA, 1992).

b) Aumentar o valor da produção por meio da consideração sistemática dos requisitos do cliente;

Os princípios de organização e controle da filosofia de produção convencional tendeu a diminuir o papel dos requisitos do cliente. Em muitos processos, os clientes nunca foram identificados nem seus requisitos esclarecidos e os objetivos eram sempre minimizar custos em cada etapa. Nesse princípio, o valor é gerado atendendo aos requisitos do cliente, não como um mérito inerente à conversão, a abordagem prática é realizar um projeto de fluxo sistemático, onde os clientes são definidos para cada etapa e seus requisitos são analisados (KOSKELA, 1992).

c) Reduzir a variabilidade;

Os processos de produção são variáveis. Existem diferenças em quaisquer dos itens, mesmo que eles sejam o mesmo produto, os recursos necessários para produzi-los, como o tempo, a matéria-prima, e a mão de obra, variam. Existem duas

razões para reduzir a variabilidade do processo: do ponto de vista do cliente um produto uniforme é melhor, já para a produtividade, a variabilidade, especialmente da duração da atividade, aumenta o volume de não agregadores de valor. Em resumo, ao reduzir as incertezas, aumenta-se a previsibilidade (KOSKELA, 1992).

d) Reduzir o tempo do ciclo;

Um fluxo de produção pode ser caracterizado pelo tempo de ciclo, que se refere ao tempo necessário para um determinado material atravessar o fluxo. A proposta de melhoria na nova filosofia de produção é comprimir o ciclo de tempo, o que obriga a redução do tempo de inspeção, movimentação e espera (KOSKELA, 1992).

e) Simplificar minimizando o número de etapas, peças e ligações;

Sistemas complexos são menos confiáveis do que os sistemas mais simples. Além disso, a capacidade humana de lidar com a complexidade é limitada e facilmente excedida. A simplificação pode ser entendida como redução do número de componentes em um produto ou a redução do número de etapas em um material ou fluxo de informações. Outro problema da complexidade dos produtos e processos é que podem aumentar o custo do produto (KOSKELA, 1992).

f) Aumentar a flexibilidade de produção;

O aumento na flexibilidade da produção parece ser contraditório ao princípio da simplificação, no entanto, muitas empresas conseguiram alcançar os dois objetivos simultaneamente. Algumas abordagens práticas que aumentam a flexibilidade incluem: diminuir o tamanho de lotes de materiais para que se possa corresponder à demanda, treinar uma mão-de-obra polivalente e permitir que o processo seja personalizado o mais tarde possível (STALK; HOUT, 1990; CHILD *et al*, 1991 *apud* KOSKELA, 1992).

g) Aumentar a transparência do processo;

A falta de transparência dos processos aumenta a propensão a errar, reduz a visibilidade dos erros, e diminui a motivação para melhorias. Assim, o objetivo é fazer com que a produção tenha um processo transparente para facilitar o controle e melhoria, isso pode ser alcançado através de meios organizacionais ou físicos com a exibição pública de informações (KOSKELA, 1992).

h) Foco no controle do processo completo;

Para evitar os riscos atrelados ao controle de fluxo segmentado, onde pode ocorrer subotimização, deve-se focar no controle de processos completos. Esse tipo de controle determina que todo o processo deve ser medido além de haver uma autoridade para todo ele (KOSKELA, 1992).

i) Incorporar a melhoria contínua ao processo;

“O esforço para reduzir o desperdício e aumentar o valor é um processo interno, incremental e iterativo, que pode e deve ser realizada continuamente” (KOSKELA, 1992).

j) Melhorar o fluxo de equilíbrio com melhoria de conversão;

O controle equilibrado tanto dos fluxos quanto das conversões é essencial às atividades produtivas. A busca por esse balanceamento precisa passar pelo entendimento que cada um deles tem um potencial diferente, de acordo com o processo. Os fluxos, por exemplo, são mais eficazes em processos complexos de produção ou naqueles com muitos desperdícios inerentes. Obtém-se melhores resultados em processos que nunca receberam tratativas de fluxo, visto que existe grande possibilidade de melhoria (KOSKELA, 1992).

k) Referência – *benchmarking*.

Benchmarking é uma prática de gestão empregada pelas organizações de classe mundial para estabelecer posições de liderança, seja em produtos, processos e práticas organizacionais de conhecimento e como atingi-los. É considerada uma ferramenta para melhoria do desempenho do negócio em âmbito geral dos produtos por ele disponibilizados e dos processos que o circundam. Aplicado na busca do conhecimento e informação do mercado, sofrendo um processo de adequação às condições da organização, consiste em ser um instrumento de planejamento estratégico importantíssimo para a organização que pretende estar no topo do mercado, pois irá avaliar e analisar as melhores práticas administrativas do mesmo ramo de negócios ou de outros (NASCIMENTO, 2013, p. 3).

2.3. *Lean Production* na construção

O *Lean Construction* se originou da adaptação do *Lean Production* na indústria da construção civil. Surgiram nos anos 90, os primeiros trabalhos sobre a utilização desta filosofia *Lean* na construção. A publicação da obra “*Application of the new production philosophy in the construction industry*” de Lauri Koskela, representa o marco inicial da mentalidade enxuta na construção civil. Logo em seguida, para disseminar esse novo paradigma na construção civil mundialmente, foi criado *International Group for Lean Construction* – IGLC (VENTURINI, 2015).

De acordo com Nitz (2017, p. 24), o surgimento do *Lean Construction* representou uma grande transformação na forma de gerenciamento utilizado até aquele momento. Através da proposta de adaptação do Sistema Toyota de Produção, a diferença principal entre a filosofia gerencial clássica e a construção enxuta é basicamente conceitual, entendendo de uma maneira nova os processos.

O *Lean Construction* consiste na aplicação da filosofia *Lean* à construção, para atingir uma entrega de valor rápida e viável para o cliente, desafiando a confiança nas relações de permuta entre tempo, custo e qualidade (PENNEIROL, 2007 *apud* PEREIRA, 2012, p.28).

O *Lean Construction* objetiva principalmente reduzir atividades que não geram valor aperfeiçoando os processos e reduzindo consideravelmente os desperdícios através do progresso de algumas atividades e remoção de outras (REIS, 2004).

De acordo com Koskela (1992), a construção civil é uma indústria muito antiga e com métodos sem análise científica explícita. Entretanto, logo após a Segunda Guerra Mundial (1945), iniciou a busca para entender a construção e seus problemas para reduzir erros e encontrar métodos de melhoria.

Para o autor, o conceito geral de construção era entendido como um conjunto de atividades destinadas a um determinado resultado. Assim tinha como pressuposto que a soma de conjuntos de subprocessos formavam o processo de produção total e que estes podem ser realizados e analisados isoladamente.

De acordo com Formoso (entre 2000 e 2008), esse modelo conceitual é denominado modelo de conversão, pois frequentemente define a produção como um conjunto de atividades de conversão, transformando os insumos em produtos intermediários ou finais.

Koskela (1992) sustenta que o gerenciamento convencional baseado em atividades isoladas gera problemas de fluxo, uma vez que não há aplicação de um método sequencial de realização de projeto, falta aplicação de considerações de qualidade e controle sequencial. De acordo com o autor, a falta destes métodos dificulta a realização de projetos e melhorias do fluxo, causando uma expansão de atividades que não agregam valor.

Segundo Formoso (entre 2000 e 2008), as principais deficiências relacionadas a esse modelo tradicional de conversão da construção civil, são relacionadas aos fluxos físicos da obra que estão associados a atividades de transporte, espera por material e retrabalhos, que não agregam valor a atividade. Além disso, a intenção de controlar a produção e criar melhorias tende a ser focada em subprocessos e não no processo completo. Outra deficiência é relacionada a falta de entendimento da necessidade do cliente, resultando em processos com grande eficiência, porém o produto é inadequado aos requisitos do cliente.

Considerando que o processo de fluxo na construção civil foi historicamente negligenciado, de acordo com Koskela (1992), nunca houve nenhum estudo para se pudesse analisar e observar todos os resíduos e desperdícios de um processo de construção. Todavia, vários países tinham estudos parciais que podiam mostrar a magnitude de atividades que não agregavam valor na construção. A área da qualidade talvez fosse a mais pesquisada e nela pode ser avaliado o custo da má qualidade (não conformidade), que de acordo com Cnudde (1991 *apud* Koskela 1992) alcançou 10-20% do custo do projeto.

Conforme Cnudde (1991 *apud* Koskela 1992), a causa de problemas de qualidade está atribuída aos seguintes itens:

- a) 46% devido ao projeto;
- b) 22% devido à construção;
- c) 15% devido ao fornecimento de material.

Deste modo, os problemas de qualidade são consideráveis em todas as fases da construção.

Koskela (1992), descreve o início a reconceitualização da construção civil através da nova filosofia de Produção Enxuta (*Lean Production*) entendendo a construção civil como um composto de processos de fluxo. Para o autor, usar os fluxos

como a unidade de análise na construção leva a mudanças profundas de conceitos e ênfase.

Segundo Womack, Jones e Roos (2004), a utilização do fluxo em todas as atividades humanas não acontece de forma automática e fácil. Isso se deve a dificuldade que a maioria dos iniciantes possuem em identificar o fluxo de valor e compreendê-lo. Quando se tem este entendimento, a quantidade de esforço humano, tempo, espaço, ferramentas e materiais em estoque para fornecer determinado serviço, pode ser rapidamente reduzido pela metade e pode-se manter um progresso contínuo.

Para Koskela (1992), existem dois processos principais de fluxo na construção civil:

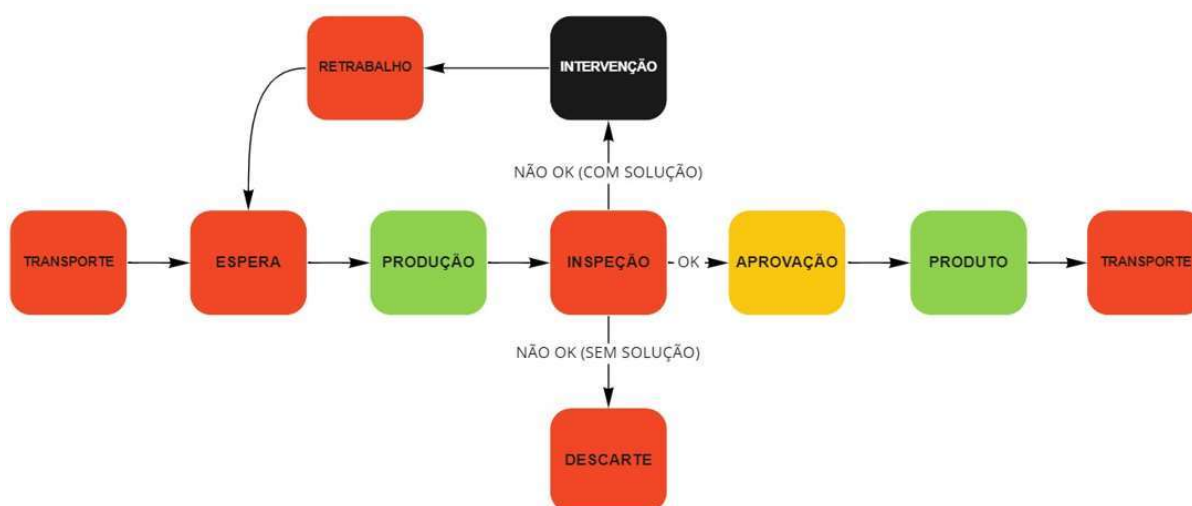
- a) Processo de *design*: é a junção de necessidades e desejos vagos afim de transformá-los em requisitos refinados para as etapas de especificações. Esta etapa identifica e apresenta soluções para problemas. Podem ser divididos em subprocessos individuais e processos de suporte;
- b) Processo de construção: é a composição de processos de materiais para fazer o fluxo de material para o local, incluindo o processamento e montagem in loco e por processos de trabalho dos colaboradores da construção. Costumam estar associados de forma mais íntima aos processos de material os fluxos temporais e espaciais das equipes de construção no local (KOSKELA, 1992, p. 45).

Ainda existem outros três processos que podem controlar ou apoiar os processos principais. Sendo os seguintes: processos de gerenciamento do projeto pelo proprietário, processos de gerenciamento de design pelo gerente de projeto de engenharia ou design, processos de gerenciamento de construção, onde o projeto detalhado é transformado em um plano de construção / fabricação e na coordenação e controle do dia-a-dia de processos no local ou em uma fábrica (KOSKELA, 1992).

Para Koskela (1992), os processos principais se dividem se em dois focos, sendo que no projeto a meta é minimizar a perda de valor, enquanto na construção o foco está em minimizar o desperdício.

Formoso (entre 2000 e 2008), sustenta o processo de construção consiste em um fluxo de material, incluindo desde a matéria prima até o produto final. Todo esse percurso é constituído de atividades de transporte, espera, conversão (ou produção) e inspeção. Atividades que não agregam valor são determinadas como atividades de fluxo, que são as atividades de transporte, espera a inspeção. A Figura 2, apresenta em vermelho as atividades do fluxo que não acrescentam valor ao processo, porém são indispensáveis, com exceção ao processo de retrabalho que é dispensável.

Figura 2 - Modelo do fluxo de produção



Fonte: Elaboração própria (2021).

Ainda para Formoso (entre 2000 e 2008), apenas conceitos não promovem mudanças se não estiverem associados a métodos e técnicas para que seja possível operacionalizar, transformar em ações aquilo que é defendido pelas definições teóricas. Desta forma é preciso ter bases teóricas bem definidas e organizadas para orientar a produção. Portanto definir recursos práticos e ferramentas para aplicar o método são indispensáveis. No capítulo a seguir estão expostas as ferramentas e métodos comumente utilizados na aplicação do *Lean Construction*.

2.4. Algumas das ferramentas para aplicação do *Lean Construction*

Para entender as possibilidades da aplicação do *Lean Construction* algumas ferramentas podem ser utilizadas.

2.4.1. *Just In Time* (JIT)

Segundo KOSKELA (1992, p. 6), a ideia da aplicação do *Just in Time* foi desenvolvida e iniciada por Ohno e Shingo nas fábricas de automóveis da Toyota na década de 1950. A ideia era reduzir ou eliminar os estoques de forma que a produção ocorresse apenas com demanda real ao invés de produzir considerando previsões de consumo.

Just in Time significa que, em um processo de fluxo, as partes corretas necessárias à montagem alcançam a linha de montagem no momento em que são necessários e somente na quantidade necessária. Uma empresa que estabeleça esse fluxo integralmente pode chegar ao estoque zero (...) para produzir usando o *Just in Time* de forma que cada processo receba o item exato necessário, quando ele for necessário, e na quantidade necessária, os métodos convencionais de gestão não funcionam bem (OHNO, 1978, p. 26).

Para Nitz (2017, p. 29), *Just in Time* significa ter produção de bens e serviços, mantendo a qualidade, somente quando são necessários. Assim não teria grandes estoques uma vez que haveria produção apenas conforme a demanda.

Ainda segundo o autor anterior, o conceito mais difundido é entregar o produto ou serviço ao cliente com menos insumos e maior valor agregado, visando minimizar o custo. A ferramenta *Just in Time* procura fazer com que os desperdícios sejam constantemente reduzidos, considerando que este não gera valor ao produto final.

De acordo com Shingo (1996, p. 103), *Just in Time* em japonês significa “no momento certo”, “oportuno”. Para o autor, uma forma mais adequada para traduzir para o inglês seria *Just on Time*, em tempo, exatamente no momento estabelecido. No entanto, a tradução do inglês *in time*, significa “a tempo”, quer dizer que, “não exatamente no momento estabelecido, mas um pouco antes, com certa folga”. Entretanto, o conceito desse termo propõe muito mais do que se concentrar no tempo de entrega, uma vez que isso pode estimular antecipadamente uma superprodução e ocasionar esperas desnecessárias.

Ainda de acordo com esse autor, se tratando do Sistema Toyota de Produção, a utilização do conceito *Just on Time*, permite zerar estoque a fim de otimizar o uso dos recursos. Desta maneira não existe a necessidade de uma quantidade significativa de insumos em estoque, fazendo com que se utilize a produção puxada ao invés da produção empurrada. Assim o processo deve ser abastecido com itens necessários, na quantidade necessária e no momento necessário, com conceito zero estoque.

2.4.2. Produção Puxada

Para introduzir o tema da produção puxada, vamos falar inicialmente de outro conceito. A produção empurrada é baseada a partir do comportamento do mercado, quer dizer que é produzido antes da ocorrência da demanda do produto. Neste caso é necessário ter uma previsão da demanda para que se possa produzir, antes do cliente realizar a compra. Já na produção puxada o fluxo produtivo é invertido, neste caso somente após a solicitação do cliente, haverá a organização para produção (VASCONCELOS; MAIA, 2017, p. 2).

O termo puxar (do inglês, *pull*), significa que não se deve produzir um produto ou serviço sem haver uma solicitação do cliente. Na produção puxada o consumidor puxa a produção conforme sua necessidade, suprimindo estoques e conferindo valor ao produto. Neste caso as empresas não precisam “empurrar” os produtos para os clientes através de promoções e descontos (WOMACK; JONES, 2004, p. 59).

Existem três formas básicas de sistemas de produção puxados: Sistema Puxado com Supermercado, Sistema Puxado Sequencial e combinações de ambos. O Sistema Puxado com Supermercado, consiste em um processo que a produção só é iniciada no momento que é necessário realizar a reposição do que se retira de seu supermercado, no caso o que motiva a produção é a baixa do estoque. Quando um produto é retirado do supermercado é o momento que o fornecedor precisa fazer a reposição. A sinalização para tomada de ação de reposição é através de um cartão *Kanban*. Contudo, se for uma grande variedade de produtos, pode ser difícil manter este estoque (SISTEMA, 2009).

No Sistema Puxado Sequencial, a sequência de produção é estabelecida considerando os pedidos dos clientes, mas a sequência de pedidos recebidos não é a mesma sequência que os produtos são produzidos. Após receber os pedidos dos clientes, o departamento de programação seleciona as quantidades e ordens dos itens de produção e envia o cronograma ao processo inicial do fluxo de valor (SISTEMA, 2009).

Conforme Martins e Moura, (2019, *apud* Smalley, 2006), para conseguir fazer a implementação da produção puxada, é necessário aplicar a condição FIFO (*First in, first out* – traduzido de forma direta do inglês – significa: o primeiro que entra é o primeiro que sai). Essa metodologia torna mais preciso a produção e a lógica da movimentação dos insumos, garantindo que os produtos fabricados não fiquem obsoletos e que os erros de produção que geram problemas de qualidade não fiquem escondidos no estoque.

Já o Sistema Puxado Misto, como o próprio nome diz é uma combinação dos dois sistemas, aproveitando os benefícios de cada um em uma mesma linha de produção. Para melhor exemplificar, uma forma prática de se entender é a produção peças de reposição em uma linha normal de produção. Assim, o processo de produção precisa ser modificado para produzir a peça de reposição que sofre uma programação especial de Sistema Puxado Sequencial, quando o normal da linha é Sistema Puxado com Supermercado. Nesse sistema é exigido uma gestão muito rigorosa devido a complexidade (SISTEMA, 2009).

2.4.3. Fluxo Contínuo

Através do investimento constante em inovações, o responsável pela origem desse sistema de produção em fluxo foi Henry Ford. Esse conceito de produção foi concebido no início da produção em massa de veículos em 1913, na fábrica Highland Park - em Detroit - Michigan - Estados Unidos. Ele introduziu a linha de montagem em movimento (*LEAN INSTITUTE BRASIL*, 2009).

Ainda de acordo com o mesmo autor, o uso do fluxo contínuo proporcionou redução do *Lead Time* (período de tempo do pedido até a entrega do produto final) e custo de produção em mais de 50% do custo e tempo de montagem de um veículo. Como o sistema em fluxo da Ford causou essa revolução na sociedade industrial, ela é notada até os dias de hoje.

De acordo com Arantes, (2000), o fluxo contínuo é a produção de peça a peça (*one piece flow*), sem estoques intermediários e sem interrupções durante a fabricação. A facilidade de detectar erros alinhado com a extinção do tempo de espera entre uma etapa e outra e maior transparência do processo são vistas como a vantagem da aplicação do fluxo. Consequentemente gera uma redução da necessidade da fiscalização dos produtos no final do processo, considerando que os produtos são feitos individualmente, apresentando a qualidade no próprio processamento.

2.4.4. *Kanban* (Sistema de Cartões)

De acordo com Pace (2003, p. 7), *Kanban*, é uma palavra japonesa e sua tradução literal é: registro visível ou placa visível. Entretanto analisando de maneira mais fiel ao aspecto que a palavra é envolvida do que somente a tradução literal, a palavra significa cartão. Ainda o termo pode assumir significado de qualquer outro sinal. O uso desses cartões autoriza a movimentação do produto entre o centro produtor e consumidor. Além disso, também possuem a função de determinar o início da produção e quantidade.

Ohno (1978) afirma que o sistema surgiu de uma ideia retirada dos supermercados americanos e então utilizado no Sistema Toyota de Produção. Para o autor, a utilização do *Kanban* tem como finalidade de alcançar o *Just in time*, através de um processo de fluxo, sendo assim as partes necessárias à produção alcançam o início da produção no momento em que são necessários e na quantidade necessária.

O diferencial do sistema tradicional de controle para o *Kanban* é que ao invés da produção ser empurrada por ordens de fabricação, neste sistema a produção é puxada pelo centro consumidor. Desta forma, o funcionamento da produção fica condicionado com as vendas já realizadas, portanto, de fato, se produz apenas o que já foi vendido. Assim, o estoque fica reduzido, uma vez que, o produto final no momento que estiver acabado deve ser entregue, hoje, amanhã ou no menor prazo possível (PACE, 2003).

Uma das características mais marcantes do *Kanban* é que se houver alguma interferência no fluxo, devido a alguma paralisação, todo o processo consequentemente é interrompido. Isso quer dizer que todos os setores após o setor paralisado não terão produto para continuar produção e todos os setores anteriores não poderão continuar, em razão que a fonte consumidora está parada. No entanto, parar a produção, significa que está sendo evitado produzir no momento que não é necessário. (PACE, 2003).

De acordo com Slack, Chambers, Johnston (2002), existem três tipos de *Kanban* conforme mostra a seguir:

- a) O *Kanban* de movimentação ou transporte é utilizado para avisar o estágio anterior que o material pode ser transportado do estoque para o local específico. Neste tipo de *Kanban* deve constar o número e descrição do produto, o local de onde ele deve ser coletado e para onde deve ser levado;
- b) O *Kanban* de produção é utilizado para dar o sinal que pode iniciar a produção de determinado produto para que seja colocado em estoque. Nele deve conter número e descrição do processo de produção, insumos necessários para a produção e o destino de onde o produto final deve ser enviado;

- c) O *Kanban* do fornecedor é similar aos de transporte, porém é utilizado para avisar os fornecedores externos que determinados produtos precisam ser enviados para os setores de produção.

Segundo Pace (2002), ainda existe outro tipo, sendo o *Kanban* de aquisição, bem similar ao *Kanban* de transporte, porém se destina ao cliente final e aos locais de estoque do produto acabado. O que diferencia é que não precisa se apresentar local de coleta e destino, porém deve aparecer informação sobre o estoque e de transporte. A Figura 3 ilustra exemplos de três tipos de *Kanban* em formato de cartão, mas poderia ser em outros formatos.

Figura 3 - Cartões Kanban

A Q U S I Ç Ã O	DESCRIÇÃO DA PEÇA	ARMAZÉM Locação no Armazém:
	CÓDIGO DA PEÇA	Empilhamento Máximo: Observação:
	CAPACIDADE DO CONTÊINER	TRANSPORTE Locação no Caminhão:
	NÚMERO DO CARTÃO	Empilhamento Máximo: Observação:
Cartão de Aquisição		
M O V I M E N T A Ç Ã O	DESCRIÇÃO DA PEÇA	PROCESSO ANTERIOR Descrição do Processo:
	CÓDIGO DA PEÇA	Código do Processo: Locação Estoque de Saída:
	CAPACIDADE DO CONTÊINER	PROCESSO POSTERIOR Descrição do Processo:
	NÚMERO DO CARTÃO	Código do Processo: Locação Estoque de Entrada:
Cartão de Movimentação		
P R O D U Ç Ã O	CENTRO DE TRABALHO	MATERIAIS NECESSÁRIOS Nome:
	CÓDIGO DA PEÇA	Cód.:
	DESCRIÇÃO DA PEÇA	C. de Trabalho: Loc. Estoque Saída:
	CAPACIDADE DO CONTÊINER	Nome: Cód.:
	LOCAÇÃO NO ESTOQUE	C. de Trabalho : Loc. Estoque
Cartão de Produção		

Fonte: Pace (2003).

Onde:

- a) Capacidade do contêiner: mostra a quantidade de produto que o cartão representa;

- b) Locação no estoque: informa o local onde o contêiner deve ser estocado até que seja transportado para o consumidor.

2.4.5. *Jidoka* (Autonomação)

Segundo Ohno (1978, p. 27), a idealização de dar inteligência as máquinas foi introduzida pelo fundador da *Toyota Motor Company*, Toyoda Sakichi (1897- 1930), após a invenção da máquina de tecer auto-ativada. A nova máquina de tear parava imediatamente quando detectava que um dos fios da trama se rompesse.

De acordo com o mesmo autor, a autonomação não pode ser confundida com a simples automação, pois se trata de uma automação com toque humano. No Sistema Toyota de Produção, a autonomação em uma máquina é quando acopla um dispositivo que após identificar uma anomalia, sem interferência humana, faz uma parada automaticamente.

A autonomação, também conhecido como *Jidoka*, de acordo com o criador não deve ser restrito apenas a máquinas, mas também pode ser aplicada a linhas de produção operadas manualmente. Isso quer dizer que o operador ou máquina tem permissão e autonomia para realizar a paralização da produção no momento que identifica qualquer anomalia. Neste caso, quando ocorre a parada, imediatamente o problema fica visível, tornando necessário o esforço conjunto para corrigir e evitar que ocorram novas paradas, devido ao mesmo problema (ARANTES, 2000, p. 57).

Na construção civil, apesar de o conceito de linha de montagem, não ser empregado de forma mais direta, Arantes (2000) afirma que o *Jidoka* também pode ser aplicado. Um exemplo que pode mostrar isso é na etapa de concretagem de um elemento estrutural, se na primeira etapa de produção do concreto for identificado alguma avaria com a betoneira, a produção pode ser interrompida, afim de evitar implicações no processo de betonagem e problemas futuros nos elementos estruturais executados.

2.4.6. *Takt Time*

De acordo Shook (1998 apud ALVAREZ; ANTUNES, 2001), a palavra *Takt* é nativa da Alemanha, sendo que para eles ela serve para indicar o compasso de uma composição musical. Esse termo foi levado para os técnicos japoneses nos anos 30 pelos engenheiros alemães, a partir daquele momento o sentido da palavra se tornou 'ritmo de produção'.

Segundo Alvarez e Antunes Jr (2000, p. 6), para obter o *Takt Time*, é necessário ter duas informações sendo elas: necessidade do mercado e tempo disponível para produção. Assim consegue-se identificar o ritmo de produção necessário para atender a demanda.

A razão entre o tempo de produção disponível sobre a demanda do cliente fornece o *Takt Time*. A Equação (1) ilustra matematicamente (BULHÕES,2009).

$$\textit{Takt Time: } \frac{\text{Tempo de produção disponível}}{\text{Demanda do cliente}} \quad (1)$$

Este conceito poderá ser mais facilmente aplicado na construção no que diz respeito aos fornecedores de materiais, uma vez que segue a produção de várias peças iguais e com processos análogos. Uma empresa que venda tijolos por exemplo, poderá adotar o *Takt Time* de forma a otimizar o tempo de fabricação de tijolos às quantidades requisitadas pelos compradores. Partindo da mesma ideia, e aumentando a escala de influência dos requisitos, o *Takt Time* poderia também ser usado para estabelecer o ritmo das atividades a partir das necessidades do cliente em toda a cadeia de fornecedores.

Uma forma de compreender o funcionamento do *Takt Time* na construção civil é entender como um ritmo para a execução de atividades, segundo o planejamento das ações futuras a serem realizadas no processo de produção. Um exemplo é quando um fornecedor de tijolos se adapta ao ritmo de produção de acordo com a quantidade solicitada pelos compradores (ARANTES, 2000, p. 56).

2.4.7. Tempo de Ciclo (TC)

O tempo de ciclo é o tempo de produção de um produto, ou seja, é o tempo máximo que um setor pode levar para produzir uma parte do produto. Esclarecendo melhor, o tempo de ciclo pode ser o tempo mínimo necessário da atividade individual que leva maior tempo para ser executado e máximo que é a soma de todos os tempos como se tivesse apenas uma pessoa fazendo todo o processo (PEINADO, GRAEML, 2007).

O tempo de ciclo refere-se às etapas seguidas para completar um processo, como ensinar o programa a uma classe, fabricar um carro ou atender a um cliente. A simplificação de ciclos de trabalho, a queda de barreiras entre etapas improdutivas no processo permite que a qualidade total seja bem-sucedida. O ciclo operacional permite a competição pelo tempo, o atendimento mais rápido do cliente, etapas de produção mais encadeadas entre si, queda de barreiras e obstáculos intermediários. Os conceitos de fábrica enxuta e *Just in Time* são baseados no ciclo de tempo reduzido. (CHIAVENATO, 2004, p.333).

Para Koskela (1992), o tempo de ciclo é a soma do total do tempo de processamento, tempo de inspeção, tempo de espera e tempo de movimentação. De acordo com Arantes (2008), a origem do *Just in Time* teve como princípio a redução do tempo de ciclo.

2.4.8. *Kaizen*

O surgimento do *Kaizen* ocorreu no início da década de 50, no Japão logo após ter perdido a II Guerra Mundial. O país estava em péssimas condições, empresas com pouco dinheiro e o governo não podia emprestar. As empresas precisavam se reerguer colocando no mercado produtos de boa qualidade e com preço competitivo, porém não tinham estrutura suficiente para concorrer com os americanos. Para que os japoneses tivessem mais sucesso e competitividade, tiveram que ser mais criativos que os demais países concorrentes, por este motivo desenvolveram o *Kaizen* (PINTO, 2015, p. 5).

Ainda de acordo com o mesmo autor, a palavra *Kaizen* tem origem japonesa e é a junção de duas palavras, sendo “Kai” mudança e “zen” melhor. A junção delas significa “mudar para melhor”. Masaaki Imai é considerado o pai do *Kaizen* que atualmente é conhecido e praticado como uma filosofia de melhoria contínua.

A essência do *Kaizen* é simples e direta: *Kaizen* significa melhoramento. Mais ainda, *Kaizen* significa contínuo melhoramento, envolvendo todos, inclusive gerentes e operários. A filosofia *Kaizen* afirma que o nosso modo de vida, seja no trabalho, na sociedade ou em casa, merece ser constantemente melhorado” (IMAI, 1994, p. 3 *apud* NITZ, 2017, p.33).

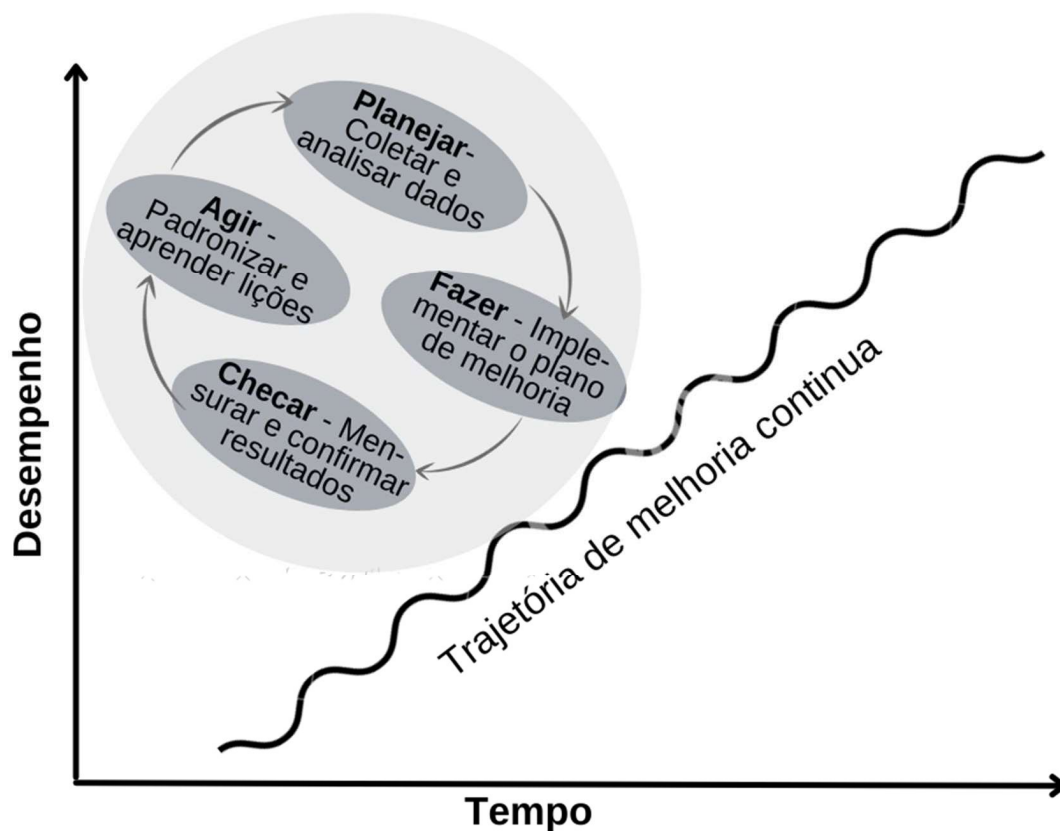
O *Kaizen* é baseado na ideia de que uma organização busque melhorias em tudo que é feito, na filosofia da qualidade total. Segundo Peinado e Graeml (2007, p. 557), significa “melhoria gradual e contínua de todos os produtos e serviços, descobrindo no dia-a-dia a forma de tornar os processos cada vez mais eficientes, mais econômicos e mais confiáveis.” A aplicação deste conceito provoca um aperfeiçoamento constante em todos os setores de uma empresa.

2.4.9. Ciclo PDCA

A base do melhoramento contínuo promove um processo sem fim de questionamentos sobre o que pode ser melhorado. O ciclo PDCA é a sequência de ações que as atividades precisam passar, repetidamente, para conseguir melhorar o processo, sendo esta a melhor forma de entender e dar andamento no processo repetido e cíclico da melhoria contínua (SLACK, CHAMBERS, JOHNSTON, 2002, p. 605).

Segundo Peinado e Graeml (2007, p. 557), existem vários modelos para atingir a melhoria, mas acreditam que talvez o ciclo PDCA seja o mais conhecido e utilizado devido a simplicidade. PDCA são iniciais das palavras inglesas *Plan*, *Do*, *Check* e *Act* que significam planejar, fazer, verificar e agir (corretivamente). A Figura 4 ilustra o ciclo PDCA atrelado com a melhoria contínua.

Figura 4 - Ciclo PDCA associado ao processo da melhoria contínua



Fonte: Adaptado de Slack, Chambers e Johnston (2002)

Conforme Slack, Chambers e Johnston (2002, p. 605), Figura 4, o ciclo inicia no P (planejar), etapa que envolve a coleta e análise das informações do atual cenário do método ou área que precisa ser melhorada. Fase necessária para formular um plano de ação para alcançar um melhor desempenho. Em seguida, com o plano formulado, o próximo passo é a etapa D (do verbo fazer). Nessa etapa é dado início a implementação do plano no processo de fabricação ou na operação. Na sequência, é a etapa C (de checar), nesse estágio o plano de ação implementado é analisado para verificar se resultou na melhoria do desempenho esperado. Por fim, temos a etapa A (de agir), que consolida ou não a mudança. Se foi bem-sucedida, mantém-se, caso não se tenha alcançado a meta esperada, as lições aprendidas com a tentativa são formalizadas antes de começar o ciclo novamente. O autor enfatiza que é muito importante o último ponto do ciclo PDCA, pois o ciclo começa novamente, sendo necessário estar tudo ajustado.

2.4.10. *Heijunka* (balanceamento ou nivelamento de produção)

De acordo com Slack, Chambers e Johnston (2002, p. 495), *Heijunka* é uma palavra japonesa que significa o nivelamento do planejamento da produção, portanto a variedade de produtos e a quantidade produzida ficam constantes ao longo do tempo.

O *Heijunka* ou simplesmente o balanceamento da linha de produção é uma das técnicas aplicadas para a Gestão de Produção que busca otimizar e sincronizar os recursos necessários para o processamento de um produto ou serviço, de forma a atender a demanda nas quantidades e datas previstas (DEMBOGURSKI; OLIVEIRA; NEUMANN, 2008, p.2).

Segundo Shingo (1996), o balanceamento da produção é um dos pilares do Sistema Toyota de Produção. Nesse sistema, os processos de produção, os trabalhadores, os equipamentos e demais fatores estão organizados para facilitar a produção da quantidade necessária, no momento necessário. Assim, o ajuste de tempo e o volume são críticos. Se um processo subsequente precisa ser abastecido a intervalos irregulares, o processo precedente precisará de equipamentos e mão de obra extra. Quanto maior essa inconsistência, mais gente e equipamento serão necessários ao processo precedente para satisfazer suas necessidades.

Diferente da Ford que tem como ideia fixa produzir uma boa quantidade de um produto em uma única vez, o Sistema Toyota de Produção faz a sincronização da produção a cada unidade. Como no mercado, cada consumidor compra um tipo de carro, a produção deve ser de um carro por vez (OHNO, 1978. p 107).

Slack, Chambers e Johnston (2002, p. 495), esclarecem que nem sempre o nivelamento de produção pode ser um fluxo estável e contínuo por completo, principalmente com vários serviços ou produtos, pois cada item tem um tempo de ciclo que pode ter uma variação ou também pelo fato de que as taxas de necessidade são irregulares e distintas em todo o período. Assim pode-se adotar um modelo mesclado, através da sincronização. A sincronização é estabelecer um ajuste na saída de cada etapa de produção, afim de manter as mesmas características de fluxo para cada um dos produtos, conforme eles avancem por meio de cada etapa.

Ainda segundo os mesmos autores, para fazer o controle, deve ser feita uma classificação conforme a frequência que cada item tem de demanda. Podem ficar divididos em itens de alto fluxo, onde os produtos são produzidos toda semana; itens repetitivos, sendo produtos fabricados com frequência, mas com intervalos de tempos maiores; e itens eventuais, são produtos que não se tem intervalos previstos e, portanto, são produzidos com frequência irregular.

2.4.11. *Andon*

O *Andon* é um método de origem no Sistema Toyota destinado a Supervisão e Gestão Visual. “O *Andon* é um painel de controle visual, que utiliza de um sistema de cores, semelhante ao de um semáforo, para garantir que a linha de produção se mantenha dentro do nível de produção esperado.” (DA SILVA, 2000 *apud* MANJACAVHI, 2011, p. 24).

É uma ferramenta utilizada para mostrar o status da manufatura para toda a fábrica, através de seu sistema de gestão visual informa os problemas existentes com necessidade de resolução imediata. Ele evidencia a importância de promover a participação de todas as pessoas no processo de resolução de problemas e melhorias de processo. (OHNO, 1978).

Existem diversas formas de se implementar essa ferramenta. Segundo o estudo de caso de Lorenzo (2008), a equipe de produção ao chegar no local de trabalho deve verificar as condições necessárias para o serviço. Encontrando tais condições atendidas, a equipe acende a luz verde no acionador posicionado em cada estação de trabalho. No decorrer do dia, as equipes podem encontrar diversas situações de irregularidades que podem vir a suspender as atividades. Estando diante de um problema desse tipo, em que a interrupção seja de até trinta minutos, o colaborador aciona a luz amarela, caso não seja possível a solução do problema, a luz vermelha deverá ser acionada. Essa mudança na sinalização será vista no painel de controle localizado na sala de gerência (Figura 5), para que se proceda a solução do problema.

Figura 5 – Painel Andon



Fonte: Kemmer et al. (2007).

2.4.12. Poka-Yoke

De acordo com Shimbun (1988 *apud* VIDOR; SAURIN, 2011), a origem do termo *Poka-Yoke* vem das experiências da *Toyota Motors Company*, na qual visava obter zero defeitos na produção e eliminar as inspeções de qualidade, sendo que inicialmente o objetivo era prevenir o erro humano no trabalho, visto como a principal causa dos defeitos. Os métodos para atingir tal objetivo foram inicialmente chamados de “à prova de bobos (*Baka-Yokes*)”, sendo que posteriormente reconheceu-se que isso era ofensivo aos trabalhadores e a denominação mudou para “à prova de erros” ou “livres de falhas” (*Poka-Yoke*).

É um sistema de detecção e aviso de erros, que assume tarefas repetitivas e que depende da memória. Ou seja, o dispositivo *Poka-Yoke* é um mecanismo de detecção de anormalidades que, associado a uma operação impede a execução irregular de uma atividade. Estes sistemas podem apenas sinalizar a falha, pelo que os resultados obtidos com a sua utilização dependem da forma como são integrados. Ou seja, o ideal para atingir “zero defeitos” será aplicar o sistema de forma a detectar os erros antes que estes constituam defeitos, eliminando-os por completo (ARANTES, 2008, p. 55).

Um exemplo da aplicação dessa ferramenta é na montagem de terças pré-fabricadas que possuem seção transversal simétrica. Para evitar o risco de a face inferior acabar virada para cima durante a montagem, são apresentadas duas soluções: controle visual através da pintura da face superior ou adoção de um friso na forma das terças para que uma das faces fique sempre marcada (SANTOS, 2003 *apud* LORENZON, 2008, p. 54).

2.4.13. Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV)

Uma das técnicas associadas aos processos de implementação do *Lean* mais populares, porém ainda pouco explorada, é o Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV). O MFV procura descrever o processo em seu estado atual para que, a partir da identificação de desperdícios, seja possível projetar um novo fluxo de valor para um estado futuro desejado (LIMA et al., 2016).

De acordo com Rother e Shook (1998, p. 3), a perspectiva do fluxo de valor significa levar em conta o quadro mais amplo, não só os processos individuais e então dessa forma você precisará seguir o fluxo de valor de um produto por várias empresas e até outras unidades produtivas. O MFV é uma ferramenta que utiliza papel e lápis e o ajuda a enxergar e entender o fluxo de material e de informação na medida em que o produto segue o fluxo de valor.

Ainda Rother e Shook (1998, p. 3), citam que para mapear o fluxo de valor devemos seguir a trilha da produção de um produto, desde o consumidor até o fornecedor, e cuidadosamente desenhar uma representação visual de cada processo no fluxo de material e informação. Então deve ser formulado um conjunto de questões chave e desenhado um mapa do “estado futuro” de como o valor deveria fluir. Fazer isso repetidas vezes, segundo os autores, é o caminho para enxergar o valor, e especialmente, as fontes de desperdício.

2.4.14. Manutenção Produtiva Total

Segundo Maintenance (1991, p. 3), a Manutenção Produtiva Total (MPT), em 1971, foi definida pelo *Japan Institute for Plant Maintenance* a partir de 5 objetivos básicos: Maximização do rendimento global dos equipamentos, desenvolver um sistema de manutenção produtiva que leve em consideração toda a vida útil do equipamento, envolver todos os departamentos (planejamento, projeto, utilização e manutenção) na implantação da MPT e envolver ativamente todos os empregados, desde a alta gerência até os trabalhadores de chão-de-fábrica, a tornar MPT um movimento visando à motivação gerencial, através do desenvolvimento de atividades autônomas de melhorias por pequenos grupos.

Esta ferramenta, associada à produção em fluxo, é essencial para a aplicação do *Lean Construction*, uma vez que na indústria da construção são diversos os equipamentos utilizados nas várias fases da obra. Por exemplo, na fase de terraplenagens se algum equipamento tem uma avaria, possivelmente irá interromper o ritmo de trabalho, parando máquinas e trabalhadores que dependem do trabalho deste equipamento, o que constituirá uma perda de tempo, provocando atrasos e conseqüente diminuição de produtividade e lucro. Assim facilmente se constata a necessidade de manutenção dos equipamentos, o registo de avarias ou falhas de modo a serem futuramente evitadas, e o planeamento de recursos no caso de falha de algum para que o tempo perdido seja o menor possível (ARANTES, 2008) .

2.4.15. Célula de Produção

“Uma célula é um arranjo de pessoas, máquinas e materiais e métodos em que as etapas do processo estão próximas e ocorrem em ordem sequencial, através do qual as partes estão processadas em um fluxo contínuo” (ROTHER; HARRIS, 2002, p. 15). Ou seja, Célula de Produção é grupo de operários que trabalham em conjunto e estão conectados em termos de tempo, espaço e informação, executando tarefas ou seqüências de tarefas. Deste modo, uma mesma equipe executaria uma tarefa do início ao fim, sendo a mesma responsável pela sua correta execução, assim não existiriam problemas de transmissão de informação a outro grupo de trabalho que poderia concluir a tarefa (ARANTES, 2008, p. 53).

Tradicionalmente os serviços realizados nas obras de construção civil são divididos de forma que cada equipe realize um tipo de trabalho, o que acarreta interrupção no fluxo de produção e considerável tempo de espera entre as atividades. Isso ainda tem como consequência a transferência de defeitos sempre para frente em vez de serem resolvidos quando são detectados, devido à falta de compromisso dos operários para o serviço seguinte. Dessa forma, a expectativa com a implementação de células de produção organizadas em um canteiro de obras é otimizar tanto os tempos de processamento (o qual agrega valor ao produto) quanto os tempos de espera e transporte (os quais não agregam valor), ou seja, garantir o fluxo contínuo de produção (TORQUATO; FANTONI; NETO, 2016, p. 115).

2.4.16. *Gemba*

O *Gemba* é uma palavra japonesa que significa "verdadeiro lugar", onde a ação acontece. Nos negócios, as atividades que agregam valor que satisfazem o cliente ocorrem no *Gemba*. Portanto, em um sentido mais amplo, o *Gemba* significa os locais onde ocorrem essas atividades principais (IMAI, 1996 apud PIRES, 2010, p. 2).

2.4.17. Os 5 Sentos (5S)

O 5S é um programa que foi iniciativa japonesa de buscar mais organização e ordenação dos espaços de trabalho, que surgiu na década de 50 e provém de palavras que no japonês começam com S: *seiri*, *seiton*, *seiso*, *seiketsu* e *shitsuke*. Em português denominamos 5 Sentos: senso de utilização, senso de ordenação, senso de limpeza, senso de asseio e senso de disciplina (MIRANDA; CARVALHO, 2020, p. 4).

De acordo com Jesus (2012), 5S são:

- a) *Seiri* (senso de utilização) – Manter no local de trabalho apenas os materiais e ferramentas necessárias para a tarefa a executar nesse espaço, diminuindo assim a quantidade de obstáculos no espaço produtivo. Nesta fase, o trabalho começa a ser colocado em ordem para que só se utilize o que for realmente necessário e aplicável;

- b) *Seiton* (senso de organização) – Facilitar a identificação e localização das ferramentas e materiais necessários para a realização da tarefa, próximo do local de trabalho, evitando movimentos desnecessários;
- c) *Seiso* (senso de limpeza) – Manter o local o mais limpo possível com todos os componentes nos respectivos locais. Cada pessoa deve saber a importância de estar num ambiente limpo e dos benefícios de ambiente com a máxima limpeza possível;
- d) *Seiketsu* (senso de padronização) – significa “padronização”, manter a ordem, limpeza e organização, através da criação de regras, normas e procedimentos para manter o nível atingido, ou seja, para manter os três “S” acima referidos de forma contínua;
- e) *Shitsuke* (senso de auto-disciplina) – Tornar as quatro regras anteriores num padrão, não permitindo o regresso aos velhos hábitos.

2.4.18. Os 5 Porquês

A ferramenta dos 5 porquês (também conhecida como “por que-por que” ou 5 porquês e um como) é simples, porém efetiva, para ajudar a entender as razões (ou causas) da ocorrência de problemas. A técnica começa com o estabelecimento do problema e a pergunta “por que o problema ocorreu?”. Uma vez que as primeiras causas da ocorrência do problema tenham sido identificadas, é feita novamente a pergunta “por que essas causas ocorreram?” e assim por diante. É recomendável não ficar satisfeito com as causas levantadas muito facilmente. Esse procedimento é repetido pelo menos 5 vezes, e continua até que as causas raízes do problema analisado sejam identificadas (SASDELLI, 2012, p.24).

De acordo com Ohno (1978), na operação de produção de uma fábrica, os dados são considerados de grande relevância. Quando surge um problema, se a busca pela causa não for completa, as ações efetivadas podem ficar desfocadas e é por isso que repetidamente pergunta-se o porquê. O Sistema Toyota de Produção tem sido construído com base nessa prática, através dessa abordagem pode-se chegar à verdadeira causa do problema, que geralmente está escondido atrás de manifestações mais óbvias.

2.5. Métodos de Planejamento para Potencializar os Resultados da Implantação do *Lean Construction*

Para a implantação dos princípios da filosofia *Lean*, podem ser usados dois métodos de planejamento que ajudam na clareza e visualização dos serviços como um todo: *Last Planner System* e a Linha de Balanço.

2.5.1. Last Planner System (LPS)

O *Last Planner* foi desenvolvido nos Estados Unidos e desde então vem sendo implantado em vários países. O primeiro autor a fazer uma publicação sobre o assunto foi o Ballard, em 1993, durante um trabalho apresentado na conferência de inauguração do *International Group for Lean Construction (IGLC)*. Entretanto, somente depois da publicação do artigo "*Shielding Production*", em 1997, por Ballard e Howell, a utilização do sistema se expandiu. O *Last Planner* é uma ferramenta para controle da produção e se tornou mais popular que tem por base os princípios do *Lean Construction*. Isto, deve-se sobretudo ao fato de a indústria da construção, onde tem sido implementada, ter demonstrado resultados de sucesso (GRENHO, 2009).

Last Planner System (LPS) é uma ferramenta utilizada para alcançar excelência no planejamento e controle da produção, através de um método que envolve técnicas de planejamento que visam a integração dos diferentes níveis hierárquicos envolvidos. Esse método seria capaz de aumentar a confiabilidade do planejamento, proteger a produção da variabilidade associada e aumentar o comprometimento da mão de obra (BALLARD; HOWELL, 1998).

Segundo Ballard e Howell (1996), o planejamento e o controle são as duas faces da mesma moeda, o planejamento produz diretrizes que governam processos, enquanto os controles medem a conformidade com as diretivas e fornecem informações para futuros planejamentos. Por exemplo, os responsáveis por um canteiro de obras não precisam simplesmente presumir que os materiais serão entregues no prazo ou que os projetos serão precisos e completos, eles podem tentar antecipar o futuro olhando para o sequenciamento das atividades. Um sistema de

planejamento de produção bem estruturado não depende do controle apenas para um feedback de seus processos, mas também para a coleta de informações dos fornecedores em uma tentativa de compreender e moldar o fluxo de trabalho que vem em sua direção.

De acordo com Cardim e Granja (2011), o LPS divide o planejamento da produção em três etapas:

- a) Planejamento de Longo Prazo: Descreve a programação da obra de forma macro, com todos os serviços compreendidos, utilizando para sua elaboração informações referentes a prazos, fluxo de caixa da empresa e restrições financeiras;
- b) Planejamento de Médio Prazo (*Lookahead Planning*): Os principais objetivos desta etapa são proteger a produção contra as incertezas, integrar os níveis de planejamento, auxiliar no controle e na aprendizagem. É também nessa etapa que são identificadas as restrições para a execução das atividades;
- c) Planejamento de Curto Prazo (*Commitment Planning*): Esse planejamento ocorre comumente em reuniões semanais, envolvendo toda a equipe a frente da produção. O objetivo é avaliar as atividades da semana que passou e planejar as tarefas para a próxima semana.

Ainda Cardim e Granja (2011), citam que o método propõe dois indicadores para avaliar o andamento do projeto, o Percentual de Pacotes Completos (PPC) e o Índice de Remoção das Restrições (IRR). O primeiro, é a relação entre as tarefas realizadas e planejadas da semana, na qual tem origem no curto prazo nas reuniões semanais que definem metas. Já o segundo, é a relação entre as restrições apontadas e as removidas, que são geradas nas etapas de médio e curto prazo.

2.5.2. Linha de Balanço

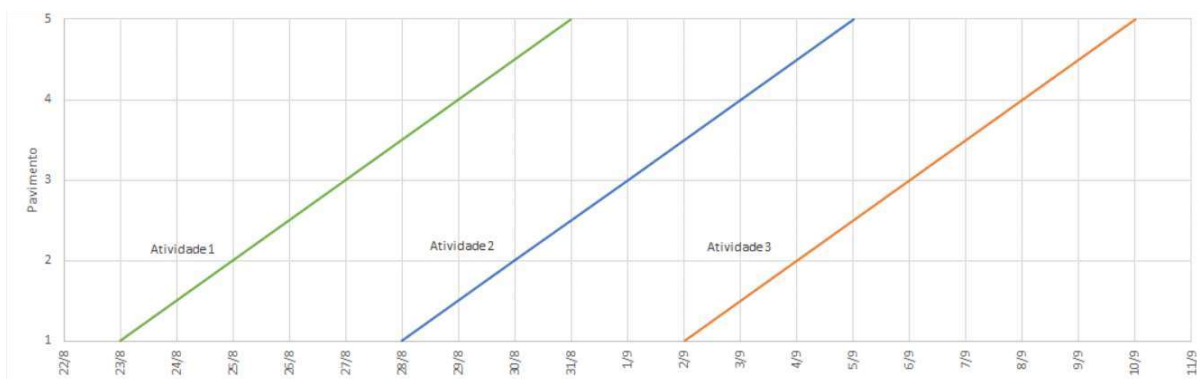
Linha de Balanço (do inglês *Line of Balance* - LOB), também conhecida como diagrama tempo-caminho ou diagrama espaço-tempo, foi desenvolvida em 1941 pela *Goodyear Tire Rubber Company*, nos Estados Unidos da América (EUA), sob orientação de George E. Fouck, esse conceito foi posteriormente levado para a

construção civil. A LOB é uma técnica de planejamento e controle utilizada em serviços repetitivos, como estradas, conjuntos habitacionais e edifícios. Por se tratar de ciclos de produção, os serviços repetidos podem ser apresentados por uma reta traçada em um gráfico tempo-progresso, onde a inclinação da reta mostra o ritmo com que as atividades avançam (MATTOS, 2010).

Para a representação gráfica, este autor menciona que a grandeza de tempo é representada na abscissa do gráfico (eixo X) e a quantidade de unidades produzidas na ordenada (eixo Y), quanto mais íngreme a reta, maior sua produtividade. A declividade define a taxa de produção no tempo, dessa forma a Linha de Balanço representa o ritmo que indica a produtividade do serviço. Martins e Monteiro (2011) afirmam que com a Linha de Balanço, o utilizador tem rapidamente acesso a uma série de informações como as atividades programadas para determinada data ou localização, os intervalos de tempo ou espaciais entre atividades, o ritmo de produção, uma comparação visual entre os ritmos de produção das várias atividades e as descontinuidades das atividades. Através dessas informações, pode-se ainda identificar deficiências no planejamento, como uma mesma atividade ocorrendo em diferentes locais, diferentes atividades ocorrendo ao mesmo tempo no mesmo local e locais com elevado período sem atividades.

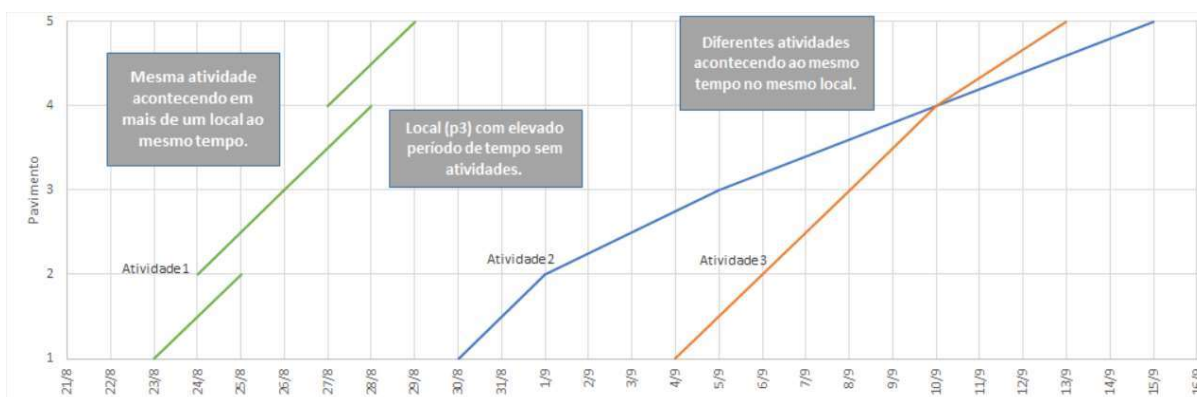
Através da LOB ocorre uma otimização simples e eficaz do planejamento, com continuidade das tarefas e ritmo de produção constante, alcançados por meio de períodos temporais e espaciais adicionais para compensar eventuais atrasos, folgas no início e fim das tarefas e divisão equitativa dos trabalhos no tempo. Para minimizar desvios em uma LOB, deve-se estimular a continuidade das tarefas, ou seja, não ter a mesma atividade ocorrendo em diferentes localizações ao mesmo tempo, e sincronizar os ritmos de produção para as várias tarefas, isto é, obter o máximo de linhas paralelas (MARTINS E MONTEIRO, 2011). As Figuras 6 e 7 ilustram um planejamento otimizado em contraponto a um planejamento com desvios.

Figura 6 - Linha de Balanço ideal



Fonte: Elaboração própria (2021).

Figura 7 - Linha de Balanço com desvios



Fonte: Elaboração própria (2021).

2.6. Implantação do *Lean Construction*

Segundo Womack e Jones (2004), existem uma série de medidas e iniciativas para alcançar melhores resultados com a implantação do *Lean*, mas também é necessário encontrar os líderes certos com conhecimento para começar seu próprio fluxo de valor. A mudança deve ser progressivamente estendida a toda a empresa e a todos os seus procedimentos e uma vez que o processo seja irreversível dentro de sua própria empresa, é hora descer muito além dos limites das empresas individuais, a fim de otimizar o todo.

As medidas e iniciativas citadas por Womack e Jones (2004), estão as apresentadas no Quadro 1 a seguir.

Quadro 1 - Medidas para a implementação do *Lean Construction*

Estágio	Medidas Específicas
Inicial	Encontre um agente de mudança
	Aprenda o conhecimento enxuto
	Encontre uma alavanca
	Mapeie o fluxo de valor
	Expanda o campo de ação
Criação de uma nova organização	Reorganize por famílias de produtos
	Crie uma função enxuta
	Defina uma política para funcionários redundantes
	Elimine aqueles que se opõem à mudança
	Dissemine uma mentalidade de "perfeição"
Implementação de sistemas de exploração	Introduza a contabilidade enxuta
	Vincule a remuneração aos resultados
	Implemente a transparência
	Inicie a implantação de uma política
	Introduza o treinamento enxuto
Conclusão da transformação	Dê ao maquinário o tamanho apropriado
	Aplique essas medidas a fornecedores e clientes
	Desenvolva uma estratégia global
	Transição de cima para baixo para melhoria de baixo para cima

Fonte: Adaptado de Womack e Jones (2004).

Venturini (2015), apresenta uma proposta de ações que devem ser tomadas para alcançar os 11 princípios do *Lean*, citados no item 2.2 do presente trabalho, através de algumas atividades apresentadas no Quadro 2 a seguir.

Quadro 2 - Plano de ação para alcançar os 11 princípios do *Lean*

(continua)

Princípio	Atividade
1. Reduzir quantidade de atividades que não agregam valor	Planejar layout do canteiro de obras.
	Mapear processos e ajustar os já existentes.
	Planejamento de curto prazo.
	Planejamento de médio e longo prazo.
	5S
2. Aumentar o valor do produto através da consideração das necessidades dos clientes internos e externos	Inspeção de qualidade e duração dos serviços executados.
	Gerenciamento visual.
	Planejamento.
	Avaliação do sistema de produção pelos visitantes do canteiro de obras.
	Mapear processos e ajustar os já existentes.
3. Reduzir a variabilidade	Padronização dos insumos necessários à produção.
	Padronização de elementos construtivos.
	Padronização de processos.
	Planejamento de médio e longo prazo.
	Dimensionar e treinar mão de obra polivalente.

Quadro 2 - Plano de ação para alcançar os 11 princípios do *Lean*

(conclusão)

Princípio	Atividade
4. Reduzir o tempo de ciclo	Planejamento de curto prazo.
	Dimensionar e treinar mão de obra polivalente.
	Padronização de elementos construtivos.
	Controle da produção.
5. Simplificar pela diminuição do número de pessoas e/ou partes	Padronização de processos.
	Padronização de elementos construtivos.
	Dimensionar e treinar mão de obra polivalente.
6. Aumentar a flexibilidade na execução de produto	Planejamento.
	Padronização de elementos construtivos.
	Dimensionar e treinar mão de obra polivalente.
	Controle da produção.
7. Aumentar a transparência	Gerenciamento visual.
	Utilizar indicadores de desempenho da produção.
	Informar os clientes sobre a conclusão de cada etapa.
	5S
8. Focar o controle em todo o processo	Planejamento de médio e longo prazo.
	Controle da produção.
	Padronização de processos.
	Dimensionar e treinar mão de obra polivalente.
	Gerenciamento visual.
9. Estabelecer a melhoria contínua	Institucionalizar a metodologia <i>Lean</i>
	Planejamento de médio e longo prazo.
	Gerenciamento visual.
	Reconhecimento da mão de obra.
	Gestão participativa
10. Balancear as melhorias dos fluxos com as melhorias das conversões	Padronização de processos.
	Planejamento de médio e longo prazo.
	Controle da produção.
11. Fazer <i>benchmarking</i>	Padronização de processos.
	Planejamento de médio e longo prazo.
	Controle da produção.
	Gestão participativa

Fonte: Adaptado de Venturini (2015).

Além das propostas sugeridas pelos autores acima, existem diversas ferramentas, citadas do item 2.5 do presente trabalho, e métodos, citados no item 2.6, que podem ser utilizados para na implantação do *Lean Constuction*. Apesar disso, segundo Oliveira (2018), os métodos de planejamento sofrerão alterações de forma com que todos os envolvidos nos processos possam participar, pensando sempre nos acordos firmados com os clientes internos e externos, através da identificação das fases e marcos da obra, definição dos “entregáveis” no tempo, identificação das restrições, análise de cenários da obra no tempo e análise logística (material, mão-de-obra e máquinas).

3. MÉTODO DE PESQUISA

Neste capítulo será descrito o método de pesquisa utilizado para o desenvolvimento do presente trabalho. A partir dele será feita a análise aplicação de ferramentas da filosofia *Lean Construction* como auxílio no gerenciamento de um empreendimento residencial multifamiliar, através de um estudo de caso na cidade de Biguaçu.

3.1. Classificação e estratégia do estudo

A pesquisa é um procedimento racional e sistemático que tem como objetivo encontrar respostas aos problemas que são propostos, essa é feita quando não se dispõe de informação suficiente para responder ao problema. Pode ser classificada em dois grandes grupos: razões de ordem intelectual e razões de ordem prática. Sendo a primeira, decorrente do desejo de conhecer pela própria satisfação de conhecer, e a segunda sucede do desejo de conhecer o modo de fazer algo de maneira mais eficiente ou eficaz (GIL, 2002).

Ainda segundo o mesmo autor, para elaborar um projeto de pesquisa mais específico, devem ser definidos seus objetivos e assim determinar as técnicas de coleta de dados a serem adotadas. Para isso, é preciso definir o nível da pesquisa, entre: exploratório, descritivo ou explicativo. O primeiro, têm o objetivo principal de desenvolver ideias com vista em fornecer hipóteses em condições de serem testadas em estudos posteriores, o segundo têm como objetivo básico descrever as características de populações e de fenômenos e o terceiro visa basicamente testar hipóteses.

No caso do presente trabalho o método de pesquisa adotado é o exploratório que, segundo Selltiz *et al* (1967 *apud* GIL, 2002), é o mais indicado para explicitar problemas, proporcionando familiaridade e facilitando a construção de hipóteses. O objetivo principal desse método de pesquisa é a descoberta e desenvolvimento de intuições juntamente com o aprimoramento de ideias. Com base em um planejamento extremamente flexível, comum para esse método, torna-se possível a consideração de variados aspectos com base no objeto de estudo. O

método de pesquisa exploratório é comumente utilizado, mas não restrito somente, em levantamentos bibliográficos, entrevistas com pessoas experientes no tema e análise de exemplos.

Outra forma de classificação de uma pesquisa é quanto aos métodos qualitativos e quantitativos que contribuem para o entendimento e a quantificação dos aspectos lógicos e essenciais ao fato ou fenômeno estudado. A pesquisa qualitativa não visa à quantificação, mas sim ao direcionamento para o desenvolvimento de estudos que buscam respostas que possibilitam entender, descrever e interpretar fatos, ela permite manter contato direto e interativo com o objeto de estudo. Já a pesquisa quantitativa, por sua vez, segue com rigor de estudo a um plano previamente estabelecido, com hipóteses e variáveis definidas pelo estudioso, essa visa enumerar e medir eventos de forma objetiva e precisa (PROETTI, 2017).

Para o presente trabalho foi adotada a abordagem qualitativa, visto que segundo Sampieri, Collado e Lucio (2013), através do estudo qualitativo é possível desenvolver perguntas e hipóteses antes durante e depois da coleta e análise dos dados. Geralmente essas atividades servem primeiro para descobrir quais são as perguntas mais importantes para a pesquisa e depois para responde-las. No enfoque qualitativo, nem sempre o pesquisador segue um processo claramente definido. As pesquisas qualitativas se baseiam mais em uma lógica e em um processo indutivo e vão do particular ao geral e a coleta de dados consiste em obter as perspectivas e os pontos de vista dos participantes. Em um típico estudo qualitativo, por exemplo, o pesquisador entrevista uma pessoa, analisa os dados e define conclusões e então, posteriormente realiza mais entrevistas para compreender o que busca.

A fim de facilitar o entendimento da estratégia de estudo utilizada, o Quadro 3 apresenta de forma resumida os procedimentos e ferramentas utilizadas para alcançar os objetivos específicos elencados no item 1.4 do presente trabalho, para então atingir o objetivo geral do trabalho que é fazer uma análise da aplicação de ferramentas do *Lean Construction* como auxílio no gerenciamento de um empreendimento residencial multifamiliar em um estudo de caso.

Quadro 3 - Método do trabalho

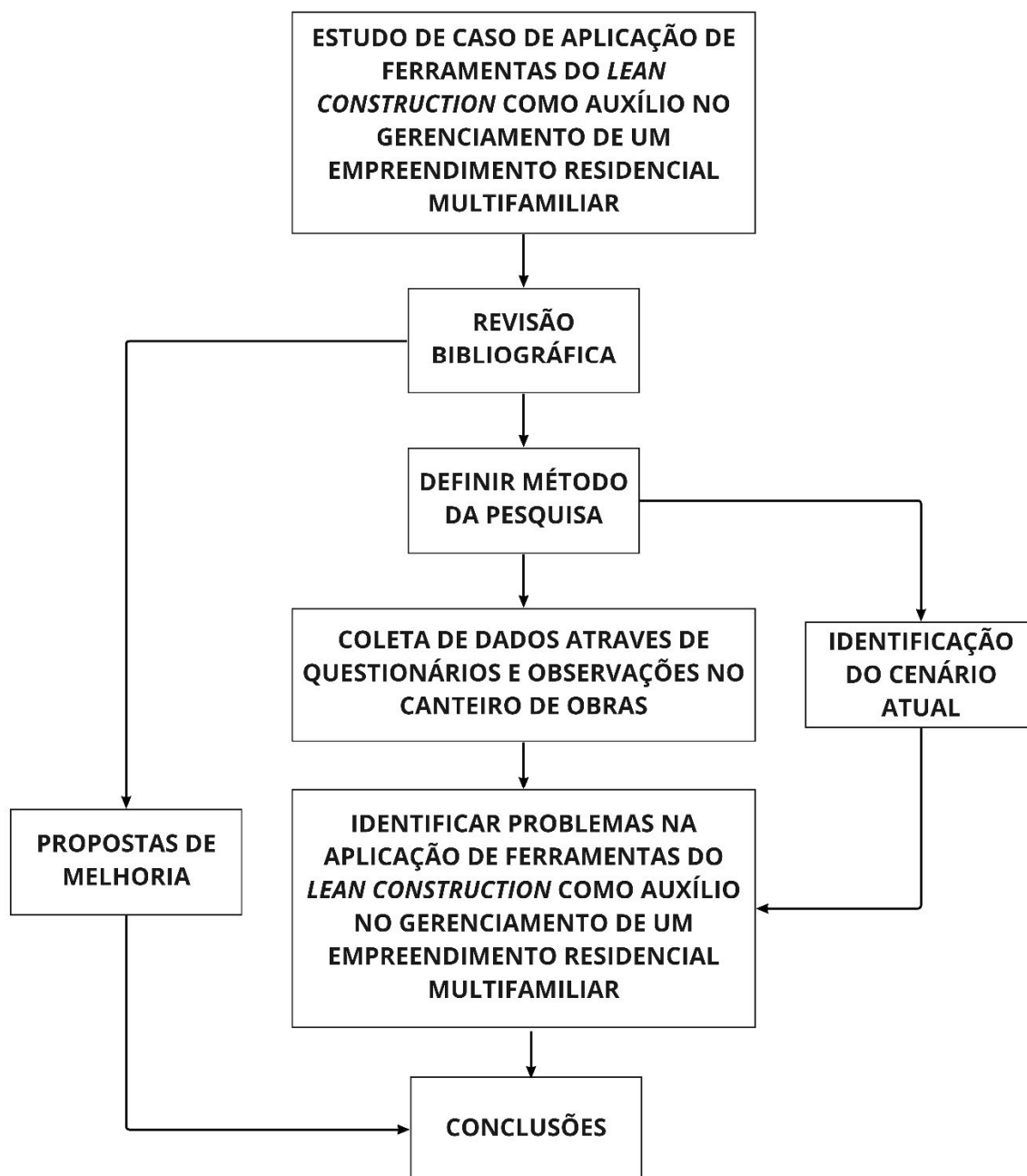
Objetivos Específicos	Método		
	Procedimentos	Ferramentas	Resultados
Acompanhar a aplicação de ferramentas da filosofia <i>Lean Construction</i> como auxílio no gerenciamento	Observar em campo os métodos e ferramentas utilizadas	Visitas ao canteiro de obras e conversas com colaboradores da empresa	Elencar ferramentas e procedimentos relativos ao <i>Lean</i> utilizados na empresa
Verificar a percepção dos colaboradores	Elencar as impressões e conhecimento dos colaboradores quanto aos métodos e ferramentas <i>Lean</i> adotadas no gerenciamento	Aplicação de questionário	Perceber o nível de disseminação da implantação da filosofia <i>Lean</i>
Apontar os desafios	Acompanhar a aplicação de ferramentas da filosofia <i>Lean</i>	Questionário e revisão bibliográfica	Identificar dificuldades na aplicação de ferramentas da filosofia <i>Lean</i> no gerenciamento
Propor melhorias	Analisar a literatura sobre <i>Lean Construction</i> e o status de ferramentas aplicadas da filosofia no estudo de caso	Revisão bibliográfica e apontamento dos desafios	Obter ganhos em decorrência da melhoria dos processos

Fonte: Elaboração própria (2021).

3.2. Fluxograma de desenvolvimento de trabalho

Para simplificar a visualização do fluxo de processos a serem desenvolvidos com a finalidade de atingir o objetivo geral do presente trabalho a Figura 8 a seguir apresenta um fluxograma da sequência e conexão das atividades.

Figura 8 - Fluxograma do trabalho



Fonte: Elaboração própria (2022).

Dentre os itens apresentados no fluxograma ilustrado na figura 8 está a revisão bibliográfica que é a revisão da literatura referente ao tema estudado, desenvolvida no capítulo 2. O método de pesquisa está explicado no presente capítulo. No próximo capítulo está desenvolvido o estudo de caso, onde inicia-se com

a descrição do empreendimento, parte para a identificação do cenário atual e por fim através da coleta de dados é feita a verificação da percepção dos colaboradores e então exposto pontos positivos da implantação, desafios encontrados e sugestões de melhorias ao processo. Para concluir, o último capítulo apresenta as considerações finais do trabalho.

3.3. Objeto de estudo

A unidade-caso se refere ao indivíduo inserido em um contexto específico, ou seja, é o que define os limites do objeto de estudo, e os critérios de seleção dos casos mudam conforme os propósitos da pesquisa (GIL, 2002). Para o presente trabalho, o objeto de estudo foi restrito a análise da aplicação de ferramentas do *Lean Construction* como auxílio no gerenciamento de um empreendimento residencial multifamiliar.

O empreendimento em questão, está sendo construído por uma construtora que tem como objetivo central a construção de habitações de interesse social. O empreendimento de estudo, está localizado na cidade de Biguaçu/SC e possui 400 unidades habitacionais, divididas em 25 blocos. Destaca-se que esse é o primeiro empreendimento da construtora na região a adotar ferramentas da filosofia *Lean* durante todo o processo construtivo e também conta com consultoria de uma empresa especializada no tema.

3.4. Elaboração da coleta de dados

Segundo Yin (2001), a etapa de coleta de dados requer habilidades específicas do pesquisador, treinamento e preparação, desenvolvimento de um roteiro e a condução de um “estudo-piloto”.

De acordo com Gil (2002) para elaboração da coleta de dados de um estudo de caso, necessita de vários instrumentos de pesquisa tais como formulários, questionários, entrevistas e escalas de observação. Neste trabalho será utilizado como fonte de evidências questionários com perguntas abertas e fechadas e observação através das visitas realizadas no canteiro de obras diariamente por uma

das integrantes e em dias específicos pela outra integrante para um maior embasamento de análises a serem feitas.

3.4.1. Questionário

A função de questionário é basicamente transmitir claramente os objetivos específicos em perguntas bem redigidas. (GIL, 2002)

O questionário é elaborado pelo pesquisador e preenchido pelo informante utilizando uma linguagem simples e objetiva para que o respondente entenda claramente o que está sendo perguntado. O questionário deve ser precedido por uma carta de explicação contendo qual é a proposta da pesquisa, o instrumento do preenchimento, instruções da devolução, incentivo para preenchimento e agradecimento. Além disso não é necessário que o respondente se identifique (BELLO, 2004).

Ainda de acordo com o autor, o questionário pode ser feito para ter respostas como sim ou não, verdadeiro ou falso e certo ou errado, sendo estas respostas fechadas. Outra opção é deixando livre para ter respostas curtas e abertas. Uma terceira opção é deixar formulário com múltiplas opções de respostas. Pode-se adotar apenas uma opção ou fazer um misto delas.

Para este trabalho será construído um formulário online para aplicar com engenheiros, encarregados, auxiliares e estagiários, adotando o modelo mais utilizado entre pesquisadores para saber o grau de concordância relacionado ao assunto, a escala Likert. Este modelo foi desenvolvido pelo Rensis Likert (1932) para mensurar atitudes no contexto das ciências comportamentais. (JÚNIOR; COSTA, 2014).

3.4.2. Observação em campo

A coleta de dados para os estudos de caso pode se basear em muitas fontes de evidências, uma delas é a observação direta. Para Yin (2001), ao realizar uma visita de campo ao local escolhido para o estudo de caso, você está criando a oportunidade de fazer observações diretas. Essas observações servem como fonte de evidências, que podem variar de atividades formais a atividades informais de coleta de dados. Mais formalmente podem ser desenvolvidos protocolos de observação

como parte do estudo de caso, e pode-se pedir ao pesquisador de campo para avaliar a incidência de certos tipos de comportamentos durante certos períodos de tempo no campo.

Se o estudo de caso for sobre uma nova tecnologia, por exemplo, observar essa tecnologia no ambiente de trabalho prestará uma ajuda inestimável para se compreender os limites ou os problemas dessa nova tecnologia. Da mesma forma, as observações feitas em um bairro ou em uma unidade organizacional trarão uma nova dimensão na hora de compreender tanto o contexto quanto o fenômeno que está sob estudo. As observações podem ser tão valiosas que você pode até mesmo pensar em tirar fotografias do local do estudo (YIN, 2001, p. 115).

A observação em campo foi realizada em todo o período de desenvolvimento do trabalho, haja vista que uma das integrantes trabalha no local de estudo e em outros momentos, visitas para acompanhamento de reuniões, registradas por anotações e fotografias da organização e padronização das etapas de implantação.

3.5. Análise dos dados

De acordo com Gil (2002), muitos estudos de campo possibilitam a análise de dados, sobretudo quando são utilizados questionários para a coleta de informações. A análise qualitativa é menos formal e depende de muitos fatores, tais como a natureza dos dados coletados, extensão da amostra, instrumentos de pesquisa e pressupostos teóricos que nortearam a investigação. O processo de análise de dados é composto por uma sequência de atividades que envolvem a redução, caracterização e interpretação dos dados para então gerar um relatório.

Neste presente trabalho, foi abordado a análise qualitativa para descrever os dados obtidos na aplicação dos questionários, seguindo com a redução das informações descritas pelos colaboradores e observações em campo, deixando mais claro e objetivo os resultados do estudo de caso.

4. ESTUDO DE CASO

No presente capítulo será apresentado o estudo de caso referente ao uso da filosofia *Lean Construction*, no qual são expostos os métodos e ferramentas utilizadas para auxiliar o gerenciamento do empreendimento e também apresentar a percepção dos colaboradores quanto a adesão dessas ferramentas.

4.1. Descrição da Empresa A e Empreendimento

A empresa construtora do empreendimento do estudo de caso é a maior incorporadora e construtora da América Latina no segmento de Empreendimentos Residenciais Populares, com 42 anos de atuação, presente em 163 cidades, em 22 estados brasileiros, incluindo o Distrito Federal, atuando também desde 2020 nos Estados Unidos, com presença em 19 cidades.

Ao longo dos últimos anos a construtora vem diversificando sua linha de negócios e produtos, com o objetivo de melhor atender à crescente demanda do mercado imobiliário residencial. Hoje, já é uma plataforma de soluções habitacionais completa, capaz de fornecer a melhor opção de moradia para o momento de vida de cada cliente, seja através da aquisição de apartamentos, através da compra de um terreno em loteamentos completamente urbanizados ou até mesmo do aluguel de imóveis.

A empresa A relata em seus canais de comunicação que investe cada vez mais em soluções tecnológicas em busca de eficiência e melhores resultados operacionais, e tem como objetivo para o ano de 2022 aprimorar a linha de produção, agregando mais qualidade aos métodos construtivos e segurança aos operários, através da aplicação da filosofia *Lean Construction* em os seus canteiros de obras. Além disso, segundo a biografia, essa filosofia racionaliza os processos construtivos de modo a evitar desperdícios, como o retrabalho, a superprodução, o estoque, movimentações desnecessárias, esperas, transportes e processos que não agregam valor.

O objeto de estudo se trata da construção de um empreendimento de condomínio fechado com apartamentos compostos de dois dormitórios, banheiro, sala

e cozinha (Figura 9). O condomínio é composto de 25 blocos, somando 400 apartamentos, e também oferece vagas de garagem, quadra poliesportiva, piscinas, salão de festas, churrasqueira, *pet place*, *playground*, dentre outros espaços conforme a Figura 10 e 11, totalizando uma área construída de 20.799,51 m².

Figura 9 - Planta baixa dos apartamentos



Fonte: Site da Empresa A (2022).

Figura 10 - Implantação do Empreendimento



Fonte: Site da Empresa A (2022).

Figura 11 - Empreendimento em construção



Fonte: Elaboração própria (2022).

4.2. Observação em campo da aplicação de ferramentas do *Lean Construction*

De acordo com os colaboradores mais antigos, a construtora começou a adotar alguns dos princípios do *Lean Construction* em 2020, em obras da cidade de Porto Alegre – RS, através de Benchmarking com outras empresas. Posteriormente esse projeto foi evoluindo internamente adaptando-se aos pilares estratégicos da companhia, de forma a padronizar processos e ferramentas, que através de consultoria externa e profissionais internos treinados, vêm sendo disseminados nos seus canteiros de obras de todo país.

Esse projeto visa padronizar a execução dos serviços em todas as obras, com objetivo de aumentar a produtividade e diminuir o tempo de obra com base em um mesmo *Takt Time* e utilizando as mesmas rotinas e ferramentas. Conseqüentemente estará garantindo o sequenciamento de serviços e de equipes entre canteiros de obras e a sustentabilidade dos processos.

No empreendimento analisado, foi iniciado a utilização de ferramentas do *Lean Construction* em setembro de 2021, quando a obra se encontrava com cerca de 25% de estrutura concluída e iniciando os trabalhos de acabamento. Neste momento, foi dado início a consultoria externa para esse propósito, contando com visitas quinzenais durante três meses, onde foram apresentados os conceitos do projeto a ser implantado, na Figura 12 mostra a equipe em reunião.

Figura 12 – Equipe administrativa em reunião

Fonte: Elaboração própria (2022).

O primeiro passo do consultor foi difundir os conceitos com toda equipe administrativa, por meio de um curso ofertado e dois dias de treinamento na obra que contou com a presença do gestor de obras, engenheiro residente, auxiliares de engenharia, estagiários, encarregados, mestre de obra, almoxarifes, técnicos de segurança, auxiliar administrativo e setores de apoio. Houve também nesse momento a delimitação das equipes administrativas para a etapa de estrutura e para a etapa de acabamento.

Com as expectativas alinhadas foi dado início a aplicação dos conceitos e ferramentas, em primeiro momento aconteceu no escritório através de alterações no planejamento da obra, em seguida foram implantadas rotinas de planejamento e de gestão aplicadas por toda equipe administrativa, todos esses são processos já padronizados para a aplicação de ferramentas do *Lean* que está ocorrendo em todas as obras.

4.2.1. Definição de ritmo de serviços: *Takt Time*

O método construtivo de execução de estrutura do empreendimento é a parede de concreto, este sistema é recomendado para obras com alta repetitividade como o caso do estudo. A execução desse sistema acontece por meio de uma forma metálica montada no local e preenchida com concreto já com as instalações elétricas e hidráulicas e a armação embutidas. Nesta obra estão sendo utilizados dois jogos de forma, sendo que cada um é composto por dois apartamentos, dessa forma é possível a produção de quatro apartamentos por dia de estrutura.

Contudo, o padrão do projeto implementado pela empresa é o prosseguimento com *Takt* de 0,5 dia por apartamento, ou seja, dois apartamentos por dia, esse número foi definido devido a capacidade produtiva de um jogo de formas metálicas e foi repassado para todos os serviços consecutivos. Dessa forma, para a etapa de acabamento foi organizado uma equipe seguindo este *Takt* e uma segunda equipe em formação com objetivo de atender esse *Takt* no futuro e assim alcançar a produção balanceada a etapa de estrutura que tem o *Takt* de 0,25 dia por apartamento.

Sendo assim, durante o período de estudo a obra prosseguiu com uma equipe de acabamento, estruturada para atender o *Takt* de 0,5 dia por apartamento em cada um dos serviços desta fase.

4.2.2. Balanceamento de equipes

A partir da definição do *Takt Time* seguindo o planejamento da empresa para adoção da filosofia *Lean*, é necessário fazer um balanceamento das equipes a fim de adequar a produção de todos os serviços a dois apartamentos por dia e assim garantir o sequenciamento sem sobreposição das atividades na obra.

Para o balanceamento das equipes foi feito um levantamento de todo o recurso de mão de obra existente na obra e também foi utilizado a divisão das atividades em pacotes de serviços, esses que já estão padronizados pela empresa em obras anteriores. A partir de informações de produtividade e da experiência da consultoria em outros empreendimentos, foi padronizado a quantidade necessária de recursos para cada pacote de serviços (Tabela 1).

Porém conforme a progressão da obra, foram necessárias algumas adaptações ao balanceamento planejado por conta de dificuldades encontradas. A primeira dificuldade foi a falta de mão de obra para que alguns pacotes atingissem a quantidade necessária de recursos, a segunda dificuldade foi o balanceamento dos pacotes executados por empresas terceirizadas, visto que esses não têm o interesse de produzir apenas a quantidade que a obra precisa, por fim e a terceira dificuldade foi com relação as variações entre os apartamentos, no caso do piso cerâmico, por exemplo, nos pavimentos do térreo o piso é no apartamento inteiro, enquanto no pavimento tipo é apenas na cozinha e banheiro.

A Tabela 1 abaixo apresenta a divisão dos pacotes de serviços que compõe a etapa de acabamento, com a respectiva quantidade de recursos necessários para atender o *Takt* definido. O recurso apresentado significa a quantidade de pessoas para realizar aquele serviço ou grupo de serviços.

Tabela 1 - Balanceamento de equipes

(continua)

Serviço	Recurso
Azulejo Aptos	5 pessoas
Cerâmica Aptos	
Cerâmica Hall + Espelho Escada	
Rejunte + Proteção Piso (Apto)	2 pessoas
Rejunte + Proteção Piso (Hall)	
Forro de Gesso	1 pessoa
Emassamento (Gesso Liso ou Massa) - Apto	17 pessoas
Emassamento (Gesso Liso ou Massa) - Hall	
Massa Corrida (Apto)	
Massa Corrida (Hall)	
Lixa (Apto)	
Lixa (Hall)	
Revisão Pré-Látex (Apto)	
Revisão Pré-Látex (Hall)	
1ª Demão Pintura (Apto)	
1ª Demão Pintura (Hall)	
Bancadas e Louças	1 pessoa
2ª Demão Pintura (Apto)	9 pessoas
2ª Demão Pintura (Hall)	

Tabela 1 - Balanceamento de equipes

(conclusão)	
Serviço	Recurso
Limpeza Grossa	2 pessoas
Portas de Madeira - 1ª Etapa (Espumar)	1 pessoa
Portas de Madeira - 2ª Etapa (Acabamento e Fechadura)	
QDC + Acabamento Elétrico	1 pessoa
Metais (Torneiras, Sifão, Engates)	1 pessoa
Piso Laminado	2 pessoas
Checklist Final	2 pessoas
Limpeza Fina	1 pessoas
Textura Externa - Tratamento	4 pessoas
Textura Externa - Selador 1ª Demão e Moldura	
Textura Externa - Selador 2ª Demão	
Textura Externa - Selador 3ª Demão	
Textura Externa - Pintura	
Estrutura Muro Área Privativa	1 pessoa
Textura Externa - Barrado e Muro Privativa	4 pessoas
Prumadas Gás	1 pessoa
Ramal Gás Interno (Instalação e Teste)	

Fonte: Elaboração própria (2022).

4.2.3. Tempo de Ciclo

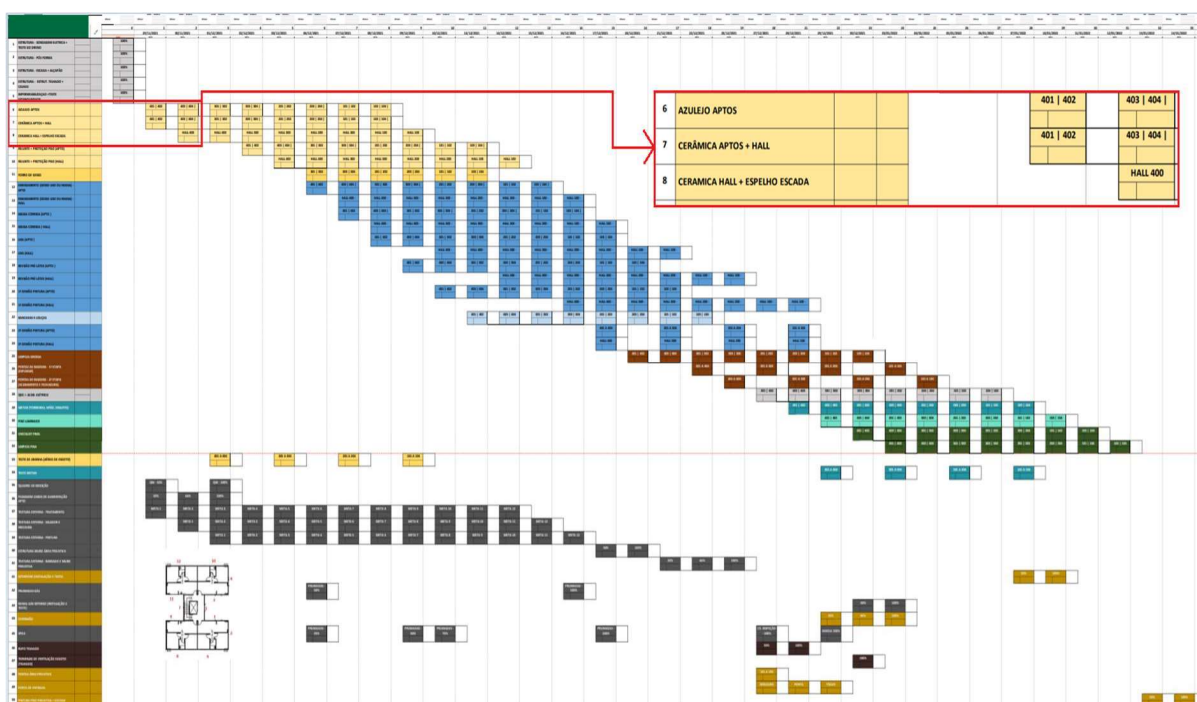
Após a definição do *Takt Time* e com o balanceamento das equipes é necessário sequenciar as atividades para definir o tempo de ciclo de um bloco, isto é, o tempo total do início ao fim de todos os pacotes de serviço. É importante salientar que quanto menor o intervalo entre as atividades, menor será o ciclo planejado, entretanto é necessário prever algum tempo entre os pacotes, a fim de absorver possíveis paradas do sequenciamento.

A empresa já tem padronizações quanto ao sequenciamento dos pacotes de serviços por bloco, esses são apresentados em forma de diagrama de *Gantt*³, porém as dificuldades explicitadas no capítulo 4.2.2, também afetam na composição do sequenciamento, dessa forma também houve adaptações para a obra.

³ Instrumento de fácil visualização de cada atividade de um projeto ou empreendimento com simples aplicação (ÁVILA; JUNGLES, 2013).

A partir do diagrama adotado pela empresa, tem-se que o tempo de ciclo do acabamento de um bloco é de 35 dias trabalhados. A Figura 13 mostra o diagrama de *Gantt* adotado para a obra para a etapa de acabamento, onde as colunas representam os dias trabalhados e em cada linha possui uma atividade diferente, apresentadas na Tabela 1, além disso as cores agrupam pacotes de serviços.

Figura 13 - Diagrama de *Gantt* de acabamento



Fonte: Adaptado de Empresa A (2022).

Na Figura 13 está distribuído para o período de 35 dias todos os serviços com a data exata para a execução, onde em cada linha, como o destaque na figura, existe um serviço e em cada quadrado possui os apartamentos que serão executados no respectivo dia. Dessa forma, se aplica o sistema de produção puxado, citado no tópico 2.4.2, onde a produção é puxada conforme a necessidade.

Como os serviços são agrupados em pacotes, que estão representados com cores diferentes no diagrama, é possível saber a duração de cada pacote de serviço, como por exemplo, as atividades de cerâmica estão representadas na cor amarelo e acontecem durante 12 dias. Outra constatação através do diagrama é que acontecem execuções de diferentes pacotes de serviço no mesmo momento, porém sempre em apartamentos diferentes.

no eixo vertical (y). As linhas da figura representam cada serviço planejado, ou já executado. A linha de balanço ideal, é quando as linhas se encontram paralelas umas às outras com o mesmo ângulo de inclinação, isso significa que os serviços ocorrem com o mesmo ritmo.

Como pode ser percebido através da linha de balanço, nem todos os serviços fluem perfeitamente no ritmo de 0,5 dia por apartamento, como por exemplo a pintura interna, linha azul da figura, que se estende por mais tempo que as demais atividades. Isso gera espaços de tempo maiores entre os serviços e ociosidade dentro das unidades, situação oriunda da dificuldade de conseguir mão de obra para execução do serviço.

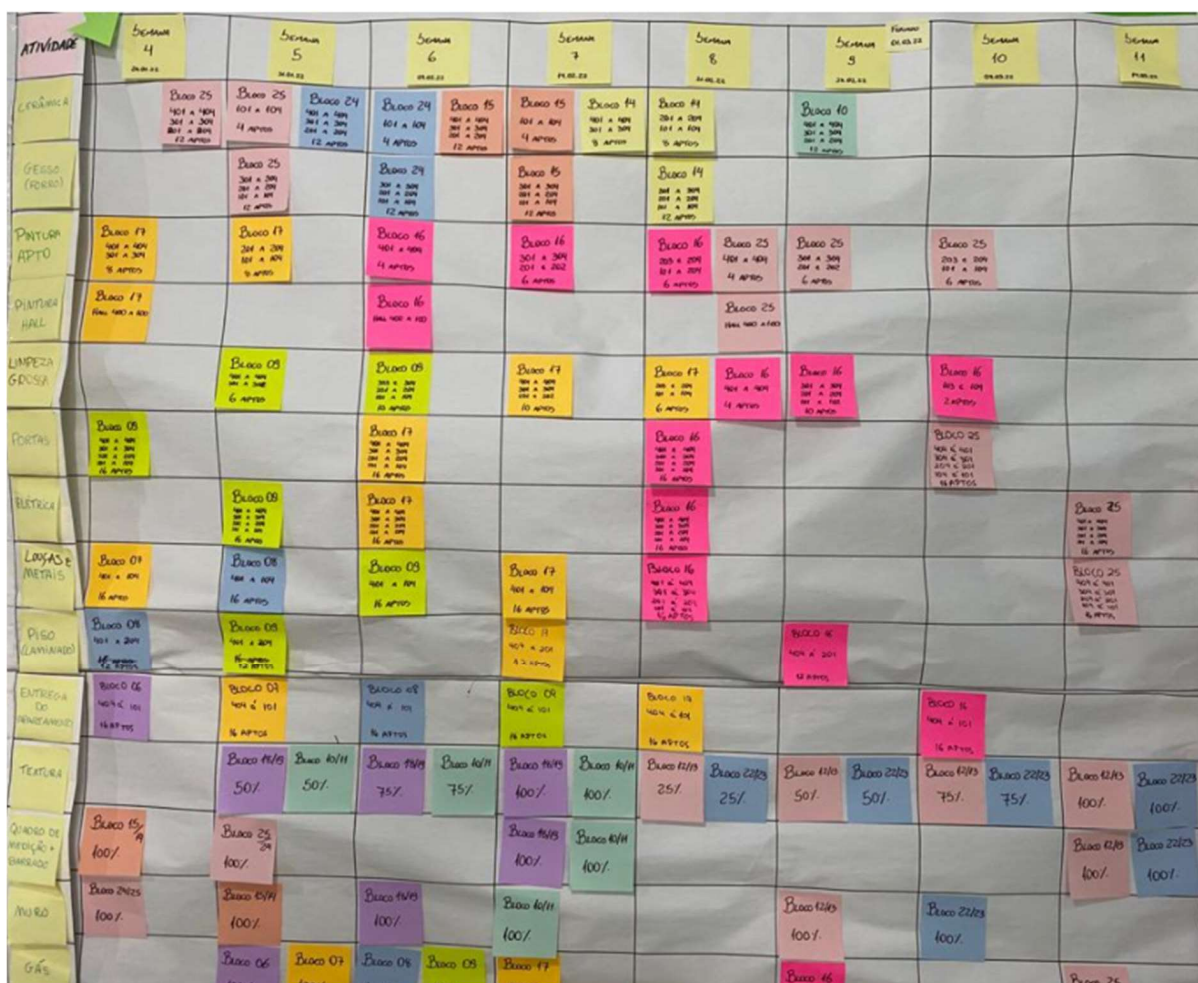
Através da Linha de Balanço são feitas análises de sobreposição de serviços e simulações de sequenciamento, tornando ágil o planejamento e adequado ao dia a dia do canteiro de obras. Outro benefício que pode ser percebido através da análise da LOB é o sequenciamento das atividades de forma mais clara e objetiva do que em um planejamento apenas em planilha, dando visibilidade ao planejamento para todos.

O planejamento de longo prazo por englobar todos os serviços do empreendimento é importante pois é utilizado para a empresa como estimativa de produção de cada mês e também para os planejamentos de compras de materiais, contratação de mão de obra e logística de canteiro.

4.2.5. Planejamento de Médio Prazo

O planejamento de médio prazo foi introduzido na obra após o início da consultoria de *Lean*, é uma das rotinas que fazem parte da implantação padronizada pela empresa. Esse planejamento consiste em compilar o cronograma de execução de todos os serviços para as próximas seis semanas de forma visual, conforme a Figura 15. Horizontalmente divide-se as colunas em semanas e verticalmente estão posicionados todos os serviços da etapa de acabamento. Em cada quadrante é posicionado um post-it, com cores separadas de acordo com cada bloco, referente ao local de execução do respectivo serviço e semana.

Figura 15 - Planejamento visual de seis semanas



Fonte: Empresa A (2022).

A atualização desse cronograma visual é feita toda semana pelo gerente do acabamento antes da realização da reunião (Figura 16) com a equipe de engenheiro, encarregados, auxiliares de engenharia e estagiários. O objetivo principal desta reunião é elencar restrições que possam interferir nos serviços para que eles ocorram conforme o planejamento exposto. Para listar as restrições são repassados cada um dos serviços em cada uma das seis semanas, buscando possíveis problemas de material, ferramentas, mão-de-obra, logística, segurança do trabalho, entre outros.

Figura 16 - Reunião de médio prazo

Fonte: Elaboração própria (2022).

Todas as restrições são anotadas em um papel na cor referente ao local de impacto, dispostas no quadro de restrições no quadrante referente a semana em que irão influenciar (Figura 17). Para cada restrição é aberto um plano de ação, destinando uma solução, um responsável e uma data para a retirada da respectiva restrição, os planos de ação são marcados em um quadro (Figura 18). Semanalmente, a partir dessa reunião, é calculado o IRR (Índice de Remoção de Restrições), que é a relação entre as restrições retiradas e as restrições elencadas para o período, medindo assim a efetividade da retirada de restrições.

Figura 17 - Quadro de restrições

Restrições de Acabamento								
	SEMANA 1 28/04-02/05	SEMANA 2 05/05-09/05	SEMANA 3 12/05-16/05	SEMANA 4 19/05-23/05	SEMANA 5 26/05-30/05	SEMANA 6 02/06-06/06	SEMANA 7 09/06-13/06	SEMANA 8 16/06-20/06
MÃO DE OBRA								
MATERIAL								
FERRAMENTA								
EQUIP DE GRANDE PORTE								
PROJETO/ ESCOTO								
CONTROLE								
SSMA								

Fonte: Empresa A (2022).

Figura 18 - Plano de ação

PLANO DE AÇÃO									
ESTRUTURA					ACABAMENTO				
#	AÇÃO	RESPONSÁVEL	DATA NECESSÁRIO	STATUS	#	AÇÃO	RESPONSÁVEL	DATA NECESSÁRIO	STATUS
	LEVANTAMENTO ESPAÇADOR MARCAÇÃO	BRUNO	14/01	OK	1	Regularizar bancadas Bloco 6	IRÁ	27/01	✓
	FAZER LEVANTAMENTO CABO 25	JOÃO	09/01	OK	2	Limpeza Bloco 6	IRÁ	27/01	✓
	FAZER PEDIDO LONA L/R AZUL	JOÃO	23/01	OK	3	Conferência Pintura Bloco 7	TÚLIO	27/01	✓
	ACOMPANHAR PEDIDO DE JUNÇÃO DE ESCOTO	JOÃO	07/01	OK	4	COMPRAR VÍDEO	KAMILA	05/02	✓
	ACOMPANHAR PEDIDO TELA IMPERMEABILIZAÇÃO	JOÃO	07/01	OK	5	TAREFA PINTOR	KAMILA	05/02	✓
	VERIFICAR PEDIDO DE CAMISINHA	BRUNO	19/01	OK	6	COMPRAR PU SACHÊ	KAMILA	05/02	✓
	FAZER PEDIDO DE ESPAÇADOR	BRUNO	19/01	OK	7	COMPRAR TINTA BRANCA	KAMILA	31/01	✓
	VERIFICAR QUANTIDADE DE FINCA PIMOS	BRUNO	19/01	OK	8	COMPRAR Rolo de Lã	KAMILA	31/01	✓
	AUTORIZAÇÃO TRENA DE 10M	MICHEL	19/01	OK	9	LAVAR Bloco 15	LUCAS	23/01	✓
	FAZER PEDIDO PARA FINALIZAR LAMPADA	JOÃO	19/01	OK	10	COMPRAR Rolo Textura	MACIEL	01/02	✓
	LEVANTAMENTO CENTOPÉDIA	BRUNO	19/01	OK	11	Garantir o pedido de Parcelamento	KAMILA	25/02	✓
	VERIFICAR QUANTIDADE PINGADEIRA	GEOVANI	28/01	OK	12	Ajustar o Bloco 14	LUCAS	02/03	✓
	PEDIDO DE CAMISINHA	BRUNO	21/01	OK	13	Regularizar parede Bloco 25	LUCAS	02/03	✓
	TROCAR PEÇA PNE	BERNARDO	04/20	OK	14	Regularizar parede Bloco 24	LUCAS	03/03	✓
	LEVANTAMENTO DE SANDELA	GEOVANI	28/01	OK	15	Regularizar piso Hall Bloco 14	LUCAS	03/03	✓
	FAZER LEVANTAMENTO MATERIAL TELHADO	ILIA	28/01	OK	16	Ajustar o muro no Bloco 24	LUIS	03/03	✓
	COLOCAR DEGRAU BL 20	BRUNO	28/01	OK	17	Finalizar o acabamento Bloco 16	TÚLIO	02/03	✓
	FAZER PEDIDO DE PALHA DE AÇO	BERNARDO	15/02/01	OK	18	Pendências do site	LUCAS	02/03	✓
	MARCAÇÃO DO PNE	BERNARDO	11/02	OK	19	Garantir textura na obra	LUCAS	02/03	✓
	VALIDAÇÃO ARMAÇÃO PNE	BERNARDO	11/02	OK	20	Garantir textura na obra	KAMILA	09/03	✓
	VALIDAÇÃO KIT INSTALADORA	BERNARDO	11/02	OK	21	Paralelepípedos de registro	KAMILA	09/03	✓
	COMPATIBILIZAÇÃO PNE	BERNARDO	11/02	OK	22	Realizar com o cliente de cronograma	MANU	03/03	✓
	VALIDAÇÃO PNE FÔRMA	BERNARDO	11/02	OK	23	Implantar pedido final de piso	MANU	03/03	✓
	TRANSFERÊNCIA MATERIAL FÔRMA	BERNARDO	23/02	OK	24	Quantitativo de piso q/ pedido	LUCAS	03/03	✓
	LAVAGEM DA FÔRMA	BERNARDO	23/02	OK	25	Quantitativo de material de piso	LUCAS	03/03	✓
	VERIFICAR PEDIDO DISCO DESBASTE	BERNARDO	11/02/01	OK	26	Quantitativo de material de pintura	TÚLIO	02/03	✓
	VERIFICAR PEDIDO BIANCO	HIGOR	11/02	OK					

Fonte: Empresa A (2022).

O objetivo do planejamento de médio prazo é o de remover restrições que causam interferências na execução das atividades planejadas, ou seja, quanto maior o IRR menor será a interferência no planejamento, e isso só é possível por meio da colaboração de todos os envolvidos no sistema de gestão. Os benefícios dessa rotina são a aderência ao prazo planejado, atividades com terminalidade, equipe com autonomia, colaborativa e com responsabilidades balanceadas e gestão preventiva de problemas.

4.2.6. Planejamento de Curto Prazo

O planejamento de curto prazo consiste em um planejamento semanal, gerado pelo gerente de acabamentos comumente nas sextas-feiras referente a semana seguinte.

Diariamente, sempre no mesmo horário, a equipe se reúne no bloco mais adiantado em etapas de acabamento ainda em execução, e inicia-se a reunião diária (Figura 19). Primeiramente são repassadas as instruções da reunião, para que a mesma prossiga objetiva e direcionada as ações necessárias. As reuniões duram em média 10 minutos em cada bloco e acontecem em cerca de seis blocos que estão com serviços de acabamento em andamento na respectiva semana.

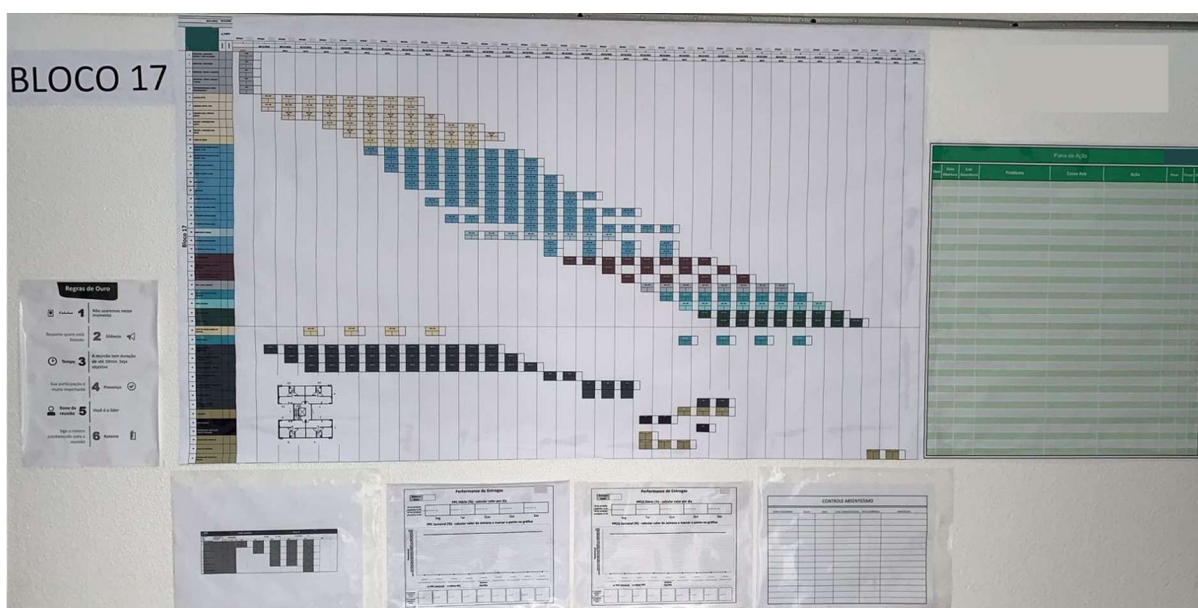
Figura 19 - Reunião diária



Fonte: Elaboração própria (2022).

Em seguida é feita análise do *Gantt* do respectivo bloco, o qual é fixado no hall de entrada junto com outras informações (Figura 20). Nesta análise são feitas comparações entre o andamento atual dos serviços em comparação com o planejamento, calculando assim a quantidade de dias de dispersão. Esse número é importante para determinar quantos dias de atraso está cada bloco e assim tomar possíveis ações para reverter o cenário, caso for preciso.

Figura 20 – Imagem do quadro com o planejamento de um dos blocos



Fonte: Empresa A (2022).

Em seguida é feita análise da quantidade de pacotes de serviços concluídos no dia anterior em relação a quantidade de pacotes planejados, esse índice chamamos de PPC (Percentual de Pacotes Concluídos). O indicador PPC inferior a 100% significa que devem ser tomadas ações imediatas para a recuperação do planejamento. A ferramenta dos cinco porquês, citada anteriormente nesse trabalho, é utilizada para determinar a causa raiz, direcionando um plano de ação para mitigar o problema. O plano de ação é registrado em uma folha situada ao lado do quadro *Gantt*, onde é escolhido um responsável e proposto um prazo para a solução.

Outro índice a ser analisado é o PPCQ (Percentual de Pacotes Concluídos com Qualidade), este refere-se aos pacotes de serviços concluídos que já estão conferidos e aprovados. Essa análise é sempre feita com dados de dois dias atrás

para que dê tempo da conferência devida do serviço. Esse índice está diretamente relacionado com a qualidade da entrega dos serviços finalizados.

Ainda na reunião, são repassados os serviços que devem ser executados no dia atual, a fim de verificar se existem condições para que a atividade ocorra como o planejado, caso contrário, também é aberto um plano de ação na tentativa de resolver o possível problema e não interromper o planejamento.

Outro controle existente em cada bloco é uma tabela com os absenteísmos ocorridos que impactaram atividades, analisando os funcionários ausentes e a reincidência dos mesmos. Em seguida a equipe se desloca para o próximo bloco e repete a rotina até passar em todos os blocos com serviços de acabamento em execução.

Essa rotina de curto prazo, conhecida como reunião diária, é muito importante para garantir a aderência do planejado, pois através dela é visualizado quase de imediato os problemas que afetam a execução das atividades, como a falta de um colaborador, possibilitando rápidas atitudes para mitigar esse atraso, como por exemplo, a reposição do colaborador faltante por outro.

4.3. Percepção dos Colaboradores

A implantação da filosofia *Lean* ocorreu principalmente de duas formas: através do entendimento dos princípios e do *Last Planner System* (LPS), como citado nos capítulos anteriores. A fim de verificar a efetividade da aplicação de ferramentas do *Lean Construction* como auxílio no gerenciamento, pontos positivos referentes a adoção da filosofia, desafios na implantação e sugestões de melhorias para o processo, foi elaborado um questionário para verificar a percepção dos colaboradores (Apêndice A).

O questionário foi aplicado na forma online através da plataforma Microsoft Forms para onze colaboradores da equipe administrativa, sendo eles um engenheiro, dois encarregados, cinco auxiliares de engenharia e três estagiários. Cada um deles possui um papel diferente dentro da empresa e também responsabilidade sobre a etapa de implantação e aplicação da metodologia *Lean Construction*, tornando mais abrangente o estudo e com visões diferentes sobre o processo como um todo.

O questionário aplicado possui duas etapas. A primeira etapa é composta de oito questões fechadas com o intuito de entender a interpretação dos colaboradores quanto ao processo de aplicação de ferramentas da filosofia. Nestas questões os respondentes poderiam escolher entre as opções: concordo plenamente, concordo, indiferente, discordo, discordo plenamente e não sei responder, acerca de afirmações positivas referente a implantação.

A Tabela 2 abaixo ilustra os resultados obtidos através dessa primeira etapa do questionário, onde pode ser percebido que 89,28% das respostas são promotoras quanto as afirmações positivas.

Tabela 2 - Resultado dos questionários

Perguntas	Respostas				
	Discordo Plenamente	Discordo	Indiferente	Concordo	Concordo Plenamente
A filosofia <i>Lean Construction</i> foi facilmente aplicada.	0,00%	0,00%	0,00%	42,86%	57,14%
As rotinas de planejamento e acompanhamento são seguidas conforme o esperado.	0,00%	28,57%	0,00%	71,43%	0,00%
Houve redução no tempo planejado para a execução da obra devido a implantação do <i>Lean Construction</i> .	0,00%	0,00%	0,00%	28,57%	71,43%
Foi percebido redução no tempo de execução das atividades já realizadas.	0,00%	0,00%	14,29%	42,86%	42,86%
Houve redução de custo após a implantação.	0,00%	0,00%	14,29%	85,71%	0,00%
Houve maior aderência entre as atividades planejadas e realizadas.	0,00%	0,00%	0,00%	14,29%	85,71%
Houve redução das atividades que não agregam valor.	0,00%	14,29%	0,00%	85,71%	0,00%
Houve redução no tempo de ciclo das atividades.	0,00%	14,29%	0,00%	85,71%	0,00%
	0,00%	7,14%	3,57%	57,14%	32,14%
	Detratores			Promotores	
	10,71%			89,29%	

Fonte: Elaboração própria (2022).

Já na segunda etapa do questionário, os respondentes tinham três perguntas para descrever a percepção de forma aberta, com intuito de detectar os

pontos positivos observados após o início da implantação da filosofia, os desafios encontrados nos processos de implantação e sugestões de melhorias aos processos.

Referente aos pontos positivos, os entrevistados citaram a diminuição de prazo, melhor sequenciamento de atividades, maior objetividade, redução das atividades que não agregam valor, redução de variabilidade, redução do tempo de ciclo dos blocos, maior transparência e controle na obra como um único produto global, melhor comunicação entre equipe com as reuniões diárias e rotinas semanais e melhora na organização. Um dos colaboradores ainda citou “conseguimos diminuir muito os dias trabalhados dentro do bloco”.

Quanto aos desafios, a principal resposta foi sobre a dificuldade na mudança cultural de pensamento tanto da equipe administrativa quanto dos colaboradores da ponta, uma das respostas foi “quebrar o paradigma: mas eu sempre fiz assim e deu certo”, já outro questionado respondeu que seu maior desafio foi “construir uma equipe capacitada e engajada na execução do método”.

Outras dificuldades apontadas nas respostas foram acerca da adaptação e sustentabilidade das rotinas de reuniões, conclusão de serviços com organização para que o serviço posterior possa iniciar sem interrupções, engajamento dos colaboradores na jornada *Lean*, falta de *benchmarking* entre obras e regionais e conseguir garantir o ritmo em todas as atividades.

Como sugestão de melhoria ao processo de aplicação de ferramentas do *Lean* como auxílio no gerenciamento da obra, um dos entrevistados respondeu que acredita que para a implantação plena da filosofia é preciso tempo, experiência e dedicação e que com as consultorias externas, a empresa já conseguiu levar para a maioria dos canteiros de obras essa ideia, agora basta trabalhar nela. Para essa obra, ainda cita, que talvez ter iniciado desde a fundação com a aplicação dos princípios, traria resultados mais expressivos.

Outra sugestão comum entre as respostas é quanto ao treinamento dessa filosofia entre os colaboradores da ponta, fazendo com que todos da empresa trabalhem com o mesmo objetivo, incluindo setores de apoio da empresa e empresas terceirizadas que prestam serviços para a obra.

5. CONCLUSÃO

O presente trabalho teve como objetivo principal acompanhar a aplicação de ferramentas do *Lean Construction* como auxílio no gerenciamento de um empreendimento residencial multifamiliar em um estudo de caso. A análise dos dados foi realizada durante a observação em campo e através das respostas do questionário, e teve como base a revisão da literatura acerca das ideias e princípios do *Lean* aplicados na construção civil e principalmente quanto as ferramentas e métodos que podem ser utilizados para aplicar essa filosofia como auxílio no gerenciamento.

Através do acompanhamento do processo de aplicação das ferramentas no estudo de caso, foi possível descrever com detalhes os processos realizados pela obra para a adesão da filosofia, assim como as dificuldades encontradas. Durante o processo de aplicação das ferramentas, manter o *Takt Time* se mostrou um grande desafio, devido às dificuldades de captação de mão de obra, balanceamento dos pacotes de serviços realizados por terceirizadas e contornar as peculiaridades da obra.

Durante o acompanhamento foi possível perceber o uso de algumas das ferramentas e ideias citadas na revisão bibliográfica, sendo elas: *Just In Time*, produção puxada, fluxo contínua, autonomia, *Takt Time*, tempo de ciclo, *Kaizen*, *Heijunka*, célula de produção, *Gemba*, 5 porquês, *Last Planner System* e linha de balanço.

A partir da verificação da percepção dos colaboradores, pode ser visto que a percepção de 89,29% dos colaboradores é positiva quanto a aplicação da filosofia, ao cumprimento das rotinas de planejamento e aos resultados obtidos. Através do questionário é percebido que a aplicação da metodologia trouxe mudanças claras em pouco tempo, como por exemplo a redução de prazo, melhor sequenciamento das atividades, maior objetividade, redução das atividades que não agregam valor, redução de variabilidade, redução do tempo de ciclo dos blocos, maior transparência e controle na obra como um único produto global, melhor comunicação entre equipe com as reuniões diárias e rotinas semanais e melhora na organização. Evidenciando maior foco e conseqüentemente resultados melhores.

Quanto aos desafios encontrados, através das respostas dos questionários foi perceptível que a mudança de pensamento é uma dificuldade para todos os

colaboradores envolvidos, uma vez que todos vinham gerenciando obras ou executando serviços de outra maneira. Outro desafio é quanto a sustentabilidade das rotinas de planejamento e do engajamento dos colaboradores na jornada *Lean*.

Para a melhoria do processo, os colaboradores relatam que a filosofia poderia ser implantada no início dos primeiros serviços, e o treinamento deveria ser aplicado a todos da obra. Dessa forma, haveria mais tempo para a adaptação as rotinas e um melhor preparo das equipes para atender ao *Takt* exigido.

É interessante perceber que as características da obra influenciam demasiadamente na implantação do *Lean*, visto que o estudo de caso foi realizado em uma obra em execução de 25 prédios iguais de quatro pavimentos cada, não havendo mudanças relevantes em cada bloco, o que facilitou a definição do *Takt Time*, balanceamento de equipes e tempo de ciclo.

Pode-se concluir que a prática de inserir essa filosofia em construções é realizável desde que se tenha predisposição para tal, uma vez que havendo interesse de todas as partes envolvidas desde os diretores até os operários de chão de fábrica, a aplicação da metodologia é mais efetiva. Apenas ter interesse não é suficiente, pois se trata de uma mudança na forma de pensar, planejar e agir, para isso uma consultoria externa tem papel importante de direcionar o caminho a ser percorrido, visto que cada consultor tem uma visão global de forma imparcial sobre a aplicação dentro de cada empresa.

Este trabalho tem limitações oriundas das características arquitetônicas, caso haja interesse de reproduzir a implantação em outras empresas, a equipe de planejamento e gestão deverá se atentar as características arquitetônicas, processos repetitivos e velocidade de execução desejada para cada obra.

No presente estudo de caso o objetivo geral de acompanhar a implantação da metodologia *Lean Construction* foi alcançado, porém para trabalhos futuros é recomendado uma análise aprofundada dos resultados obtidos após a implantação da filosofia *Lean*, comparando obras que utilizaram a filosofia com obras que não a utilizaram, a fim de medir sua eficácia em diferentes aspectos, como a redução de custo, prazo, quantidade de efetivo necessária, tempo de ciclo dos blocos e a qualidade dos serviços executados.

REFERÊNCIAS

ARANTES, Paula C. F. G. ***Lean Construction – Filosofia e Metodologias***. 2008. 108 f. Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de Mestre em Engenharia Civil - Faculdade de Engenharia Universidade do Porto, Porto, 2008.

ALVAREZ, R; ANTUNES JR., J. A. V. *Takt-time*: Conceitos e Contextualização dentro do Sistema Toyota de Produção. **Revista Gestão & Produção**, vol. 8, n. 1, pp. 1-18. São Carlos, Brasil - abril de 2001.

AVILA, A. V.; JUNGLES, A. E. **Gestão do controle e planejamento de empreendimentos**. Florianópolis: Studios, 2013.

AZEVEDO, M. J. DE; BARROS NETO, J. D. P.; NUNES, F. R. D. M. **Análise dos aspectos estratégicos da implantação da *Lean Construction* em duas empresas de construção civil de Fortaleza-CE**. XII Simpósio de Administração da Produção, Logística e Operações Internacionais, n. 12, p. 1–16, 2010.

BALLARD, G.; HOWELL, G.. **Can Project Controls do it Job?**. Proceedings of the 4th annual meeting of the IGLC. Birmingham, England, 1996.

BALLARD, G.; HOWELL, G.. Shielding Production: Essential Step in Production Control. **Journal of Construction Engineering and Management**, January/February, p. 11-17, 1998.

BALLARD, G. ***The Last Planner System of Production Control***. Thesis (Doctor of Philosophy) – School of Civil Engineering, Faculty of Engineering, University of Birmingham, Birmingham, 2000.

BELLO, José Luiz de Paiva. **Metodologia científica**. Rio de Janeiro, 2004.

BULHÕES, I. R. **Diretrizes para Implementação de Fluxo Contínuo na Construção Civil: uma abordagem baseada na Mentalidade Enxuta**. P. 361, 2009.

CARDIM, Rafael Fleury; GRANJA, Ariovaldo Denis. Proposta de PCP com base no método da corrente crítica e do Last Planner System. **7º SIBRAGEC – Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção**. Belem, Pará, 2011.

CARDOSO, ADAUTO LÚCIO; ARAGÃO, T. A. 8. **Reestruturação do setor imobiliário e o papel do Programa Minha Casa Minha Vida**. 2010.

CÉLIO FAVONI. A PRODUÇÃO ACADÊMICA SOBRE *LEAN MANUFACTURING*: UMA ANÁLISE NA LITERATURA INTERNACIONAL. **FATECNOLÓGICA Nº 5, VOL.1 2012.**, 2012.

CHIAVENATO, Idalberto. **Comportamento organizacional: A dinâmica do sucesso das organizações**. São Paulo: Thomson, 2004. 517 p

DEMBOGURSKI, Renan A.; OLIVEIRA, Márcio; NEUMANN, Clóvis. **Balanceamento de Linha de Produção**. In: XXVIII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 2008, Rio de Janeiro.

FORMOSO, C. T. **Lean Construction, Principios Básicos e exemplos**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de Engenharia, Núcleo orientado para a renovação da edificação, [entre 2000 e 2008].

GIL, Antonio Carlos. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002. 176 p.

GRENHO, L. F. S. **Last Planner System e Just-in-Time na Construção**. p. 126, 2009.

JESUS, S. **Leanness e Manutenção Produtiva Total (TPM). Modelo de Produtividade e Competitividade . Estudo de Caso**. p. 136, 2012.

JUNIOR, Roberto J. **Análise da aplicação do Sistema Andon em Diferentes Ambientes de Montagem**. 2003. 116 f. Dissertação de mestrado apresentada à comissão de Pós Graduação da Faculdade de Engenharia Mecânica, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Mecânica - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

JÚNIOR, Severino D. S.; COSTA, Francisco J. **Mensuração e Escalas de Verificação: uma Análise Comparativa das Escalas de Likert e Phrase Completion**. Seminários em Administração – 2014.

KEMMER, Sérgio L. et al. **O uso do andon no ambiente da Construção Civil: estudo de caso baseado na experiência de uma construtora cearense**. Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção - SIBRAGEC, Campinas, 2007.

KOSKELA, L. **Application of the new production philosophy to construction**. v. 72, 1992.

LEAN INSTITUTE BRASIL, **Fluxo Contínuo**. 2009. Disponível em: <https://www.lean.org.br/artigos/366/fluxo-continuo.aspx>. Acesso em: 02 ago. 2021.

LIMA, D. F. S. DE et al. Mapeamento Do Fluxo De Valor E Simulação Para Implementação De Práticas *Lean* Em Uma Empresa Calçadista. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia de Produção**, v. 16, n. 1, p. 366–392, 2016.

LORENZON, Itamar A. **A medição de desempenho na construção enxuta: estudo de caso**. 2003. 221 f. Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2008.

MAINTENANCE, T. P. **Manutenção Produtiva Total : Uma Análise Crítica a Partir De Sua Inserção No Sistema**. 1991.

MANJACAVHI, Felipe N. **Desenvolvimento de um painel Andon utilizando a linguagem Delphi**. 2011. 66 f. Trabalho de conclusão de curso como parte dos

requisitos para a obtenção do Grau de Engenheiro Eletricista - Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2011. Disponível em: http://www.uel.br/ctu/deel/TCC/TCC2011_FelippeManjavachi.pdf. Acesso em: 04 jul. 2021.

MARTINS, D.; MOURA, B. **Estudo de método de monitoramento da aplicação da filosofia *lean* em obra de construção civil objetivando a melhoria contínua.** 2019.

MARTINS, João P.; MONTEIRO, André. **Linha de Balanço - Uma nova abordagem ao planejamento e controlo das actividades da construção.** 2011.

MATTOS, Aldo D.. **Planejamento e Controle de Obras.** Pini, São Paulo, 2010.

MCKINSEY GLOBAL INSTITUTE, **Reinventing Construction: A Route to Higher Productivity,** 2017. Disponível em: <https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/business%20functions/operations/our%20insights/reinventing%20construction%20through%20a%20productivity%20revolution/mgi-reinventing-construction-executive-summary.pdf>. Acesso em: 28 de ago. de 2021.

MIRANDA, F. L. T. DE O.; CARVALHO, L. C. Importância da implantação do 5s em uma empresa de construção civil. **Angewandte Chemie International Edition, 6(11), 951–952.**, 2020.

MONDEN, Yasuhiro. **Toyota Production System.** 4ª Edição. Diamond, 2012.

NASCIMENTO, G. M. **O Impacto Estratégico Do Benchmarking Nas Organizações Públicas.** v. 3, n. 2010, p. 19–27, 2013.

NITZ, C. R. **Implantação de conceitos do *Lean Construction* em um canteiro de obras : um estudo de caso.** Porto Alegre, 2017.

OHNO, Taiichi. **O Sistema Toyota de Produção: Além da produção em larga escala**. Bookman, Porto Alegre, 1978.

OLIVEIRA, Eduardo Henrique. **Lean Construction - O princípio do Takt**. Mogi das Cruzes/SP, 2018.

PACE, J.H. **O Kanban na prática**. Rio de Janeiro: Qualitymark,2003.

PEINADO, J.; GRAEML, A. R. **Administração da produção (Operações Industriais e de Serviços)**. Curitiba: UniceP, 2007.

PEREIRA, João Paulo Neto Gomes da Cunha. **Aplicação do Lean Construction no Controle e Gestão em Processos de Produção**.2012. 94 f. Dissertação (Mestrado) -Curso de Engenharia Civil, Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Lisboa, 2012.

PINTO, E. DA C.V. **Kaizen como filosofia de Melhoria Contínua na direção de serviços administrativos da SONAE**. 2015.

PIRES, A. C. DO B. **A Implantação no Gemba do Círculo de Kaizen**. 2010.

PROETTI, Sidney. As pesquisas qualitativa e quantitativa como métodos de investigação científica: um estudo comparativo e objetivo. **Revista Lumen, vol. 2, num. 4**. 2017.

REIS, Thatiana. **Aplicação da Mentalidade Enxuta no fluxo de negócios da construção civil a partir do Mapeamento do fluxo de valor: Estudos de Caso**. 2004. 125 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2004.

ROTHER, Mike; HARRIS, Rick. **Criando fluxo contínuo**. São Paulo, Brasil, 2002.

ROTHER, Mike; SHOOK, John. **Aprendendo a Enxergar: Mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar o desperdício**. Brookline, Massachusetts, EUA, 1998.

SAMPIERI, Roberto Hernández; COLLADO, Carlos Fernández; LUCIO, Maria del Pilar Baptista. **Metodologia de Pesquisa**. 5. ed. Porto Alegre: Penso, 2013. Tradução de: Daisy Vaz de Moraes.

SANTOS, A. **Gerenciamento sensorial de canteiros de obras: teoria e prática**. Universidade Federal do Paraná - UFPR, Curitiba, 2003.

SASDELLI, M. C. B. **Utilização de ferramentas da qualidade para a geração de inovação em processo: um case de análise de perda em uma indústria de embalagens cartonadas**. p. 1–54, 2012.

SHINGO, Shigeo. **O sistema Toyota de produção - do ponto de vista da engenharia de produção**. Porto Alegre : Bookman, 1996.

SISTEMA Puxado. **Lean Institute Brasil**, 2009. Disponível em: <https://www.lean.org.br/artigos/367/sistema-puxado.aspx>. Acesso em: 02 ago. 2021.

SLACK, N. ; CHAMBERS, S; JOHNSTON, R. **Administração da produção**. 2 ed. São Paulo: Atlas, 2002.

SOUSA, I. E. S; **Avaliação da implementação da filosofia da construção enxuta em pequenas empresas da construção civil**. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Ceará – UFC. Crateús/CE, 2021.

SOUZA, B. A. et al. **Importância da indústria Importância do PIB para a economia nacional**. p. 140–150, 2015.

TORQUATO, M. L.; FANTONI, B. B.; NETO, A. I. As células de produção no canteiro

de obras sob a perspectiva dos sistemas complexos. **Journal of Lean Systems**, v. 1, n. 4, p. 112–124, 2016.

VASCONCELOS, G. R.; MAIA, T. DE F. **Análise De Produção Puxada E Produção Empurrada: Estudo De Caso Em Uma Fábrica De Embalagens Do.** p. 2017.

VENTURINI, Juliana Sanches. **Proposta de ações baseadas nos 11 princípios Lean Construction para implantação em um canteiro de obras de Santa Maria.** Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Civil, da Universidade Federal de Santa Maria – UFSM. Santa Maria/RS, 2015.

VIDOR, Gabriel; SAURIN, Tarcísio A. Conceitos e características de sistemas *Poka-Yokes*: Uma revisão de literatura. **Revista Produção Online**, Florianópolis, v.11, n. 2, p. 344-368, abr./jun. 2011.

YIN, Robert K. **Estudo de caso: planejamento e métodos** / Robert K. Yin; trad. Daniel Grassi - 2.ed. - Porto Alegre: Bookman, 2001.

WOMACK, James P.; JONES, Daniel T.. **A mentalidade enxuta nas empresas: elimine o desperdício e crie riqueza.** 6 ed. Rio de Janeiro, Elsevier, 2004.

WOMACK, J.; JONES, D. T.; ROOS, D. **A máquina que mudou o mundo.** 5 ed. Rio de Janeiro, Elsevier, 2004.

APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO APLICADO AOS COLABORADORES

Afim de obter o título de Engenharia Civil do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, estamos desenvolvendo o Trabalho de Conclusão de Curso com o título de ESTUDO DE CASO DE APLICACAO DE FERRAMENTAS DO LEAN CONSTRUCTION COMO AUXILIO NO GERENCIAMENTO DE UM EMPREENDIMENTO RESIDENCIAL MULTIFAMILIAR, portanto para o desenvolvimento e aprofundamento do estudo se faz necessário ter opinião dos funcionários que trabalham internamente e diariamente estão em contato com o processo de aplicação.

De acordo com a implantação da filosofia *Lean Construction*, assinale a opção que corresponde a sua percepção:

1. A filosofia *Lean Construction* foi facilmente aplicada.

-) Discordo plenamente
-) Discordo
-) Indiferente
-) Concordo
-) Concordo plenamente

2. As rotinas de planejamento e acompanhamento são seguidas conforme o esperado.

-) Discordo plenamente
-) Discordo
-) Indiferente
-) Concordo
-) Concordo plenamente

3. Houve redução no tempo planejado para a execução da obra devido a implantação do *Lean Construction*.

-) Discordo plenamente
-) Discordo
-) Indiferente
-) Concordo
-) Concordo plenamente

4. Foi percebido redução no tempo de execução das atividades já realizadas.

-) Discordo plenamente
-) Discordo
-) Indiferente
-) Concordo
-) Concordo plenamente

5. Houve redução de custo após a implementação.

-) Discordo plenamente
-) Discordo
-) Indiferente
-) Concordo
-) Concordo plenamente

6. Houve maior aderência/cumprimento entre as atividades realizadas x planejadas.

-) Discordo plenamente
-) Discordo
-) Indiferente
-) Concordo
-) Concordo plenamente

7. Houve redução das atividades que não agregam valor.

-) Discordo plenamente
-) Discordo
-) Indiferente
-) Concordo
-) Concordo plenamente

8. Houve redução no tempo de ciclo das atividades de acabamento.

-) Discordo plenamente
-) Discordo
-) Indiferente
-) Concordo
-) Concordo plenamente

9. O que você percebe de positivo após a implantação do *Lean Construction*?

10. Na sua percepção quais foram os desafios encontrados na implantação do *Lean Construction*?

11. Na sua opinião, teria algo que poderia ter sido feito diferente para melhorar o processo de implantação do *Lean Construction*?
