

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

LUIZ GUSTAVO COSTA DE ANDRADE

**IMPLEMENTAÇÃO DE FERRAMENTAS *LEAN CONSTRUCTION* EM UMA
CONSTRUTORA DE EDIFÍCIOS DE ALTO PADRÃO: PESQUISA-AÇÃO**

CAMPO MOURÃO

2022

LUIZ GUSTAVO COSTA DE ANDRADE

**IMPLEMENTAÇÃO DE FERRAMENTAS *LEAN CONSTRUCTION* EM UMA
CONSTRUTORA DE EDIFÍCIOS DE ALTO PADRÃO: PESQUISA-AÇÃO**

**Implementing lean construction tools in a high standard buildings construction
company: action research**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação apresentado à Disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2, do Curso Superior em Engenharia Civil do Departamento Acadêmico de Construção Civil – DACOC - da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, para obtenção do título de bacharel em engenharia civil.

Orientadora: Profa. Dra. Tanatiana Ferreira Guelbert

Coorientador: Prof. Me. Valdomiro Lubachevski Kurta

CAMPO MOURÃO

2022



Esta licença permite compartilhamento, remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es). Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

LUIZ GUSTAVO COSTA DE ANDRADE

**IMPLEMENTAÇÃO DE FERRAMENTAS *LEAN CONSTRUCTION* EM UMA
CONSTRUTORA DE EDIFÍCIOS DE ALTO PADRÃO: PESQUISA-AÇÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação
apresentado como requisito para obtenção do título
de Bacharel, em Engenharia Civil da Universidade
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Data de aprovação: 09 de junho de 2022.

Tanatiana Ferreira Guelbert
Doutorado
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Valdomiro Lubachevski Kurta
Mestrado
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Marcelo Guelbert
Doutorado
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Ewerton Clayton Alves da Fonseca
Doutorado
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

CAMPO MOURÃO

2022

Dedico este trabalho à minha família, à minha namorada, aos meus amigos e todos que me ajudaram no decorrer dessa trajetória.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a Deus pela trajetória linda e inspiradora nesses anos de universidade guiando meus passos no caminho correto e me proporcionando todos os recursos para que fizesse da melhor forma possível.

Agradeço aos meus pais pela oportunidade que me ofereceram, por todo incentivo, por todos os conselhos, mas principalmente por todo amor que se transformou no maior combustível para realização do meu e do nosso sonho. Agradeço também a minha irmã e sua família, por todo carinho e amor, principalmente a Julia, que nos momentos de tristeza me fez rir sem esforço algum.

Menção honrosa a minha Tia Valéria e Tia Luci, que me auxiliaram com conselhos e muito mais do que isso ao longo da minha vida e ao Tio Dinho, por não pestanejar apoio na hora necessária, da mesma forma que meu Tio José e Tia Célia.

A minha companheira, Virginia, que sofreu e sorriu ao longo desses 5 anos comigo, não me deixando desistir em horas que essa parecia a única saída. Obrigado por me manter firme e por me puxar para cima, sem você seria muito mais difícil.

A todos meus amigos que fizeram a trajetória ser muito mais alegre, e espero que apesar de cada um seguir seu caminho, que estejamos um para o outro como nos últimos anos: Rafael, Matheus, Gustavo, Nicolas, João Rebecchi, João Naves, Eduarda, Natani e todos os outros que dividi momentos.

Aos meus professores da graduação por todos os ensinamentos que cada vez mais se mostram importantes, embora muitas vezes, na imaturidade, questionados. Em especial a professora Tanatiana, por me guiar nessa etapa final e por ter toda compreensão do mundo, juntamente com o professor Valdomiro, que sem dúvidas abriu portas para minha vida profissional. Também agradeço a instituição UTFPR que me proporcionou todas condições para que minha formação fosse da melhor forma possível.

Agradeço imensamente a colaboração de profissionais que me instruíram ao longo dessa etapa e proporcionaram a base para realização desse estudo e mais que isso, me ajudaram a transformar o conhecimento teórico em prático. Vitor Liboni, Ruan Domingues e Gil Vicente.

Por fim, a todos que participaram dessa conquista.

RESUMO

O presente trabalho objetiva analisar a realidade de uma construtora de edifícios de alto padrão na cidade de Maringá – PR, diagnosticando o nível de maturidade desta em relação a filosofia do *Lean Construction* mas principalmente, verificar quais ferramentas do *Lean Construction* foram aplicadas ao canteiro de obras. O estudo de caso tem abordagem qualitativa, por meio de uma Pesquisa-Ação, bem como quantitativa, verificando por meio do cálculo de um índice o nível de maturidade dos princípios da construção enxuta, propostos por Koskela (1992). O trabalho foi realizado, inicialmente, diagnosticando a realidade da empresa A em relação aos princípios do *Lean Construction* propostos por Koskela (1992), analisando ferramentas e métodos construtivos já utilizados pela empresa A. Após isso, no dia a dia da obra, foram realizados estudos e análises que identificaram os principais pontos críticos do canteiro de obras, para dessa forma buscar ferramentas do *Lean Construction* que fossem possíveis de serem aplicadas à realidade da empresa A. O estudo mostrou que mesmo antes do início do processo de implementação das ferramentas do *Lean Construction* a empresa por se tratar de um expoente no mercado, apresentava características muito interessantes em relação a lista de verificação proposta por Kurek (2005), bem como um padrão executivo. É possível afirmar que, após o início do processo de implementação de novas ferramentas que compõem a filosofia *Lean Construction*, as melhorias foram evidentes, alcançando o índice de 9,7 referente ao Índice da Construção Enxuta (ICE), o que demonstra a relevância do processo para a empresa em relação a aspectos produtivos, de organização, de qualidade e conseqüentemente, de maior competitividade. O referencial bibliográfico apresenta conteúdo relacionados a filosofia do *Lean Construction*, qualidade da construção civil, cenário econômico e principalmente, ferramentas que podem ser aplicadas de forma prática e inteligente por empresas da construção civil.

Palavras-chave: *lean construction*; construção enxuta; qualidade na construção civil; ferramentas da qualidade; produtividade da construção civil.

ABSTRACT

This paper aims to analyze the reality of a construction company of high-standard buildings in the city of Maringá - PR, diagnosing the level of maturity of this in relation to the Lean Construction philosophy but mainly, to verify which tools of Lean Construction were applied to the construction site. The work has a qualitative approach, through a Research-Action, as well as quantitative, verifying by calculating an index the level of maturity of the principles of Lean Construction, proposed by Koskela (1992). The work was initially performed by diagnosing the company's reality in relation to the Lean Construction principles proposed by Koskela (1992), analyzing tools and construction methods already used by Company A. After that, in the day-to-day of the construction site, studies and analyses were performed to identify the main critical points of the construction site, in order to search for Lean Construction tools that could be applied to the reality of Company A. The study showed that even before the beginning of the implementation process of the Lean Construction tools, the company, being an exponent in the market, presented very interesting characteristics in relation to the checklist proposed by Kurek (2005), as well as an executive standard. It is possible to affirm that, after the beginning of the implementation process of new tools that make up the Lean Construction philosophy, the improvements were evident, reaching the index of 9.7 referring to the Lean Construction Index (ICE), which demonstrates the relevance of the process for the company in relation to productive aspects, organization, quality and consequently, greater competitiveness. The bibliographical reference presents content related to the Lean Construction philosophy, quality of the civil construction, economic scenario and mainly, tools that can be applied in a practical and intelligent way by civil construction companies.

Keywords: lean construction; lean construction; quality in construction; quality Tools; productivity of construction.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – PIB Brasil x PIB Construção civil.....	15
Figura 2 – Etapas do fluxo contínuo.....	18
Figura 3 – Pilares do Sistema Toyota de Produção	19
Figura 4 – Processo do <i>Last Planner System</i>	25
Figura 5 – Layout do canteiro de obras	39
Figura 6 - Planilha de dados (controle de ocorrências na cremalheira).....	41
Figura 7 - Planilha planejamento das cremalheiras	42
Figura 8 - Planilha entregue a produção	42
Figura 9 - <i>Hejunka box</i> adaptado	44
Figura 10 - Imãs para o quadro	44
Fotografia 1 - Blocos cerâmicos diversos dispostos em lugar inadequado.....	31
Fotografia 2 - Berço das pré-vigas	36
Fotografia 3 - Transporte das pré-vigas por grua	36
Fotografia 4 - Transporte utilizando grua.....	37
Fotografia 5 - Cremalheira	38
Fotografia 6 - Argamassa industrializada	39
Fotografia 7 - Reunião de alinhamento	43
Fotografia 8 – Placa de identificação (piso laminado)	45
Fotografia 9 – Placa de identificação (louças).....	46
Fotografia 10 – Placa de identificação (blocos cerâmicos).....	46
Fotografia 11 – Placa de identificação (blocos cerâmicos).....	47
Fotografia 12 - Armazenamento de portas de madeira	48
Fotografia 13 - Armazenamento de materiais (2).....	48
Fotografia 14 - Armazenamento de material hidráulico antes.....	49
Fotografia 15 - Armazenamento de material hidráulico depois	49
Fotografia 16 – Células da produção.....	51
Fotografia 17 – Indicadores das células de produção	53

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Produtividade dos fatores de produção e da PTF, por porte (% ao ano).....	16
--	----

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Gestão convencional da construção x Lean Construction.....	22
Quadro 2 - Lista de verificação para diagnóstico dos princípios do <i>Lean Construction</i> antes da implementação das ferramentas (continua).....	32
Quadro 3 - Indicador geral do <i>Lean Construction</i> prévio	35
Quadro 4 - Lista de verificação para diagnóstico dos princípios do <i>Lean Construction</i> após implementação das ferramentas.....	53
Quadro 5 - Indicador geral do <i>Lean Construction</i> durante à implementação	56

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CBIC	Câmara Brasileira da Indústria da Construção
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
TPS	<i>Toyota Production System</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	OBJETIVOS	13
2.1	Objetivo geral.....	13
2.2	Objetivos específicos.....	13
3	JUSTIFICATIVA.....	14
4	REFERENCIAL TEÓRICO	15
4.1	Construção civil no Brasil	15
4.2	Qualidade na construção civil.....	16
4.3	Lean Construction.....	17
4.4	Ferramentas do <i>Lean Construction</i>	23
4.4.1	O programa 5S	23
4.4.2	Last Planner System	24
4.4.3	O princípio do <i>Takt</i>	26
4.4.4	Heijunka Box	27
5	MATERIAIS E MÉTODOS	28
5.1	Caracterização do tipo da pesquisa	28
5.2	Etapas da pesquisa	28
6	RESULTADOS E DISCUSSÕES	31
6.1	Diagnóstico Inicial.....	31
6.1.1	Estruturas pré moldadas (pré vigas).....	35
6.1.2	Utilização de grua e cremalheira	37
6.1.3	Utilização de argamassa industrializada	38
6.2	Início da implementação de melhorias no canteiro de obras.....	39
6.2.1	Ferramentas do <i>Lean Construction</i> implementadas	40
<u>6.2.1.1</u>	<u><i>Heijunka Box / Last Planner System</i></u>	<u>40</u>
<u>6.2.1.2</u>	<u><i>Kanban</i></u>	<u>45</u>
<u>6.2.1.3</u>	<u>Indicadores de desempenho</u>	<u>50</u>
6.3	Diagnóstico após implementação das ferramentas selecionadas do <i>Lean Construction</i>.....	53
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	57
	REFERÊNCIAS.....	59

1 INTRODUÇÃO

Construção civil é o termo utilizado para abranger todos os tipos de obras, tais como rodovias, edifícios, portos, aeroportos, construções residenciais, obras de saneamento, bem como os processos envolvidos nas mesmas, como planejamento, projetos, execução, gestão, etc. (FIALHO, 2014).

Essa área é responsável por cerca de 7,0% do Produto Interno Bruto (PIB) do Brasil (IBGE, 2020), sendo também um dos principais potenciais de geração de riqueza para o país. Sendo assim, por se tratar de uma área de imenso potencial de crescimento, gera uma alta concentração de possibilidades de empregos diretos e indiretos, sendo responsável por aproximadamente 7,3% de toda população empregada do Brasil (IBGE, 2018).

Apesar da grandeza do setor da construção civil, são muitos os déficits encontrados comumente em todos os locais do país, como destaca Sarcinelli (2008), o setor é marcado pela baixa produtividade, elevado desperdício de materiais, desperdício de tempo e um alto volume monetário desperdiçado em retrabalhos. Esses são fatores que podem ser explicados pela defasagem dos métodos construtivos, que não acompanharam com a mesma velocidade o crescimento do setor e melhorias tecnológicas que poderiam aperfeiçoar a construção.

Para amenizar a problemática exposta, a filosofia do *Lean Construction* tem como objetivo otimizar o processo construtivo em obras civis, reduzindo o tempo necessário e os gastos envolvidos, principalmente, eliminando todos os tipos de desperdícios possíveis (ARANTES, 2008). A ideia do *Lean Construction* é baseada e tem sua origem no *Lean Manufacturing*, desenvolvido dentro da empresa automobilística Toyota, no Japão, na década de 1950, regido pelo mesmo princípio: reduzir todo e qualquer tipo de atividade que não agregue valor ao produto final (ARANTES, 2008).

Diante do exposto, essa pesquisa está focada no acompanhamento das etapas de implementação do *Lean Construction*, focando nas ferramentas implantadas em uma obra de um edifício de alto padrão, empreendimento de uma construtora em atividade na cidade de Maringá – PR. Junto à implementação, a pesquisa tem como foco compreender as mudanças necessárias e identificar os reflexos ocasionados pela introdução dessa nova prática de construção enxuta no canteiro de obras.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Identificar os resultados obtidos por meio da implementação de ferramentas ligadas à filosofia do *Lean Construction* em uma construtora de edifícios de alto padrão na cidade Maringá - PR.

2.2 Objetivos específicos

- Realizar um levantamento bibliográfico acerca dos processos construtivos, sistemas de gestão de qualidade, gerenciamento de obras e sobre o *Lean Construction*;
- Diagnosticar a realidade encontrada, em relação ao *layout* e o fluxo de materiais, no canteiro de obras objeto de estudo, antes da implementação das ferramentas do *Lean Construction*;
- Identificar as ferramentas de gestão da filosofia do *Lean Construction* já existentes e listar quais foram adaptadas ao canteiro de obras estudado, como foram, após o início da implementação;
- Realizar o diagnóstico baseado nos fundamentos da Construção Enxuta, verificando o nível de maturidade da empresa estudada no período prévio e durante a implantação.

3 JUSTIFICATIVA

O setor da construção civil é um dos responsáveis pela alta geração de empregos no Brasil, bem como se destaca pela sua importância no cálculo do PIB nacional. Portanto, é fundamental que sejam encontradas melhorias para otimização dos métodos construtivos e por consequência crescimento do ramo (MELLO; AMORIN, 2009).

Apesar da grandiosidade da construção civil, essa área apresenta pontos que necessitam de correção e melhoria de forma urgente, tais como desperdício de materiais, dinheiro e tempo para apresentação do produto final, e principalmente a baixíssima produtividade que o setor apresenta. Diante desse cenário, fica evidente a necessidade de aplicação de conceitos e alterações na linha de pensamento dominante na área, como a implementação do *Lean Construction*. Essa filosofia foi desenvolvida a partir do *Lean Production*, e tem como fundamentação a redução de todos os tipos de desperdícios a partir de um melhor controle gerencial, bem como do processo (FILHO, 2009).

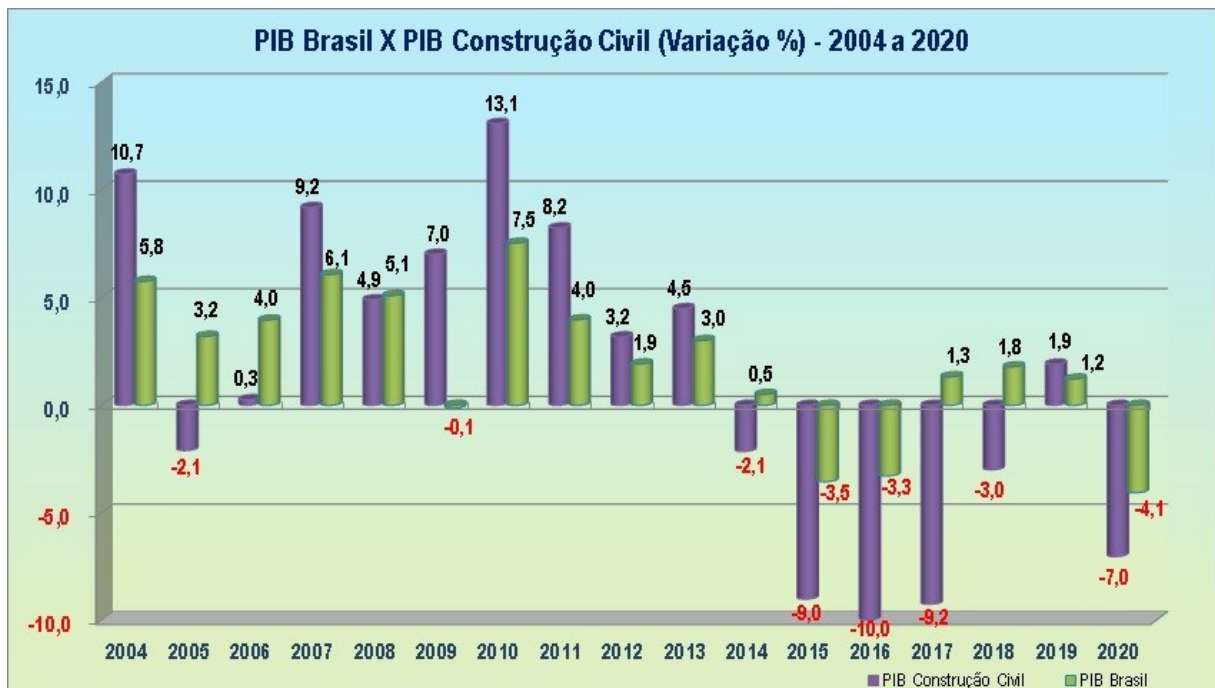
Além disso, devido à escassez de mão de obra qualificada e produtiva, o *Lean Construction* vem se mostrando um diferencial competitivo para as empresas do setor, otimizando seus métodos construtivos e estimulando seus colaboradores, por meio de cursos, capacitações e outros métodos, a elevarem a qualidade das obras. Por se tratar de um setor de grande participação na economia brasileira, à implementação do *Lean Construction* visa a alteração de todos os fatores antes citados, dinamizando os métodos construtivos e implementando uma mentalidade escassa em construtoras brasileiras (CBIC, 2021), como Koskela (1992) definiu, a Construção Enxuta vêm como um transformador conceitual dentro da construção civil, introduzindo uma nova forma, ao menos para esse setor, de enxergar os processos produtivos e seus fluxos.

4 REFERENCIAL TEÓRICO

4.1 Construção civil no Brasil

O setor da construção civil no Brasil e no mundo evolui constantemente ao longo dos anos, desde a fase de pré-projetos, projetos, execução e todas as demais etapas construtivas. Além disso esse setor é marcado, pela grande importância no Produto Interno Bruto do país e por consequência na imensa geração de empregos (CBIC, 2021). A figura 1 mostra a relação entre o PIB do Brasil e o PIB da construção civil:

Figura 1 – PIB Brasil x PIB Construção civil



Fonte: IBGE – Diretoria de Pesquisas, Coordenação de Contas Nacionais (2021)

Entretanto essa relevância no PIB pode estar sendo retraída por uma produtividade que não condiz com os números do setor, uma vez que na última década, apesar do crescimento setorial, a produtividade, tanto de homem-hora empregado, como a total de fatores (trabalhador e capital) caiu, o que demonstra o enorme potencial da construção civil (CBIC, 2016).

Diante desses dados, é notável que as empresas do setor vêm se mobilizando de forma a elevar a sua produtividade o que, de forma resumida, se dá ao fato de investir na qualificação dos engenheiros, gestores, encarregados, mão de obra, enfim,

todas partes envolvidas. Tal qualificação é proveniente de diferentes ações, entre elas treinamentos fornecidos pelas empresas, cursos de capacitação para os colaboradores, maior instrução formal, dentre outros fatores. Corroborando com a temática, 55% das empresas do setor considerou os treinamentos dos funcionários como um investimento fundamental para crescimento da construtora (CBIC, 2016). A tabela 1 mostra a produtividade dos fatores de produção, bem como a produtividade total dos fatores:

Tabela 1 - Produtividade dos fatores de produção e da PTF, por porte (% ao ano)

Porte da Empresa	Período	Produto / Trabalhador	Produto / Capital	Produtividade Total dos Fatores
Todas as empresas	2007 / 2012	0,2%	-0,5%	-0,4%
5 – 29 ocupados	2007 / 2012	-2,7%	-0,7%	-2,2%
30 ou mais ocupados	2007 / 2012	0,6%	-0,2%	0,2%
1 – 4 ocupados	2007 / 2012	-5,0%	-1,5%	-1,2%

Fonte: Banco de dados – CBIC (2016)

Paralelamente a isso, a mecanização do canteiro de obras é fundamental para à evolução da produtividade, incorporando tecnologia às obras de forma a aumentar a eficiência nos serviços, como por exemplo, incorporar sistemas construtivos industrializados como pré-moldados, *Wood Frame*, sistemas de pré-vigas, dentre outros (ARAÚJO, 2005).

Ligado a isso, as políticas, programas e ferramentas de controle de qualidade, contribuem significativamente para a obtenção de resultados positivos, considerando maior produtividade e satisfação de todos os envolvidos na entrega dos serviços e produto (ARAÚJO, 2005).

4.2 Qualidade na construção civil

É de domínio comum que, em linhas gerais, o setor da construção civil está defasado em relação aos demais setores da economia, e diante dessa tradição construtiva heterogênea, com mão de obra desqualificada e responsabilidade muitas vezes não definidas corretamente, se deu a necessidade da aplicação de conceitos

relacionados ao controle da qualidade, racionalizado os processos construtivos e almejando uma maior organização geral (MESEGUER, 1991).

A gestão da qualidade está ligada ao surgimento das Normas ISO 9000, organizadas pela *International Organization for Standardization* (ISO), e no Brasil a responsável pela tradução e divulgação dessas normas é a ABNT (MARANHÃO, 2001). O conjunto de normas formado com o intuito de desenvolver os sistemas de gestão da qualidade é composto por três, sendo elas (ABNT, 2015):

- NBR ISO 9000:2015 – Sistemas de gestão da qualidade – Fundamentos e vocabulário;
- NBR ISO 9001:2015 – Sistemas de gestão da qualidade – Requisitos
- NBR ISO 9004:2018 – Gestão para o sucesso sustentado de uma organização – Uma abordagem da gestão da qualidade;

Diante disso, as empresas passaram a buscar certificações relacionadas a ISO 9000 na tentativa de elevarem sua competitividade, melhorar os processos e principalmente atender às necessidades dos seus clientes (WITHERS, 2000).

Paralelamente, no Brasil destaca-se o surgimento do PBQP-H (Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat), um instrumento do Governo Federal criado em 1998 com o objetivo, como o próprio nome diz, de impulsionar e controlar o processo de evolução e modernização do setor da construção civil, aumentando a competitividade dos produtos, mas principalmente elevando o grau de qualidade das empresas (WITHERS, 2000).

O PBQP-H é baseado nas normas ISO 9000, objetivando a aplicação e implantação dos conceitos da qualidade na construção civil, sendo estes relacionados à organização das empresas, planejamentos, gestão, comercialização, entre outros fatores, mas principalmente relacionados à execução e entrega aos clientes (PICCHI, 1993).

4.3 Lean Construction

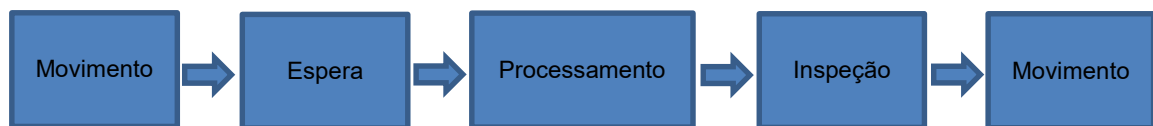
O termo *Lean Construction* foi cunhado no livro “*The Machine that Changed the World*” de Womack *et al* (1990), objetivando um sistema produtivo integrado, baseado nos conceitos do *Just in Time* e da produção puxada. O *Lean Construction* é uma

adaptação do *Lean Production* à indústria da construção civil, em contrapartida à gestão convencionalmente utilizada nesse setor da economia.

O *Lean Production* é oriundo do Japão, por volta de 1950, desenvolvido dentro do Sistema Toyota de Produção, a partir das necessidades da empresa, visando o aumento da produtividade e da eficiência, e reduzindo ao máximo todos os tipos de desperdício possíveis (ARANTES, 2008).

O TPS (*Toyota Production System*) se fundamenta em dois conceitos básicos. O primeiro, *Just in Time* (JIT), em resumo, produz apenas o que é solicitado, na quantidade e no tempo determinado, de forma com que os clientes, de certa forma, controlem a produção, fazendo com que o fluxo de produção seja contínuo. Uma ferramenta desenvolvida a partir desse conceito, e por vezes utilizado na construção civil, é o *Kanban*, que basicamente é um quadro de gestão visual, o qual tem como objetivo identificar e sinalizar o que será produzido, quanto e quando (ARANTES, 2008). De acordo com Koskela (2004), é fundamental que o fluxo contínuo se apresente dentro das fábricas, representado pelas etapas de movimento, espera, processamento, inspeção e novamente movimento. Conforme figura 2:

Figura 2 – Etapas do fluxo contínuo



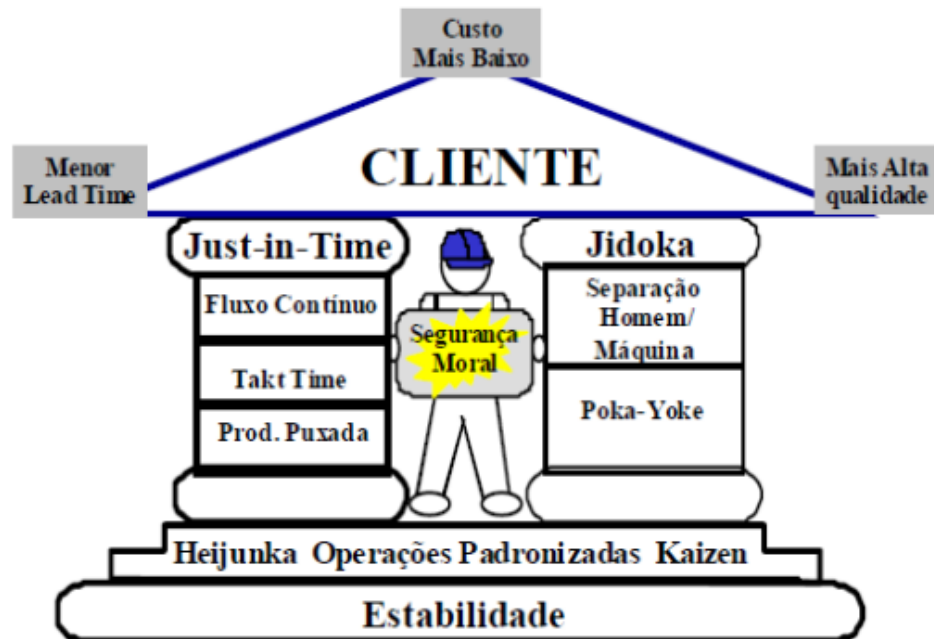
Fonte: Adaptado de Koskela (1992, p. 15)

Por meio do fluxo contínuo, é possível identificar padrões e problemas no processo construtivo e dessa forma buscar melhorias. Portanto, como Koskela (1992) estabelece, para implementação de maior qualidade à produção, é fundamental que se prefira por processos com pouca variabilidade.

O outro pilar do TPS é à automação e todas as ferramentas advindas desse conceito, visando o também o aumento da produtividade dos funcionários, bem como diminuindo os defeitos nos produtos finais e os desperdícios ao longo do processo (DENNIS, 2008).

A figura 3 ilustra os pilares do Sistema Toyota de Produção.

Figura 3 – Pilares do Sistema Toyota de Produção



Fonte: Ghinato (1996, p. 6)

Diante dos pilares conceituais do Sistema Toyota de Produção apresentados, têm-se no *Lean Construction* uma possibilidade de alinhamento desses princípios, visando a industrialização e padronização da construção civil (DENNIS, 2008).

Dentro do conceito de Construção Enxuta, um dos princípios fundamentais está em reduzir a quantidade de atividades que não agregam valor, reduzindo perdas ao longo do processo e aumentando à eficiência do mesmo (FORMOSO, 2002). Koskela (1992) cita três possibilidades para redução desse tipo de atividade:

- Reduzir perdas de inspeção, movimentação e espera;
- Ausência de informação sobre o desempenho das atividades na obra;
- Reduzir/eliminar defeitos e acidentes;

Outro princípio é o aumento do valor do produto, que para Koskela (1992), o valor se dá a partir do cumprimento dos requisitos apresentados pelo cliente. Paralelo a isso, é fundamental a redução da variabilidade dentro do processo, sejam elas relacionadas à execução, à demanda, ou às próprias necessidades dos clientes (FORMOSO, 2002). Ou seja, é fundamental que o processo construtivo tenha uma padronização não existente anteriormente, mesmo que parte disso seja impossível controlar em sua totalidade (KOSKELA 1992).

Koskela (1992), Isatto (2000) e Formoso (2002) ainda apresentam onze princípios dentro da Filosofia do *Lean Construction*, que são eles:

- Reduza as atividades que não agregam valor: os processos são mais eficientes, com menos perdas e desperdícios se reduzidas/eliminadas determinadas atividades do fluxo (KOSKELA, 1992).
- Aumente o valor da produção considerando os requisitos do cliente: de acordo com Koskela (1992) o valor do produto final é gerado a partir do cumprimento das necessidades pré-estabelecidas do cliente;
- Reduza a variabilidade: de fundamental importância que a construção seja cada vez mais padronizada, reduzindo a variabilidade dos fluxos e dos produtos finais (ISATTO, 2000);
- Reduza o tempo de ciclo de uma atividade: é o princípio desenvolvido a partir do Just in Time, buscando entregar o produto final da forma mais rápida possível ao cliente, preservando a qualidade e o processo como um todo (FORMOSO, 2002);
- Simplifique, minimizando o número de passos e partes: novamente eliminando atividades que não agregarão valor ao produto final, dessa vez com a remoção de etapas dentro de um processo que sejam desnecessárias;
- Aumente a flexibilidade da produção: está ligada à opção de alteração nas características e especificações dos produtos/serviços sem necessariamente aumentar os custos destes (KOSKELA, 1992);
- Aumente a transparência do processo: evidencia erros ao longo do processo, possibilitando a correção destes, bem como do fluxo com um todo;
- Foco no controle do processo completo: analogamente, possibilita a identificação e correção de desvios e variabilidade que surjam ao longo do fluxo;
- Incorporar a melhoria contínua ao processo: de acordo com Koskela (1992) o envolvimento de todas as partes envolvidas, buscando a melhoria contínua através do seguimento dos princípios apresentados, é de fundamental importância para redução de desperdícios, bem como melhorias no resultado final;

- Equilibrar a melhoria do fluxo com a melhoria da conversão;
- Benchmarking: seguir bons exemplos e utilizar estes como padrão a ser seguido é de fundamental importância para elevar a competitividade da empresa (KOSKELA, 2004).

Portanto, têm-se que no *Lean Construction*, com base no Sistema Toyota de Produção, busca reduzir ao máximo os desperdícios, como observado nos princípios supracitados. Dessa forma, existem alguns tipos de desperdício, sendo eles:

- Desperdício por superprodução: ocorre quando a produção é em excesso e forma-se um estoque desnecessário, fugindo do conceito de produção puxada (OHNO, 1997);
- Desperdício no transporte: relacionado a movimentação improdutiva de materiais, uma vez que não agrega valor ao produto final (SHINGO, 1996);
- Desperdício de espera: relacionado aos períodos de espera entre sequências de trabalho, por exemplo, quando uma etapa impossibilita outra de iniciar (OHNO, 1997);
- Desperdício do próprio processo: operações e etapas do processo que não avançam, não agregam ao produto final (GHINATO, 1996);
- Desperdício nos movimentos: segundo Ohno (1997) movimentos dos colaboradores durante as atividades produtivas que não agregam valor ao produto final;
- Desperdício no estoque: segundo Ohno (1997) o estoque deve ser zero, portanto, toda geração de estoque torna-se um desperdício;
- Desperdício por produção de defeitos: conforme a própria definição indica, é o desperdício de trabalho, tempo, não de obra perdida com produtos finais defeituosos, bem como o retrabalho gerado a partir desse defeito (KOSKELA, 1992).

Diante dos tipos de desperdícios apresentados e dos princípios do *Lean Construction*, fica evidente que para reduzir ou eliminar esses desperdícios, o modelo construtivo deve passar por algumas alterações, estas seguindo a filosofia do *Lean Construction*, apresentando as características anteriormente citadas (KOSKELA, 1992).

O quadro 1 apresenta as diferenças entre as duas linhas de pensamento dentro do setor:

Quadro 1 – Gestão convencional da construção x Lean Construction

GESTÃO CONVENCIONAL DA CONSTRUÇÃO	LEAN CONSTRUCTION
Conhecimento para transformar materiais em estruturas	Conhecimento sobre como transformar materiais em estruturas
É esperado que aconteçam mudanças de definições e projetos ao longo de uma construção, os quais serão revisados e preparados pela equipe da construção.	Os projetos são desenvolvidos em conjunto com todos os envolvidos para evitar que tais mudanças sejam necessárias.
O gestor é o responsável, exclusivamente, pelo planejamento.	O gestor é o primeiro responsável pelo planejamento, seguido de seus encarregados e operadores, respeitando a hierarquia obviamente.
Reduzir o custo de uma peça, reduzirá o custo do projeto (o todo é a soma das partes).	<i>Target Costing</i> : utilizado para reduzir os custos do projeto (o todo é mais que a soma das partes).
Produção empurrada ao nível local buscando à eficiência global.	Produção empurrada para um maior processamento dos sistemas a fim de alcançar à eficiência global.
Gere-se o processo utilizando os elementos que referem a evolução dos custos.	Os elementos da evolução de custos são <i>input's</i> para o planejamento e controle do processo.
Guiados pela relação do retorno com prazo, custo e qualidade.	Busca-se retorno em relação ao tempo, custo e qualidade, removendo os possíveis desperdícios ao longo do projeto.
Não se planeja as operações de produção, a menos que sejam notados desvios de custos e de prazo.	As operações de produção são planejadas de modo a evitar e prevenir que aconteçam desvios de custo, prazo e qualidade.
Entrega valor ao cliente quando maximizado a performance em relação ao custo (<i>Value Engineering</i>).	Entrega valor ao cliente quando o produto final é compatível com as necessidades do cliente, gerido pela <i>Value-based Management</i> (VBM).

Fonte: Adaptado de Abdelhamid e Salem (2005, p. 11)

Diante disso, nota-se as diferenças conceituais entre o modelo convencional e o *Lean Construction*, principalmente em relação ao planejamento e execução das atividades. Enxerga-se o processo construtivo como um todo e não apenas como etapas isoladas, buscando a otimização e racionalização da construção integralmente (PENEIROL, 2007).

Entretanto, para a implantação efetiva do *Lean Construction*, é fundamental que todos os colaboradores, de todos os níveis, estejam realmente envolvidos, pois trata-se de uma mudança de *mindset*, introdução de uma nova Cultura Organizacional. Neste sentido são eles que conseguirão ao longo do tempo implementar as mudanças planejadas, incorporando esta nova Filosofia. Para tanto, há necessidade da participação ativa e alinhamento dos colaboradores, assim como de pleno acompanhamento e atenção dos times por parte dos gestores, na medida em que o processo de mudança é lento (ROLIM, 2012).

Portanto é evidente que o modelo construtivo convencional está obsoleto e diante disso, percebe-se à carência de novos modelos de gestão e de maneiras para melhorar o processo. Destaca-se também a elevação do nível de exigência dos clientes, bem como a necessidades de as empresas serem transparentes com o mercado, promovendo as alterações necessárias com o auxílio de ferramentas, métodos e principalmente de uma linha de pensamento, que se mostrou ao longo da história como uma excelente possibilidade de obter melhores resultados (ROLIM, 2012).

4.4 Ferramentas do *Lean Construction*

4.4.1 O programa 5S

Paralelamente ao apresentado, algumas ferramentas da qualidade relacionam-se diretamente a filosofia do *Lean Construction*, entre elas o Programa 5S, que surgiu no Japão contemporaneamente, apresentando conceitos simples e concretos que beneficiam as empresas, tornando o ambiente mais agradável, envolvendo todos na operação, reduzindo custos, eliminando desperdícios, entre outros benefícios, mas principalmente, elevando a qualidade final do produto e a produtividade dos envolvidos (DENNIS, 2008). O programa 5S se resume nos cinco sentidos:

- *Seiri*: senso de utilização, visando eliminar tudo que não seja útil no espaço de trabalho;
- *Seiton*: senso de origem, visando organizar e dispor o espaço de trabalho da melhor forma possível;
- *Seiso*: senso de limpeza, visando melhorar o nível de limpeza do espaço de trabalho;
- *Seiketsu*: senso de saúde e higiene, visando prevenir doenças e sujeita no espaço de trabalho;
- *Shitsuke*: senso de disciplina, visando a disciplina de todos os envolvidos para que o processo seja executado com sucesso.

Tais práticas corroboram e estão intimamente ligadas a filosofia do *Lean Construction*, uma vez que resultam em algumas vantagens, sendo elas (DENNIS, 2008):

- Redução de desperdícios;
- Elevação da qualidade;
- Prevenção de acidentes;
- Redução de custos;
- Melhoria do ambiente de trabalho;

Entre outros benefícios, estando o ponto central na base comportamental criada para implementação de programas da qualidade e principalmente da filosofia do *Lean*. (BALLARD, 2000).

4.4.2 Last Planner System

O *Last Planner* foi citado e descrito pela primeira vez na conferência que inaugurou o *International Group for Lean Construction* e a partir dessa publicação e outros relevantes na época, se popularizou e ganhou notoriedade nos canteiros de obras (GRENHO, 2009).

Essa ferramenta do *Lean Construction* é o fundamento do conceito de “planejamento puxado” (GRENHO, 2009). Em resumo, o *Last Planner* é um sistema em que os trabalhos ou serviços são determinados por um último planejador, que no caso define o que deve ser feito, de que maneira será feito e o que realmente será

feito, em contrapartida do sistema usual até então de “planejamento empurrado”, onde os serviços eram determinados por previsões (BALLARD, 2000).

Dessa forma, o *Last Planner System* facilita a visão de curto e médio prazo, uma vez que desdobra o planejamento de longo prazo, de modo a visualizar todas as atividades de curto prazo que possam interromper o fluxo contínuo dos processos. (MOURA, 2000). O *Last Planner* é um instrumento que possibilita melhor controle do processo, buscando a redução de variabilidade e eliminação de desperdícios (GRENHO, 2009).

Portanto, como Grenho (2009) ressalta, a ferramenta do *Last Planner* credibiliza o processo, uma vez que os fornecimentos dos recursos necessários se dão de forma mais correta, agilizando o processo e reduzindo possíveis problemas relacionados. Entretanto, fica evidente a necessidade e a importância de se definir quem serão os responsáveis pelas atividades.

A efetividade e os resultados desse planejamento são medidos pela Porcentagem de Planejamento Concluído (PPC%), resultado das atividades realmente executadas pelas atividades planejadas (BALLARD, 2000). A elevação do percentual do PPC demonstra a eficiência do planejamento, determinando as capacidades reais e identificando as restrições do processo (MOURA, 2008). A figura 4 ilustra o processamento do *Last Planner*, indicando as relações descritas anteriormente:



Fonte: Adaptado de BALLARD (2020, apud SANTOS, 2021, p. 81)

Essa formatação de planejamento se dá pelo fato de muitas vezes ser discrepante o resultado entre o que será feito e o que deveria ser feito (BALLARD, 2000).

Como citado anteriormente, existem algumas barreiras para implementação de ferramentas e metodologias como essa nos canteiros. Em relação aos planos propostos pelo *Last Planner System*, deve-se observar e registrar as causas de não

cumprimento destes a fim de identificar possíveis melhorias na gestão e consequentemente da obra (MOURA, 2008). As causas para o não cumprimento podem variar, entretanto circundam dentro de algumas frentes, como: mão de obra, materiais, equipamentos, projetos, planejamento, interferências dos clientes, problemas meteorológicos e fornecedores (MOURA, 2008).

4.4.30 princípio do *Takt*

O princípio do *Takt* busca obter um ritmo nas atividades, ou seja, alcançar uma harmonia. Dessa forma, pode-se definir o *Takt* como “ritmo de produção” (KOSKELA, 1992). Esse princípio pode ser subdividido em seis etapas, como Frandson, Berghede e Tommelein (2013) definiram, sendo elas:

- Coleta de informações;
- Definições das zonas de trabalho;
- Entendimento da sequência construtiva;
- Levantamento dos tempos para execução de cada atividade;
- Balanceamento do fluxo destas atividades;
- Definição do plano de produção.

Portanto, Formoso (2002), descreve que o princípio do *Takt* pode ser aplicado em todas etapas de uma construção, porém é necessário que se siga alguns passos, sendo eles:

- Divisão em lotes da construção;
- Identificação do sentido construtivo;
- Definição da cadeia das atividades;
- Definição do quantitativos;
- Identificação e cálculo das equipes necessárias;
- Cálculo do *Takt time*;
- Ajustes e realocação dos colaboradores por atividade;
- Definição da programação.

Uma vez que o *Takt time* é fundamental para a definição do fluxo contínuo, fica evidente a importância deste para implementação da construção enxuta. Para

Frandsen et al. (2013), o princípio do *Takt* relação direta com o planejamento da produção buscando o fluxo contínuo, e por meio deste, encontrando uma taxa de produção constante. Ou seja, alcançado o *Takt Time*, a construção está no seu maior ritmo de produção possível, e sabendo disso, os gestores podem encontrar muitas vantagens competitivas em relação aos seus concorrentes, sendo elas (FORMOSO, 2002):

- Redução de perdas;
- Aumento da qualidade;
- Cumprimento de prazos, uma vez que a confiança nos dados é maior.

Dessa forma, fica evidente que o estudo do *Takt Time* é de extrema importância para construtoras que desejam identificar pontos de melhoria em seus processos, identificando também possíveis gargalos ao longo do fluxo. (KOSKELA, 1992). Portanto, as operações são planejadas de modo a respeitar o *Takt Time*, garantindo maior qualidade ao processo (KOSKELA, 1992).

Entretanto, o fluxo de uma produção não deve se basear apenas no *Takt Time*, uma vez que este apresenta limitações, se restringindo às situações nas quais a produção se dá de forma homogênea (KOSKELA, 1992).

4.4.4 Heijunka Box

Segundo Barbosa et al. (2013), *Heijunka* trata-se de nivelar a quantidade de um determinado item produzido em dado período de tempo. Trata-se de um conceito de produção puxada, onde a produção atende à demanda, reduzindo estoques desnecessários, mão de obra, tempo e conseqüentemente custos. Dessa forma, programar produções a partir do uso do *Heijunka* faz com que o fluxo de produção seja contínuo, produzindo lotes menores e nivelados com a demanda destes recursos (MAUÉS, 2008).

5 MATERIAIS E MÉTODOS

O método científico é a ferramenta utilizada para definir quais os meios utilizados para chegar até o resultado final esperado, levando em consideração as etapas necessárias, bem como os desafios impostos. Portanto, a metodologia faz parte de um estudo preciso dos métodos empregados na ciência, bem como sua fundamentação e eficácia quando comparada com a teoria científica estudada. (OLIVEIRA, 2011).

5.1 Caracterização do tipo da pesquisa

Em relação a finalidade desta pesquisa, a classificação mais adequada de acordo com Gil (2018) se dá em uma pesquisa aplicada, na qual o intuito é adquirir conhecimentos sobre uma determinada situação específica, com base na aplicação prática dos conceitos que envolvem este estudo. Além disso, este projeto considera aspectos qualitativos, buscando compreender e analisar as informações e dados obtidos delimitando às complexidades destes dados (GIL, 2018).

Como apresentado anteriormente, o presente estudo se caracteriza pela coleta de dados, bem como pelo desenvolvimento e intervenções diretas no canteiro de obras analisado. Diante disso, classifica-se como pesquisa-ação, onde o pesquisador possui envolvimento direto e cooperativo na solução do problema apresentado (GIL, 2018). Diante disso, o estudo será desenvolvido em etapas, porém marcado pela flexibilidade entre estas, uma vez que o desenvolvimento das atividades se dá de forma dinâmica (GIL, 2018).

5.2 Etapas da pesquisa

- **Diagnóstico** – Os dados são coletados por meio de observações diárias do canteiro de obra, utilizando a lista de verificação proposta por Kurek (2005), em colaboração com o engenheiro da obra, encarregados e colaboradores dos diferentes setores no canteiro de obras, com o objetivo de identificar a rotina e a realidade vivenciada no ambiente de trabalho.
- **Segunda etapa** – Coleta de dados de forma direta na obra, ou seja, observações do cotidiano, registro por meio de fotografias, vídeos e relatórios,

bem como informações relatadas envolvendo produtividade, medições de tempo, fluxo de materiais, tanto medidos de forma direta, quanto coletados indiretamente por meio de documentos fornecidos pela empresa responsável pela obra. A segunda etapa ocorrerá concomitantemente à primeira etapa.

- **Terceira etapa** – Após o diagnóstico da situação, selecionar e implantar um conjunto de ferramentas que compõem o *Lean Construction*, adequadas e adaptadas a realidade da empresa, objeto deste estudo.
- **Quarta etapa** – Identificar os resultados obtidos por meio da implementação das ferramentas selecionadas que compõem o *Lean Construction*, demonstrando tais resultados por meio de tabelas, imagens e quantitativamente por meio da utilização da Lista de Verificação de Kurek (2005), correlacionando o resultado obtido antes da implementação e após o processo de implementação das ferramentas selecionadas.

Para realização do diagnóstico no canteiro de obras da construtora, previamente e durante à implementação do *Lean Construction*, foi utilizada a lista de verificação proposta por Kurek (2005), a qual é baseada nos princípios básicos da construção enxuta expostos por Koskela (1992).

O diagnóstico é feito por meio de respostas objetivas, sendo as respostas possíveis: sim, não e não se aplica. O objetivo deste diagnóstico é evidenciar o nível de maturidade da construtora, chegando a um indicador geral a partir dos indicadores por princípio em relação ao cumprimento dos princípios propostos por Koskela (1992).

O cálculo do indicador da pontuação é dado pela fórmula:

$$IPi = \left(\frac{PO}{PP} \right) \times 10 \quad (1)$$

Onde:

IPi = Indicador por princípio

PO = Pontos obtidos

PP = Pontos possíveis

Sendo o indicador geral obtido por meio da média ponderada dos pontos por princípio calculados anteriormente. O coeficiente de ponderação p é 0,909, visto que existem onze princípios do *Lean Construction* proposto por Koskela (1992).

$$ICE = \frac{\sum(IP_i \times p)}{\sum p} \quad (2)$$

6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O presente capítulo é dedicado a análise dos dados coletados, bem como a apresentação dos resultados. A pesquisa teve duração de 8 meses, compreendendo o período de setembro até abril de 2021-2022. Por motivos de sigilo de informação, o nome da empresa não será revelado e esta foi identificada como empresa A.

A empresa A se trata de uma grande construtora no âmbito nacional, presente no mercado a 55 anos, com obras pelo Brasil todo, mas principalmente no estado do Paraná. O grupo já possui mais de 2 milhões de metros quadrados construídos, e a obra estudada possui mais de 150 funcionários, sendo os custos da edificação superiores a R\$ 60.000.000,00.

6.1 Diagnóstico Inicial

Ao realizar o diagnóstico inicial na obra selecionada, pertencente à empresa objeto do estudo, identificou-se que, por se tratar de uma construtora referência na região, esta já possuía processos construtivos compatíveis com as ferramentas de qualidade contempladas pela metodologia *Lean Construction*. Entretanto, por meio do diagnóstico inicial, utilizando a Lista de Verificação proposta por Kurek (2005), identificou-se processos e práticas que poderiam ser aprimorados, como por exemplo a desorganização de alguns materiais (Fotografia 1), fluxos desnecessários e em alguns casos a falta de limpeza da obra.

Fotografia 1 - Blocos cerâmicos diversos dispostos em lugar inadequado



Fonte: Autoria própria (2022)

No caso apresentado na Fotografia 1, os blocos cerâmicos foram identificados como um dos principais gargalos do canteiro, dispostos em diversas localidades, sem organização quanto ao tipo de bloco e controle inadequado em relação ao estoque. Tais inconformidades podem ser resolvidas com a implantação de novas ferramentas que compõem a filosofia do *Lean Construction*.

O quadro 2 apresenta o resultado do diagnóstico, utilizando a Lista de Verificação prévia mencionada na metodologia, a qual contempla a primeira etapa desta pesquisa. Conforme apresentado na metodologia, a Lista de Verificação trata dos princípios da construção enxuta propostos por Koskela (1992).

Quadro 2 - Lista de verificação para diagnóstico dos princípios do *Lean Construction* antes da implementação das ferramentas (continua)

Princípios segundo Koskela (1992)			Itens de verificação de Kurek (2005)	SIM	NÃO	NÃO SE APLICA
1	Reduzir a parcela de atividades que não agregam valor	1.1	A obra possui um arranjo físico, para armazenamento de materiais, visando minimizar a distância entre locais de descarga e os respectivos locais de utilização?		X	
		1.2	Existem evidências de redução de atividades de movimentação, inspeção e espera (utilização de algum dispositivo de melhoria do fluxo do processo)?		X	
2	Aumentar o valor do produto através da consideração das necessidades do cliente	2.1	São identificadas as necessidades dos clientes internos e externos?	X		
		2.2	Os processos são mapeados e identificados os clientes e seus requisitos?	X		
		2.3	Existe alguma forma sistemática para obter os requisitos do cliente (pesquisa de mercado e avaliações pós-ocupação)?	X		
		2.4	Existe retroalimentação com projetistas, por exemplo, reuniões onde são debatidos os requisitos dos clientes?	X		
		2.5	Existe planejamento das tarefas, a fim de garantir os requisitos dos clientes internos na sequência de atividades?	X		
3	Reduzir variabilidade	3.1	Existem procedimentos padronizados para execução das tarefas?	X		
		3.2	Existem procedimentos padronizados para recebimento dos materiais?		X	
		3.3	Existe controle da variabilidade na execução das tarefas?		X	
		3.4	Existe planejamento e controle da produção?	X		

Quadro 2 - Lista de verificação para diagnóstico dos princípios do *Lean Construction* antes da implementação das ferramentas (continua)

Princípios segundo Koskela (1992)		Itens de verificação de Kurek (2005)		SIM	NÃO	NÃO SE APLICA
4	Reduzir o tempo de ciclo de produção	4.1	Existem boas condições de trabalho, com segurança e equipamentos adequados aos operários?	X		
		4.2	Existe uma divisão dos ciclos de produção (como pacotes de trabalho, conclusão de uma metragem especificada, conclusão por pavimento)?	X		
		4.3	Existe alguma evidência de eliminação de atividades de fluxo, que fazem parte de um ciclo de produção?	X		
5	Simplificar através da redução do número de passos ou partes	5.1	É evidenciada a utilização de elementos pré-fabricados, kits ou máquinas polivalentes no processo de produção?	X		
		5.2	Existe um planejamento do processo de produção?	X		
		5.3	Existe uma constante avaliação do processo, buscando a melhoria (reuniões, discussões para identificação de simplificação das operações)?	X		
		5.4	Existe uma organização no canteiro, com relação ao armazenamento de equipamentos e material, visando eliminar ou reduzir a ocorrência de movimentação e deslocamento?	X		
6	Aumentar a flexibilidade de saída	6.1	O produto é customizado no tempo mais tarde possível?	X		
		6.2	O processo construtivo permite a flexibilização do produto, rapidamente, sem grandes ônus para a produção (como utilização de divisórias de gesso acartonado ou lajes planas)?	X		
		6.3	As equipes de produção são polivalentes?	X		
		6.4	Existe uma minimização no tamanho dos lotes aproximando-os de sua demanda?		X	
7	Aumentar a transparência do processo	7.1	O canteiro de obras está livre de obstáculos visuais, como divisórias?	X		
		7.2	No canteiro são utilizados dispositivos visuais, como cartazes, sinalização e demarcação de áreas?		X	
		7.3	São empregados indicadores de desempenho, que tornam visíveis atributos do processo?	X		
		7.4	São empregados programas de melhoria na organização e limpeza, como o Programa 5S?		X	

Quadro 2 - Lista de verificação para diagnóstico dos princípios do *Lean Construction* antes da implementação das ferramentas (conclusão)

Princípios Koskela (1992)		segundo	Itens de verificação de Kurek (2005)	SIM	NÃO	NÃO SE APLICA
8	Focar o controle no processo global	8.1	A empresa faz parceria com fornecedores, no sentido de reduzir atividade que não agregam valor, no momento da entrega e qualidade do material?	X		
		8.2	Existem planejamento e controle da produção, a fim de garantir a entrega da obra no prazo?	X		
9	Introduzir melhoria continua no processo	9.1	Existem evidências, exemplos de dignificação e iniciativas de apoio à mão de obra?	X		
		9.2	Existem procedimentos para monitorar as ações corretivas (as causas reais) e a eliminação com ações preventivas?	X		
		9.3	A gestão é participativa, são aceitas sugestões de funcionários?	X		
		9.4	Utilizam-se indicadores de desempenho para monitoramento dos processos?	X		
10	Manter um equilíbrio entre melhorias nos fluxos e nas conversões	10.1	São evidenciadas práticas de melhorias nos fluxos, tal como o mapeamento do processo?	X		
		10.2	Existe uma estratégia de ataque à obra?	X		
11	Referenciais de ponta (benchmarking)	11.1	A empresa conhece seus próprios processos (estão descritos e entendidos)?	X		
		11.2	É evidenciado o aprendizado, a partir de práticas adotadas em outras empresas similares?	X		
		11.3	Adapta as boas práticas encontradas à sua realidade?	X		

Fonte: Adaptado de Kurek (2005, p. 93)

Analisando a lista de verificação e obtendo os pontos por princípio (IPi), calculou-se o indicador geral do *Lean Construction* (ICE), apresentado no quadro 3.

Quadro 3 - Indicador geral do *Lean Construction* prévio

PRÉ IMPLEMENTAÇÃO			
Princípio	Pontos Obtidos (PO)	Pontos Possíveis (PI)	IPi
1	1	2	5
2	5	5	10
3	2	4	5
4	3	3	10
5	4	4	10
6	3	4	7,5
7	2	4	5
8	2	2	10
9	4	4	10
10	2	2	10
11	3	3	10
ICE =			8,409091

Fonte: Aatoria própria (2022)

Diante da pontuação calculada, percebe-se um bom número de princípios verificados, muito em razão de métodos construtivos, ferramentas e abordagens utilizadas por em uma empresa com certa maturidade no mercado.

6.1.1 Estruturas pré moldadas (pré vigas)

O canteiro de obras estudado conta com a utilização do sistema chamado de “pré vigas”, ou seja, as vigas dos pavimentos tipo são moldados em um “berço” (espaço do canteiro de obras separado para isso) e transportadas com a utilização da grua.

Dessa forma, o fluxo de serviços é muito mais rápido que o convencional, além de facilitar o trabalho dos armadores, carpinteiros, eletricitas e responsáveis pela hidráulica. As fotografias 2 e 3 ilustram como é feito o processo e o seu transporte:

Fotografia 2 - Berço das pré-vigas



Fonte: Autoria própria (2022)

Fotografia 3 - Transporte das pré-vigas por grua



Fonte: Autoria própria (2022)

6.1.2 Utilização de grua e cremalheira

Além de utilizar a grua para o transporte das vigas para os pavimentos tipo, citado no item anterior, a grua é utilizada para o transporte de diversos materiais, tais como concreto, telas, armação de pilares, dentre outros.

Materiais mais delicados como revestimentos cerâmicos, material hidráulico, elétrico e outros itens são transportados por duas cremalheiras, as quais atuam como elevadores na fase bruta da obra, além de transportarem os colaboradores, os quais não podem subir mais de 3 pavimentos a pé, a fim de não reduzir a produtividade.

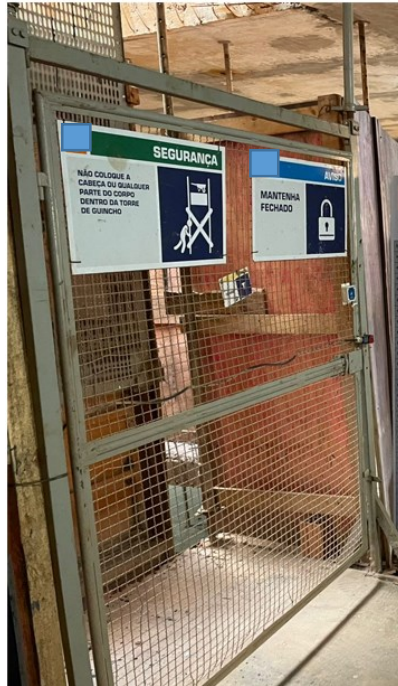
Esses dois equipamentos mostram-se essenciais no dia a dia da obra, gerando aumento de produtividade e facilitando o processo construtivo. As fotografias 4 e 5 evidenciam as funções desses equipamentos:

Fotografia 4 - Transporte utilizando grua



Fonte: Autoria própria (2022)

Fotografia 5 - Cremalheira



Fonte: Autoria própria (2022)

6.1.3 Utilização de argamassa industrializada

A argamassa utilizada para o assentamento de blocos cerâmicos, emboço e regularização das paredes é industrializada (usinada), dessa forma proporcionando uma velocidade incomparável e desafogando a seção da produção do canteiro de obras (setor que produz concreto, argamassas especiais, “farofão” do contrapiso, etc).

Esse material é descarregado em caixas grandes ou pequenas e são transportados aos pavimentos conforme a necessidade, como mostra a fotografia 6.

Fotografia 6 - Argamassa industrializada

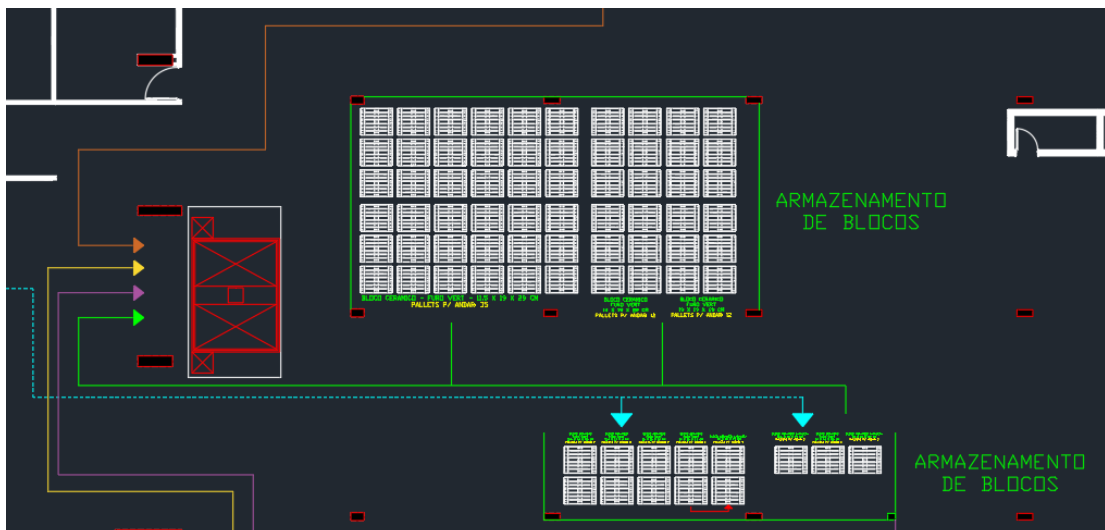


Fonte: Autoria própria (2022)

6.2 Início da implementação de melhorias no canteiro de obras

Após identificação das principais características da obra estudada, o primeiro passo foi desenvolver um novo *layout* do canteiro de obras, visando maior organização e melhoria dos fluxos, como mostra a figura 5.

Figura 5 – Layout do canteiro de obras



Fonte: Autoria própria (2022)

Os blocos foram realocados em local adequado e identificados quanto ao seu tipo. Outros materiais considerados de alta relevância na construção como a

argamassa estabilizada, material elétrico e material hidráulico tiveram seus fluxos e armazenamentos organizados de modo a não interromper o caminho de outros colaboradores.

6.2.1 Ferramentas do *Lean Construction* implementadas

As ferramentas foram selecionadas conforme às necessidades identificadas no diagnóstico realizado anteriormente. Os principais problemas identificados no canteiro de obras estão relacionados ao fluxo e armazenamento de materiais e controle de estoque, portanto, as ferramentas utilizadas foram o *Heijunka Box* junto ao *Last Planner System* e o *Kanban*, ícone do *Lean Construction* as quais impactaram diretamente nos gargalos do dia a dia da obra, sendo o mais notável, as cremalheiras.

6.2.1.1 *Heijunka Box / Last Planner System*

O processo de racionalização e padronização das atividades executadas nas cremalheiras da obra iniciou-se pela coleta de dados desse equipamento, identificando os materiais transportados, tipos de pedido e principalmente o tempo médio de cada uma dessas atividades e também o tempo ocioso de colaboradores esperando esses materiais. Os dados foram coletados por meio de acompanhamento direto com os operadores das cremalheiras, alimentando uma planilha de dados, exibida na figura 5.

Figura 6 - Planilha de dados (controle de ocorrências na cremalheira)

CONTROLE DE OCORRÊNCIAS (CREMALHEIRA)			
MATERIAL / SERVIÇO	DURAÇÃO (min)	TIPO DE TRANSPORTE	OBSERVAÇÃO
Argamassa estabilizada	00:04	Transporte sem pedido	2 caixas
Bloco Cerâmico Alv.	00:10	Transporte com pedido	1 pallet
Cimentado (farofão)	00:12	Pedido feito no início d	1 girica
Bloco Cerâmico Alv.	00:11	Transporte com pedido	1 pallet
Argamassa estabilizada	00:04	Transporte sem pedido	1 caixa
Cimentado (farofão)	00:05	Pedido feito no início d	2 giricas
Cimentado (farofão)	00:03	Pedido feito no início d	2 giricas
Funcionários	00:12	Transporte de pessoas	7 pessoas
Cimentado (farofão)	00:06	Pedido feito no início d	+2 pessoas
Cimentado (farofão)	00:06	Pedido feito no início d	+1 pessoa
Cimentado (farofão)	00:04	Pedido feito no início d	2 giricas
Cimentado (farofão)	00:04	Pedido feito no início d	2 giricas + 4 pessoas
Tubulação de gás	00:03	Transporte de pessoas	-
Cimentado (farofão)	00:04	Pedido feito no início d	-
Argamassa com cal	00:29	Transporte com pedido	4 caixas

Fonte: Autoria própria (2022)

Posteriormente, iniciou-se o processo de controle de produção (produção puxada), desenvolvendo e adaptando um quadro, inspirado no *Heijunka Box*, no qual os materiais transportados nas cremalheiras passaram a ser controlados pelos engenheiros e estagiários, planejando as atividades do dia seguinte no fim do expediente do dia anterior junto aos encarregados de cada setor (*Last Planner System*). O intuito da utilização dessa ferramenta é justamente evitar estoques desnecessários (argamassas paradas, kits elétricos/hidráulicos parados), otimizando os transportes que anteriormente, muitas vezes, eram congestionados.

O quadro, inicialmente foi testado por meio de planilhas impressas preenchidas pelos engenheiros e estagiários, entregues aos operadores das cremalheiras e uma planilha de pedidos, entregue na área de produção (almojarife de hidráulica e elétrica, massas, etc). A planilha dos operadores (sem preencher), preenchida e a da produção são exibidas nas figuras 7 e 8 respectivamente.

Figura 7 - Planilha planejamento das cremalheiras

PLANEJAMENTO - CREMALHEIRAS (Exec)												
	07:00	07:30	08:00	08:30	09:00	09:30	10:00	10:30	11:00	11:30	12:00	12:30
17												
16												
15	PESSOAS	MASSA PRETA 1 GIRICA			BLOCO 11,5 4 PALLETS	ESTABILIZAD A 5 CAIXAS	MASSA PRETA (1 GIRICA) BLOCO 14 (2 PALLETS)		PESSOAS	PESSOAS	PESSOAS	
14												
13												
12												
11			MASSA PRETA 1 GIRICA						BLOCO 11,5/14 1 PALLET			
10			MASSA BRANCA 4 CAIXAS									
9												

Fonte: Autoria própria (2022)

Figura 8 - Planilha entregue a produção

PLANEJAMENTO CREMALHEIRAS							
MATERIAL	FUNÇÃO	PAVIMENTO	QUANTIDADE	HORÁRIO	OPERADOR	FOI?	
MASSA BRANCA	BALANCIM	7º PT	4 CAIXAS	07:00	GIGANTE		
MASSA BRANCA	BALANCIM	10º PT	4 CAIXAS	07:00	GIGANTE		
MASSA BRANCA	REBOCO EXTERNO	INTERMEDIÁRIO 2	5 CAIXAS	07:30	GIGANTE		
MASSA BRANCA	BALANCIM	9º PT	4 CAIXAS	08:00	GIGANTE		
MASSA BRANCA	REBOCO EXTERNO	INTERMEDIÁRIO 2	5 CAIXAS	09:00	GIGANTE		
MASSA BRANCA	BALANCIM	8º PT	4 CAIXAS	09:30	GIGANTE		
MASSA ESTABILIZADA	REBOCO INTERNO	13º PT	4 CAIXAS	09:30	GIGANTE		
MASSA BRANCA	REBOCO EXTERNO	INTERMEDIÁRIO 2	5 CAIXAS	10:30	GIGANTE		
MASSA ESTABILIZADA	REBOCO INTERNO	13º PT	4 CAIXAS	10:30	GIGANTE		
MASSA ESTABILIZADA	ASSENTAMENTO DE ALVENARIA	21º PT	6 CAIXAS	14:00	GIGANTE		
MASSA ESTABILIZADA	REBOCO INTERNO	13º PT	4 CAIXAS	15:00	GIGANTE		
CHAPISCO	CHAPISCO	13º PT	1 GIRICA	07:30	SAMUEL		
GESSO (NORMAL)	FORRO	4º PT	35 PLACAS, 10 F530, 4 BALDE MASSA	08:00	SAMUEL		
BLOCO 11	ALVENARIA	21º PT	5 PALLETS	08:30	SAMUEL		
BLOCO 14	ALVENARIA	21º PT	5 PALLETS	09:00	SAMUEL		
MASSA ESTABILIZADA	ASSENTAMENTO DE ALVENARIA	21º PT	6 CAIXAS	10:00	SAMUEL		
BLOCO 19	ALVENARIA	21º PT	5 PALLETS	10:30	SAMUEL		
GESSO (NORMAL)	FORRO	4º PT	35 PLACAS, 10 F530, 4 BALDE MASSA	11:00	SAMUEL		
GESSO (NORMAL)	FORRO	4º PT	35 PLACAS, 10 F530, 4 BALDE MASSA	16:00	SAMUEL		

Fonte: Autoria própria (2022)

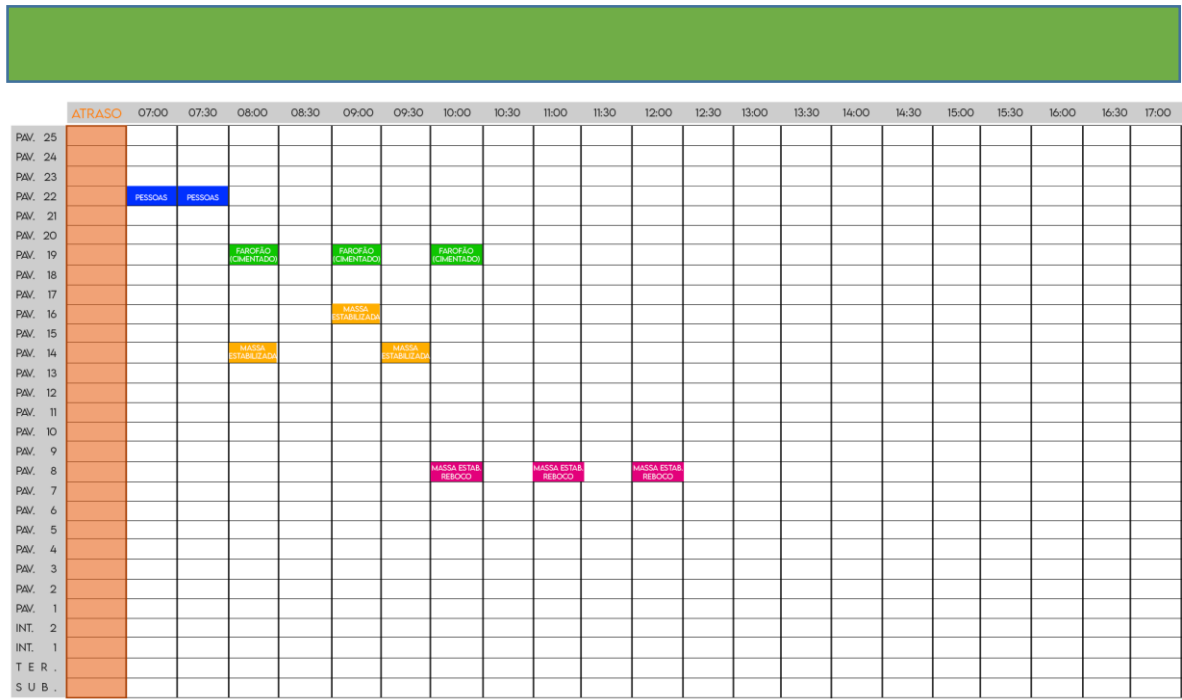
Para apresentar a filosofia do *Lean Construction* aos envolvidos (encarregados, operadores, engenheiro e estagiários) foram realizadas reuniões semanais, com o intuito de esclarecer as ideias, explicar o funcionamento do processo e conscientizar todos da importância da implementação, como mostra a fotografia 8.

Fotografia 7 - Reunião de alinhamento

Fonte: Autoria própria (2022)

Com a equipe alinhada, após o período de validação foram adquiridos dois quadros imantados (*Heijunka box*), juntamente com os imãs dos principais materiais identificados nas etapas anteriores. Um dos quadros foi instalado na sala de reuniões, onde são planejadas as atividades e os materiais a serem transportados no dia seguinte, já o segundo quadro foi posicionado próximo as cremalheiras e a produção de materiais, de modo que os colaboradores conseguissem acompanhar e executar as atividades de transporte conforme o planejado. Os imãs eram posicionados nos quadros dos colaboradores pelos estagiários e engenheiros ao fim do expediente de cada dia. O modelo do quadro e dos imãs é exposto nas figuras 9 e 10.

Figura 9 - Hejunka box adaptado



Fonte: Autoria própria (2022)

Figura 10 - Imãs para o quadro



Fonte: Autoria própria (2022)

O procedimento inicialmente teve certa dificuldade de ser implementado, por se tratar de uma novidade para os colaboradores (fase dos quadros provisórios), mas com a equipe cada vez mais alinhada, uma vez que as reuniões semanais

funcionaram bem em relação a troca de informações e o processo foi se tornando mais claro e efetivo.

6.2.1.2 Kanban

O conceito do Kanban para gestão de estoque foi aplicado para alguns materiais utilizados em obra, entre eles os blocos cerâmicos. Após definição do novo layout, louças e metais, etc, os quais passaram a ter um lugar reservado para estoque e para cada tipo de material, foram desenvolvidas placas de identificação, bem como definida uma linha de controle de estoque mínimo, a qual é representada por cores na placa de identificação, sendo verde a cor representativa de um estoque confortável, amarelo para situação intermediária (na qual deve ser feita a reposição) e vermelho para situação de estoque mínimo. A fotografia 8 mostra o modelo da placa de identificação, assim como a fotografia 8 e 9.

Fotografia 8 – Placa de identificação (piso laminado)



Fonte: Autoria própria (2022)

Fotografia 9 – Placa de identificação (louças)



Fonte: Autoria própria (2022)

Para o caso dos blocos cerâmicos, os quais o armazenamento depende do tipo de bloco uma vez que na obra estudada existem 13 modelos diferentes, as placas de identificação foram desenvolvidas para cada tipo e disposta no primeiro pallet de cada modelo (organizados em fileiras). Uma vez que atingida a linha de controle, a placa de identificação conta com a mensagem de solicitação de compra, facilitando o controle de estoque. As figuras 10 e 11 mostram a organização dos pallets de blocos cerâmicos e as placas de identificação básica e com a mensagem de solicitação de compra. A figura 12 mostra o detalhe da placa de estoque mínimo, o que sugere a solicitação de compra por parte dos responsáveis (encarregado de alvenaria) e responsável pelo almoxarife.

Fotografia 10 – Placa de identificação (blocos cerâmicos)



Fonte: Autoria própria (2022)

Fotografia 11 – Placa de identificação estoque mínimo (blocos cerâmicos)



Fonte: Autoria própria (2022)

Fotografia 12 – Placa de identificação estoque mínimo (blocos cerâmicos)



Fonte: Autoria própria (2022)

Da mesma forma, para materiais de acabamento como portas, esquadrias, pisos e porcelanatos foram reservados espaços de armazenamento individuais, com modelos de placa de identificação idênticos as apresentadas na fotografia 9, bem como organizadas em fileiras facilitando ainda mais o controle visual de estoque. As fotografias 13 e 14 mostra o armazenamento de portas de madeira e pisos cerâmicos.

Fotografia 13 - Armazenamento de portas de madeira



Fonte: Autoria própria (2022)

Fotografia 14 - Armazenamento de materiais (2)



Fonte: Autoria própria (2022)

Para os materiais hidráulicos, foi realizada uma organização pelo almoxarife, separando as peças de maneira adequada e identificando-as de maneira similar aos itens anteriores. As fotografias 15 e 16 mostram, respectivamente, o antes e depois da organização do estoque.

Fotografia 65 - Armazenamento de material hidráulico antes da mudança



Fonte: Autoria própria (2022)

Fotografia 16 - Armazenamento de material hidráulico depois das mudanças



Fonte: Autoria própria (2022)

Os colaboradores responderam de forma positiva a utilização do *Kanban* uma vez que os próprios sofriam com a falta de estoque ou com o exagero do mesmo. Entretanto, inicialmente existiram dificuldades em relação a nova abordagem, não sendo realizada da forma planejada. Porém, a cada reunião semanal e conforme

foram realizados treinamentos com os encarregados de cada setor juntamente aos principais funcionários a participarem da ação, o nível de aceitabilidade cresceu e as ferramentas passaram a ser utilizadas da forma correta.

6.2.1.3 Indicadores de desempenho

Além das ferramentas citadas anteriormente, indicadores de desempenho passaram a ser empregado em diferentes setores do canteiro relacionados a células de produção, desde serviços estruturais até serviços de acabamento.

As células de produção foram definidas juntamente com os responsáveis de cada setor (pedreiros, armadores, carpinteiros, etc), os quais selecionam um conjunto de atividades que devem ser executadas por determinados colaboradores, em um determinado pavimento e em um dado período de tempo. Algumas células de produção são expostas na fotografia 17, detalhando uma delas na fotografia 18.

Fotografia 17 – Células da produção

Atualizado: 09/08/2021

Células de Produção

CP01 - ESTRUTURA			
Atividade	Cargo	Equipe	
• Estrutura			

CP02 - RESSORAMENTO			
Atividade	Cargo	Equipe	
• Reessoramento			

CP03 - MARCAÇÃO			
Atividade	Cargo	Equipe	
• Execução da Marcação de Alvenaria	Pedreiro		
• Execução de Taliscamento (1ª Fiada)	Pedreiro		
• Execução de Chapiscamento de pilar	Pedreiro		
• Execução da fixação de tela de alvenaria	Pedreiro		
• Instalação da Prumada de esgoto + água pluvial + Dreno	Encanador		
• Execução da Abertura de passagem hidráulica piso	Encanador		
• Instalação de Ramal Aéreo hidráulica	Encanador		
• Execução do Chumbamento de pontos hid. Piso	Encanador		

CP04 - CONTRAPISO / GAS			
Atividade	Cargo	Equipe	
• Execução do Taliscamento de contrapiso	Pedreiro		
• Execução do Contrapiso	Pedreiro		

CP05 - ALVENARIA			
Atividade	Cargo	Equipe	
• Execução de Elevação de alvenaria	Pedreiro		
• Instalação do Eletroduto embutido	Pedreiro		
• Instalação do Dreno de ar (split)	Encanador		
• Execução da Abertura de passagem parede	Encanador		
• Instalação da Prumada PCI	Encanador		
• Instalação de passagem de água fria e água quente	Encanador		
• Instalação de vergas e contravergas com tela morfor	Pedreiro		

CP06 - CHURRASQUEIRA			
Atividade	Cargo	Equipe	
• Execução da Base da churrasqueira			
• Execução da Montagem da churrasqueira			
• Execução do Fechamento lateral da churrasqueira			
• Execução do Chumbamento de ponto hidráulico			
• Execução do 1º teste de pressão de gás			

CP07 - TALISCAMENTO & CONTRAMARCO			
Atividade	Cargo	Equipe	
• Execução do Mapeamento para taliscamento	Pedreiro		
• Execução do Taliscamento de parede	Pedreiro		
• Execução de Mestras para ponto hidráulico	Pedreiro		
• Execução do Chumbamento de caixa hidrante de PCI	Pedreiro		
• Execução da Fixação de contramarco	Pedreiro		
• Execução de Grauteamento da Escada	Pedreiro		
• Execução de Fixação da batente PCF	Pedreiro		
• Instalação da Prumada para contramarco	Pedreiro		

CP08 - TETO			
Atividade	Cargo	Equipe	
• Execução do Mapeamento de teto			
• Execução da Regularização de teto			
• Execução do Lixamento de teto			
• Execução da Tubulação de gás	Gás		
• Execução da Prumada de gás	Gás		
• Execução do Envolvimento da prumada de gás	Gás		
• Execução do Chumbamento da caixa medidor de gás	Gás		

CP09 - RECOBO INTERNO			
Atividade	Cargo	Equipe	
• Execução do Chapiscamento de parede			
• Execução do Reboco interno			

CP10 - ELE/HID			
Atividade	Cargo	Equipe	
• Instalação de Ramal de interligação			
• Instalação de Ramal aéreo			

CP11 - PRUMADA HIDRAULICA			
Atividade	Cargo	Equipe	
• Instalação de Prumada Hidráulica 2			
• Execução da Compartimentação hidráulica			
• Execução do Teste de Pressão hidráulica			

CP12 - ESTRUTURAÇÃO/ELETRICA			
Atividade	Cargo	Equipe	
• Instalação da Estrutura para Drywall			
• Instalação Drywall (paredes)			
• Instalação do Dreno de Ar (Drywall)			
• Instalação de QDL (disjuntor)			
• Instalação Elétrica no Drywall			
• Instalação de Eletroduto aéreo			
• Instalação de Módulos (elé/com)			
• Instalação de Rede Frigorígena (ar condicionado)			

CP13 - IMPERMEABILIZAÇÃO E AÇO			
Atividade	Cargo	Equipe	
• Execução do Teste de Estanqueidade			
• Execução da Impermeabilização com Pintura polimérica			
• Instalação do Corrimão em Aço			
• Instalação do Guarda-corpo			

CP14 - REVESTIMENTO CERÂMICO			
Atividade	Cargo	Equipe	
• Instalação do Revestimento cerâmico			
• Instalação do Rodapé cerâmico			
• Instalação de Soleira			
• Execução do Rejuntamento cerâmico			
• Instalação da proteção de piso e rodapé			
• Instalação da proteção de azulejo e bancada			

Fonte: Autoria própria (2022)

Fotografia 18 – Células da produção

CP03 - MARCAÇÃO		
Atividade	Cargo	Equipe
• Execução da Marcação de Alvenaria	Pedreiro	
• Execução de Taliscamento (1ª Fiada)	Pedreiro	
• Execução de Chapiscamento de pilar	Pedreiro	
• Execução da fixação de tela de alvenaria	Pedreiro	
• Instalação da Prumada de esgoto + água pluvial + Dreno	Encanador	
• Execução da Abertura de passagem hidráulica piso	Encanador	
• Instalação de Ramal Aéreo hidráulica	Encanador	
• Execução do Chumbamento de pontos hid. Piso	Encanador	

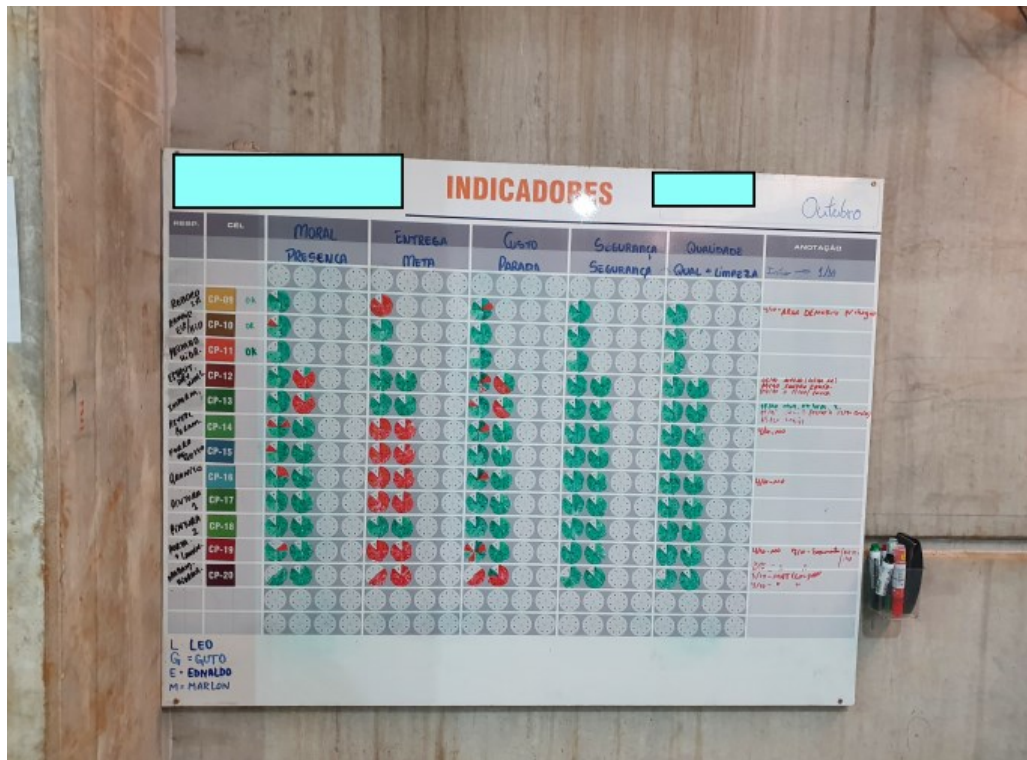
Fonte: Autoria própria (2022)

Definidas as células de produção, construiu-se um quadro de indicadores, no qual são registrados o status em relação à segurança do serviço, qualidade, custo e prazo, bem como anotadas observações sobre situações que impactaram a célula de produção.

Os indicadores foram definidos de forma empírica, uma vez que os envolvidos na construção do edifício possuem experiência e também possuem dados que os auxiliam em definir quando tempo, quantos funcionários, quanto será gasto etc., em cada célula de produção.

Na fotografia 19 é exposto o quadro de indicadores das células de produção, o qual é alimentado semanalmente pelos encarregados de cada setor sob crivo dos estagiários e engenheiros, os quais durante a reunião semanal definiram se a estratégia construtiva seguirá conforme o planejado ou sofrerá alterações em razão de indicadores fora do objetivo.

Fotografia 19 – Indicadores das células de produção



Fonte: Autoria própria (2022)

6.3 Diagnóstico após implementação das ferramentas seleccionadas do *Lean Construction*

Nessa etapa é realizado novamente a análise da Lista de Verificação, obtendo o resultado do ICE (Índice de Construção Enxuta) após a implantação das ferramentas seleccionadas. O quadro 4 mostra a análise feita.

Quadro 4 - Lista de verificação para diagnóstico dos princípios do *Lean Construction* após implementação das ferramentas (continua)

Princípios segundo Koskela (1992)			Itens de verificação de Kurek (2005)	SIM	NÃO	NÃO SE APLICA
1	Reduzir a parcela de atividades que não agregam valor	1.1	A obra possui um arranjo físico, para armazenamento de materiais, visando minimizar a distância entre locais de descarga e os respectivos locais de utilização?	X		
		1.2	Existem evidências de redução de atividades de movimentação, inspeção e espera (utilização de algum dispositivo de melhoria do fluxo do processo)?	X		

Quadro 4 - Lista de verificação para diagnóstico dos princípios do *Lean Construction* após implementação das ferramentas (continua)

Princípios segundo Koskela (1992)			Itens de verificação de Kurek (2005)	SIM	NÃO	NÃO SE APLICA
2	Aumentar o valor do produto através da consideração das necessidades do cliente	2.1	São identificadas as necessidades dos clientes internos e externos?	X		
		2.2	Os processos são mapeados e identificados os clientes e seus requisitos?	X		
		2.3	Existe alguma forma sistemática para obter os requisitos do cliente (pesquisa de mercado e avaliações pós-ocupação)?	X		
		2.4	Existe retroalimentação com projetistas, por exemplo, reuniões onde são debatidos os requisitos dos clientes?	X		
		2.5	Existe planejamento das tarefas, a fim de garantir os requisitos dos clientes internos na sequência de atividades?	X		
3	Reduzir variabilidade	3.1	Existem procedimentos padronizados para execução das tarefas?	X		
		3.2	Existem procedimentos padronizados para recebimento dos materiais?	X		
		3.3	Existe controle da variabilidade na execução das tarefas?	X		
		3.4	Existe planejamento e controle da produção?	X		
4	Reduzir o tempo de ciclo de produção	4.1	Existem boas condições de trabalho, com segurança e equipamentos adequados aos operários?	X		
		4.2	Existe uma divisão dos ciclos de produção (como pacotes de trabalho, conclusão de uma metragem especificada, conclusão por pavimento)?	X		
		4.3	Existe alguma evidência de eliminação de atividades de fluxo, que fazem parte de um ciclo de produção?	X		
5	Simplificar através da redução do número de passos ou partes	5.1	É evidenciada a utilização de elementos pré-fabricados, kits ou máquinas polivalentes no processo de produção?	X		
		5.2	Existe um planejamento do processo de produção?	X		
		5.3	Existe uma constante avaliação do processo, buscando a melhoria (reuniões, discussões para identificação de simplificação das operações)?	X		
		5.4	Existe uma organização no canteiro, com relação ao armazenamento de equipamentos e material, visando eliminar ou reduzir a ocorrência de movimentação e deslocamento?	X		

Quadro 4 - Lista de verificação para diagnóstico dos princípios do Lean Construction após implementação das ferramentas (continua)

Princípios segundo Koskela (1992)			Itens de verificação de Kurek (2005)	SIM	NÃO	NÃO SE APLICA
6	Aumentar a flexibilidade de saída	6.1	O produto é customizado no tempo mais tarde possível?	X		
		6.2	O processo construtivo permite a flexibilização do produto, rapidamente, sem grandes ônus para a produção (como utilização de divisórias de gesso acartonado ou lajes planas)?	X		
		6.3	As equipes de produção são polivalentes?	X		
		6.4	Existe uma minimização no tamanho dos lotes aproximando-os de sua demanda?		X	
7	Aumentar a transparência do processo	7.1	O canteiro de obras está livre de obstáculos visuais, como divisórias?	X		
		7.2	No canteiro são utilizados dispositivos visuais, como cartazes, sinalização e demarcação de áreas?	X		
		7.3	São empregados indicadores de desempenho, que tornam visíveis atributos do processo?	X		
		7.4	São empregados programas de melhoria na organização e limpeza, como o Programa 5S?		X	
8	Focar o controle no processo global	8.1	A empresa faz parceria com fornecedores, no sentido de reduzir atividade que não agregam valor, no momento da entrega e qualidade do material?	X		
		8.2	Existem planejamento e controle da produção, a fim de garantir a entrega da obra no prazo?	X		
9	Introduzir melhoria continua no processo	9.1	Existem evidências, exemplos de dignificação e iniciativas de apoio à mão de obra?	X		
		9.2	Existem procedimentos para monitorar as ações corretivas (as causas reais) e a eliminação com ações preventivas?	X		
		9.3	A gestão é participativa, são aceitas sugestões de funcionários?	X		
		9.4	Utilizam-se indicadores de desempenho para monitoramento dos processos?	X		
10	Manter um equilíbrio entre melhorias nos fluxos e nas conversões	10.1	São evidenciadas práticas de melhorias nos fluxos, tal como o mapeamento do processo?	X		
		10.2	Existe uma estratégia de ataque à obra?	X		

Quadro 4 - Lista de verificação para diagnóstico dos princípios do Lean Construction após implementação das ferramentas (conclusão)

11	Referenciais de ponta (benchmarking)	11.1	A empresa conhece seus próprios processos (estão descritos e entendidos)?	X		
		11.2	É evidenciado o aprendizado, a partir de práticas adotadas em outras empresas similares?	X		
		11.3	Adapta as boas práticas encontradas à sua realidade?	X		

Fonte: Adaptado de Kurek (2005, p. 93)

O mesmo cálculo realizado anteriormente à implementação da filosofia foi feito durante à implementação do *Lean Construction*, obtendo o indicador geral com base nos indicadores por princípio para a situação, demonstrado no quadro 5.

Quadro 5 - Indicador geral do *Lean Construction* durante à implementação

DURANTE IMPLEMENTAÇÃO			
Princípio	Pontos Obtidos (PO)	Pontos Possíveis (PI)	IPi
1	2	2	10
2	5	5	10
3	4	4	10
4	3	3	10
5	4	4	10
6	3	4	7,5
7	4	4	10
8	2	2	10
9	4	4	10
10	2	2	10
11	3	3	10
ICE =			9,772727

Fonte: Autoria própria (2022)

Diante da melhoria no índice ICE, nota-se que apesar das dificuldades relacionadas à implementação a empresa obteve avanços, e com o tempo e maior aderência de todos os colaboradores, a evolução pode ser ainda maior. Apesar da boa recepção dos trabalhadores, existe uma resistência no ambiente de trabalho e esta é desconstruída com a maturação da filosofia dentro da empresa até que seja intrínseco a mesma.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após realização o diagnóstico da realidade encontrada, pode-se observar que mesmo antes da implementação das ferramentas do *Lean Construction* a empresa A apresentou padrões construtivos organizados e eficientes como utilização de estruturas pré moldadas, produtos industrializados de maior qualidade e padronização, graus e cremalheiras que aceleram o processo construtivo, e conseqüentemente apresentou uma pontuação relativamente alta em relação ao Índice de Construção Enxuta, 8,40. Entretanto é notável a defasagem principalmente nos pontos relacionados a definição de um layout do canteiro de obras, além da falta de padronização no recebimento e armazenamento de materiais, o que implica na falta de controle do estoque e distribuição de materiais e ausência de dispositivos visuais para identificação dos materiais e limpeza da obra.

Posteriormente à realização do diagnóstico, iniciou-se o processo de identificação de ferramentas possíveis de serem aplicadas ao contexto da empresa, as quais foram: *Heijunka Box*, *Kanban* e *Last Planner System*. Durante à implementação de ferramentas selecionadas que compõem a filosofia do *Lean Construction*, a pontuação teve um aumento de 1,3 pontos, chegando a nota de 9,7. A razão dessa mudança tem em vista as melhorias, principalmente nos aspectos de definição do layout do canteiro, racionalização dos processos, gerência de estoques e armazenamento e implementação dos dispositivos visuais de identificação de blocos cerâmicos, materiais e limpeza do canteiro. Como demonstrado ao longo do trabalho o processo possui algumas dificuldades, entre elas o engajamento e entendimento dos colaboradores, entretanto pela experiência da equipe e esforço dos superiores em esclarecer e adaptar o processo conforme necessidade dos colaboradores, reunião após reunião o processo evolui bastante em pouco tempo.

Diante da variação entre os dois resultados, nota-se que pela empresa estudada se tratar de uma grande construtora nacional com elevados padrões de qualidade, mesmo antes do período de implementação o índice é elevado e evidencia a aplicação consistente dos princípios da construção enxuta.

Entretanto, é notável e facilmente identificáveis os resultados obtidos por meio da implementação das novas ferramentas selecionadas ligadas à filosofia do *Lean Construction*, *Heijunka Box*, *Kanban*, *Last Planner System*. Por meio da integração das ferramentas e estratégias de capacitação e mudança de cultura nos

colaboradores no canteiro de obras, obteve-se uma melhoria considerável no índice ICE, conseqüentemente podendo aumentar o potencial da empresa de ser tornar ainda mais consistente e competitiva no mercado. Embora exista margem para melhoria, esta depende de tempo para que o projeto amadureça e se entranhe em todos os setores da construtora, para que assim a melhoria seja contínua.

Diante do exposto, fica evidente a necessidade de se aprofundar estudos em relação aos impactos, positivos e negativos, da implementação das ferramentas do *Lean Construction* em obras verticais, principalmente em relação ao período de análise visto que a filosofia precisa de tempo para se tornar algo intrínseco à empresa.

Além disso, devem ser realizados estudos de aplicação das ferramentas do *Lean Construction* a construções residenciais, área que sofre ainda mais com problemas de desperdício, falta de padronização, qualidade inferior, etc., se tratando de um desafio ainda maior em razão da menor duração da construção.

REFERÊNCIAS

- ABDELHAMID, T. & SALEM, O. **Lean construction: a new paradigm for managing construction projects**. In: THE INTERNATIONAL WORKSHOP ON INNOVATIONS IN MATERIALS AND DESIGN OF CIVIL INFRASTRUCTURE, Cairo, Egito, 2005. **Anais [...]** Birmingham: The University of Alabama, 2005. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Tariq-Abdelhamid/publication/242085758_LEAN_CONSTRUCTION_A_NEW_PARADIGM_FOR_MANAGING_CONSTRUCTION_PROJECTS/links/55b5240d08aed621de02da2b/LEAN-CONSTRUCTION-A-NEW-PARADIGM-FOR-MANAGING-CONSTRUCTION-PROJECTS.pdf. Acesso em: 21 out. 2021.
- ARANTES, P. C. F. G. **Lean construction – filosofia e metodologias**. 2008. Dissertação (Mestrado em construções Universidade do Porto). Faculdade do Porto, Portugal, 2008. Disponível em: <https://repositorio.aberto.up.pt/bitstream/10216/60079/1/000129800.pdf>. Acesso em: 18 out. 2021.
- Câmara Brasileira da Indústria da Construção**. 2016. Disponível em: <http://www.cbicdados.com.br/menu/estudos-especificos-da-construcao-civil/produtividade-da-construcao-civil-brasileira>. Acesso em: 13 out. 2021.
- DENNIS, P. **Produção Lean Simplificada**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2008.
- FIALHO, K. E. R *et al.* **Aspectos econômicos da construção civil no Brasil**. Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, XV. Maceió, Alagoas, 2014. Disponível em: <http://repositorio.ufc.br/handle/riufc/5770>. Acesso em: 16 out. 2021.
- FILHO, M. C. **As ferramentas de qualidade no processo produtivo com enfoque no processo enxuto**. Monografia de Especialização. MBA em Gestão da manutenção, produção e negócio, Instituto Superior de Tecnologia. Conselheiro Lafaiete, 2011. Disponível em: http://www.icap.com.br/biblioteca/180026010212_TCC_-_As_Ferramentas_de_Qualideno_Processo_Produtivo_com_enfoque_no_Processo_Enxuto.pdf. Acesso em: 20 nov. 2021.
- FORMOSO, C. T. **Lean Construction: princípios básicos e exemplos**. Boletim Técnico, Norie, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, v. 14, 2002. Disponível em: <https://leanconstruction.wordpress.com/2009/01/19/lean-construction-principios-basicos-e-exemplos/>. Acesso em: 13 out. 2021.
- GHINATO, P. **Elementos fundamentais do Sistema Toyota de Produção**. Produção e Competitividade: Aplicações e Inovações. UFPE, Recife, 2000. Disponível em: <https://www.leanway.com.br/wp-content/uploads/Paper-04-STP.pdf>. Acesso em 20 nov. 2021.
- GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas: 2018. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788597012934/epubcfi/6/2%5B%3>

Bvnd.vst.idref%3Dhtml0%5D!4/2/4%5Bvst-image-button-663724%5D%400:0.101.
Acesso em: 18 nov. 2021.

GRENHO, L. F. S. **Last Planner System e Just in Time na construção.** 2009. Dissertação (Mestrado em construções) - Faculdade de Engenharia Universidade do Porto. Porto, PT. 2009. Disponível em: <https://repositorio-aberto.up.pt/handle/10216/57699>. Acesso em: 05 nov. 2021.

GHINATO, P. **Sistema Toyota de Produção: mais do que simplesmente just-in-time.** Prod. [online]. Vol. 5, n. 2, p. 169-189. 1996.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. PIB Brasil x PIB Construção Civil. Elaborado por Banco de Dados CBIC – Câmara Brasileiro da Indústria da Construção. Disponível em: http://www.cbicdados.com.br/media/home/pib_2004_a_2020.jpg. Acesso em 13 out. 2021.

ISATTO, E. L.; FORMOSO, C. T.; DE CESARE, C. M.; HIROTA, E. H.; ALVES, T. C. L. **Lean construction: diretrizes e ferramentas para o controle de perdas na construção civil.** Série SEBRAE Construção Civil. Porto Alegre, RS. Vol 5. 2000. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/329011337_LEAN_CONSTRUCTION_DIR_ETRIZES_E_FERRAMENTAS_PARA_O_CONTROLE_DE_PERDAS_NA_CONSTRUCAO_CIVI. Acesso em 20 nov. 2021.

KOSKELA, L. **Application of the new philosophy to construction.** CIFE - Center for Integrated Facility Engineering. Technical Report, 75p. Stanford University, Palo Alto, California, 1992. Disponível em: <https://leanconstruction.org/uploads/wp/media/docs/Koskela-TR72.pdf>. Acesso em: 15 out. 2021.

KUREK, J. **Introdução dos princípios da filosofia de construção enxuta no processo de produção em uma construtora de Passo Fundo.** 200. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Universidade de Passo Fundo. Passo Fundo, 2005. Disponível em: http://www.dominiopublico.gov.br/pesquisa/DetalheObraForm.do?select_action=&co_obra=152376. Acesso em: 05 nov. 2021.

MELLO, L. C. B. B.; AMORIN, S. R. L. **O subsector de edificações da construção civil no Brasil: uma análise comparativa em relação à União Europeia e aos Estados Unidos.** Produção, v. 19, n. 2, p. 388-399, 2009. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/250990475_O_subsector_de_edificacoes_da_a_construcao_civil_no_Brasil_uma_analise_comparativa_em_relacao_a_Uniao_Europeia_e_aos_Estados_Unidos. Acesso em: 14 out. 2021.

MESEGUER, A. G. **Controle e garantia da qualidade na construção.** São Paulo: Sinduscon-SP, 1991.

MOURA, B. **A aplicação prática dos 11 princípios da construção enxuta.** 2015. Disponível em: <https://www.linkedin.com/pulse/aplicação-prática-dos-11-princípios->

da-construção-enxuta-moura-6079623308276490240/?originalSubdomain=pt.
Acesso em: 19 nov. 2021.

OHNO, T. **O Sistema Toyota de produção: além da produção em larga escala.** Porto Alegre: Bookman, 1997. Disponível em:
https://www.academia.edu/16347106/Taiichi_Ohno_O_Sistema_Toyota_de_Produção. Acesso em: 10 nov. 2021.

PICCHI, F. A. **Sistemas da qualidade: uso em empresas de construção de edifícios.** 1993. Tese de Doutorado em Engenharia Civil. São Paulo: USP, 1993. Disponível em: http://www.pcc.usp.br/files/text/publications/BT_00104.pdf. Acesso em: 02 nov. 2021.

SHINGO, S. **O Sistema Toyota de Produção do ponto de vista da engenharia de produção.** 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 1996. Disponível em:
<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788577800995/pages/recent>. Acesso em 17 nov. 2021.

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

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. **A mentalidade enxuta nas empresas: elimine o desperdício e crie riqueza.** 5 ed. Rio de Janeiro: Campus, 1998. Disponível em:
<https://www.scielo.br/j/rae/a/z5fRs85XRcZS5YHkjc8t7Zc/?lang=pt>. Acesso em 15 nov. 2021.