

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO TECNOLÓGICO  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL  
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

Bruna Suárez Contreras

**Uma análise da implementação da filosofia *Lean Construction*: estudo de caso na**  
*Constructora Mediterráneo*

Florianópolis

2020

Bruna Suárez Contreras

**Uma análise da implementação da filosofia *Lean Construction*: estudo de caso na**  
*Constructora Mediterráneo*

Trabalho Conclusão do Curso de Graduação em Engenharia Civil do Centro Tecnológico da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito para a obtenção do título de Bacharela em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Lobo.

Florianópolis

2020

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,  
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Contreras, Bruna Suárez

Uma análise da implementação da filosofia Lean  
Construction : Estudo de caso na Constructora Mediterráneo  
e proposta de um Framework / Bruna Suárez Contreras ;  
orientador, Eduardo Lobo, 2020.  
157 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -  
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico,  
Graduação em Engenharia Civil, Florianópolis, 2020.

Inclui referências.

1. Engenharia Civil. 2. Planejamento na Construção  
Civil. 3. Lean Construction. 4. Construção enxuta. 5. Last  
Planner System. I. Lobo, Eduardo. II. Universidade Federal  
de Santa Catarina. Graduação em Engenharia Civil. III.  
Título.

Bruna Suárez Contreras

**Uma análise da implementação da filosofia *Lean Construction*: estudo de caso na  
*Constructora Mediterráneo***

Este Trabalho Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de Bacharela e aprovado em sua forma final pelo Curso de Engenharia Civil.

Florianópolis, 20 de junho de 2020.

---

Profa. Luciana Rodhe, Dra.  
Coordenadora do Curso

**Banca Examinadora:**

---

Prof. Eduardo Lobo, Dr.  
Orientador  
Universidade Federal de Santa Catarina

---

Profa. Cristine do Nascimento Mutti, Dra.  
Avaliadora  
Universidade Federal de Santa Catarina

---

Pró-Reitor de Graduação Alexandre Marino Costa  
Avaliador  
Universidade Federal de Santa Catarina

Este trabalho é dedicado ao meu pai que me capacitou e motivou na formação de engenheira civil.

## AGRADECIMENTOS

A minha família, por estarem sempre presentes oferecendo todo o apoio, incentivo e carinho que precisei para a conclusão do curso. Especialmente minha mãe, Ana Carolina Contreras e meu pai, Orlando Suárez, que fizeram parte da minha educação e do meu crescimento tanto como nas capacidades pessoais e profissionais.

Ao meu professor orientador Eduardo Lobo, pela sua generosidade, disponibilidade e incentivo, por ter confiado e me instruído de maneira excepcional na elaboração deste trabalho.

A *Constructora Mediterráneo*, por abrir suas portas e compartilhar seus projetos, principalmente ao engenheiro de projetos da obra Manzana 40, Jose Luís Oriás, por estar a disposição para retirar dúvidas.

Aos professores do departamento de Engenharia Civil, que devido suas dedicações e motivações nas aulas me despertaram maior paixão pela minha profissão.

A todos os meus colegas de curso que, de maneira colaborativa, ajudaram nas etapas e metas difíceis fazendo estas se tornarem suportáveis.

Guardo especial carinho por minha amiga Victoria Franco, por outorgar o apoio, motivação e me apoiar nos meus desenvolvimentos emocionais e pessoais, verdadeira amizade.

...estamos imersos em uma profunda mudança no modelo de produção, não apenas no setor de manufatura industrial, mas também no setor de construção. Essa mudança começou há mais de duas décadas, a primeira no setor automobilístico e gradualmente se estendeu a outras indústrias. A implementação do novo modelo de produção está sendo desigual de acordo com setores e áreas geográficas, mas já é um fato global. Na construção, as mudanças são mais lentas, mas grandes avanços estão ocorrendo (PONS, 2014).

## RESUMO

O setor de construção abrange uma área ampla de trabalho, dentro do campo dirigido à construção de edificações residenciais e comerciais, as empresas construtoras que se resistem às mudanças, se regem a um sistema tradicional, no qual podem ser observados processos contrutivos pouco eficientes, com tendência a passar por modificações nos programas originais, pois apesar de tomar certas precauções nos processos, estes podem ser afetados por diferentes motivos, como erros de projetos, atraso de material, falta de equipamentos, atrasos de atividades requeridas para a execução da tarefa seguinte, entre outros. Para diminuir o impacto, este trabalho propõe a aplicação da filosofia Lean construction através de um *framework* metodológico, uma filosofia que foi implementada por Ballard como método de planificação auxiliar para as empresas construtoras com a finalidade de melhorar os sistemas de planificação e identificar a causa-raiz dos principais problemas, assim como também de diminuir os desperdícios e aumentar a produtividade. O *framework* sugerido engloba as ferramentas do *Lean* dentro de um aplicativo que se aproxima a uma nuvem e interliga a todos os *stakeholders* da uma empresa. Este trabalho busca analisar os impactos da filosofia *Lean* e responder ao “porque” e ao “como” da implementação, portanto, visa difundir a metodologia de aplicação de cada ferramenta e servir de guia para profissionais e empresas que procurem melhorar processos de planejamento, aumentar a produtividade e eliminar desperdícios. Para cumprir tal objetivo, conjugou-se revisão bibliográfica e um estudo de caso, o qual apresenta um análise de resultados de uma obra de um edifício comercial de 90.650 m<sup>2</sup>, em Santa Cruz de la Sierra, Bolívia, que iniciou com o método convencional de organização da *Constructora Mediterráneo* e no transcurso se implementou conceitos da filosofia *Lean Construction* como novo método de planificação, execução e controle de projeto. Se apresenta uma compilação bibliográfica e tomada de dados a partir da implementação das principais ferramentas básicas da filosofia *Lean*, como *Last Planner System* (último sistema de planificação), Trens de trabalho, Cartas de Balanço e outros. Por último se analisam os resultados de produtividade obtidos ao longo do projeto e se comparam com padrões iniciais da própria obra, na qual foi observado um ganho de 8% do custo total da obra, a qual foi produzido pelas melhorias na planificação como, maior entusiasmo e comunicação entre os *stakeholders*, uma visão macro dos projetos com diminuição de variabilidade e sobretudo redução de desperdícios, e produtividade efetiva. Contudo, este trabalho foi focado para chamar a atenção na Bolívia, como também ao redor do mundo, para apontar na melhoria contínua na área da produção na construção.

**Palavras-chave:** Planejamento na Construção Civil. Construção enxuta. *Lean Construction*. *Last Planner System*.



## ABSTRACT

The construction sector covers a wide area of work, within the field directed to the construction of residential and commercial buildings, the construction companies that resist changes, are governed by a traditional construction system with inefficient construction processes, companies usually undergo modifications in the original programs, because despite taking certain precautions in the processes, these can be affected by different reasons, such as design errors, material delay, lack of equipment, activity delays required to perform the next task, among others. To diminish or minimize these problems, Lean Construction's philosophy is born, implemented by Ballard, to improve planning systems and to identify two main problems at the root cause, as a result of diminishing the waste and increasing the productivity. The suggested framework encompasses the Lean tools within an application that approaches a cloud and interconnects all the stakeholders of a company. This work seeks to analyze the impacts of Lean philosophy and answer the “why” and “how” of the implementation, therefore, it aims to disseminate the application methodology of each tool and serve as a guide for professionals and companies that seek to improve planning processes, increase productivity and eliminate waste. To accomplish this objective, a bibliographic review and a case study were combined, which presents the analysis of the results of a work on a 90,650 m<sup>2</sup> in Santa Cruz de la Sierra, Bolivia, which began with the conventional method of organizing by the company Constructora Mediterráneo and during the course, concepts from the Lean Construction philosophy were implemented as a new method of project planning, execution and control. For this, a bibliographic compilation and data collection were made, based on the implementation of the main basic tools of Lean philosophy, such as the last Planner System, Work trains, Balance sheets and others. Finally, the productivity results obtained during the project are analyzed and compared with the initial standards of the work itself, in which a gain of 8% of the total cost of the work was observed, which was produced by improvements in planning as, greater enthusiasm and communication between stakeholders, a macro view of projects with reduced variability and above all waste reduction, and effective productivity. However, this work was focused to draw attention in Bolivia, as well as around the world, to point to continuous improvement in the area of production in construction.

**Keywords:** Civil construction planning. Lean Construction. Last Planner System.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Diagrama das flechas.....	40
Figura 2 – Diagrama dos blocos.....	41
Figura 3 – Caminho crítico, diagrama das flechas.....	41
Figura 4 – Curva "S" e a aplicação em controle.....	43
Figura 5 – Representação da cadeia ou fluxo de valor de acordo com a filosofia <i>Lean</i> .....	48
Figura 6 – Estrutura do sistema de produção.....	55
Figura 7 – <i>Lean Project Delivery System</i> .....	56
Figura 8 – Modelo de planificação do projeto usando LPS.....	60
Figura 9 – Plano Mestre.....	57
Figura 10 – Exemplo da seção de planificação <i>Pull</i> em uma fase da obra Vertical, Santa Cruz Bolívia.....	61
Figura 11 – Exemplo <i>Look-Ahead plan</i> e comprometimento da equipe, obra X.....	62
Figura 12 – <i>Post</i> .....	63
Figura 13 – Lista de restrições.....	64
Figura 14 – Gráfico PPC - Contratante elétrico (projeto de 1995 na Venezuela).....	66
Figura 15 – Distribuição geral de atividades de 30 obras realizada em 2002.....	68
Figura 16 – Gráfico Pareto para a Distribuição de Tempo.....	71
Figura 17 – Modelo simplificado de linha de balanço em blocos.....	68
Figura 18 – Fluxograma da Metodologia da pesquisa.....	83
Figura 19 – Etapas do desenvolvimento do estudo de caso.....	83
Figura 20 – Sede da <i>Constructora Mediterráneo</i> .....	87
Figura 21 – Diretório da <i>Constructora Mediterráneo</i> .....	88
Figura 22 – Perspectiva do Projeto Manzana 40 Parque Empresarial.....	89
Figura 23 – Oficinas M40.....	90
Figura 24 – Estrutura Figura 18. Oficinas M40.....	90
Figura 25 – Terraço.....	91
Figura 26 – Praça de alimentação.....	91
Figura 27 – Superestrutura Manzana 40 em execução.....	93
Figura 28 – Corpo organizacional inicial do planejamento da obra.....	94
Figura 29 – Fluxograma de ferramentas aplicadas na obra Manzana 40.....	96
Figura 30 – Corpo organizacional após da implementação <i>Lean</i> do planejamento da obra.....	97

Figura 31 – Setorização da obra.....	97
Figura 32 – Exemplo de setorização para o serviço de Colunas.....	100
Figura 33 – Ciclo <i>Last Planner System</i> .....	100
Figura 34 – Cronograma da obra total.....	101
Figura 35 – Exemplo da seção de planificação inicial do serviço de pavimentos.....	103
Figura 36 – Exemplo <i>Look-Ahead plan</i> e comprometimento da equipe, obra Manzana 40.	104
Figura 37 – Quadro com as restrições do levantamento dos pavimentos da torre 2 da obra Manzana 40.....	105
Figura 38 – Quadro de análise de Restrições do levantamento dos pavimentos da torre 2 da obra Manzana 40.....	105
Figura 39 – <i>Stakeholders, Weekly Work Plan</i> .....	107
Figura 40 – Exemplo de PPC calculado da obra Manzana 40.....	107
Figura 41 – <i>Last Planner System</i> - Torre 2.....	108
Figura 42 – Percentagem de planificação cumprida – Torre 1.....	108
Figura 43 – Gráfico de causas de não cumprimento.....	110
Figura 44 – Rendimentos das equipes na elevação de pavimentos.....	110
Figura 45 – Laje de estudo para o NGA.....	111
Figura 46 – Medição de Nível Geral de atividades, Montagem, Armado, Concretagem...	112
Figura 47 – Exemplo da tabela Excel de medição do NGA.....	112
Figura 48 – Resultados do Nível geral de atividade.....	112
Figura 49 – Distribuição de nível geral de atividade.....	113
Figura 50 – Dados gerais – Carta de balanço.....	114
Figura 51 – Distribuição de tempo por trabalhador.....	115
Figura 52 – Princípios 5 S utilizados pela <i>Constructora Mediterraneo</i> .....	116
Figura 53 – Quadro lembrete do Painel da obra Manzana 40.....	117
Figura 54 – Local de trabalho antes da aplicação da ferramenta 5S.....	117
Figura 55 – Local de trabalho depois da aplicação de ferramenta 5S.....	118
Figura 56 – Filosofia <i>Lean Construction</i> vs Metodologia tradicional da construtora.....	119
Figura 57 – Modelo proposto para o <i>framework</i> .....	123
Figura 58 – Modelo proposto para o <i>framework</i> .....	128
Figura 59 – Plataforma 1- Armazenamento e testes.....	129

Figura 60 – Plataforma 2 – Cronograma de obra.....	130
Figura 61 – Exemplo <i>Organizational Breakdown Structure</i> .....	131
Figura 62 – Exemplo de planilha para a identificação das fases iniciais.....	132
Figura 63 – Exemplo de gráfico de percentagem cumprida para um setor individual.....	133
Figura 64 – Gráfico para a análise de Causas de não Cumprimento.....	134
Figura 65 – Planilha de Nível Geral de Atividades.....	135
Figura 66 – Resultados de nível geral de atividades.....	135
Figura 66 – Gráficos de nível geral de atividades.....	136
Figura 68 – Planilha de dados gerais das Cartas de Balanço.....	137
Figura 69 – Planilha exemplo de registros - Cartas de Balanço.....	138
Figura 70 – Distribuição de tempo por funcionário.....	138
Figura 71 – Gráfico comparativo do cronograma inicial <i>versus</i> cronograma realizado.....	139

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Dimensão conceitual de possíveis indicadores de suporte à gestão tecnológica.....	37
Quadro 2 – Produção convencional vs produção enxuta.....	50
Quadro 3 – Classificação de 35 estudos de caso em relação ao seu nível de desempenho...74	
Quadro 4 – Classificação de tipos de pesquisa.....	78
Quadro 5 – Trem de trabalho da obra Manzana 40.....	99
Quadro 6– <i>Post Last Planner</i> .....	103
Quadro 7 – Códigos das restrições.....	106
Quadro 8 – Planilha de restrições Excel.....	106
Quadro 9 – Dias por andar planejado vs dias por andar realizado.....	120
Quadro 10 – Comparativo de resultados da implementação da Filosofia <i>Lean Construction</i> x Metodologia tradicional da construtora.....	121
Quadro 11 – Planilha a médio prazo.....	132
Quadro 12 – Planilha de Causas de não Cumprimento.....	134
Quadro 13 – Planilha comparativo do cronograma inicial X cronograma realizado.....	139

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BIM	<i>Building Information Modeling</i>
CABOCO	Câmara Boliviana de Construção
CADECOCRUZ	Câmara de Construção de Santa Cruz
CEED	Centro de Estudos e Desenvolvimento Econômico
CIFE	<i>Center for Integrated Facility Engineering</i>
CNC	Causas De Não Cumprimento
CPM	<i>Critical Path Method</i>
CURT	<i>Construction Users Roundtable</i>
EAP	Estrutura Analítica de Projeto
EDP	Estrutura de Divisão de Produto
EUA	Estados Unidos da América
EVA	<i>Earn Value Analysis</i>
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IFC	<i>Finance Incorporation Construction Industry</i>
IGLC	Grupo Internacional de <i>Lean Construction</i>
INE	Instituto Nacional de Estatística
IPD	<i>Integrated Project Delivery</i>
ITE	Estoque De Trabalho Executável
JIT	<i>Just-in-Time</i>
LC	<i>Lean Construction</i>
LCI	<i>Lean Construction Institute</i>
LCIB	<i>Lean Construction Institute Brasil</i>
LGN	<i>Lean Global Network</i>
LPD	<i>Lean Project Delivery</i>
LPDS	<i>Lean Project Delivery System</i>
LPS	<i>Last Planner System</i>
MIT	<i>Massachusetts Institute of Technology</i>
OBU	Instituto Observatório Urbano
OTH	<i>One Touch Handing</i>
PBS	<i>Product Breakdown Structure</i>
PPC	Percentual de Planos Concluídos
PDCA	<i>Plan-Do-Check-Act</i>

PDM	<i>Precedence Diagram Method (PDM)</i>
PERT	<i>Program Evolution and Review Technique</i>
PIB	Produto Interno Bruto
PIVM	Programa Internacional de Veículos a Motor
PUCP	<i>Pontifical Catholic University of Peru</i>
PwC	<i>Price Waterhouse Coopers</i>
SUP	Sistema Último Planificador
TC	Trabalho Contributário
TNC	Trabalho Não Contributário
TP	Trabalho Produtivo
TPM	Manutenção Produtiva Total
TPS	<i>Toyota Production System</i>
TQC	<i>Controle de Qualidade Total</i>
WBS	<i>Work Breakdown Structure</i>

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>19</b>
1.1 CONTEXTO .....	19
1.2 OBJETIVOS.....	25
<b>1.2.1 Objetivo Geral.....</b>	<b>25</b>
<b>1.2.2 Objetivos Específicos.....</b>	<b>25</b>
1.3 PROBLEMÁTICA E JUSTIFICATIVA DA PESQUISA .....	26
1.4 CENÁRIO ECONÔMICO NA BOLÍVIA .....	28
1.5 MOTIVAÇÃO E INSPIRAÇÃO.....	29
1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO .....	31
1.7 ESCOPO DO TRABALHO.....	31
2.1 PLANEJAMENTO E CONTROLE DE OBRAS .....	33
<b>2.1.1 Introdução ao planejamento do projeto .....</b>	<b>33</b>
<b>2.1.2 Benefícios do planejamento .....</b>	<b>34</b>
<b>2.1.3 Forças de influências .....</b>	<b>35</b>
2.2 SISTEMA DE PLANEJAMENTO TRADICIONAL .....	38
<b>2.2.1 Etapas e estruturação de um projeto .....</b>	<b>38</b>
<b>2.2.2 Tipos de Planificação .....</b>	<b>42</b>
<b>2.2.3 Acompanhamento e controle de projetos .....</b>	<b>42</b>
2.3 FILOSOFIA <i>LEAN PRODUCTION</i> .....	43
<b>2.3.1 Origem e difusão do pensamento Lean .....</b>	<b>45</b>
<b>2.3.2 Princípios do gerenciamento Lean .....</b>	<b>46</b>
<b>2.3.3 A implementação do pensamento Lean e benefícios às empresas .....</b>	<b>48</b>
<b>2.3.4 Classificação dos desperdícios .....</b>	<b>49</b>
2.4 FILOSOFIA DE <i>LEAN CONSTRUCTION</i> .....	51
<b>2.4.1 Origem e difusão do Lean Construction .....</b>	<b>52</b>
<b>2.4.2 Implementação Lean Construction .....</b>	<b>53</b>
<b>2.4.3 Estrutura de trabalho Lean Construction .....</b>	<b>54</b>
<b>2.4.4 Ferramentas e metodologias Lean Construction .....</b>	<b>55</b>
<b>2.4.5 Ferramentas para o controle de rendimento .....</b>	<b>67</b>
2.5 SOBRE A IMPLEMENTAÇÃO DA <i>LEAN CONSTRUCTION</i> E AS MELHORES PRÁTICAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL.....	73



<b>3 METODOLOGIA .....</b>	<b>77</b>
<b>4 O ESTUDO DE CASO.....</b>	<b>86</b>
4.1 CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA E A OBRA EM ANÁLISE .....	86
4.2 APLICAÇÃO DE AÇÕES <i>LEAN</i> .....	95
4.2.1 Ferramentas para a aplicação <i>Lean</i> .....	97
<b>5 PROPOSTA DE <i>FRAMEWORK</i>, CONSIDERAÇÕES FINAIS E</b>	
<b>RECOMENDAÇÕES .....</b>	<b>123</b>
5.1 SOBRE OS OBJETIVOS .....	124
5.4 FECHAMENTO.....	140
5.4.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS POSTERIORES.....	143
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>145</b>

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 CONTEXTO

A indústria da construção exerce um papel fundamental na economia global. O setor impulsiona o crescimento comercial e industrial, seja através de sua alta taxa de geração de emprego, renda e impostos, seja pela geração de demanda em outros setores vinculados, gerando um impacto no Produto Interno Bruto - PIB e no desenvolvimento económico.

Devido a sua relação direta com a situação de um país, a construção civil pode ser fortemente influenciada pelas crises econômicas. A economia da indústria da construção é produzida pelo setor público e privado. Normalmente o Estado participa dos investimentos de obras de infraestrutura básica, como por exemplo, no modal rodoviário na área de transportes e em edificações públicas, como escolas, hospitais, universidades, enquanto o setor privado atua em particular nas obras habitacionais, comerciais, industriais e sociais, aportando conjuntamente ao PBI da economia nacional.

Segundo a *Price Waterhouse Coopers* (PwC, 2015), o setor de construção representou mais de 11% do PIB mundial. O último relatório da *Global Construction Perspectives e Oxford Economics* indica uma taxa de crescimento anual de 3,5%, indicando que até o ano de 2030 a construção corresponderá 14% do PIB mundial.

De acordo com Graham Robinson, diretor executivo da *Global Construction* (CONGRESSO DE INOVAÇÃO EXPOEDIFICA, 2017), China, Estados Unidos e Índia liderarão o caminho, representando 56% de todo o crescimento global nessa área. Segundo o estudo, a contribuição da América Latina para o PIB mundial permanecerá constante até 2030. No entanto, situações díspares ocorrerão. Colômbia e México aumentarão sua contribuição respondendo as demandas. O mesmo autor afirma também que Argentina e Brasil lutarão contra a sua desordem interna e estagnação.

O mercado da construção no Brasil correspondeu a 5,6% do PIB Brasileiro, de 2013 até pelo menos 2016, e o Brasil sofreu uma redução de tamanho e lucratividade (IBGE, 2016).

A indústria da construção na Bolívia alcançou 3,54% do PIB Boliviano, com efeito da desaceleração em relação ao ano de 2007, que tinha alcançado 14,34% (INE, 2018).

O panorama apresentado aponta que possivelmente essa porcentagem continuará aumentando, e apesar de alguns países de América Latina apresentarem crise no mercado, o potencial tende a aumentar, ocasionando aumento de competitividade entre as empresas e diminuição de lucratividade.

Para contornar esse cenário econômico, as empresas procuram inovações tecnológicas e podem buscar ou adotar novos métodos de gestão para obter soluções viáveis nos projetos da construção (Pons, 2019).

A literatura da área mostra que há uma divergência no desenvolvimento do gerenciamento de Projetos da construção, porém, sua evolução é significativa para o avanço econômico. No século passado, Henry L. Gantt introduziu o primeiro método de representação gráfica do detalhamento de execução de atividades de um projeto.

A seguir, novos sistemas operacionais surgiram devido às demandas durante a segunda Guerra Mundial, dos quais destaca-se a combinação da técnica de PERT- (*Program Evolution and Review Technique*; 1958) e CPM- (*Critical Path Method*; 1957). Observa-se que a técnica PERT-CPM é diferenciada, pois dá ênfase ao prazo e custo predeterminado. Outra técnica desenvolvida nessa época foi a EAP (Estrutura Analítica de Projeto) inserindo a combinação de forma matricial.

Na década de 80 surgiram os microcomputadores e começaram a aparecer *softwares* dirigidos ao gerenciamento de projetos. A gestão de projetos é uma área que está em constante evolução, contudo, muitas empresas contemporâneas continuam utilizando alguns desses métodos.

Vive-se em uma época onde a tecnologia avança a cada dia, conforme Mattos (2010, p. 21) “A indústria da construção tem sido um dos ramos produtivos que mais vem sofrendo alterações substanciais nos últimos anos”.

O mundo enfrenta maiores desafios, com as rápidas mudanças novos caminhos abrem diferentes mercados e, em consequência, a competitividade aumenta, onde as empresas são obrigadas a adaptar-se rapidamente e implementar novos sistemas de produção. Senge (2013) afirma que “as organizações mais exitosas do século XXI serão aquelas que estão abertas à aprendizagem” e que “a habilidade para aprender mais rápido que sua competência pode chegar a ser a única vantagem competitiva”.

Por outro lado, Pons (2014) afirma que a indústria da construção é frequentemente retratada como conservadora, resistente às mudanças e atrasada na adoção de avanços tecnológicos. As construtoras estão interligadas a diversos setores, os quais requerem organização, compatibilização, adequação e disposição.

Outro motivo está relacionado ao descrédito ou impossibilidade de adaptação dos trabalhadores, pois mudar os esquemas cotidianos é um grande obstáculo; novos métodos implicam sair da zona de conforto, e isso causa desconformidades.

Slack (2002) cita que a vantagem competitiva em manufatura significa “fazer melhor”, uma vez que os aspectos fundamentais da competitividade estão claramente dentro do campo de atuação da função da manufatura.

Pelo senso comum, sabe-se que a construção se torna competitiva, na medida em que é executada com eficiência, atendendo uma dinâmica que ativa componentes na sua cadeia de valor, mobilizando não apenas esse setor, mas, também todos os associados, tais como ramos comerciais e industriais.

Slack (2002), aponta alguns exemplos de vantagens que estão dentro da teoria “Fazer melhor”, como a confecção de produtos sem erros, entregas mais rápidas aos consumidores, cumprimento de prazos de entregas, habilidade de introduzir novos produtos em prazos adequados e flexibilidade para modificar quantidades ou datas de entregas conforme a demanda do consumidor. Não obstante, a construção civil em conjunto com outros setores, está envolta em uma nuvem de imprecisões, a vista disso a gestão de obras pode ser considerada como uma área crítica que deve ser analisada de maneira meticulosa.

Um empreendimento na construção civil é imprevisível, complexo e incerto, e, na maioria das vezes, conduzido por planejamento totalmente informal e desorganizado. Algo que pode ser constatado no mundo da construção civil é a ausência ou a inadequação do planejamento das obras (BERNARDES, 2001). Esse fenômeno é sentido muito mais nas obras de pequeno e médio porte, em sua maioria efetuadas por empresas pequenas, por profissionais autônomos, ou mesmo pelos seus proprietários (MATTOS, 2010).

As deficiências no planejamento e no controle podem estar relacionadas à baixa produtividade do setor, de suas elevadas perdas e da baixa qualidade dos seus produtos.

Para aliviar os problemas crônicos mencionados, soluções foram oferecidas. Koskela (1992) cita algumas delas: a industrialização, a pré-fabricação e a modularização, a construção robotizada e automatizada, associada à construção integrada por computador; cita também diferentes métodos de planejamento e outras ferramentas de controle, dentro deles *The Critical Path Method*.

Por meio de uma análise crítica, Kostela (1992) aponta que a construção tradicional é vista e modelada apenas como uma série de atividades de agregação de valor, o que ele chama atividades de “conversão”, não obstante, atividades de resíduos, esperas, armazenamento de estoque, movimentação de material e inspeção não são geralmente

modelados. Ou seja, não são considerados os fluxos físicos entre as atividades. Outras deficiências que o autor apresenta são:

- que o controle da produção tende a concentrar-se nos subprocessos individuais em desvantagem do processo global, tendo um impacto relativamente limitado na eficiência global;
- a não consideração dos requisitos dos clientes pode resultar em produtos inadequados para o mercado, visto que, através do modelo de conversão, assume-se que o valor de um produto pode ser melhorado somente através da utilização de insumos de melhor qualidade.

À vista disso, no ano 1992, Koskela (1992) propôs uma nova filosofia de produção, baseando-se no modelo implementado pela indústria automobilística nos anos 80, a qual engloba a importância de teorias e princípios básicos relacionados aos processos de produção, incluindo a mitigação de atividades de não conversão.

Pode-se inferir que para a implementação de novos métodos no setor administrativo de uma construtora é necessária uma boa planificação, é importante saber diferenciar quais atividades agregam valor e modificam a maneira de trabalhar de forma positiva, melhorando qualidade e a eficiência do trabalho para cumprir com os objetivos propostos, obtendo maiores recursos no menor tempo possível.

A habilidade de obter uma visão geral de cada tarefa dos operários em uma obra, pode permitir uma análise mais profunda de comportamentos, localizando os problemas e eliminando as atividades improdutivas como também os desperdícios de matéria-prima. Obtendo como resultado satisfação e confiança ao cliente como também aos funcionários da obra e, o mais importante, ganho financeiro e ecológico, já que a construção civil é uma das áreas de trabalho que mais poluem no planeta.

Estudos realizados pela IFC- Internacional Finance incorporation, membro do *World Bank Group (GREENING CONSTRUCTION, 2019)*, demonstram que o setor da construção civil é o maior consumidor mundial de matérias-primas e é responsável por 25% a 40% das emissões globais de gases de efeito estufa, que são os principais impulsionadores das mudanças climáticas. É estimado que a população do mundo chegue a quase 10 bilhões em 2050, com a maioria vivendo em áreas urbanas. Isso aumentará a demanda por edifícios e infraestrutura. Algumas estimativas sugerem que 75% da infraestrutura necessária até 2050 ainda deve ser construída.

Assim com esta necessidade nasce o interesse das construtoras na filosofia *Lean Construction*, o novo enfoque na gestão de projetos da construção, introduzido pelo professor Lauri Koskela, descrita previamente.

Um dos problemas que se verifica na indústria da construção civil é a ineficiência, caracterizada principalmente pelas perdas (Pons, 2019). Uma possível alternativa para mitigar tais perdas pode ser esta filosofia.

Sabe-se que a *Lean Construction* apresenta sete atividades que causam desperdícios e ocorrem constantemente nas obras de construção. São elas:

- produção;
- esperas;
- inventários;
- movimentos;
- esforços;
- trabalhos refeitos e;
- reprocessamento.

Uma meta-análise do tempo mostra que uma média de 30% do tempo de construção em uma obra de edificação foi desperdiçada em atividades que não agregam valor e consomem os recursos (PICCHI, 1993). De acordo com o *Construction Industry Institute*, 58% dos gastos de construção equivalem a desperdícios.

A Bolívia não é diferente do cenário Latino-Americano, construtoras do país ainda não estão relacionadas com a cultura desta nova metodologia, e a maioria apresenta uma porcentagem de desperdícios alta.

No 2019 o jornal El Deber apresentou, uma pesquisa realizada pela Captura Consulting, encomendado pelo Observatório Urbano - OBU da Câmara de Construção de Santa Cruz (CADECOCRUZ) revela uma estagnação do setor da construção civil que em 2018 manteve os níveis de 2017 e, de fato, diminuiu 0,3%. Setor desacelerou significativamente, aproximadamente, 28% em comparação com os anos de 2014 e 2015, que foram os anos de maior demanda no país, somente em Santa Cruz registrou-se crescimento de 32%.

Victor Hugo Suárez, presidente da CADECOCRUZ, resumiu que a atividade está sendo afetada pela desaceleração econômica.

"Há três anos há um impasse, embora Santa Cruz continue liderando", afirmou. Javier Arce, gerente geral da CADECOCRUZ, disse que o setor está passando por outra realidade e que a queda no preço de matérias-primas, como o gás, teve impacto na redução do investimento público.

O presidente da escola de economistas da Bolívia, Jorge Akamine afirma que a estagnação do setor é notória, porque os preços dos edifícios diminuíram. Isso levou algumas empresas a oferecerem trabalhos mais econômicos, com financiamento próprio.

“Agora, as empresas estão usando a imaginação e procurando alternativas. Alguns fazem feiras e até descontos, porque precisam reativar o movimento. Eles estão em uma reengenharia”, acrescentou.

As principais cidades do país, La Paz, Cochabamba e Santa Cruz, concentram 72% da população do país. Sendo que, nos últimos 20 anos, Santa Cruz se tornou a maior economia da Bolívia com um crescimento de 4%, resgatando a desaceleração no setor da construção causada pelo baixo investimento público. A estabilidade do país é comprometida pelo setor privado, adquirindo com 98% dos investimentos, em quanto apenas 2% correspondem ao setor público.

As demandas em termos de tecnologia e segurança impulsionaram a localização de estruturas elevadas com mais de 100 m de altura e mais de 20 usinas que visam atender à demanda para moradias e escritórios. Pelo menos 80 edifícios entre 20 e 60 andares de altura nas cidades de Santa Cruz, La Paz e Cochabamba.

Com intuito de solucionar esses problemas e oferecer uma nova visão do tema, esta pesquisa foi desenvolvida junto a uma construtora de Santa Cruz, Bolívia, com trinta anos de experiência no mercado, que nos últimos cinco anos suas propostas de emprego foram multiplicadas como nunca antes visto.

A empresa se viu obrigada a efetivar esta metodologia buscando alcançar um domínio global de suas obras, para poder atender todas as demandas e satisfazer os clientes. Neste processo, a construtora efetuou um empreendimento de capacitação dos engenheiros que participam em postos mais significativos da empresa. Logo, foi feita a aplicação da *Lean Construction* em uma obra de trinta e dois andares, seis meses após o início, na qual a princípio foi utilizado o método tradicional de gestão da construtora.

Assim, esta pesquisa se propõe a estudar e aplicar a metodologia *Lean Construction* para identificar quais as modificações e quais são as implicações nos processos atuais de gestão de projetos, que visam a otimização do planejamento e da construção.

A pergunta de pesquisa que norteia este trabalho é: quais são os impactos da adoção da filosofia *Lean Construction* nos processos de planejamento e de gestão da construção?

Surgem duas hipóteses principais:

- A filosofia *Lean Construction* é uma metodologia que melhora o fluxo de produção e reduz custos em qualquer construtora, de pequeno, médio e/ou de grande porte;
- A adoção da filosofia *Lean Construction* como metodologia, ferramenta para planejamento e controle e gestão da produção otimiza recursos e depende de todos os níveis hierárquicos da empresa para atingir seus melhores resultados.

## 1.2 OBJETIVOS

Os objetivos deste trabalho foram divididos em objetivo geral e objetivos específicos como descritos posteriormente.

### 1.2.1 Objetivo Geral

Analisar os impactos da implementação da filosofia *Lean Construction* no planejamento de projetos, em uma empresa construtora na cidade de Santa Cruz, Bolívia.

### 1.2.2 Objetivos Específicos

- a. Identificar tecnologias e ferramentas que suportam os princípios da filosofia *Lean Construction*;
- b. Mapear o processo de implementação da *Lean Construction*, por meio de estudo de caso, relacionando teoria à prática, sob a ótica da gestão de projetos;
- c. Comparar os resultados obtidos em relação ao método de planejamento tradicional, isolando a variável tempo (tempo de execução real vs tempo de previsto pelo método tradicional);
- d. Registrar os possíveis impactos gerados pela adoção da *Lean Construction*;
- e. Propor um *framework* para a adoção da *Lean Construction*.



### 1.3 PROBLEMÁTICA E JUSTIFICATIVA DA PESQUISA

Em qualquer parte do mundo, toda empresa possui sua própria estratégia a qual tem a finalidade de conquistar a concorrência. Porter (1985, p. 11) descreveu que: “A crescente intensidade da concorrência continuou até a época e se espalhou para mais e mais países.” e que “...as indústrias se tornam mais ou menos atraentes ao longo do tempo, e a posição competitiva reflete uma batalha sem fim entre os concorrentes”. Segundo análises estatísticas a descrição do autor não fica longe da realidade que temos na atualidade. Entende-se que ainda que a proposta de Porter venha desde 1985, sabe-se que os conceitos propostos pelo autor permanecem atuais.

Para manter a eficácia operacional alguns autores, como Pons, afirmam que é fundamental a incorporação contínua de novas ideias. O avanço da tecnologia e metodologias impulsionam as empresas construtoras a procurar novas técnicas de planejamento para que o seu nível atual ultrapasse a constante evolução da competência ou pelo menos a acompanhe (Pons, 2019).

Para Porter (1985), a estratégia refere-se a um mecanismo de defesa contra as forças competitivas do mercado, as quais são:

- a entrada de novos concorrentes;
- a ameaça de substitutos;
- o poder de barganha dos compradores;
- o poder de barganha dos fornecedores e,
- a rivalidade entre os concorrentes existentes.

Tal mecanismo atua de forma com que aumentem as chances da empresa de obter um retorno maior sobre o investimento. Por exemplo, a entrada de empresas estrangeiras em países pouco desenvolvidos pode gerar uma ameaça para todas as empresas nacionais, como também para o avanço do crescimento do país. Isto é um caso comum de alguns países da América Latina.

Os compradores e os fornecedores são peças fundamentais para o crescimento das empresas. Conforme Porter (1985), o poder dos compradores também pode influenciar o custo e o investimento, porque compradores poderosos exigem serviços caros, e o poder de barganha dos fornecedores determina os custos de matérias-primas e outros insumos.

Os usuários e os consumidores estão se tornando cada vez mais exigentes e estão mais atualizados em relação aos custos, demandando boa qualidade, preços e prazos de entrega menores. Demandam melhor nível de serviço (*Constructora mediterráneo, 2019*). Por isso, pode-se inferir que o sistema de gerenciamento tradicional usado até o momento, focado em processos que agregam valor ao cliente, não supre estas necessidades.

De acordo com Pons (2014) os problemas típicos do modelo tradicional de gerenciamento integral de projetos, desde a sua fase inicial até a execução, uso e manutenção são:

- pouco treinamento e experiência nos novos sistemas de gerenciamento e planejamento de obras;
- controle de qualidade com base em métodos estatísticos;
- pouco rigor no cumprimento das medidas de segurança;
- erros e omissões nos projetos;
- falta de interesse na educação e treinamento dos trabalhadores;
- falta de coordenação entre os envolvidos nas diferentes etapas do projeto;
- falta de transparência e comunicação entre as partes interessadas e;
- baixa produtividade em comparação com outros setores.

Em vista disso, a filosofia *Lean Construction* que tem um gerenciamento com uma visão mais global e abarca a solução de todos os problemas de uma obra, por meio da produção enxuta, tentativa e erro, e adaptação, observando não só os processos de conversão se não também a exclusão de atividades de não conversão, pode ser uma solução.

De acordo com Porter (1985), os gerentes têm atitude importante para influenciar a estrutura da indústria e posicionar a empresa em relação a outras. Análise da concorrência e posicionamento estratégico são parte da prática de gerenciamento. Posições competitivas poderiam ser pensadas em termos de custo, diferenciação e escopo.

Segundo Spear (2009), as empresas que melhor se adaptaram e superaram uma crise, são empresas que aprendem mais rápido com os erros e consideram a empresa não apenas um lugar para trabalhar, mas um lugar para aprender a melhorar o serviço ou produto que eles oferecem cada dia.

## 1.4 CENÁRIO ECONÔMICO NA BOLÍVIA

A indústria da construção na Bolívia é um dos setores mais dinâmicos da economia nacional, o qual estabelece estabilidade no país, não obstante, a partir do ano de 2013, o setor da construção está passando por uma forte crise econômica no país.

O jornal Construmarket no 2019 apresenta uma pesquisa da A Câmara Boliviana de Construção – CABOCO, a qual esclarece que a maior evidência da crise no setor de construção é o crescimento gradual do fechamento de negócios no país. Esse fechamento está claramente registrado na Fundeempresa - *concesionaria del registro de comercio de Bolívia*, em cada administração. Segundo o registro do ano 2018, 2.293 construtoras foram fechadas, ou seja, em apenas 6 anos 18% das empresas nacionais do setor saíram do mercado.

De acordo com a Câmara Boliviana de Construção, o crescimento e o registro de empresas estrangeiras no país aumentaram em 146, até abril de 2018, enquanto em 2010 eram só 39.

CABOCO informa sua preocupação e diz que “Existe um trato desigual a respeito das empresas estrangeiras, que possuem ao redor de 80% das maiores obras estaduais”.

Franklin Perez, presidente da Caboco afirma esta crise, indicou que no ano 2019 houve uma queda de 50% no investimento público em obras de infraestrutura e, que os outros 50% destinados a obras, são contratos de empresas estrangeiras, onde as empresas nacionais aparecem como subcontratadas com preços estabelecidos. Isto é devido às implicações políticas públicas do governo, a saber:

- **Não cancelamento dos contratos atuais (postergação dos pagamentos)**, o governo central faz os pagamentos de forma irregular, não cumprindo com os prazos do contrato, levando às empresas construtoras se tornarem financiadoras da obra. Ou seja, as construtoras devem assumir os todos os custos e renovação do contrato até o governo pagar ou mesmo ao finalizar a obra;
- Aumento salarial concedido pelo governo, com salário mínimo básico e nacional. Ao mesmo tempo, Perez afirmou que desde 2005 aumentou 368%, o que afeta o setor porque deve desembolsar as despesas que não estavam previstas em seu orçamento anual;
- **Doble Aguinaldo**, é uma lei decretada no ano 2013, similar à lei Brasileira CLT do décimo terceiro salário.

Embora, o setor esteja em "franca desaceleração", a capital de Santa Cruz mantém sua liderança na construção. Nos últimos vinte anos a cidade tornou-se a maior economia da Bolívia e chegou à vanguarda com projetos imobiliários de grande escala, dos quais alguns já foram aprovados e outros já estão em construção.

Foram desenvolvidos em Santa Cruz cerca de 1,4 milhão de metros quadrados, atingindo um crescimento de 4%. Nos últimos cinco anos o crescimento vem aumentando com mais de 42% do total de obras e metros quadrados em construção. Isto é devido ao crescimento das empresas privadas, fortalecendo a estabilidade econômica, conseqüentemente, a oferta e demanda se equilibram e formam um novo ciclo de crescimento.

Santa Cruz de la Sierra é vista como o motor econômico do país, e com essa reputação empresas estrangeiras são atraídas para iniciar novos investimentos, e pela realidade com um aporte maior que investidores nacionais.

Segundo o estudo realizado pelo Centro de Estudos e Desenvolvimento Econômico (CEED) da CADECOCRUZ para o período de 2018 a 2022, a cidade de Santa Cruz exigirá 35.000 novas casas e apartamentos. As demandas em termos de tecnologia e segurança levaram, nas principais capitais da Bolívia, a localização de estruturas maiores, com mais de 100 m de altura e mais de 20 andares, que visam atender à demanda por moradias e escritórios. Dos quais 70% desses projetos arquitetônicos mostram que a face moderna está concentrada nas áreas comerciais e residências.

## 1.5 MOTIVAÇÃO E INSPIRAÇÃO

A partir deste cenário, observa-se a posição e situação econômica que a *Constructora Mediterráneo* de Santa Cruz de la Sierra, está enfrentando. O engenheiro Orlando Suarez, um dos donos da *Constructora Mediterráneo* contou sua experiência a partir do início do empreendimento, através de uma entrevista.

A *Constructora Mediterráneo* foi fundada no ano de 1991, em uma época de crises econômicas do país, isso causou estagnação na empresa, encerrando quase 8 anos com uma margem de liquidez quase zero. A empresa com perseverança e muito esforço, conseguiu se manter na margem e, no ano de 1998, com o crescimento da economia do país, a construtora deu seu primeiro passo adiante.

A partir deste início, a construtora só foi crescendo, apesar de enfrentarem alguns anos difíceis, épocas de pouca demanda, como também a implementação de novos

regulamentos governamentais que não beneficiaram as empresas, como exemplo o *doble Aguinaldo* ou o aumento do salário obrigatório dos trabalhadores, a empresa praticamente tinha lucro para sobreviver. O engenheiro Orlando diz “Sem dúvida alguma, estes inconvenientes reduziram enormemente a margem de utilidade e liquidez”.

A empresa inicialmente oferecia serviços muito básicos, como a construção de galpões, em seguida casas, condomínios residenciais, subindo de nível pouco a pouco e com ajuda do crescimento do PIB na construção em Santa Cruz; atualmente a construtora é contratada até para obras de alto padrão e edifícios com mais de 30 andares.

A *Constructora Mediterráneo* é 100% nacional, mas possui 50% do aporte acionário na contratação de serviços de duas empresas estrangeiras, Rinol (pisos industriais) e Atex (Fôrmas para lajes), o qual gera um ganho numa pequena parcela dos custos finais das obras. Independente da *Mediterráneo* ser uma construtora firme e de alto padrão, não está livre da concorrência, e entre as mais fortes em Santa Cruz estão algumas construtoras espanholas.

Mas assim como as empresas construtoras estrangeiras são uma ameaça, 20% dos investidores na contratação de obras da *Constructora Mediterráneo* são empresas estrangeiras, com um alto aporte de investimento, as quais são peruanas, colombianas, espanholas, alemãs e chilenas.

Em relação ao financiamento, normalmente o cliente acerta 20% na contratação e a construtora através de notas promissórias ou contratos de seguro, realiza as compras mais importantes, cada mês é cobrado um valor específico em função do avanço mensal da obra. Para problemas de fluxo de caixa a empresa usa reservas próprias de capital acumulado dos anos anteriores.

A partir deste contexto, uma das principais motivações para realização desta foi o engenheiro Orlando Suárez, meu pai, e, portanto, desde pequena eu vi o crescimento da construtora e apesar do pouco entendimento que eu tinha, sempre o acompanhei nas obras, assim para eu é um grande orgulho, estudar e aportar para o avanço da empresa.

Assim, no ano 2019 a filosofia *Lean Construction* foi implementada como prática e teste pelo engenheiro Jose Luís Oriás, em uma das maiores obras que a *Constructora Mediterráneo* construiu, a qual chamou minha atenção e por meio do acompanhamento eu percebi que a mudança de planejamento gerou resultados significativos.

Observou-se uma evolução de coordenação hierárquica a qual diminuiu a porcentagem de não cumprimento dos funcionários, e como resultado obteve-se um ganho de tempo nos dias para concluir cada andar. Diante disso, entre outras mudanças positivas

que se relata mais adiante, registra-se que o custo e o tempo final da obra proporcionaram um ganho de 8% do total previsto.

## 1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

A estrutura do trabalho está dividida em cinco capítulos.

O primeiro capítulo abordou o contexto do cenário boliviano, os problemas enfrentados, a situação e posição em relação à competência nas empresas construtoras, motivação da pesquisa e os objetivos a serem alcançados.

O segundo capítulo aborda uma revisão bibliográfica sobre *Lean* e sua evolução até o conceito *Lean Construction*. Dentro deste apresentam-se informações conceituais sobre a prática e implementação da filosofia *Lean Construction* em empresas construtoras, como pode auxiliar e as vantagens que traz às empresas construtoras.

No terceiro capítulo apresenta-se a metodologia de planejamento aplicada em um estudo de caso, numa obra de um edifício comercial de 90.650 m<sup>2</sup>, em Santa Cruz de la Sierra, Bolívia, que iniciou com o método convencional de organização da *Constructora Mediterráneo* e no transcurso se implementou conceitos da filosofia *Lean Construction* como novo método de planificação, execução e controle de projeto.

Apresenta-se também os dados coletados, a análise deles e a sequência de atividades realizadas.

No quarto capítulo se analisam os resultados de produtividade obtidos ao longo do projeto e se comparam com padrões iniciais da própria obra com a finalidade de apontar as melhorias que nos brinda esta filosofia e expandi-la para uma melhora continua na área da produção na construção.

No quinto capítulo é descrita a conclusão da pesquisa, apresentando uma análise exibindo seus êxitos e suas dificuldades na implementação da filosofia. Por último um aporte de ideias para trabalhos de conclusão futuros.

## 1.7 ESCOPO DO TRABALHO

O presente trabalho é um estudo de uma fase específica de uma obra construída pela *Constructora Mediterráneo* em Santa Cruz de La Sierra, Bolívia. A obra é um edifício comercial de 30 andares com 90.650 m<sup>2</sup> de área a qual demanda um investimento de U\$ 45 milhões, tendo como financiadores o Grupo H e Las Lomas.

O projeto iniciou no ano de 2018 e se prevê sua conclusão no ano de 2020. Até o final do ano de 2019 foi vendido mais de 70% do projeto.

O estudo trata sobre uma filosofia de planificação implementada pela primeira vez em uma obra da *constructora Mediterráneo*, 6 meses após o início da obra, a qual obteve resultados positivos na planificação, execução e controle de projeto em relação ao método convencional da construtora.

Dentro do estudo é feito uma análise de resultados da implementação de cada ferramenta utilizada da filosofia *Lean Construction*, especificamente na execução do projeto estrutural da obra.

Para identificar tecnologias e ferramentas que suportam os princípios da filosofia *Lean Construction*, pretende-se discutir elementos da referida filosofia, a partir da compreensão de uma fase específica da execução do projeto, no caso, a execução do projeto estrutural de uma obra de 30 andares e espera-se como resultado, colher elementos para mapear o processo de implementação da *Lean Construction*, relacionando teoria à prática, sob a ótica da gestão de projetos.

Procura-se também comparar os resultados obtidos em relação ao método de planejamento tradicional, principalmente isolando a variável tempo, comparando-se o tempo de execução real com o tempo previsto pelo método tradicional da empresa.

A partir da identificação e registro dos possíveis impactos gerados pela adoção da *Lean Construction*, no estudo de caso, se apresenta a proposta de um *framework* para a adoção desta filosofia, inicialmente em empresas de porte semelhante, discutindo-se a possibilidade de aplicar em empresas de outros tamanhos.

## **2 FUNDAMENTOS E QUADRO TEÓRICO**

### **2.1 PLANEJAMENTO E CONTROLE DE OBRAS**

#### **2.1.1 Introdução ao planejamento do projeto**

Um planejador é um indivíduo com um conjunto singular de habilidade, que possui um papel de destaque na equipe de gerenciamento do projeto, que tem como finalidade cumprir o escopo, a duração de cada atividade, uma rede de dependência logística e a lista de recursos requeridos para a execução de uma obra dentro de um prazo contratual (MATTOS, 2010).

Não obstante, há gerentes de obra resistentes em preparar os planejamentos por falta de tempo ou porque acreditam que podem lidar com situações como se originam, geralmente levando à falha do projeto. No entanto, mesmo quando o planejamento foi definido existem diferentes razões pelas quais o projeto pode falhar e podem ser (SERPELL; ALARCÓN, 2001):

- falta de comprometimento de um membro da equipe;
- prioridades inadequadas;
- falta de comunicação;
- falta de definição de objetivos;
- falta de divisão do projeto em estágios;
- programa irreal, programa financeiro muito apertado;
- má alocação da força de trabalho.

A deficiência do planejamento pode trazer consequências desastrosas para uma obra e, por extensão, para a empresa que a executa. Um descuido em uma atividade pode acarretar atrasos e escalada de custos, assim como colocar em risco o sucesso do empreendimento (MATTOS, 2010).

As razões históricas dessa falta de eficiência são muitas, entre elas, a multiplicidade de participantes com interesses em desacordo, uma cultura organizacional incompatível entre os membros da equipe do projeto e acesso limitado a informações no momento apropriado (PONS, 2014).



Segundo Serpell e Alarcón (2001), para desenvolver um plano de trabalho adequado, é necessário fazer e responder as perguntas: O quê, Como, Porque, Quem, Onde, Quando, Quanto. Essas questões servem para definir indiretamente os estágios necessários para a elaboração de um plano de trabalho, sendo estes:

- definição dos objetivos do projeto;
- divisão do projeto em atividades;
- determinação da sequência de atividades do projeto.

No momento de iniciar um projeto é necessário ter claros os objetivos quanto aos custos, quanto ao tempo e quanto à qualidade. Uma chave para o êxito de um planejador pode se obter a partir de uma visão global e um perfeito entendimento de um projeto, para isso deve-se iniciar o planejamento com um escopo de trabalho contendo uma série de etapas sequenciais e interdependentes, as quais devem seguir uma cronologia preestabelecida, baseada nos critérios citados anteriormente, observando principalmente as atividades que podem gerar atrasos, como também manter um controle constante dos operários e das atividades.

### **2.1.2 Benefícios do planejamento**

O planejamento é a base do conhecimento do empreendimento, o que permite tomar decisões mais eficientes e mais precisas.

Mattos (2010) apresenta os principais benefícios de um bom planejamento:

- conhecimento plena da obra;
- detecção de situações desfavoráveis;
- agilidade de decisões;
- relação com o orçamento;
- otimização da alocação de recursos;
- referência para acompanhamento;
- padronização;
- referência para metas;
- documentação e rastreabilidade;
- criação de dados históricos;
- profissionalismo.

Um bom planejamento pode gerar mais resultados, os quais podem beneficiar a obra, além de somente garantir que o empreendimento esteja dentro do prazo. Quanto mais eficiente for a gestão de uma obra, mais útil se torna o orçamento para controle dos custos, negociação com fornecedores, alocação de equipamentos e cumprimento de metas e prazos (Pons, 2019).

É importante destacar que o planejamento não ocorre somente antes da obra começar, mas também engloba todo o acompanhamento durante o andamento, até a entrega do empreendimento.

### 2.1.3 Forças de influências

Felipe Pons aponta um informe publicado em 2014 por diversas organizações, que representam a indústria da construção, da arquitetura, da engenharia, entre outros. No referido estudo consta que tais setores apenas sofreram mudanças essenciais durante mais de um século, e ao mesmo tempo aponta para um futuro significativamente diferente ao atual, para novas ferramentas, metodologias e novos papéis.

Segundo o mesmo estudo, entre as forças mais importantes que estão influenciando em toda a indústria, são as seguintes:

- desperdício e falta de produtividade;
- evolução tecnológica;
- demanda, que induz mudança no modelo de gerenciamento.

Na sequência apresentam-se tais forças.

#### 2.1.3.1 Desperdício e falta de produtividade

Um estudo comparativo realizado pelo *Bureau of Labor Statistics* do Departamento de Comércio Americano sobre produtividade do trabalho nos EUA aponta que entre o período de 1964 e 2003, o índice de produtividade da construção diminuiu quase 25%.

O *Lean Construction Institute* - LCI<sup>1</sup> relata que até 57% do tempo, esforço e material de investimento em projetos de construção, não agregam valor ao produto final.

---

<sup>1</sup> O *Lean Construction Institute* é uma associação cuja missão é melhorar a indústria de construção e Design através da abordagem do pensamento, ferramentas e técnicas *Lean*. A base de membros de LCI é composta por proprietários, a comunidade de design (empresas de arquiteto e engenharia), empreiteiros gerais e empreiteiros comerciais. *Web*: <https://www.leanconstruction.org/about-us/lci-tenets/>

### 2.1.3.2 Evolução tecnológica (software)

O mundo se encontra em constante evolução e dentro desta se aponta a tecnologia a qual hoje em dia permite utilizar *softwares* para desenvolver e executar projetos, os quais são capazes de gerenciar uma variedade de dados complexos. A tendência de profissionais em usar a tecnologia está aumentando, com a finalidade de adquirir novas habilidades, como também uma melhora na otimização de tarefas.

Na indústria da construção civil, uma ferramenta se **destacou** sobre a melhora de operabilidade, segundo um relatório de 2008 da *McGraw-Hill Construction*, foi a *Building Information Modeling* (BIM), a qual, de acordo com o documento citado, se tornou um sistema de trabalho **inevitável**.

A tecnologia é uma força de influência com alta capacidade, o professor Luiz Fernando Heinek e doutoranda Maria Fátima Souza, apontam possíveis indicadores para orientar um processo de gestão tecnológica do setor produtor, a partir de um estudo de avaliação sistemático. O quadro a seguir apresenta a dimensão conceitual de seus resultados obtidos (Heinek; Souza, 2003).

Quadro. 1 Dimensão conceitual de possíveis indicadores de suporte à gestão tecnológica

DEMANDAS	DIMENSÃO CONCEITUAL DOS INDICADORES		
Relativas ao processo construtivo	Produtividade	Condições de transporte	DORFMAN
		Valor/m <sup>2</sup> construído	DORFMAN
		Condições de comercialização	DORFMAN
		Condições de estocagem	DORFMAN
		Parceria com a cadeia produtiva	MARTUCHI/SAN MARTIN
		Redução das atividades que não agregam valor	SAN MARTIN
		Simplificação	SAN MARTIN
		Aumento da transparência	SAN MARTIN
		Redução da variabilidade	SAN MARTIN
		Flexibilidade de robustez	OFORI
		Unidades habitacionais produzidas anualmente no município	OFORI
		Investimento anual em construção no município	OFORI
		Taxa de investimento anual em construção no município	OFORI
		Obras embargadas no município	BRISOLLA
		Estrutura industrial	MARTUCHI
		Qualidade construtiva	BRISOLLA
		Reestruturação produtiva e programas de qualidade e produtividade	BRISOLLA
Uso de novas técnicas gerenciais			
Financiamento da produção e relação com clientes e fornecedores			

Fonte: Heinek; Souza, 2003

Quadro. 1 Dimensão conceitual de possíveis indicadores de suporte à gestão tecnológica

Mão de obra	Intensidade Salários pagos Qualificação Emprego e recursos humanos	DORFMAN/OFORI DORFMAN DURAM BRISOLLA
Materiais e componentes	Tecnologia com sistema fechado de produção Utilização de mesmos materiais básicos Adaptabilidade em regiões diferentes Empresas qualificadas pelo PBQP_HABITAT	SAN MARTIN SAN MARTIN SAN MARTIN OFORI
Equipamentos		
Flexibilidade do zoneamento urbano		
Flexibilidade à densificação		
Parcelamento do solo		

Fonte: Heineck; Souza, 2003

### 2.1.3.3 Demanda por valor do proprietário ou usuário final

Proprietários, compradores e usuários finais têm passado a exigir maior valor agregado. Eles estão cientes dos problemas do desperdício e da falta de produtividade na construção e dos avanços tecnológicos e exigem das empresas construtoras uma mudança.

Em 2004, a mesa redonda de usuários da construção dos EUA gerou dois documentos técnicos pedindo uma mudança significativa em todo o processo de construção. Segundo essa organização, há repetição de inúmeros problemas relacionados aos métodos tradicionais atuais.

Cada projeto de construção envolve altos custos, exigindo um bom planejamento para atingir os objetivos propostos e obter maiores lucros no menor tempo possível. Assim, em busca de otimizar recursos e melhorar a produtividade as empresas são obrigadas a melhorar seus sistemas de planejamento.

Uma das maneiras para aumentar a eficiência do setor da construção civil pode ser a melhora contínua do planejamento e controle da produção, que por sua vez, vem sendo aprimorado e aplicado em vários países desde os anos 90, com base em conceitos e ferramentas desenvolvidos inicialmente por Ballard e Howell (1997).

Este novo sistema foi denominado *Last Planner System of Production Control* (LPS) (BALLARD, 2000). Apresenta uma visão geral e protege o sistema contra a ampla variabilidade encontrada no cenário da construção civil.

A adoção de uma nova filosofia de produção pode se configurar como uma mudança de paradigma fundamental para a indústria da construção. As implicações disso para o projeto é que o processo de construção deve ser desenvolvido em conjunto com o próprio *design* (KOSKELA, 1993).

## 2.2 SISTEMA DE PLANEJAMENTO TRADICIONAL

O modelo tradicional de planejamento na construção civil define a produção como um conjunto de atividades de conversão, que transforma os insumos em produtos intermediários ou finais (COELHO, 2003).

Conforme Moura (2008), esse modelo tem uma predominância de produção empurrada, baseado no método do caminho crítico (CPM) e na técnica de avaliação e revisão de programa (PERT).

De acordo com Laufer e Tucker (1987), o planejamento deve conter quatro quesitos:

- o que fazer (atividades);
- como realizar (método);
- quem irá executar (recursos) e;
- quando executar (cronograma).

Formoso (2001) afirma que existem diversas técnicas de elaboração de planos, tais como diagrama de Gantt, redes de precedência e linha de balanço e com o avanço da tecnologia da informação, surgiram novas ferramentas, como os modelos 4D. Ao longo deste trabalho, algumas destas são abordadas.

### 2.2.1 Etapas e estruturação de um projeto

O Planejamento de uma obra segue passos bem definidos. Nas palavras de Mattos, 2010: é quase uma receita de bolo. Em cada passo, coletam-se elementos dos passos anteriores e a eles se agrega algo. O roteiro de planejamento contém os seguintes passos (MATTOS, 2010):

- identificação das atividades;
- definição das durações;
- definição da precedência;
- montagem do diagrama de rede;
- identificação do caminho crítico;
- geração do cronograma e cálculo.

Numa visão global um projeto pode ser estruturado em quatro etapas:

1. Gestão;
2. Desenvolvimento;
3. Execução;
4. Operação e controle.

Dentro da primeira etapa deve ser definido o escopo de projeto, o qual descreve o trabalho que deve ser realizado para entregar o produto. No escopo são apresentados: a justificativa, os objetivos, a viabilidade, estimativas de tempo e de custo, restrições, entregáveis, premissas e riscos do projeto.

A seguir descrevem-se os itens contidos no roteiro de planejamento proposto por Mattos (2010):

#### 2.2.1.1 Identificação das atividades

O projeto pode ser dividido por atividades “tarefas”, que em gerência de projetos é chamada Estrutura Analítica de Projetos (EAP), proveniente do inglês, *Work Breakdown Structure* (WBS), ou por responsabilidade, Estrutura de Divisão de Produto (EDP), que em inglês é conhecido como *Product Breakdown Structure* (PBS), que é ordenado de acordo com as responsabilidades atribuídas aos funcionários (SERPELL; ALARCÓN, 2001).

A EAP é uma estrutura hierárquica, em níveis que consiste no desmembramento de atividades em unidades menores e mais simples de trabalhar. Com um bom nível de detalhamento, o projeto é mais gerenciável e fácil de controlar (MATTOS, 2010). Cada atividade deve ter no mínimo um dia, e no máximo 10 dias de duração.

#### 2.2.1.2 Definição das durações

Trata-se do tempo necessário para realizar uma determinada atividade, a qual depende da quantidade de serviço, produtividade e quantidade de recursos alocados. O planejador deve se basear em parâmetros existentes para poder estimar as durações.

Existem dois tipos de duração:

- a) Fixa: independe da quantidade de recursos;
- b) Variável: depende da quantidade de recursos.

### 2.2.1.3 Definição da precedência

A precedência consiste no sequenciamento das atividades, estabelecendo uma ordem, baseada no tipo de dependência existente entre elas. Analisam-se a particularidade dos serviços e a sequência executiva das operações.

O planejador define o inter-relacionamento entre as atividades, criando um diagrama de rede, proveniente do inglês, *Critical Path Method* – CPM e *Program Evolution and Review Technique* - PERT, para após realizar o cronograma de atividades.

### 2.2.1.4 Montagem do diagrama de rede

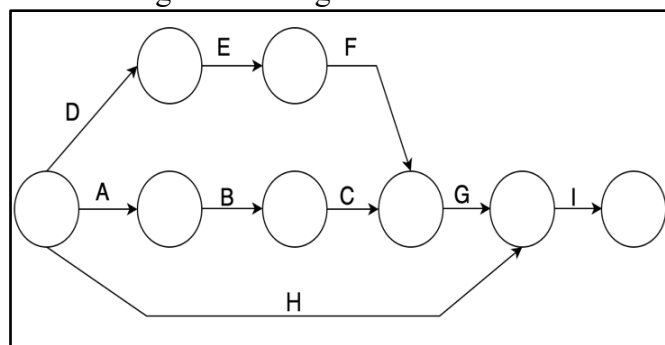
O diagrama de rede é a representação gráfica das atividades em uma sequência lógica de execução das atividades (predecessoras e sucessoras), que possibilita o entendimento de um projeto, como um fluxo de atividades.

Para elaborar uma Rede de Planejamento, três fatores que são fundamentais:

- a) atividades – EAP;
- b) relação entre as atividades;
- c) duração de cada atividade.

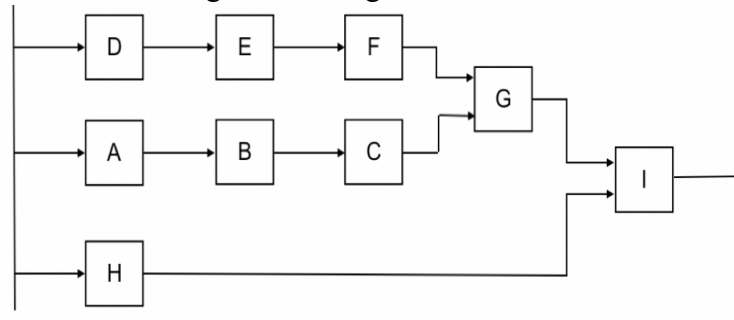
Existem dois métodos de representação de PERT/CPM, diagrama dos blocos (*Precedence diagram method*) e diagrama das flechas (*Arrow diagram method*), os quais são apresentados nas Figura 1 e 2.

Figura 1 – Diagrama das flechas.



Fonte: Autora (2020)

Figura 2 – Diagrama dos blocos.



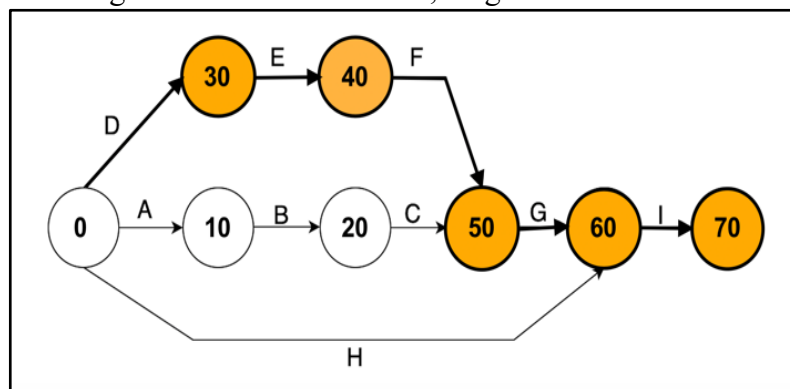
Fonte: Autora (2020)

### 2.2.1.5 Identificação do caminho crítico

Trata-se da sequência de atividades que determina o prazo total do projeto, é o maior caminho entre o início e fim de um projeto, e é composto por atividades críticas, as quais são unidas e representadas no diagrama de rede por um traço mais forte.

Atrasos ou uma antecipação em alguma atividade do caminho crítico têm influência direta no prazo final do projeto. Por outro lado, uma antecipação ou eventual atraso em atividades fora do caminho crítico não influencia na duração do projeto. No caminho crítico se identificam os tipos de folgas, que as atividades podem se atrasar sem atrasar o projeto.

Figura 3 – Caminho crítico, diagrama das flechas.



Fonte: Autora (2020)

### 2.2.1.6 Geração do cronograma e cálculo

O cronograma é o produto final do planejamento, representado sob a forma de gráfico de Gantt. O cronograma é uma das principais ferramentas de gestão porque apresenta uma representação mais clara das sequências das atividades ao longo do tempo.



### 2.2.2 Tipos de Planificação

A Planificação de um projeto consta de três etapas que dependem do avanço da obra (CAMPERO; ALARCÓN, 2008):

**Planificação preliminar:** Etapa curta, onde o processo de planejamento e controle é realizado. Assim como a compatibilização de projetos, a preparação dos planos, a coleta de informações, a difusão da informação, a ordem de atividades principais e a avaliação do processo de planejamento, com a finalidade de contar com um informe de viabilidade deste;

**Planificação Global:** Etapa onde é definido o tamanho, prazo de execução, as datas de importantes, fontes de investimento e custos gerais da obra;

**Planificação Operacional:** É a vinculação das etapas citadas aos diferentes níveis gerenciais da organização, onde se formam os programas gerais, trimestral e quinquenal de trabalho de cada setor.

Uma vez definido o projeto e realizado o planejamento, é necessário seguir um acompanhamento e controle através da recepção de informes para avaliar o desempenho e compará-lo com os objetivos iniciais estabelecidos, para tomar medidas oportunas caso há variação entre o que foi previsto e o que vem sendo realizado no campo, conforme se discute a seguir.

### 2.2.3 Acompanhamento e controle de projetos

Coelho (2003) considera o processo de controle um monitoramento do processo de produção, no qual se compara o realizado com o previsto, implementando-se as ações necessárias para manter a produção dentro do esperado.

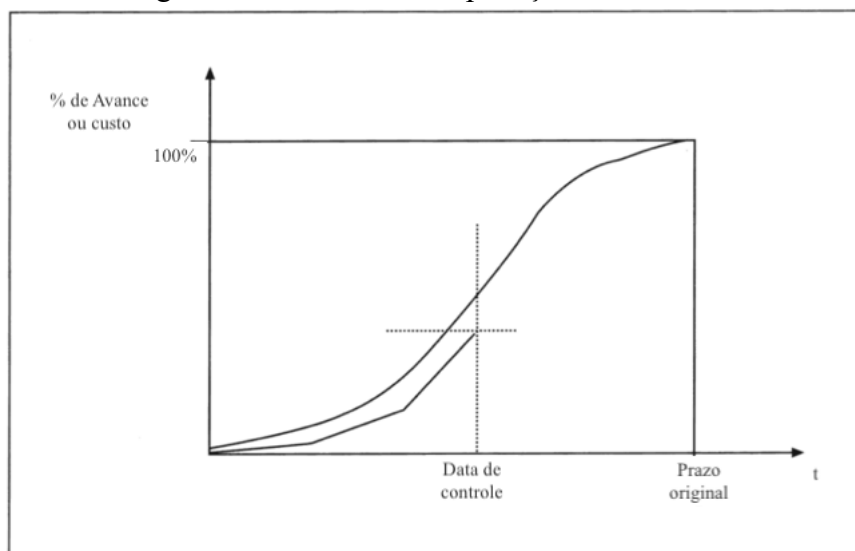
O acompanhamento físico de uma obra é a identificação do andamento das atividades e posterior atualização do cronograma (MATTOS, 2010). É importante que os informes sejam discutidos em reuniões formais. Os informes de projeto tipicamente utilizados, conforme Serpell e Alarcón (2001), são descritos a seguir.

Uma das principais técnicas de avaliação de desempenho do empreendimento, é a análise de valor agregado (*Earn value analysis*, ou Eva), que se destaca por fornecer resultados precisos a partir da integração de dados reais de tempo e custo.

O método Eva compara o valor de trabalho planejado com o do trabalho realmente concluído em um dado período. O ponto de partida para a implementação do Eva é o

cronograma físico-financeiro de obra, que por sua vez, se baseia em uma EAP, e como resultado gera a curva S de custos, que representa o progresso acumulado do trabalho pelo tempo definido para o projeto (MATTOS, 2010).

Figura 4 – Curva "S" e a aplicação em controle.



Fonte: Serpell e Alarcón (2001)

A curva S permite comparar o progresso real com o esperado para uma data de controle específica e analisar as medidas que devem ser tomadas caso a curva real seja maior que o planejado.

### 2.3 FILOSOFIA *LEAN PRODUCTION*

Sabe-se que a tecnologia está avançando rapidamente e que os negócios imobiliários estão crescendo constantemente. Nesse contexto, as empresas construtoras procuram diminuir os prazos sem aumentar os custos, não obstante ainda há falta de produtividade, o que dificulta o atingimento de seus objetivos (COSTAS; SANTOS; LIMA; HUNGLES; HEINECK, 2005).

Segundo a organização da mesa redonda de usuários da construção<sup>2</sup> dos EUA, há a necessidade de considerar novos métodos no gerenciamento integral de projetos, pois os métodos tradicionais, com base no processo tradicional de design-concurso-construção, não

<sup>2</sup> CURT [www.curt.org](http://www.curt.org). *Construction Users Roundtable* (mesa Redonda dos usuários da construção). Essa organização de propriedade promove oficinas e conferências e lança várias publicações em seu site, que permitem identificar métricas chave para o empreendimento e o desempenho.

estão cumprindo com as demandas dos usuários, devido à falta de cooperação e à fraca integração da informação.

Há uma filosofia de produção, cujo impacto parece ser muito maior que o da tecnologia da informação e automação, que enfatiza a importância de teorias e princípios básicos relacionados aos processos de produção (KOSKELA, 1992).

No final dos anos 80, a filosofia *Lean Production*, traduzido ao português como produção enxuta, chamou a atenção dos círculos profissionais e acadêmicos, por ser uma estratégia inovadora, desenvolvida por profissionais em um processo de tentativa e erro (PONS, 2014).

A filosofia *Lean production* foi originada em Japão nos anos 50 pela *Toyota Automotor Company*, com a finalidade de organizar e gerenciar o projeto de um produto, as operações e as relações com clientes e fornecedores, com menos esforço humano, menos espaço, menos capital e menos tempo para fabricar produtos, com menor índice de defeitos comparados com o sistema anterior de produção em massa (PONS, 2014).

A ideia básica do sistema Toyota é a eliminação de estoques e outros resíduos por meio de pequenos lotes de produção, tempos de preparação reduzidos, máquinas semiautônomas, cooperação e integração com fornecedores e outras técnicas (MONDEN, 1983; OHNO, 1988; SHINGO, 1984; SHINGO, 1988).

Um estudo realizado no Instituto de Tecnologia de Massachusetts (MIT) afirma que a produtividade de certas fábricas de automóveis japonesas era 50% maior que a de fábricas norte-americanas e também a quantidade de defeitos era significativamente menor (KOSKELA, 1992).

A produção enxuta tem como finalidade oferecer a melhor qualidade, um menor custo e tempos de entrega mais curtos usando a eliminação do desperdício (improdutividade ou atividades que não têm valor agregado). O desperdício pode ser diminuído mediante a melhora do desenho (*layout* industrial) e processos de execução de forma que possibilite reduzir os custos de produção (PONS, 2014).

O pensamento *Lean* se resume em usar menos do que tudo. Se comparado com a produção em massa o *Lean* usa: metade do esforço humano na fábrica, metade do espaço na fabricação, metade do investimento em ferramentas, metade das horas de engenharia para desenvolver um novo produto, na metade do tempo. Além disso, requer manter muito menos do que a metade do inventário necessário no local, resultando em menor incidência de defeitos (WOMACK; JONES; ROSS, 1990).

### 2.3.1 Origem e difusão do pensamento *Lean*

No início do século XX, a produção e o mercado automotivo foram controlados principalmente por grandes empresas americanas como a Ford e General Motors. Essas empresas se baseavam na produção em massa de veículos. Por outro lado, no ano 1937, o Grupo Toyota estabeleceu uma operação de produção de automóveis, fundada por Kiichiro Toyoda, baixo a supervisão e alento de seu pai Sakichi Toyoda (KOSKELA, 1992).

No ano de 1949, houve uma crise econômica que levou ao fracasso de muitas empresas produtoras, dentre elas caiu a empresa *Toyota Automotor Company* e, conseqüentemente, Kiichiro foi obrigado a renunciar e passar seu cargo.

No Japão, no período posterior a segunda guerra mundial, Taiichi Ohno, engenheiro e chefe de produção da Toyota, implementou um novo método de planificação em busca da melhora continua dando início ao *Toyota Production System* (TPS) na forma como é praticado hoje. O TPS está baseado no sistema *Just-in-Time* (JIT) e Jidokaa, e se sustenta e aperfeiçoa através da ideologia de melhora continua do plano de ação de um PDCA<sup>3</sup>.

O conceito Jidoka foi criado no início do século XX, por Sakichi Toyoda com a finalidade de detectar condições fora do normal e imediatamente interromper o ciclo de trabalho para identificar a causa raiz do problema, para posteriormente implementar uma solução definitiva.

O sistema *Just-in-Time* (JIT) foi desenvolvido ao longo das décadas de 1950 e 1960 por Onho, em busca de melhor qualidade. O JIT tem a premissa de alocar a matéria prima, usando os recursos mínimos, ou seja, na quantidade e no tempo necessário. Esse sistema está relacionado com a produção por demanda, ou seja, a venda do produto ativa e puxa todo processo produtivo (KOSKELA, 1992).

O JIT reduz o estoque e se esforça para evitar tanto a produção inicial quanto a superprodução, e tem a finalidade de simplificar toda a tarefa administrativa de provisionamento e alcançar um fluxo de produção equilibrado.

Em 1974, a economia japonesa colapsou levando as empresas em um estado de crescimento zero. Contudo, a Toyota, por mais que tenha apresentado redução de benefícios, conseguiu se manter estável durante os anos de 1975, 1976 e 1977, superando as outras

---

<sup>3</sup> *Plan-Do-Check-Act* ciclo de melhora continua baseado no método científico de propor uma mudança de melhora num processo, medir e controlar os resultados e levar a cabo as ações de correção.

empresas. O diferencial entre o setor e as outras empresas fez que as pessoas se perguntassem o que a Toyota tinha de especial.

Uma década mais tarde, em 1985, se originou, no Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT), o Programa Internacional de Veículos a Motor (PIVM), com o fim de compreender as forças fundamentais da mudança industrial e melhoria do processo de decisão política em relação ao *Lean Production* (KOSKELA, 1992).

Os resultados do estudo, revelaram que as empresas japonesas desenvolveram um sistema de produção próprio, superior às empresas de produção em massa, com melhor qualidade, menor custo, e prazos de entrega mais curtos, tanto em nível de desenho quanto em nível de fabricação (KOSKELA, 1992).

No final da década de 80 o termo *Lean Production* foi adotado pelo engenheiro John Krafcik, estudante de mestrado no *Massachusetts Institute of Technology* (MIT), e difundido globalmente durante a década dos 90 a raiz da publicação dos livros “A máquina do mundo” de James P. Womack, Daniel T Jones e Daniel Roos, “*Lean Thinking*” de J. Womack e D. Jones. “As chaves do êxito de Toyota” de Jeffrey K. Liker (2006).

A nova filosofia de produção foi a abordagem dominante emergente e continua sendo praticada, pelo menos parcialmente, pelas principais indústrias da América e da Europa (LCI, 2020).

A nova abordagem também se difundiu para diversos campos, como produção personalizada (ASHTON; COOK, 1989), serviços, administração (HARRINGTON, 1991), e desenvolvimento de produtos.

### 2.3.2 Princípios do gerenciamento *Lean*

Seguindo os cinco princípios de gerenciamento *Lean*, definidos por Womack e Jones (1996), com aporte de dois princípios propostos por Linker (2006) (transparência e a capacitação), qualquer empresa pode ser mais eficiente, ou seja, fazer mais com menos, tornando o ambiente da organização mais satisfatório tanto para as equipes quanto para o consumidor final.

As seções a seguir descrevem resumidamente os princípios e processos do pensamento *Lean* (PONS, 2014).

- **Valor:** O valor do produto ou do serviço deve ser definido sob a perspectiva do cliente. Essa é uma premissa básica para a compreensão do projeto e do processo de fabricação, mantendo um preço acessível e adequado para a satisfação o cliente;

- **Fluxo de valor:** A cadeia de valor é o conjunto de todas as ações específicas indispensáveis para a produção de alguma coisa, desde sua criação (da forma indicada pelo cliente) à formatação final. É necessário identificar as etapas que agregam valor ao produto/serviço e redefinir os processos, eliminando o que for desperdício;
- **Fluxo Contínuo:** Após do mapeamento da cadeia de valor e eliminação de desperdícios, é preciso estabelecer um fluxo contínuo na realização das atividades, produzindo de forma rápida, reduzindo etapas, esforços, tempo e eliminando custos desnecessários;
- **Produção Puxada:** fazer apenas o que o cliente solicita. O objetivo é tentar remover qualquer excesso ou perda de tempo. A produção puxada é um dos três principais componentes do sistema de produção *Just-In-Time* completo;
- **Perfeição:** uma busca pela melhoria contínua (kaizen) de todos os processos, pessoas e produtos, para fornecer valor exato, preciso, sem nenhum desperdício;
- **Transparência:** Estimulo significativo para todos os *Stakeholders* (subcontratantes, provedores, distribuidores, funcionários, entre outros relacionados). O acesso a maior informação torna mais fácil identificar melhores metodologias para a criação de valor. A tomada de decisões por meio da transparência e da potenciação de habilidades significa proporcionar aos participantes do projeto, informação sobre o estado dos sistemas de produção, outorgando-lhes o poder de tomar uma ação;
- **Capacitação:** É necessário transmitir a informação correta de forma pontual, e delegar autoridade aos empregados para solucionar os problemas, não só aos gerentes, se não também todos os funcionários, eles devem estar comprometidos e capacitados para atender as demandas dos clientes, trabalhando de maneira colaborativa com seus companheiros de trabalho ao longo de toda a cadeia de valor.

Figura 5 – Representação da cadeia ou fluxo de valor de acordo com a filosofia *Lean*.



Fonte: Pons (2014)

A Figura 5 apresenta a cadeia de valor das empresas enxutas. O pensamento *Lean* se concentra nos fluxos de valor porque é onde o dinheiro é gerado e onde é mais fácil identificar o desperdício e desenvolver um plano de ação para eliminá-lo (PONS, 2014).

### 2.3.3 A implementação do pensamento *Lean* e benefícios às empresas

Sabe-se que a implementação do sistema *Lean*, requer muito mais do que apenas o entendimento do sistema *Lean*. O comprometimento e a participação dos líderes são fundamentais para o sucesso de uma produção enxuta.

Segundo Pons (2014), a filosofia *Lean* é a estratégia de negócio voltada, sobretudo, à satisfação do cliente. *Lean* parte do princípio de que toda iniciativa precisa ser baseada no consumidor final, então, o propósito da empresa deve sempre procurar criar valor para este público.

A metodologia revela, além de problemas, soluções para essas questões, permitindo que as pessoas resolvam qualquer dificuldade. Outra característica é o armazenamento do aprendizado. Para o sistema *Lean*, na produção, os problemas são pontos básicos ou oportunidades de melhoria contínua para a entrega de valor.

Em qualquer empresa onde se aplica a metodologia *Lean*, é possível entregar maior valor aos clientes, produtos de qualidade, por meio de processos de trabalho mais eficientes e com desperdícios reduzidos.

### 2.3.4 Classificação dos desperdícios

O desperdício tem impacto sobre a satisfação do seu cliente com seus produtos e/ou serviços. Os clientes demandam entrega no tempo, qualidade perfeita e ao preço certo. Os desperdícios podem ser subdivididos em dois grupos, os controláveis e os não controláveis.

As perdas controláveis ocorrem na área administrativa de gestão e controle na obra. Por outro lado, nem todas as perdas podem ser evitadas, como por exemplo, aquelas que ocorrem a partir da influência dos fatores climáticos, portanto, é recomendado tomar medidas antecipadas na planificação (DELGADO, 2007).

Taiichi Ohno classificou 7 atividades de resíduos que podem ser evitáveis e que interrompem o fluxo físico dentro de uma planta de produção (PONS, 2014):

- sobre produção;
- esperar ou tempo de inatividade;
- transporte não necessário;
- sobre processamento;
- excesso de inventário;
- movimentos não necessários;
- defeitos de qualidade;
- talento.

Embora os 7 desperdícios sejam deduzidos pelo senso comum, continuam aparecendo no planejamento de um projeto. Os motivos podem ser os seguintes (PONS, 2014):

- a improdutividade pode deixar de ser eliminada por ser confundida com atividade produtiva, por falta de uma visualização geral do projeto;
- a aplicação do conceito de atividades de conversão é focada na melhora do rendimento de cada atividade, ao invés de ter uma visão global no rendimento e fluxo de todo um processo;
- os problemas são resolvidos diretamente sem ser registrados, com medidas provisórias ou remendos, sem atacar sua raiz e conseqüentemente o problema reaparece;



- o desperdício não é quantificado, portanto não há consciência dos custos da improdutividade.

Basicamente, lucro é o preço de venda menos os custos. Portanto, uma das maneiras de incrementar os lucros é reduzir custos. Isso significa que ao remover todos os elementos que causam desperdícios nos processos, pode-se aumentar o lucro. O Quadro 2 apresenta as diferenças entre a metodologia convencional e a produção enxuta (ALARCON, 2008).

Quadro 2 – Produção convencional vs produção enxuta.

Produção convencional e produção sem desperdícios		
	Produção convencional	Produção enxuta
Objeto	Afeita a produtos e serviços	Afeita a todas as atividades da empresa
Alcance	Controle	Gestão, assessoramento e controle
Modo de aplicação	Imposta pela direção	Por convencimento e participação
Metodologia	Detectar e corrigir	Prevenir
Responsabilidade	Departamento de qualidade	Compromisso de todos os membros da equipe
Clientes	pertencentes à empresa	Internos e externos
Conceptualização da produção	A produção consiste em atividade de conversão	A produção consiste em atividades de conversão, fluxos e a eliminação de atividades de não conversão
Controle	Custo das atividades	Dirigido ao custo, tempo e valor dos fluxos
Melhora	Implementação de novas tecnologias	Redução das tarefas de fluxos, aumento da eficiência do processo com melhoras contínuas e tecnologia

Fonte: Alarcón e Campero (2008)

Para que seja possível eliminar os desperdícios, é necessário vê-los e reconhecê-los, identificando quem é o responsável por eles. Finalmente, devem ser mensurados de forma a estabelecer seu tamanho e magnitude. Os desperdícios que não se pode ver, não podem ser eliminados.

## 2.4 FILOSOFIA DE *LEAN CONSTRUCTION*

*Lean Construction* é a aplicação dos princípios e ferramentas do *Lean thinking* (pensamento enxuto) ao longo de todo um ciclo de vida de um projeto de construção, adaptando a metodologia às peculiaridades do setor (FORMOSO, 2001).

*Lean* se entende como uma filosofia que busca a excelência de uma empresa, portanto, seus princípios podem se aplicar em todas as fases de um projeto: desenho, engenharia, comercialização, *marketing*, execução e outras atividades.

Esta filosofia é especialmente útil em projetos complexos e incertos, que demandam rapidez no desenvolvimento, com prazos de entrega reduzidos (PONS,2014).

Projetos incertos, por exemplo, seria a implantação de um parque eólico, que apresenta dependência de fatores climáticos, os quais conferem incerteza quanto ao cumprimento dos prazos.

Esse sistema incentiva o trabalho em equipe, melhora a comunicação, facilita a visão de todo o processo, ajuda na identificação precoce de erros, seguida por uma resolução rápida e eficaz dos problemas que leva a uma maior autogestão (PONS, 2014).

*Lean Construction* consiste essencialmente em minimizar ou eliminar todas as atividades e transações que não agregam valor, para projetar e produzir a um custo menor, com maior qualidade, mais segurança e prazos de entrega mais curtos, dentro de uma estrutura em sintonia com as questões ambientais.

A construção deve ser vista como um processo de fluxo (que consiste em resíduos e atividades de conversão), não apenas processos de conversão. Para isso é preciso que o processo de construção seja desenvolvido em conjunto com o próprio *design* (PONS,2014).

A construção enxuta tenta atingir esses objetivos em todas as fases do ciclo de vida de um projeto de construção, com todos os agentes sociais envolvidos no processo de planejamento e construção, com todas as pessoas e empresas envolvidas na cadeia inteira da obra, sem deixar ninguém de fora, integrando todos sob um objetivo comum, de acordo com os princípios do sistema *Lean* (PONS, 2014).

### 2.4.1 Origem e difusão do *Lean Construction*

Em 1992, o finlandês Lauri Koskela escreveu o primeiro artigo que aborda o uso e princípios *Lean* para a realidade da gestão de um canteiro de obras, e descreve a teoria da gestão da produção aplicada à Construção, *Application of the New Production Philosophy to Construction*, publicado pelo CIFE – *Center for Integrated Facility Engineering*, ligado à Universidade de Stanford, nos EUA.

O artigo foi um marco histórico chave no desenvolvimento de uma corrente de investigação à aplicação da filosofia *Lean* na indústria da construção. Koskela analisa os sistemas produtivos emergentes: abordagem Just in time, engenharia simultânea, gerenciamento da qualidade total, reengenharia de processos e as ideias aplicadas na produção no sistema de fabricação de Toyota (ALARCÓN; POLLICER, 2009).

O termo *Lean Construction* foi estabelecido pelos fundadores do Grupo Internacional de *Lean Construction* (IGLC)<sup>4</sup> em 1993. Em 1997, nasce o *Lean Construction Institute* (LCI) dos EUA, tendo como coordenadores Howell e Ballard, pesquisadores do setor e que à época prestavam consultoria para diversas empresas.

Em 1994, Howell e Ballard mostraram, por meio de um estudo, que apenas 36% das tarefas eram terminadas no prazo planejado e em 1998, outro estudo de Ballard e Howell demonstrou que houve um aumento para 54%.

Estes resultados confirmaram que a filosofia tradicional de gerenciamento de projetos de construção não funcionava corretamente por conta de uma ampla variabilidade. Além disso, análises mostraram que a maioria das falhas no planejamento estava dentro do escopo de controle do construtor (ALARCON; PELLICER, 2009).

Desde 2007, empresas que já aplicam esta filosofia, vem mostrando resultados positivos, principalmente em EEUU. Em 2012 um informe sobre o estado de *Lean Construction* em EUA e outro informe mais recente de *McGraw Hill Construction*<sup>5</sup>, no ano de 2013, revela que entre 70% e 85% dessas empresas obtiveram níveis de rendimento de nível médio ou alto, resultantes da redução dos custos, do cumprimento de prazos, do incremento de produtividade, qualidade, seguridade, do menor nível de riscos e do maior grau de satisfação ao cliente.

---

<sup>4</sup> *International Group for Lean Construction* - IGLC ([www.iglc.net](http://www.iglc.net)).

<sup>5</sup> A S&P Global Inc. (antes de abril de 2016, *McGraw Hill Financial*, Inc.) e (antes de 2013, *McGraw Hill Companies*) é uma empresa americana de capital aberto com sede em Manhattan, Nova York. Suas principais áreas de negócios são informações e análises financeiras.

Em abril de 2011, foi fundado o Instituto de *Lean Construction Spanish*, cujo objetivo é estabelecer uma rede de contato entre acadêmicos, pesquisadores, empresas e profissionais do setor da construção civil.

A filosofia de gerenciamento de produção enxuta na construção se implementou em em países como Estados Unidos, Inglaterra, Dinamarca, Finlândia, Austrália, Brasil, Chile, Cingapura, Indonésia, Equador, Colômbia e Peru (PUIGPELAT, 2012).

#### **2.4.2 Implementação *Lean Construction***

Na filosofia *Lean Construction*, existem 3 tipos de fluxos em projetos de construção: fluxo de material, fluxo de informações e fluxo de recursos.

Esta filosofia busca melhorar e otimizar esses três fluxos ao longo de um projeto, para atingir os objetivos fundamentais propostos por Koskela: redução de custos, diminuição de tempo e o aumento do valor para o cliente (ALARCON; PELLICER, 2009).

As ideais principais e técnicas específicas que Koskela aborda para desenvolvimento da filosofia *Lean Construction* são baseadas nos seguintes itens (KOSKELA, 1992):

- visão geral;
- *Just In Time* (JIT);
- Controle de Qualidade Total (TQC);
- Manutenção Produtiva Total (TPM);
- envolvimento dos funcionários;
- melhoria contínua;
- *Benchmarking* (ponto de referência);
- competição baseada no tempo;
- engenharia simultânea;
- estratégia (ou gerenciamento) baseada em valor;
- gerenciamento visual;
- Reengenharia;
- Produção enxuta, fabricação de classe mundial.

Com base dos itens citados anteriormente Koskela propôs doze princípios para visualizar os processos da implementação do pensamento *Lean* na construção. Que são citados a seguir.

- aumentar a eficiência das atividades que agregam valor;
- reduzir a participação de atividades que não agregam valor;
- aumentar o valor do produto em função da consideração sistemática dos requisitos do cliente;
- reduzir a variabilidade;
- reduzir o tempo do ciclo;
- simplificar processos;
- aumentar a flexibilidade da produção;
- aumentar a transparência do processo;
- concentrar o controle em todo o processo;
- introduzir a melhoria contínua dos processos;
- melhorar continuamente o fluxo;
- registrar permanentemente os processos (*Benchmarking*).

Observa-se que na gestão de uma obra é necessário visualizar o projeto como um todo e não por cada atividade, o planejamento deve ser estruturado ao longo do processo para maximizar o valor e reduzir o desperdício no nível da execução do projeto. O controle deve ser redefinido, passando de monitorar resultados para fazer as coisas acontecerem, o desempenho dos sistemas de planejamento e controle deve ser medido e aprimorado.

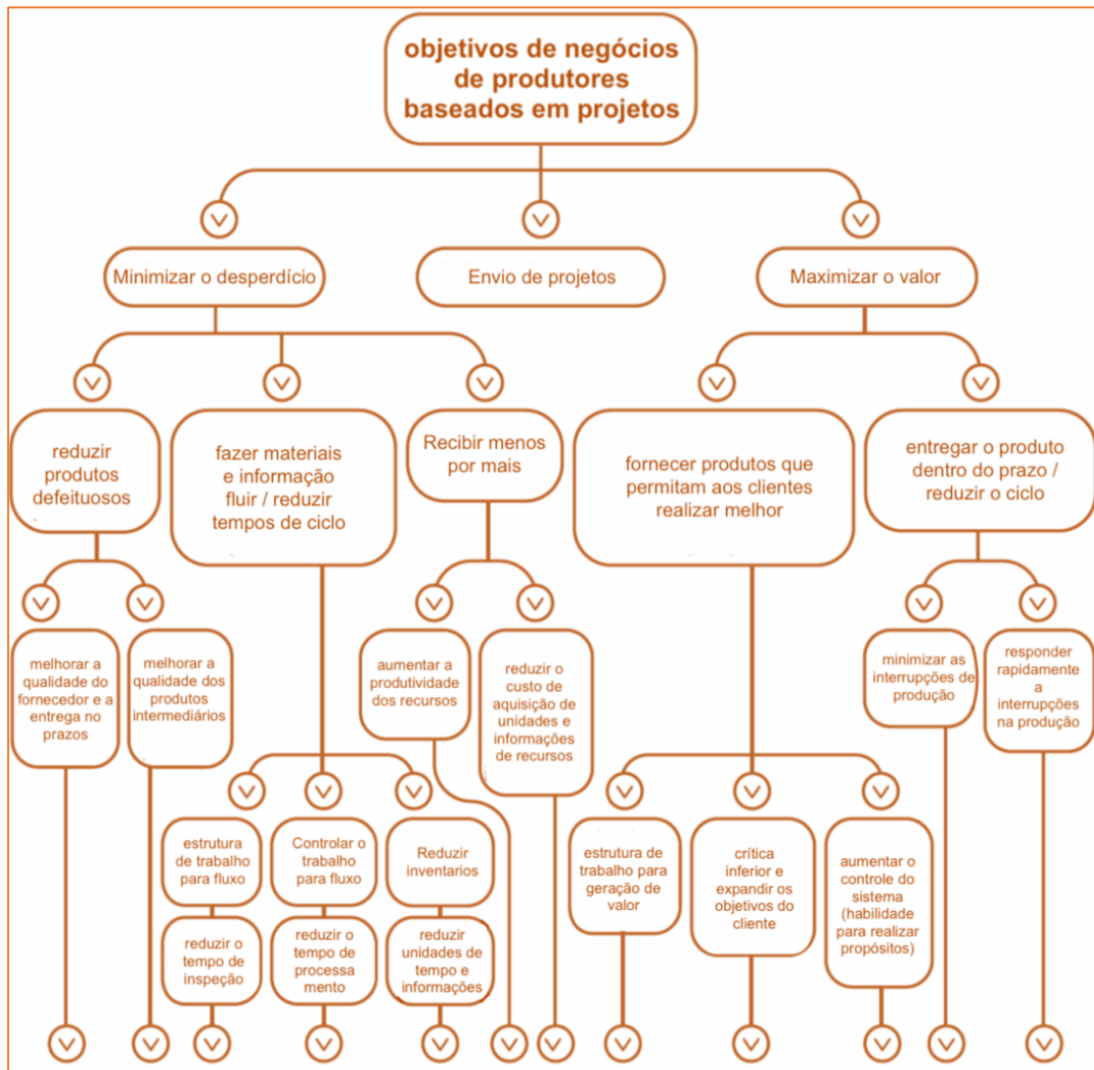
Para garantir valor ao cliente com desperdícios reduzidos é necessário que os *Stakeholders* da obra, como os especialistas em design, provedores ou execução, tenham uma boa comunicação e haja uma constante atualização de informações (PONS, 2014).

### **2.4.3 Estrutura de trabalho *Lean Construction***

O gerenciamento da produção é a base da produção enxuta e vai desde o início de um projeto até a entrega do produto ao cliente. O gerenciamento da produção enxuta consiste basicamente na estruturação do trabalho e no controle da produção (WOMACK, 1996).

A estrutura do trabalho enxuto é o *design* de processos integrado ao *design* de produtos e se estende como escopo de todo um sistema de produção. É uma estrutura hierárquica que corresponde a um design de sistema de produção "temporário" vinculado a sistemas "permanentes" de produção (PONS, 2014). A Figura 6 apresenta a estrutura enxuta proposta por Ballard (2000).

Figura 6 – Estrutura do sistema de produção.



Fonte: Ballard (2000)

#### 2.4.4 Ferramentas e metodologias *Lean Construction*

Diversas ferramentas e técnicas foram desenvolvidas para implementar o sistema *Lean Construction*. Neste contexto são apresentadas algumas ferramentas de modo a ser possível aplicar as teorias e conceitos subjacentes.

##### 2.4.4.1 Lean Project Delivery System - LPDS

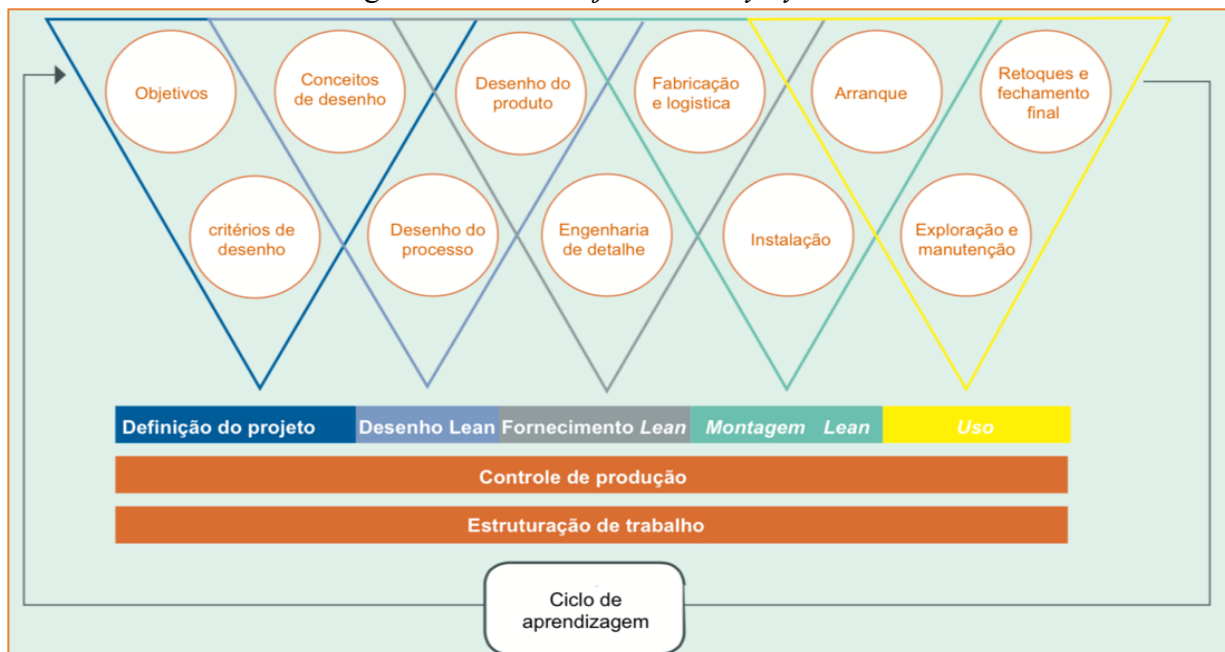
O *Lean Project Delivery* é uma ferramenta que oferece uma visão geral das fases do projeto, desenvolvido por Glenn Ballard, publicada por LCI no ano de 2000 e posteriormente atualizada no ano de 2008 (PONS, 2014).

A estrutura geral do modelo é definida pela interseção entre projetos e sistemas de produção, cada fase do projeto tem finalidades e marcos definidos que devem cumprir-se à medida que avança (ALARCÓN; POLLICER, 2009).

O Modelo LPD tem como finalidade desenvolver o melhor caminho possível para o design e para a construção de uma obra (CAMPERO; ALARCÓN, 2008). Trata-se de um processo colaborativo para a gestão integral de projeto ao longo do ciclo de vida, no qual se administra uma equipe com acordos de gestão e execução de projetos, integrados com todos os agentes importantes da obra, para alinhar finalidades, recursos e restrições.

A Figura 7 apresenta o sistema LPD, o qual está organizado em cinco fases (definição, desenho, fornecimento, montagem e uso) que dão espaço para onze módulos ou etapas: objetivos, critérios de desenho, conceitos de desenho, desenho do produto, engenharia de detalhes, fabricação e logística, instalação, arranque, exploração e manutenção, retoques e fechamento final.

Figura 7 – *Lean Project Delivery System*.



Fonte: Ballard (2008)

As características fundamentais do modelo LPD são (LICHTIG, 2006):

- o projeto é organizado e gerenciado como um processo gerador de valor;
- os agentes que atuam após a fase de planejamento (na execução, por exemplo) se envolvem também no planejamento e *design* inicial, através de equipes multifuncionais;

- o controle do projeto tem uma função executiva (atua desde a fase de planejamento), ao contrário da atuação a posteriori que ocorre no método tradicional;
- a otimização de esforços se centra em obter um fluxo de trabalho confiável, em contraste com o aumento de produtividade;
- técnicas de “empuxo” são usadas para dirigir o fluxo de informações e materiais através de redes especializadas;
- *backup* de capacidade e estoque são usadas absorver variações;
- ciclos de *feedback* são incorporados em cada nível, para que se possa fazer ajustes rápidos.

#### 2.4.4.2 Integrated Project Delivery (IPD)

O IPD é uma evolução do LPDS que incorpora os diferentes níveis de colaboração e modelos de contrato entre várias fases do projeto, é um enfoque de projetos que integra pessoas, sistemas, estruturas e práticas empresariais, num processo que aproveita colaborativamente o talento e pontos de vista de todos os participantes para otimizar os resultados do projeto (PONS, 2014).

Os *Stakeholders* (atores ou agentes sociais) que integram o IPD são clientes, usuários, arquitetos, engenheiros, construtores, mestres de obras, gerentes de obra e de projeto, provedores e aqueles que atuam na execução da obra.

Em uma empresa visual os trabalhadores conhecem o resultado exato em cada momento do dia. Através de sistemas visuais, sabem exatamente o que eles têm que produzir no dia e em que situação estão com relação ao total, conhecem os defeitos e como afeita seus trabalhos na qualidade de produto final.

Segundo Pons (2014), para obter melhores resultados e um ambiente de confiança entre os colaboradores é necessário seguir os seguintes princípios:

- respeito mútuo e a confiança;
- benefício mútuo e a recompensa;
- inovação colaborativa e a tomada de decisões;
- participação dos participantes chave nos estágios iniciais;
- definição inicial dos objetivos;
- planificação intensificada;
- comunicação aberta;



- tecnologia apropriada; e
- organização e liderança.

O IPD combina ideais da prática integrada e construção enxuta para resolver vários problemas na construção, como baixa produtividade, baixa qualidade, desperdícios e conflitos durante a construção entre os principais interessados do proprietário, arquiteto e contratado (PONS, 2014).

#### 2.4.4.3 Last Planner System - LPS

O *Last Planner System*, em português conhecido como Último planejador, é uma metodologia desenvolvida pelos membros do *Lean Construction Institute* com a finalidade de complementar e enriquecer os métodos de diagramas de redes e os caminhos críticos (BALLARD, 1994).

Os projetos envolvem centenas e milhares de transferências e dependências entre subempreiteiros ou grupos de trabalho. Os “últimos planejadores” (“*the last planners*”) são geralmente os subcontratados de um projeto de construção e são encarregados de designar as tarefas de trabalho diretamente aos trabalhadores para obter compromissos de entrega com base na situação real de um posto de trabalho, em lugar de fazê-lo a partir de planos teóricos (PONS, 2019).

Com a metodologia tradicional, os últimos planejadores são as últimas pessoas a terem a oportunidade de planejar o trabalho antes que ele seja realizado. A diferença da metodologia *Last Planner*, na qual os “últimos planejadores” são convidados para o processo de planejamento para que eles tragam seu conhecimento e experiência para a discussão e ajudem a criar um ponto de partida detalhado para o *Pull/Phase Plan*, descrito mais adiante (PONS, 2014). A Figura 8 apresenta a estrutura de planificação do projeto usando o sistema LPS proposta por (BALLARD 2000).

Figura 8 – Modelo de planificação do projeto usando LPS.



Fonte: Pons (2014)

O LPS pode ser definido como um método de controle de produção projetado para integrar “o que deve ser feito” - “o que pode ser feito” - “o que será feito” - “o que realmente foi feito” do planejamento e na atribuição de tarefas de um projeto. Seu objetivo é fornecer fluxo de trabalho confiável e aprendizagem rápido. O LPS está baseado no compromisso, que garante o cumprimento semanal de atividades designadas aos trabalhadores (PONS, 2019).

#### 2.4.4.3.1 Fases de implementação do sistema *Last Planner*

No sistema do último planejador, além do planejamento tradicional geral da obra ou do Plano Diretor, são introduzidos cronogramas intermediários e semanais, o monitoramento de indicadores de produtividade como o PPC ou Porcentagem do Plano Concluído e um plano de ação para eliminar a causa raiz que gerou ou não cumprimento da programação (PONS, 2019).

Os principais marcos do projeto são identificados a partir do plano mestre e detalhados no *Pull/Phase plan*. O plano mestre permite que as atividades agendadas permaneçam no programa mestre, a menos que haja certo conhecimento de que a atividade não deve ou não pode ser executada conforme planejado.

Existem cinco etapas para o processo de planejamento da produção, além do planejamento estratégico – o *Master Plan* (ou Plano Mestre) (PONS, 2019):

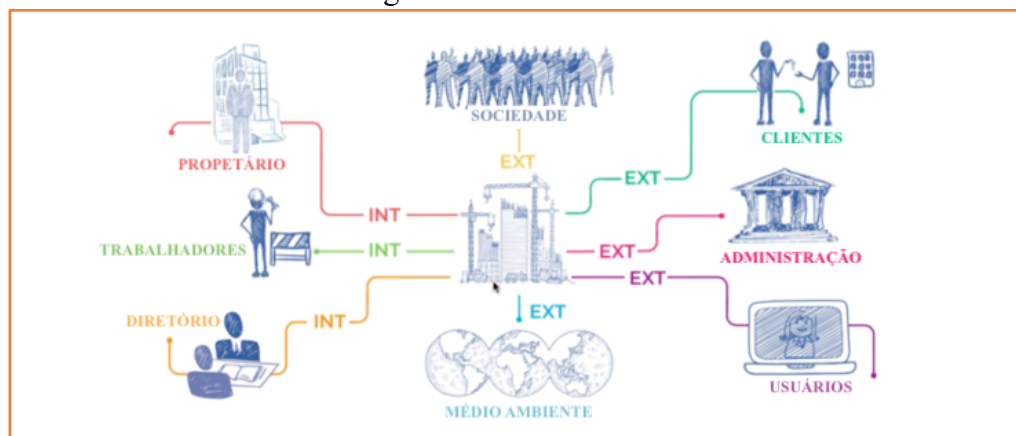
- *Pull/Phase Plan* (plano de empuxo);
- *Look-Ahead* (planificação antecipada);
- *Weekly Work Plan Coordination* (Planificação semanal);

- *Daily Check-ins* (reunião regular e diária);
- *Review and Improvement* (revisão e aprimoramento).

#### 2.4.4.3.2 Pull/Phase plan

Em uma reunião *Pull* se define o que deve ser realizado. Se estabelecem metas de projeto e se identificam os *Milestones* traduzido ao português, como datas de conclusão para as fases ou últimos entregáveis de controle de projeto. Na Figura a seguir se apresenta a estrutura de todos envolvidas que devem estar presentes no plano mestre (PONS, 2019).

Figura 9 – Plano Mestre.



Fonte: Pons (2019)

As vantagens do sistema *Pull*, além do fornecimento de um cronograma são (PONS, 2019):

- prepara os participantes para uma ação conjunta e colaborativa;
- antecipa detalhes construtivos;
- permite visualizar alternativas;
- fortalece o compromisso adotado.

A planificação *Pull* é um plano de trabalho que detalha cada um dos níveis ou fases de uma obra que especifica as transições entre as equipes, planejamento colaborativo e reverso (do futuro para o presente). Para o uso correto do *Pull/phase Plan* os passos estão descritos a seguir:

- identificar as metas a partir dos entregáveis;
- definir as atividades desse fluxo e seus responsáveis;
- definir as atividades de restrição;
- anotar cada atividade em uma nota adesiva (*post-it*);

- colar cada *post-it* num cronograma mensal na parede, respeitando a sequência das atividades definida anteriormente;
- certificar se cada *post-it* define claramente a lista de fornecedores necessários para que aquela determinada tarefa seja executada (as etapas predecessoras serão os próximos *post-it* serem colocadas na sequência);
- digitalizar o conteúdo de cada *post-it*, (preferência computação em nuvem);
- plano de coordenação de projeto semanal – *Weekly Work Plan Coordination*.

O processo do *Pull/Phase plan* deve focar nas transferências críticas entre subempreiteiros (*handoffs*). Tal abordagem ajuda os times de projeto a identificar proativamente, solucionar e remover obstáculos potenciais que poderiam interferir no andamento e conclusão da sequência de trabalho planejada.

A Figura 10, a seguir, apresenta uma seção de planificação *Pull* do sistema *Last Planner* de uma obra da *Constructora Mediterráneo*. A imagem ilustra o cronograma mensal que se encontra na fase da superestrutura, a qual é desmembrada em 17 atividades repetitivas para cada andar. Além do planejamento, naquela obra, tem-se registros de que foi feito um controle semanal, para verificar o cumprimento das equipes de acordo com seus compromissos, observando que a obra se encontra dentro do prazo estabelecido.

Figura 10 – Exemplo da seção de planificação *Pull* em uma fase da obra Vertical 60, Santa Cruz Bolívia.



Fonte: Autora (2020)

Conforme se observa na Figura anterior, a ideia é não planejar com muita antecedência, apenas o suficiente para descobrir os possíveis erros e bloqueios que podem ser evitados e identificados com antecedência, antes que gerem atrasos e desperdícios em outras etapas.

### 2.4.4.3.3 Planificação antecipada

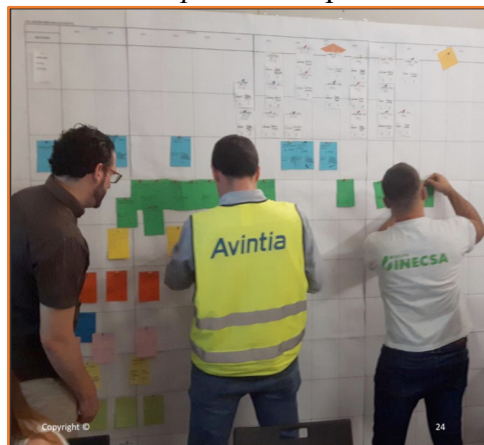
Nesta fase, se define o que pode ser realizado. Consiste em um planejamento entre 3 a 8 semanas de horizonte, onde é necessário trabalhar nas atividades previstas que sucederão num futuro às ações correspondentes. Nesta fase, se definem (PONS, 2019):

- as atividades a serem executadas;
- a análise da sequência de atividades;
- a identificação das restrições (atividades de bloqueio);
- o nivelamento dos recursos.

O planejamento de médio prazo (em inglês, *Look Ahead Plan*) é um plano de produção que identifica cada tarefa específica que precisa ser concluída e suas atribuições, e se sobrepõe a outras tarefas. Permite manter sob controle um plano de trabalho que pode ser executado em médio prazo, identificando novas restrições e condições necessárias para que essas tarefas sejam efetivamente executadas dentro do período planejado.

No processo de Planejamento de Médio Prazo, novas restrições, que possam impedir a execução correta do programa mestre, serão identificadas e as da Sessão *Pull* serão atualizadas. Essas restrições, gerenciadas com eficiência e liberadas no prazo, permitem obter um ITE (estoque de trabalho executável) na forma de ordens de produção específicas.

Figura 11– Exemplo *Look-Ahead plan* e comprometimento da equipe, obra X.



Fonte: Pons (2019)

A Figura 11 mostra uma reunião com últimos planejadores, feita semanalmente na obra X, para realizar o *Look-Ahead plan*.

Os *Post* são colocados em diferentes cores para diferenciar as equipes encarregadas de cada atividade, onde o líder da equipe se compromete colocando os *Post* na parede com a data de início e fim, número de pessoas participantes da atividade e o setor que será trabalhado. A Figura 12 apresenta a o formato recomendado para os *Post*.

Figura 12 – Post.

TAREA:		ID:	
T. PRECEDENTE:		RESTRICCIÓN:	
Nº PERSONAS:		Nº DÍAS:	
TAREA PRECEDENTE:		RESTRICCIÓN:	
Nº PERSONAS:		Nº DÍAS:	

Handwritten example (yellow background):

TAREA: CONJUNTO TOMA TIERRA.  
 ID: 142

T. PRECEDENTE: PILARES P.B.  
 RESTRICCIÓN: PLANOT.T.  
 Nº PERSONAS: 2  
 Nº DÍAS: 1

Fonte: Pons (2019)

Outra ferramenta de suporte, complementar aos painéis, para apoiar o processo de Planejamento de Médio Prazo são as planilhas do Excel, nas quais, pelo menos os seguintes parâmetros serão identificados (PONS, 2019):

- atividade a executar;
- responsável;
- data de início;
- data de término;
- gráfico de Gantt.

Uma vez que as atividades forem identificadas, deve ser feita uma análise de restrição para cada uma das atividades ou tarefas. As restrições podem ser observadas no mesmo *Post* da sessão *Pull* e/ou no *Look Ahead* correspondente à atividade em que a restrição foi detectada. Para uma melhor organização é aconselhável que as restrições também sejam escritas em uma lista separada, cujo monitoramento será realizado semanal e diariamente durante todo o projeto (PONS, 2019).

Normalmente, todas as atividades visíveis nos quadros, são monitoradas por um gerente de produção da construtora, que tomará as medidas necessárias para liberar as restrições conforme os prazos se aproximem. Alguns exemplos das principais áreas ou categorias de onde se pode identificar restrições estão descritas a seguir (PONS, 2019):

- **Contratos:** quadro comparativo de pressupostos, seleção de fornecedores, documentação;
- **Inspeção:** ensaios de Laboratório;
- **Materiais:** medições, solicitação, ordem de compra;
- **Terreno:** atividades prévias;
- **Equipes:** disponibilidade das equipes, ferramentas, instalações elétricas e sanitárias;
- **Informação e desenho:** Aprovações, Requerimento de informação, especificações;
- **Administrativos:** permissões, credibilidade, reuniões informáticas e capacitações;
- **Mão de obra:** quantidade disponível de equipes e de trabalhadores;
- **Segurança:** condições da obra, ferramentas, procedimento de trabalho.

Uma análise de restrições exige do gerente de obra, dos encarregados da atividade crítica um maior controle de produção e da entrega de serviços e materiais, e também maior controle dos pagamentos temporários, com tempo suficiente para o período de espera.

Figura 13 – Lista de restrições.

LISTADO DE RESTRIÇÕES									
OBRA					DATA DE CONTROLE				
ID	DESCRIÇÃO DA RESTRIÇÃO/PROBLEMA	IMPACTO / ATIVIDADE AFEITADA	AÇÃO	PRIORIDADE	RESPONSÁVEL		DATA DE COMPROMISSO	DATA REAL DE LIBERAÇÃO	ABERTA/ FECHADA
					EMPRESA	PESSOA			
#1	Urbanização zona da piscina	Invasão de áreas com risco de queda de objetos.	A direção facultativa concordará com os vizinhos como lidar com a urbanização e a data de entrega de sua área será marcada.	●			10 - Ago	20 - Jul	FECHADA
#2	Corrimão ext.PIID. Disponibilidade/retirada de plataformas de descarga	Incapacidade de acabamento.	Será feito todo o progresso possível na ausência da colocação dos corrimãos na plataforma.	●			22 - Ago	22 - Ago	FECHADA
#3	Não temos definido o cor da carpintaria de alumínio e por tanto não podemos realizar o pedido	Incapacidade de realizar o pedido de alumínio e poder planificar a atividade.	Solicitar à direção da facultativa e ao proprietário a referência de cores do alumínio.	●			27 - Ago	13 - Ago	ABERTA
#4									
#5									

Fonte: Pons (2019)

A Figura 13 apresenta um modelo de lista para as restrições de uma obra. No quadro de restrições, deve-se incluir um código, a restrição, o responsável, o plano de ação e a data de levantamento. No estudo de caso, apresentar-se a lista de restrições utilizada na obra em análise no referido capítulo.

#### 2.4.4.3.4 Planificação semanal

No planeamento semanal, é necessário confirmar somente o trabalho que se sabe que pode ser feito, como uma maneira de "proteger" unidades produtivas da incerteza e da variabilidade. A coordenação do *Weekly Work plan* (Plano Semanal) é feita em 3 etapas, preparação para reunião, gerenciamento da reunião e pós-reunião (PONS, 2019).

O planeamento semanal define o que deve acontecer durante a semana entrante em função dos objetivos acumulados da semana anterior. Todas as atividades que serão realizadas devem estar livres de restrições.

O *Last Planner System* - LPS precisa medir o desempenho de cada plano trabalho semanal para estimar sua qualidade. Essa medida é o primeiro passo para aprender a partir dos erros e implementar melhorias. O sucesso do plano em prever com segurança o trabalho que será realizado até o final de semana é feito através da porcentagem de plano ou tarefas concluídas - PPC apresentado na Figura 14 (ALARCÓN; POLLICER, 2009).

Este indicador mede se os avanços comprometidos pelos últimos planejadores se cumpriram durante cada plano semanal. É calculado como o número de atividades realizadas dividido pelo número total de atividades no período (ALARCÓN, 2008).

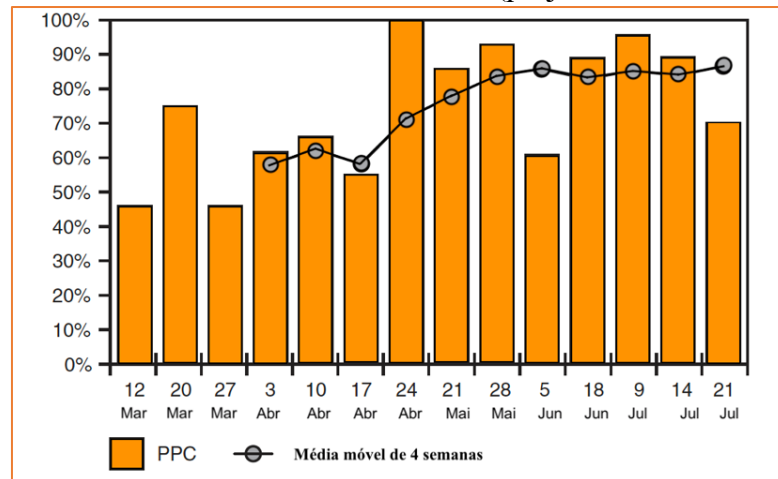
$$PPC(\%) = \frac{N^{\circ} \text{ DE TAREFAS COMPROMETIDAS COMPLETADAS}}{N^{\circ} \text{ TOTAL DE TAREFAS COMPROMETIDAS PLANIFICADAS}} * 100 \quad (1)$$

Os gráficos de PPC nas semanas permitem visualizar a comparação do resultado do plano de trabalho semana a semana. O PPC inferior a 70% é considerado baixo, portanto, as ações corretivas são consideradas radicais para melhorar na semana seguinte, e para isso é necessário encontrar a causa raiz, que não permitiu o cumprimento do plano.

A Figura 14 a seguir, ilustra o gráfico de porcentagem de plano concluído com média móvel de 4 semanas de um projeto de contratante elétrico de 1995 na Venezuela, que apresenta um PPC acima de 70%, portanto o projeto foi finalizado com sucesso (BALLARD, 2000)



Figura 14 – Gráfico PPC - Contratante elétrico (projeto de 1995 na Venezuela).



Fonte: Ballard, Koskela e Howeel (2000)

O aumento do PPC leva ao aumento do desempenho, não apenas da unidade de produção que executa o Plano de Trabalho Semanal, mas também das unidades de produção a jusante, pois elas podem planejar melhor quando o trabalho é liberado com segurança (BALLARD; KOSKELA E HOWEEL, 2000).

Além disso, quando uma unidade de produção melhora a determinação de suas necessidades futuras de recursos, pode extrair esses recursos de seu suprimento a montante, para que estejam disponíveis quando necessário. A implementação do *Last Planner*, portanto, resulta em um fluxo mais confiável e possibilita maior rendimento do sistema de produção.

Um item que merece destaque na programação semanal são as Causas de Não Cumprimento (CNC), motivos pelos quais as atividades comprometidas não foram cumpridas. Elas são registradas pelo último planejador diariamente, e relatadas na reunião semanal, quando suas origens são identificadas para encontrar soluções-raiz. O objetivo desta análise não é procurar o culpável, e sim identificar por que o compromisso não foi executado, para que sejam tomadas ações corretivas (BALLARD; KOSKELA E HOWEEL, 2000).

#### 2.4.4.3.5 Daily Check-ins

Os *Daily Check-ins* são reuniões regulares e diárias que acontecem na frente do painel de gerenciamento visual da equipe, geralmente com duração de 10 a 15 minutos. O objetivo da reunião é controlar a produtividade do dia anterior, revisar os compromissos das atividades a ser realizadas nesse dia e identificar os obstáculos e problemas que podem acontecer.

As equipes discutem seu progresso regularmente, assumem compromissos de trabalho, revisam indicadores de desempenho e andamento das ações de melhoria e mantêm atualizadas as informações que serão levadas para a reunião semanal (PONS, 2019).

#### **2.4.4.3.6 Revisão e Aprimoramentos**

Nesta fase final do planejamento de produção, as equipes devem aprender com as falhas ocorridas para concluir o trabalho prometido e devem criar um plano de ação para aprimoramento. As melhores práticas devem ser comunicadas aos *Stakeholders* (PONS, 2019).

### **2.4.5 Ferramentas para o controle de rendimento**

De acordo com o nível de planificação que se pode obter em um sistema de orçamento, é factível controlar o mesmo esquema de forma diária. Por outra parte, é conveniente acompanhar a informação antes descrita com um gráfico que plote uma reta de marcação de rendimento do orçamento, uma curva com os rendimentos diários e outra com o rendimento por média acumulada. A seguir são apresentadas ferramentas para o controle de rendimento (PONS, 2019).

#### **2.4.5.1 Nível geral de atividades (NGA)**

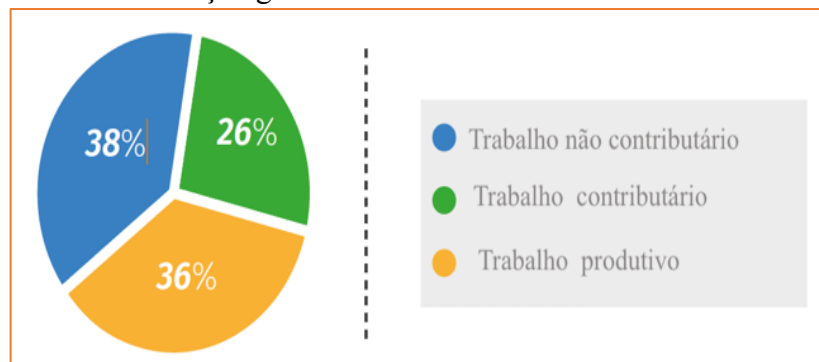
O NGA é uma ferramenta *Lean Construction* simples, que pode apresentar resultados significativos para o planejamento. É um estudo amostral que serve para calcular o nível geral de atividade, que classifica o Trabalho em (CONSTRUCTORA MEDITERRRANEO, 2019):

- Trabalho produtivo (P): tempo que o trabalhador dedica à produção (atividades que agregam valor e pelas quais o cliente está disposto a pagar);
- Trabalho contribuinte (TC): tempo dedicado ao trabalho necessário para que os trabalhos produtivos sejam realizados. (Atividades que servem de apoio e são necessárias, mas não agregam valor). Por exemplo, transporte (T), limpeza (L), medições (M), receber/dar instruções (I);
- Trabalho não contribuinte (TNC): É o tempo que não é usado para trabalhar. (Atividades necessárias, que tem um custo associado e que não agregam valor).

Por exemplo, viagens (V), esperas (E), descanso (D), necessidades fisiológicas, retrabalho (R).

A Figura 15 mostra um estudo realizado no ano 2002 pelo Serviço de Produtividade e Gestão<sup>6</sup> em 30 obras distintas, neste, pode-se observar que as perdas de TC e TNC correspondem a uma porcentagem significativa de trabalho no local, especificamente 62% do total trabalho realizado (SERPELL, 2002).

Figura 15 – Distribuição geral de atividades de 30 obras realizada em 2002.



Fonte: Serpell (2002)

A seguir, são feitas medições de forma aleatória cada vez que o encarregado do estudo ou contador se encontra com um trabalhador. Dependendo da obra e da etapa desta, a medição pode ser feita desde um ponto fixo ou por uma inspeção por toda a obra (CASTILLO, 2001). Segundo Serpell (2002), deve-se realizar um mínimo de 384 medições para ter uma confiabilidade de 95% e se recomenda fazer várias contabilizações de trabalho em dias consecutivos para ter um estudo representativo.

Por último, após de tirar conclusões é recomendado repetir o procedimento a cada 15 dias. As conclusões são soluções a partir da análise do gráfico NGA e o gráfico de Pareto, para melhorar a produtividade. O gráfico de Pareto é feito pela análise das diferentes perdas que se apresentam nas atividades do trabalho não contributário (Pons,2014).

#### 2.4.5.2 Principais ferramentas em função do tipo de perdas

<sup>6</sup> Serviço de Produtividade e Gestão - Serviço do Departamento de Engenharia e Gestão da Construção da Pontifícia Universidade Católica do Chile

#### **2.4.5.2.1 Diagrama de *Spaguetti***

Inicialmente, pode-se afirmar que para as perdas de viagens e transporte é recomendado o diagrama de *Spaguetti*, que representa o traçado de um plano de circulação de empregados e transporte de material durante um dia, o diagrama completo apresenta a acumulação de todas as vias, detecta as zonas de saturação ou cruces, por tanto oferece informação para reconsideração de novos cenários possíveis das obras provisionais para melhorar a posição dos banheiros, almoxarifado, escritório, etc (BALLARD, 1994).

#### **2.4.5.2.2 *One Touch Handing***

Proposta por Glen Ballard a ferramenta *One touch Handing* – (OTH), traduzida ao português como manejo de um só toque, tem como finalidade diminuir a remanipulação do material desde a recepção até o lugar de uso (BALLARD, 1994).

O OTH utiliza três princípios, descarga direta de material desde o veículo até a posição que seja possível, descarga dentro do alcance da grua e entrega de consumíveis diretamente às mãos dos usuários finais em lugar de mantê-los armazenados e distribuídos segundo o requerido (BALLARD, 1994).

#### **2.4.5.2.3 Setorização**

É denominado setorização ao processo de desmembramento de uma atividade ou tarefa de uma obra em partes menores denominadas setores. Cada setor deve incluir uma medição aproximadamente igual às demais para manter um fluxo contínuo entre os setores.

A setorização na construção visa dividir o trabalho em partes mais gerenciáveis e formar o que se denomina como trem de trabalho, assim pode-se separar as equipes por especialidade e otimizar o desempenho de cada equipe com a curva de aprendizagem (BALLARD, 2000).

#### **2.4.5.2.4 Trens de trabalho**

Trens de trabalho são sequências de atividades que fluem como um trem, onde vagões são atividades. O objetivo é reduzir as lacunas entre essas atividades, por meio do

relacionamento de dependência, transformando todas as atividades em críticas (CONSTRUCTORA MEDITERRANEO, 2019).

A programação rítmica permite programar fisicamente qualquer trabalho repetitivo, além de programar os materiais e o trabalho necessários durante sua execução. Se forem considerados Trens com diferentes capacidades por vagão, o trem vai ter problemas e demora. Já se forem considerados Trens com similares capacidades em cada vagão, o trem fará menos esforço e avançará mais rápido. Os princípios de trens de trabalho são citados a seguir (PONS,2014):

- As atividades (processos) são consideradas uma estação de trabalho;
- Pretende-se que todas as estações sejam equilibradas em capacidade e demanda;
- Todos os processos são críticos;
- Todos os dias, cada equipe produz o mesmo;
- Consequentemente, todos os dias há o mesmo progresso no Projeto;
- A quantidade de recursos necessários é constante.

#### **2.4.5.2.5 Linha de balanço**

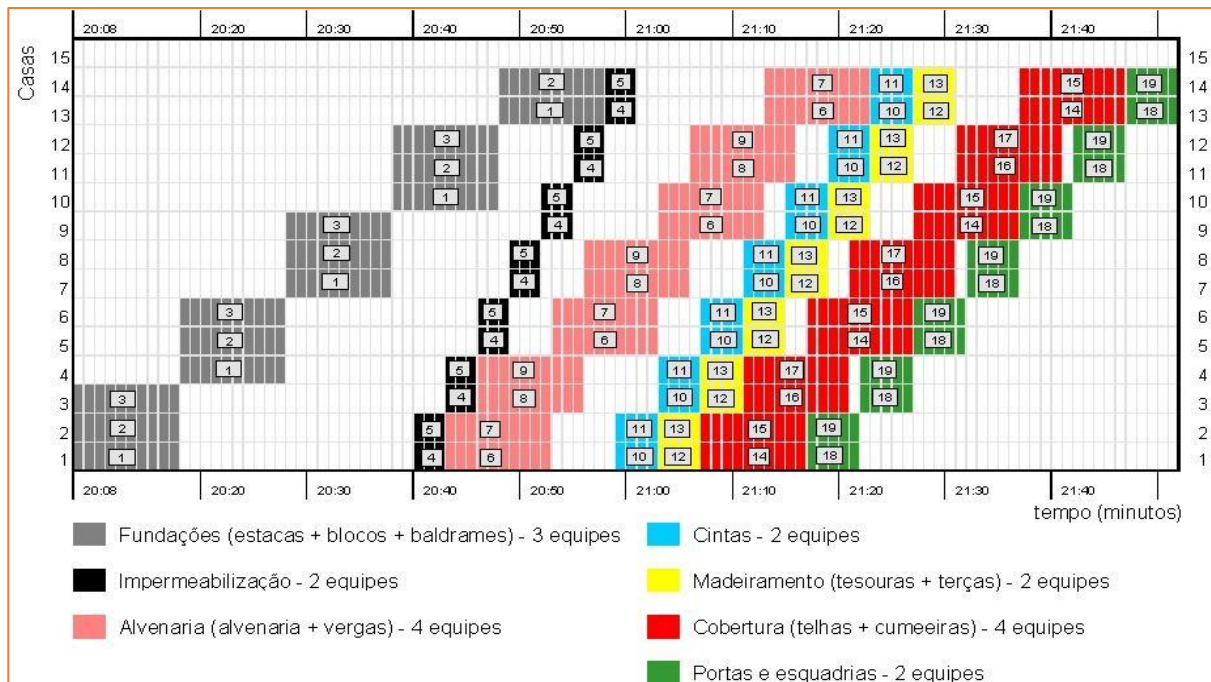
A Linha de Balanço é um processo de controle de gestão criado pela Goodyear na década de 1940 e posteriormente foi desenvolvida pela Marinha dos Estados Unidos, durante a segunda guerra mundial. É uma técnica de planejamento para a construção, principalmente para obras que possuem serviços repetitivos, como prédios ou loteamentos. A linha de balanço é uma técnica de planejamento que permite mostrar cada atividade a ser executada em um projeto de construção, como uma única linha em vez de uma série de atividades, como seria feito em um gráfico de barras, resultante de CPM, PDM ou PERT (PREVISION BRASIL; 2020).

A linha de balanço é derivada do gráfico de barras (Gantt), e é estruturada da seguinte forma, os pavimentos, terrenos ou as repetições do mesmo serviço são dispostos em uma coluna no eixo vertical, o cronograma em uma linha de eixo horizontal e as atividades na junção dos dois, formando um gráfico com diversas retas (KEMMER;DEPEX;HEINECK, 2005).

Outra forma de visualizar planejamento em linha de balanço pode ser também por conjunto de blocos, em que a espessura equivale à duração da atividade. Ambos os tipos de

gráficos fornecem a produtividade de cada equipe por atividade (JUNQUEIRA; 2006). A Figura 16 apresenta um modelo de linha de balanço.

Figura 16 – Modelo simplificado de linha de balanço em blocos.



Este balanceamento permite definir (JUNQUEIRA; 2006):

- A Quantidades de unidades (atividades de repetição) que estarão concluídas num determinado;
- Estudo de reaproveitamento de equipes;
- Melhor programação das equipes;
- Evitar interrupções do trabalho de uma equipe melhorando sua produtividade, Minimização dos estoques e produtos em processo;
- Melhores possibilidades de implantação do trabalho em grupo (células de produção);
- Divisão do trabalho com melhor definição de tarefas e;
- Um gerenciamento de visualização global.

Para a projeção da linha de balanço é necessário que o cronograma da obra seja separado por atividades a serem concluídas e por unidades de tempo, em dias, semanas ou meses (MAZIERO,1990). Cada atividade deve ter uma data de início e previsão de fim, com progresso definido andar por andar ou unidade por unidade.

É necessário a adoção de uma ferramenta certa, normalmente a mais utilizada entre os engenheiros é o Excel, outra opção é utilizar *softwares* criados especificamente para a projeção da linha de balanço, que facilitam a atualização posterior e a criação inicial. Cada etapa da deve estar bem detalhada e precisa no cronograma para que assim, o planejamento consiga ser levado direto para o canteiro, para controle e aplicado na prática para a execução (CONSTRUCTORA MEDITERRNEO, 2019).

#### **2.4.5.2.6 Carta de balanço**

A Carta de balanço é uma ferramenta estatística que descreve em forma detalhada o processo de qualquer operação. As cartas de balanço se centram em uma atividade específica e visam determinar a divisão do tempo de cada uma das tarefas dentro de uma operação.

As medições ajudam a entender a sequência construtiva real que se está utilizando, procura otimizar o processo, estudar a possibilidade de introduzir alguma mudança tecnológica, determinar as percentagens de ocupação de tempo. Por último, serve para determinar o número ótimo de funcionários para cada equipe, com a finalidade de melhorar os rendimentos (MEDITERRANEO, 2019).

A mediação se realiza desde um ponto fixo, onde se visualiza a operação completa. O trabalho dentro de cada atividade define o início prévio da medição e cada medição tem duração de um minuto.

Cada vez que é feita uma medição se designa, a cada pedreiro, o tipo de trabalho que está realizando. A cada atividade dentro dos processos se designa uma letra, a qual é colocada na tabela de medições, em intervalos de um minuto.

Para a realização deste método é recomendável para uma equipe de trabalho no máximo de 8-10 pedreiros. De outra forma a tomada de dados se torna difícil de executar. A medição da equipe de pedreiros deve ser feita num espaço restrito para que todos os pedreiros possam ser observados (PONS, 2014).

A análise de operações mediante Cartas de balanço junto às cartas de processo e diagramas de fluxo dos principais recursos forma um pacote de estudo de real efetividade para um aumento de produtividade e processo de trabalho.

Existem outras ferramentas *Lean Construction* que não são abordadas neste contexto, mas é importante observá-las, tais como (PONS,2014):

- BIM - *Building informatio Modeling* (o uso de *Lean Construction* e BIM no mesmo projeto permite trabalhar de forma mais colaborativa e integradora para alcançar melhor tomada de decisão);
- ordem de trabalho e instruções de procedimentos construtivos (adaptação para o entendimento do público de trabalho);
- gestão visual (visualização de gestão de trabalho);
- o programa de equipe crítica (evita as esperas);
- A metodologia 5s (limpeza e ordem);
- *Poka Yoke* (evita erros de instalação);
- *5 whys* (causa-raiz de não cumprimento), assim como outras atividades.

## 2.5 SOBRE A IMPLEMENTAÇÃO DA *LEAN CONSTRUCTION* E AS MELHORES PRÁTICAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

A pertinência e viabilidade de aplicação dos conceitos abordados nesta pesquisa foram fundamentais para entender a realidade de como aplicar a filosofia *Lean Construction* em uma empresa construtora. Para atender a abordagem desta pesquisa foram compilados dados das seguintes pesquisas já publicadas:

- Estudo do Reporte *SmartMarket* “Colaboração e práticas avançadas para aumentar a eficiência do projeto” pela *McGraw Hill Construction* (2013).
- Estudo do *Reportes Lean Construction Institute* Brasil.
- Entrevista *Lean Construction Institute* Bolívia.
- Estudo do *Reporte* “Nível de *Lean Construction* das construtoras brasileiras - utilizando o método DOLC (*Degree of Lean Construction*)” por Bruno Soares de Carvalho, gerente de pesquisa e desenvolvimento na Aiza Engenharia, 2017.

A *SmartMarket* fez uma pesquisa de dois grupos, o Painel de contratantes da *Mcgraw Hill Construction* e os membros do Instituto *Lean Construction*. Segundo as respostas do painel de contratados, 37% não estão familiarizados com qualquer prática *Lean* e 55% desta percentagem considera o setor de construção eficiente, enquanto 62% dos profissionais que aplicam *Lean* reconhecem que a indústria é ineficiente.

Isso permite inferir que empresas que não utilizam *Lean* ainda não visualizam onde tem atividades que não agregam valor ao cliente.



Os especialistas em *Lean* nas entrevistas concordam que sua capacidade de obter sucesso em um mercado competitivo é beneficiada pela aplicação *Lean*, devido a uma combinação de fatores como confiabilidade aprimorada do resultado, margem de lucro, construção de maior qualidade, maior satisfação do cliente, custos e cronogramas reduzidos.

Conforme a pesquisa, de todas as empresas que adotaram *Lean*, 77% alcançaram maior produtividade e 64% alcançaram maior lucratividade / custo reduzido. No entanto, incentivar as empresas a reconhecer o impacto na competitividade do alto benefício do *Lean* ajudaria a alinhar as expectativas e incentivar uma melhor implementação desta filosofia.

Outra pesquisa relacionada aos desafios relata que 47% dos profissionais praticantes de *Lean* ainda tem falta de conhecimento e 39% dos profissionais que ainda não praticam *Lean* não entendem a filosofia, além disso, a maior parte desta percentagem corresponde a uma resistência dos funcionários, portando o desafio-chave da implementação é a aceitação dos *Stakeholders*.

Em relação as práticas da filosofia *Lean Construction* no Brasil, o gerente Bruno Soares retratou 35 pesquisas ao redor do Brasil que descrevem o uso da ferramenta *Lean Construction* entre os anos de 2008 e 2016. Ele classificou por meio de uma quadro os níveis de desempenho dos casos estudados (Quadro 3).

Quadro 3 – Classificação de 35 estudos de caso em relação ao seu nível de desempenho.

NÍVEL	SUB-NÍVEL	GRADO	RESULTADOS DAS EMPRESAS	CATEGORIAS
A	AAA	95% to 100%		MUITO BOM NÍVEL DE LEAN CONSTRUCTION
	AA	90% to 94%		
	A	85% to 89%		
B	BBB	80% to 84%	1	BOM NÍVEL DE LEAN CONSTRUCTION
	BB	75% to 79%	6	
	B	70% to 74%	4	
C	CCC	65% to 69%	9	BAIXO NÍVEL DE LEAN CONSTRUCTION
	CC	60% to 64%	3	
	C	55% to 59%	4	
D	DDD	50% to 54%	1	NÃO USO DE LEAN CONSTRUCTION
	DD	45% to 49%	2	
	D	0% to 44%	5	
		TOTAL	35	

Fonte: Carvalho (2017)

Pode-se observar que em nenhum dos casos analisados se identificou uma empresa que possui um grau (A) muito alto de conceitos de *Lean Construction* implementado, que em 31% dos casos analisados as empresas possuem um bom grau (B). Sendo que 46% das empresas analisadas são classificadas com grau (C) da escala de valoração que corresponde a um baixo grau de *Lean Construction*, e que em 23% das construtoras analisadas ocorre o desconhecimento da filosofia de *Lean Construction* ou a não utilização em sua gestão consistindo em grau (D).

De acordo com *Lean construction institute*, há 29 institutos similares ao LCIB no mundo que se uniram em 2007 para criar a *Lean Global Network* (LGN), tendo James Womack e Daniel Jones como Co-Chairs e John Shook como Presidente. Todos os Institutos compartilham o propósito de disseminar a filosofia *Lean* em seus respectivos países. Entretanto, cada Instituto tem uma maneira específica de trabalhar, de acordo com a particularidade de cada país e da linha de trabalho de seus fundadores.

Por meio de uma entrevista ao *Lean Construction Institute* Bolívia, foi confirmado que atualmente não há casos registrados da aplicação desta filosofia em Bolívia, o gerente encarregado da *Website* informou que a aplicação de *Lean* no país é bastante lenta, não obstante, a empresa *Constructora Mediterráneo* conseguiu fazer um bom progresso da implementação de ações *Lean* em sua organização.

Os estudos demonstram que na Bolívia e no Brasil os profissionais e empresas ainda têm pouco conhecimento e poucas práticas sobre *Lean Construction*, e que as ações que aplicam *Lean* são somente como ferramentas e não como filosofia dentro de sua metodologia de planejamento, portanto não estão sendo eficientes o suficiente para tornar esses países como uma referência em *Lean Construction*. Esses resultados corroboram com os baixos índices de produtividade da indústria da construção civil desses países já relatados no capítulo 1.

Neste panorama, ratificada a importância e relevância do tema estudado neste trabalho de conclusão de curso, que apresenta uma série de objetivos, comprova-se a seguir que tais objetivos foram alcançados.

## **2.5 Fechamento do capítulo**

Neste capítulo, apresentou-se uma revisão bibliográfica sobre o sistema de gestão e controle na construção civil, seus benefícios e forças de influência. Foi apresentada uma revisão bibliográfica sobre sistema tradicional de planejamento de uma obra, o conceito *Lean Production* e sua evolução até o desenvolvimento da filosofia *Lean Construction*.

Por último foram apresentados Métodos para a aplicação desta filosofia e ferramentas *Lean* utilizadas para o estudo de caso deste trabalho.

Portanto, a partir deste capítulo pode-se apontar que a filosofia *Lean* pode auxiliar na redução de desperdícios e atividades que não agregam valor ao cliente, complementando na melhoria da eficiência em uma empresa.

A seguir, no capítulo 3, aborda-se a metodologia.



### 3 METODOLOGIA

Este trabalho de conclusão de curso foi realizado principalmente sob a combinação de metodologia com um estudo de caso. O objetivo deste capítulo é detalhar o método de desenvolvimento do trabalho. Destaca-se que as principais informações foram obtidas a partir de um dos projetos executados pela *Constructora Mediterraneo* na Bolívia e seus impactos e resultados reais são avaliados e apresentados.

Assim, este capítulo está dividido em três fases. A primeira fase indica a estrutura metodológica, a segunda mostra o procedimento metodológico que inclui o planejamento, a coleta e análise de dados, por último, as delimitações e limitações da pesquisa.

#### 3.1 ESTRUTURA METODOLÓGICA

Quanto à estrutura metodológica, pode-se definir pesquisa como o procedimento racional e sistemático que tem como objetivo proporcionar respostas aos problemas que são propostos (GIL, 2002). Dependem da natureza do problema e de sua formulação, da teoria de base e referencial teórico - cultural que o sustentam e da proximidade do pesquisador com objeto de análise (BERTO; NAKANO, 1997). Para esta atividade, o investigador recorre à observação e à reflexão que faz sobre os problemas que enfrenta, e à experiência passada e atual dos homens na solução destes problemas, a fim de munir-se dos instrumentos mais adequados à sua ação e intervir no seu mundo para construí-lo adequado à sua vida (CHIZZOTTI, 2006).

Essa pesquisa pode ser enquadrada de acordo com a utilização dos resultados, abordagem, objetivos e operação de meios. O Quadro 4, a seguir, apresenta a ordem proposta pela Dr<sup>a</sup>. Sonia V. W. B. de Oliveira e Janaina E. Giraldi, da Universidade de São Paulo, para a classificação de tipos de pesquisa (OLIVIERIA E GIRALDI, 2020).

Quadro 4 – Classificação de tipos de pesquisa.

1. Quanto à utilização dos resultados	Pesquisa pura; <b>Pesquisa aplicada</b>
2. Quanto à natureza do método	<b>Qualitativa;</b> Quantitativa
3. Quanto aos fins	Exploratória, <b>Descritiva;</b> Explicativa; Intervencionista
4. Quanto aos meios	Pesquisa de campo; De laboratório; <b>Documental;</b> <b>Bibliográfica;</b> Experimental; <b>Ex post facto;</b> Participante; Pesquisa-ação; Levantamento ( <i>survey</i> ); <b>Estudo de caso</b>

Fonte: Oliveira e Giraldi (2020).

De acordo com sua natureza, segundo Chizzotti (2006), pode-se classificar este trabalho como pesquisa aplicada, pois visa uma utilização imediata dos conhecimentos produzidos ou a verificação dos dados teóricos no quadro da prática. O interesse prático desta pesquisa é a aplicação de procedimentos para a utilização imediata de resultados na solução de problemas que ocorrem na realidade da construtora estudada.

Em relação a abordagem do problema, a pesquisa pode ser classificada como qualitativa. As pesquisas de natureza qualitativa buscam aproximar a teoria e os fatos, através das descrições, interpretação de episódios isolados ou únicos, privilegiando o conhecimento das relações entre contexto e ação (método indutivo) (BERTO; NAKANO, 1997). Depende de muitos fatores, tais como a natureza dos dados coletados, a extensão da amostra, os instrumentos de pesquisa e os pressupostos teóricos que nortearam a investigação (GIL, 2002).

Os métodos de pesquisa qualitativa mais frequentes são: estudo de caso, observação participante, pesquisa participante e pesquisa ação (BERTO; NAKANO, 1997).

O estudo de caso se enquadra nas características de esta pesquisa. Segundo Yin (2003), o estudo de caso é uma estratégia de fazer pesquisa em ciências sociais, que responde as perguntas ‘Como’ e ‘Por que’ e que foca em contextos de vida real de casos atuais. O estudo de caso é um meio de organizar os dados, preservando do objeto estudado o seu caráter único.

O estudo de caso é uma investigação empírica de um fenômeno contemporâneo, visando a compreensão e interpretação mais profunda de fatos e fenômenos normalmente isolados, não buscando a generalização dos resultados.

### 3.2 FINALIDADE

Quanto aos fins essa pesquisa contempla propriedades de pesquisa descritiva, pois visa identificar e analisar tecnologias e ferramentas da filosofia *Lean Construction* que proporcionam melhora na produtividade e maior familiaridade com o problema de compatibilização de projetos da construtora. Deixando todos os dados de forma transparente para todos os envolvidos nos projetos, por meio de entrevistas ou ferramentas tecnológicas.

As pesquisas descritivas são uma forma de caracterizar o assunto a ser estudado, no qual já há conhecimento prévio sobre este, o que permite que ele seja replantado e estruturado. De acordo com Gil (2002), pesquisas definidas como descritivas com base em seus objetivos, acabam servindo mais para proporcionar uma nova visão do problema, o que para as aproximar das pesquisas exploratórias.

### 3.4 PROCESOS TÉCNICOS

Finalmente quanto aos meios utilizados para a realização desta pesquisa são definidos como pesquisa bibliográfica, pesquisa documental, *Ex post facto* e estudo de caso já descrito anteriormente.

Esta pesquisa está baseada principalmente em livros e artigos científicos dos autores e criadores da Filosofia *Lean*, inicialmente direcionada à produção enxuta para todas áreas de trabalho e posteriormente adaptada somente para a construção.

As pesquisas bibliográficas referem-se a material elaborado, livros, publicações periódicas e impressos diversos que sobretudo se encontram localizados nas bibliotecas, por tanto esta pesquisa é identificada como tal (GIL, 2002).

Já as pesquisas documentais se baseiam em documentos de naturezas diversas, segundo Gil (2002) existem documentos que não receberam tratamentos analíticos, como por exemplo, documentos conservados em arquivos de órgãos públicos e instituições privadas, assim como também há documentos que de alguma forma já foram analisados, tais como: relatórios de pesquisa, relatórios de empresas, tabelas, estatísticas etc. A documentação é uma etapa necessária para se identificar as questões relevantes do problema e defini-lo com rigor, já que ele será objeto de pesquisa, assim como os fundamentos teóricos, nos quais o pesquisador se baseará, quando de sua análise (CHIZZOTTI, 2006).

Além do exposto, esta pesquisa é realizada a partir de fatos passados e visa avaliar os impactos da implementação de uma nova metodologia nas empresas, no entanto inclui-se na pesquisa *Ex post facto*. Segundo Gil (2002).

O que a pesquisadora procura fazer neste tipo de pesquisa é identificar situações que se desenvolveram naturalmente e trabalhar sobre elas como se estivessem submetidas a controles.

Como meio principal este trabalho emprega-se uma análise profunda, por meio de estudo de caso em determinadas áreas na gestão de uma empresa construtora, com a finalidade de estruturar situações da vida real que não estão claramente definidas; de formular hipóteses e desenvolver teorias, para a correta análise e identificação dos impactos da implementação da filosofia *Lean Construction*.

A partir de uma clara definição de conceitos, pode-se escalonar as etapas de pesquisa para a solução do problema, e na Figura 18 apresenta-se a estrutura em forma de Fluxograma.

a) Pesquisa bibliográfica: Revisão da Literatura

1. Produção tradicional
2. Produção enxuta

b) Estudo de Caso

1. Obtenção de informação: Projetos completos focados na visão global da obra para a escolha de áreas a ser estudada.

- i. Fontes primárias de informação: dados coletados da área de controle e gestão de projeto da obra Manzana 40, fornecidos pelo engenheiro da Constructora Mediterraneo, Jose Luis Orias.
  - ii. Fontes secundárias de informação: livros, pesquisas, artigos e entrevistas internas à engenheiros da constructora Mediterraneo.
2. Levantamentos quantitativos das áreas de gestão da construtora a ser estudada (convencional) e para sua análise são usadas as seguintes estratégias:
  - i. Questionários e entrevistas (abertas)
  - ii. Formulários de observação
3. Elaboração de estimativas composições unitárias
  - i. Protocolo ou estrutura para a análise de documentos: Os dados coletados são processados no *Microsoft Excel* com geração de tabelas, gráficos e cronogramas.
4. Adaptação do projeto com aplicação da filosofia *Lean Construction*
5. Levantamentos quantitativos com a implementação da filosofia *Lean*
  - i. Questionários e entrevistas (abertas e fechadas)
  - ii. Formulários de observação
6. Elaboração de estimativas composições unitárias
  - i. Protocolo ou estrutura para a análise de documentos: Os dados coletados foram processados no *Microsoft Excel* com geração de tabelas, gráficos e cronogramas.
7. Fluxograma de impactos e resultados da obra: aspectos gerais da área de gestão definida para a aplicação, se apresentam os passos realizados e resultados.
8. Comparações.
9. Considerações finais: são apresentadas as recomendações, baseados em resultados reais da obra e pesquisas satisfação, tais como entrevistas, contemplando a aplicação



do método, com o fim de difundir esta filosofia. Por último, indicações para o aperfeiçoamento de pesquisa em trabalho Futuros.

Descrevem-se, a seguir, algumas definições para a compressão deste conteúdo, a partir da visão de Mutti (2008).

### **Questionários e Pesquisas**

As perguntas podem ser abertas, situação em que se deixa a pessoa que está respondendo dar a resposta que desejar, ou fechadas, em que você apresenta uma série de opções para que a pessoa escolha a resposta para a situação 'investigada'.

Essas opções podem ser alternativas, já prontas ou escalas nas quais pessoa assume uma posição em relação a afirmações feitas Mutti (2008).

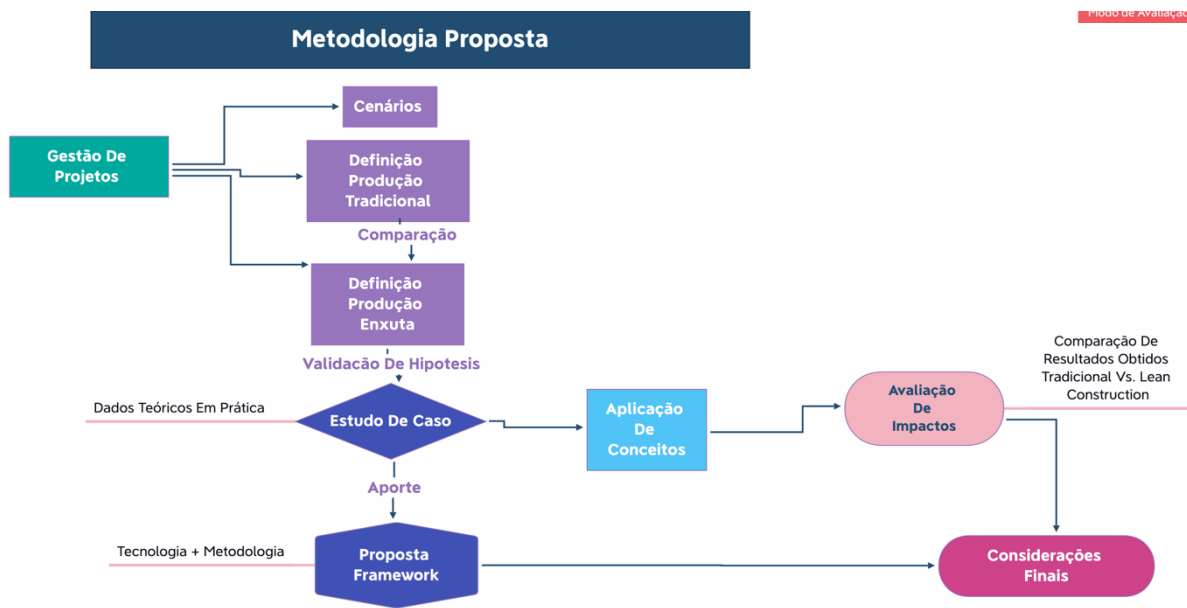
### **Formulários de observação**

Formulários de medição de produtividade, de desperdício, avaliação do canteiro de obras ou segurança do trabalho, tipo de serviço, período de observação, e a quantidade produzida Mutti (2008).

### **Protocolo ou estrutura para a análise de documentos.**

Para a observação de fatos dos processos de gestão de uma empresa é necessária uma sequência ou estrutura para a observação. Esta sequência serve como um gabarito ou como uma lente de aumento para ajudar a analisar os passos de determinado processo, ou o andamento de determinado processo de implantação de melhorias, de forma consistente. A estrutura serve principalmente para definir o tipo de dado que se precisa obter no final, para ter uma resposta à questão de pesquisa, ao seu objetivo inicial Mutti (2008). A Figura 18 apresenta o fluxograma da metodologia de pesquisa.

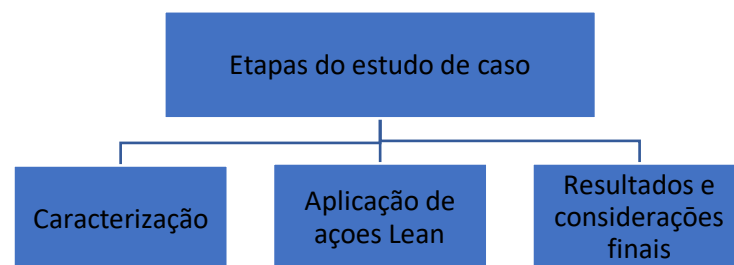
Figura 18 – Fluxograma da Metodologia da pesquisa.



### 3.4 .1 Estudo de caso

O objetivo do capítulo quatro é apresentar o método de pesquisa utilizado e as suas etapas de desenvolvimento. Após a coleta de dados da empresa e verificação de suas limitações, fez-se necessário realizar um planejamento de pesquisa para orientar a realização do planejamento da obra, seguindo as etapas conforme Figura 19:

Figura 19 – Etapas do desenvolvimento do estudo de caso.



Fonte: Autora (2020)

No capítulo quatro, se define a caracterização da construtora e da obra estudada, a realização de um diagnóstico inicial do empreendimento da obra.

Finalmente, conclui-se desta pesquisa que foi feito um estudo dos cenários da problematização que se tem atualmente na gestão de projetos e também se produziu uma revisão bibliográfica dos diferentes métodos de planificação pelos quais a raiz dessa informação apontou para duas hipóteses sobre a implementação e sobre os aportes que faz a filosofia *Lean Construction* no planejamento de obra.

Para a validação se fez um estudo de caso, no qual se apresenta a aplicação do framework a partir dos conceitos de filosofia e avaliação dos resultados finais. Como principal contribuição desta pesquisa se fez uma proposta de um Framework. Por último se apresenta as considerações finais e conclusões.

Vale ressaltar que a autora deste trabalho acompanhou o processo desta investigação desde o início até o final da implementação da filosofia Lean como estagiária de Engenharia Civil, o que contribuiu para o preenchimento de planilhas complementares e medições em campo.

O Framework proposto foi iniciativa da própria autora para otimizar ainda mais os processos Lean realizados pelo engenheiro de planejamento da obra Manzana 40, e a estrutura se baseia principalmente nos gráficos e tabelas realizadas no desenvolvimento desta pesquisa.

c) Limitações e escopo

1. Dificuldade em acessar informações de fontes primárias.
2. Nem todas as informações necessárias estão disponíveis, devido às políticas da empresa, portanto, alguns dados são estimados.

### **Fechamento do capítulo**

Com base nas requisições e demandas da *Constructora Mediterráneo*, foram feitas modificações na área de gestão de processos. O engenheiro encarregado do planejamento, Jose Luis Orias Alvarez, teve a iniciativa de propor um programa de implementação de ações *Lean* em diferentes estágios da execução das obras gerenciadas pela empresa.

Para a realização desta pesquisa a autora trabalhou como engenheira auxiliar dentro de um estudo feito pelo ao engenheiro Jose Luis Orias, chefe da obra Manzana 40, aprimorando a melhoria continua de seus processos e desenvolvendo seus próprios conhecimentos e teorias voltadas nas respostas da própria obra.

A obra escolhida foi designada pelo fato de ser um empreendimento que iniciou com o método tradicional de gerenciamento da *Constructora Mediterráneo* e, posteriormente, implementou *Lean Construction* com o objetivo de melhorar a produtividade e evitar o atraso da obra devido a um problema que se apresentou inicialmente na execução da fundação, como também atraso de chegada das formas de lajes, no início havia só 30% do material que precisava no momento. Além disso, a obra havia finalizado a etapa de fundações, e um terço da fase de estrutura, estando em uma etapa ideal para a implementação de metodologias *Lean*.

O engenheiro Jose Luis sugeriu esta nova metodologia baseando-se em diferentes congressos e cursos da filosofia *Lean Construction* atribuídos na *Constructora Mediterráneo*, tais como, congressos do professor Juan pelipe Pons, congressos do Lean Contruction institute de diferentes países do mundo. O engenheiro trabalhou há mais de 15 anos na construtora na área de gerenciamento de projetos e construção de infraestrutura e é certificado nos cursos de Pós-graduação em Gerenciamento de Obras, Pós-graduação em *Design* de estruturas pós-tensionadas H ° A ° e H ° e Pós-graduação em Gerente BIM.

De acordo com a filosofia *Lean*, engenheiro Jose Luís adquiriu conhecimentos acerca da filosofia com base na literatura e eventos do tema, assim como também procurou-se entender a lógica de funcionamento da própria empresa e para alcançar um processo de melhoria contínua.

A metodologia a ser implementada na obra de estudo de caso sugerida pelo engenheiro Jose Luis inicialmente concentrou-se em três estágios do sistema de entrega de projetos: Construção enxuta, Controle de produção, plano de ação e Ciclo PDCA com a aplicação da filosofia *Lean*.

Este estudo de caso foi focado na concepção de projetos, sendo a fase inicial onde nascem os problemas e podem ser resolvidos antes de eles afetarem a execução da obra.

As propostas de implementação da filosofia *Lean Construction* foram feitas de maneira escalonada, iniciando com reuniões de capacitações no que diz respeito à introdução de conceitos *Lean* e *Last Planner System* assim como também ferramentas *Lean* direcionadas ao cumprimento de objetivos da *Constructora Mediterráneo* e solucionar a causa raiz dos problemas enfrentados em obra.

As ferramentas *Lean* utilizadas para esta pesquisa, foram LPS, Trem de trabalho, Setorização, Cartas de Balanço e Nível Geral de atividade, os resultados foram apresentados e comparados com resultados anteriores do modelo tradicional de gestão de obras da *Constructora Mediterráneo*.

Cada ferramenta LPS foi implementada independentemente, de tal forma que se aplique o uso da ferramenta para logo avaliar seus resultados em relação ao rendimento da equipe. Por último, para uma análise completa, foram comparadas as teorias apresentadas nos livros de Ballard e Koskela com os resultados da obra Manzana 40.

A autora deste trabalho foi estagiária da empresa por 3 meses na área de segurança na obra estudada, não trabalhou direto com a área de gestão de projeto, mas assistiu todas as reuniões relacionadas ao planejamento da obra. A autora recebeu auxílio e orientação do chefe de obra para a realização desta pesquisa e do professor orientador deste trabalho.

## **4 O ESTUDO DE CASO**

### **4.1 CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA E A OBRA EM ANÁLISE**

A empresa executora da obra é uma construtora de Santa Cruz de la Sierra, Bolívia, com mais de 29 anos de mercado, com experiência necessária para enfrentar obras de grande escala, como montagem de indústrias, pavimentação de ruas, pontes, condomínios, edifícios, escritórios, casas, entre outros. A construtora é considerada altamente estruturada, com operários treinados e especializados, sistemas e equipamentos administrativos e de construção modernos e competitivos.

A construtora presta serviços a todos os tipos de empresas do setor público, do setor de petróleo e principalmente do setor privado, caracterizado por ter alta demanda por qualidade, segurança e meio ambiente. Tem o foco em empreendimentos residenciais e comerciais verticais de alto e médio padrão. Possui também linhas de vendas e de crédito imobiliário, para realização de vendas e corretagem de imóveis.

Figura 20 – Sede da *Constructora Mediterráneo*.



Fonte: *Constructora Mediterráneo* (2020)

A Figura 20 apresenta a sede da empresa *Mediterráneo*, localizada na Rua Chaco Nº 50, Barrio Ramafa, Santa Cruz, Bolívia.

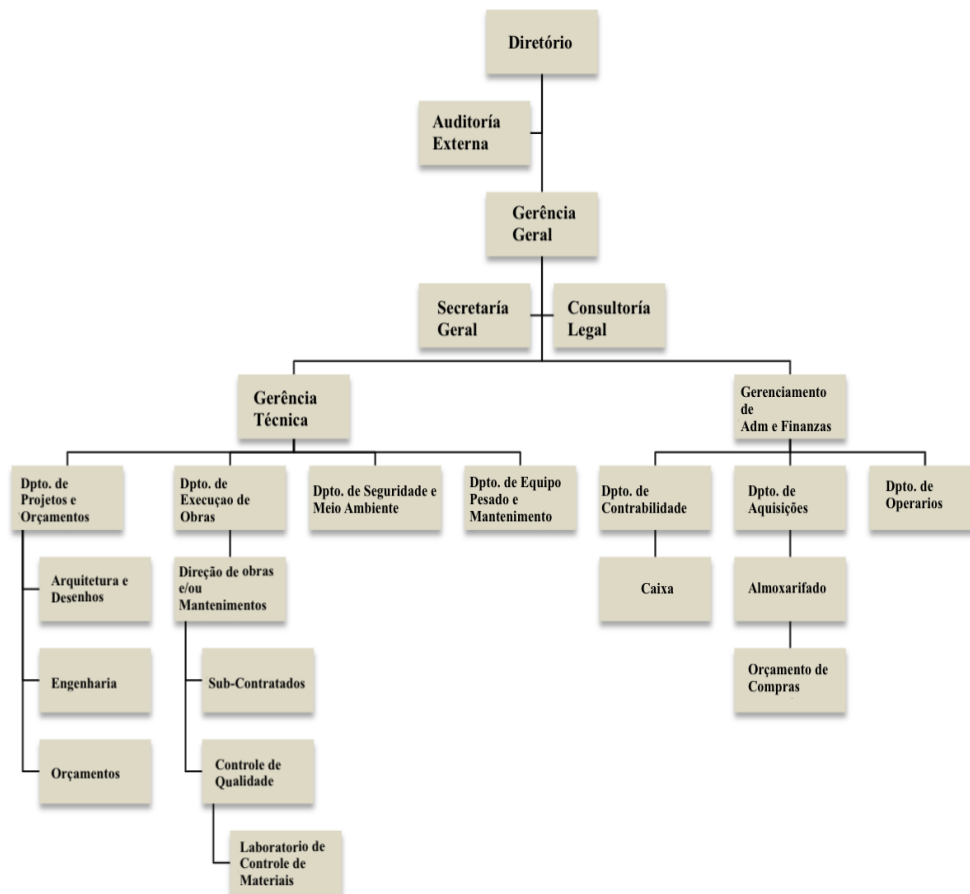
### **Estrutura da Empresa**

A empresa possui diferentes departamentos que formam a sua estrutura organizacional, havendo divisão de tarefas de acordo com a função de cada departamento.

A empresa possui 20 engenheiros, 7 arquitetos, 5 engenheiros de segurança e meio ambiente e 8 administradores.

Observa-se que cada obra possui um quadro específico de funcionários, dependendo do tamanho da obra, de um a três engenheiros de obras, arquitetos do projeto, e os subcontratados, um mestre de obras, um almoxarife, engenheiro de controle de qualidade e eventualmente um estagiário de Engenharia Civil. No fluxograma apresentado na Figura 21, referente à empreitadas onde se realizou esta pesquisa, é possível observar a hierarquia das equipes e as funções de cada elemento de uma obra.

Figura 21– Diretório da *Constructora Mediterráneo*.



Fonte: *Constructora Mediterráneo* (2020)

### Caracterização do empreendimento em análise

A obra estudada faz parte do ramo de empreendimentos comerciais privados. O nome da obra é Manzana 40 Parque Empresarial, representa um marco arquitetônico, composta por duas torres quase idênticas de 30 andares cada. A Figura 22 apresenta a estrutura projetada para julho de 2020.

Figura 22 – Perspectiva do Projeto Manzana 40 Parque Empresarial.



Fonte: La Razon, Santa Cruz (2020)

Se encontra na área do Rio Pirai, Santa Cruz de La Sierra, Bolívia, no coração do centro de negócios Equipetrol Norte, área com a mais alta avaliação comercial e residencial em Santa Cruz de La Sierra. A poucos metros dos maiores *shoppings*, bancos, restaurantes e centros de vendas.

Exige um investimento de pelo menos U\$ 45 milhões, com 90.000  $m^2$  de área vertical a ser construída e um prazo de 15 meses de execução. A obra contém cerca de 270 escritórios com possibilidade de remodelação, espaços de armazéns, área de lazer, praça de alimentação e uma ampla área dedicada ao estacionamento, com aproximadamente 810 vagas.

A Figura 23 apresenta a estrutura e divisão das estações de trabalho disponíveis para alocar ou alugar.



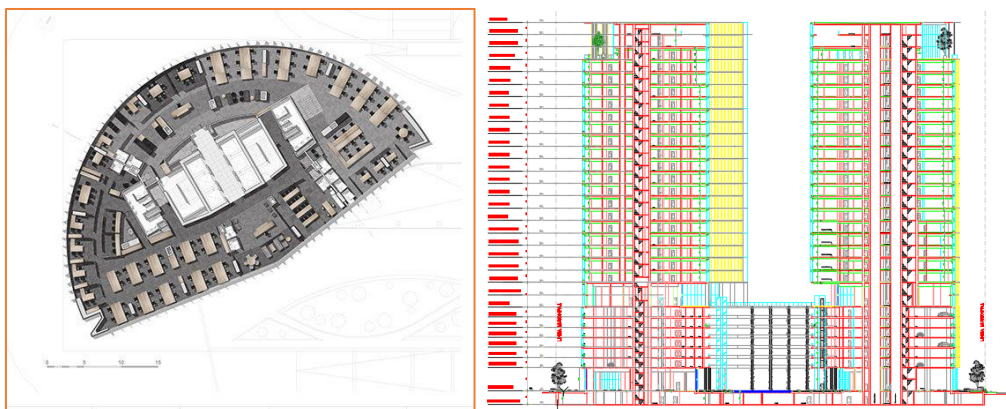
Figura 23 – Oficinas M40.

Oficinas de 50-130m<sup>2</sup>Oficinas de 180-250m<sup>2</sup>Oficinas de 470-960m<sup>2</sup>

Fonte: Manzana 40 (2020)

Na Figura 24, tem-se uma visão mais detalhada da obra por meio do corte esquemático em que se pode identificar o que consta em cada nível de laje.

Figura 24 – Estrutura Figura 18. Oficinas M40.



Fonte: Manzana 40 (2020)

A Figura 25 apresenta a estrutura do terraço, localizado no sétimo andar. Um espaço ao ar livre com áreas cobertas e uma vista excepcional da cidade.

É também o acesso aos serviços exclusivos deste grande projeto: Academia, *Business Center*, Auditório, Cafeteria / Restaurante.

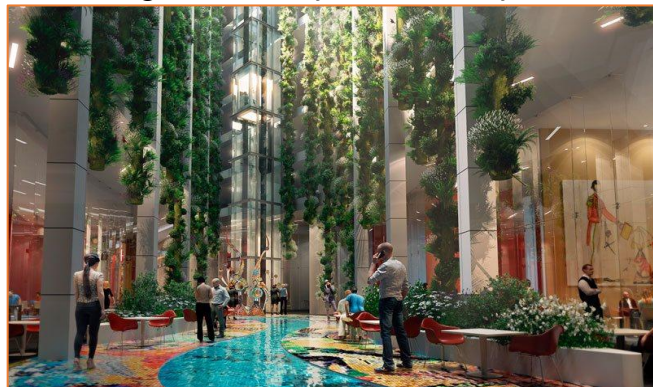
Figura 25. Terraço



Fonte: Manzana 40

Por último, a Figura 26 apresenta a praça de alimentação, dedicada especialmente à gastronomia Gourmet, dirigida principalmente um conjunto de restaurantes internacionais. A praça se encontra localizada no térreo.

Figura 26 – Praça de alimentação.



Fonte: Manzana 40 (2020)

### Resumo dados gerais

- 30 pavimentos, 1 subterrâneo, praça de alimentação, terraço
- Quantidade de estações do trabalho: 270
- Prazo total da obra: 15 meses
- Superfície total: 90.000  $m^2$

A obra está dividida em diferentes estágios. Para a realização do estudo, só foi considerado o estágio da Superestrutura, pois foi nesta fase que se implementou *Lean Construction*.

### **Desenvolvimento de pesquisa**

A obra começou em janeiro de 2018 e levou 9 meses de execução até o início da implementação da nova metodologia, a qual é estudada nesta pesquisa. Em outubro de 2018 a obra encontrava-se na oitava laje do pavimento tipo concretada, com previsão de entrega do serviço da Superestrutura para agosto 2019, totalizando um prazo de 15 meses.

### **Planejamento da Construtora**

A construtora procura ter um planejamento meticuloso e detalhado, principalmente porque normalmente tem obras similares, fazem estudos de resultados e identificação de todo tipo de problemas, por exemplo, perdas de material, retrabalho, atrasos, entre outros para aportar à melhoria de obras futuras.

A equipe de planejamento se comunica com os projetistas, arquitetos e principalmente com o cliente, identificando se todos os projetos estão coordenados e avaliados de acordo com o pedido do cliente para iniciar a execução.

As equipes fazem uma visita técnica no local onde irá ser construída a obra e identificam se há possibilidade de interferências que possam gerar atrasos, retrabalho ou desperdícios, como por exemplo rochas no meio do terreno, vizinhança, prognósticos de intempéries e outros. Após as análises dessas possíveis interferências, tais equipes fazem um estudo de processos construtivos e definem uma metodologia de planejamento.

### **Planejamento inicial/convencional da obra**

Conforme relatado anteriormente, para a realização desta pesquisa, foi feita uma entrevista ao engenheiro José Luís Oriás, encarregado do planejamento da obra. O entrevistado relata sua experiência e informações da metodologia inicial que foi utilizada na obra Manzana 40. A Figura 27 apresenta a fase em execução da obra.

Figura 27 – Superestrutura Manzana 40 em execução.



Fonte: Autora (2020)

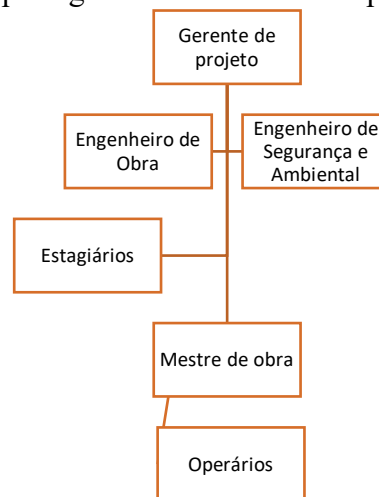
Após de ter feito os levantamentos de projetos, diagrama de Gantt e o cronograma de planejamento e execução da obra por meio dos programas, tais como Excel e *Microsoft Project*, o engenheiro encarregado da obra realizava reuniões semanais de coordenação, com duração de 15 minutos, para estudar o escopo da semana e agendar as seguintes atividades.

O subempreiteiro não estava presente nas reuniões, recebia apenas instruções após as reuniões. Para a continuidade da obra era novamente utilizado o programa *Microsoft Project*, e também era feito diariamente um controle de estoque e ordens de materiais para evitar atrasos.

A percentagem de operários subcontratados na obra cumpria com uma proporção média de aproximadamente 90%. O corpo administrativo da obra Manzana 40, na fase a ser estudada era composto pela equipe e pela estrutura em forma hierárquica de compatibilização de informação que se apresenta a seguir, na Figura 28.

- 1 Gerente de projeto
- 4 Engenheiros de obra
- 2 Engenheiros de segurança industrial.
- 2 Engenheiros estagiário

Figura 28 – Corpo organizacional inicial do planejamento da obra.



Fonte: Autora (2020).

Além do sistema operacional e de planejamento, a seguir o entrevistado relatou os principais problemas que levaram ao atraso da obra.

- Fatores climáticos: na região há ventos fortes durante 8 meses no ano, com 2 meses em particular com intensidade atingindo 100 km/h, assim como também 2 meses de chuva, isso levou a alguns dias com a obra totalmente parada, desperdícios de materiais e retrabalho;
- Falta de plano de manutenção e plano de elevação: problemas com os guindastes;
- Encontrar ações entre processos: não havia um processo claro definido para as atividades, nem um planejamento estratégico que pudesse ser controlado, havia variabilidade suficiente que afetava o fluxo diário;
- Falta de sequência ou equilíbrio de atividades: atividades acumuladas em alguns serviços, mas sempre foram utilizadas horas extras de trabalho caso acontecesse para evitar acumulações desnecessárias;
- Baixa eficiência do equipamento: inicialmente, não havia plano para as operações diárias de maneira ordenada, o que gerava deficiência e uso indevido dos guindastes, isso afetava a produtividade diária e gerava atrasos que estavam se acumulando; foi melhorado um pouco ao planejar o uso diário dos guindastes;
- Movimentação de grandes lotes entre processos: o problema se apresentou em transporte das formas, inicialmente de maneira desordenada, o que gerou perda de tempo e movimentos improdutivos desnecessários;
- Falta de material: não havia quantidades necessárias de formas de lajes.

Além dos problemas relatados, foram observados diferentes desperdícios na obra, tais como, superprodução na execução de colunas que posteriormente interrompem o fluxo devido à falta de um cronograma, espera nas frentes de trabalho por falta de coordenação na entrega dos materiais e desordem no canteiro de obras e movimentos desnecessários de materiais e pessoal devido à falta de um planejamento de médio prazo.

Constatou-se que o principal problema com o planejamento de um canteiro de obras é que ele raramente é realizado exatamente como o cronograma indica, já que as vezes há eventos que não podem ser previstos, uma obra depende de muitas pessoas e fatores. Visto que a construtora tem mais de 29 anos de experiência, está preparada para resolver esses problemas, assim como também já contabiliza a margem de erro para a data de entrega, então nunca houve atraso de entrega de obra.

A empresa chegou em um ciclo de Construção estável, mas hoje há muita concorrência e novas empresas estrangeiras chegam no país com muita força, no entanto, entregar a obra no prazo, já não é mais o principal objetivo, mas também, entregar maior valor ao cliente. De acordo com uma pesquisa do Professor Juan Felipe Pons relatado em um congresso 2020 dirigido ao setor da construção em época da pandemia, deu um exemplo sobre o paradigma da construção, construtoras com o planejamento tradicional normalmente oferecem 3 classes de serviço, “Bom, barato e rápido”, mas o cliente somente pode escolher dois desses serviços.

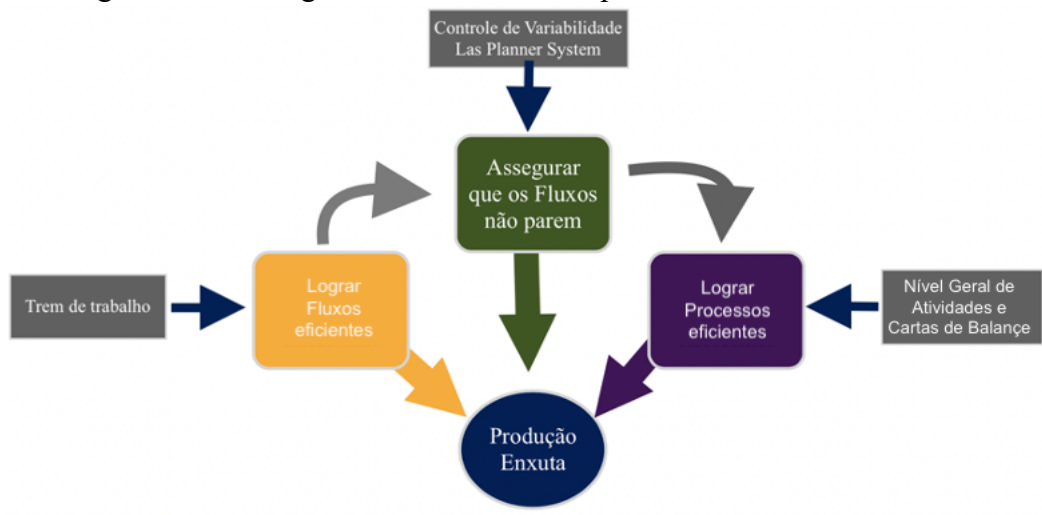
Contudo foi decidido no nível gerencial tomar medidas para resolver esse paradigma na empresa. Para isso, foram implementadas ações *Lean Construction* na obra como foco desta pesquisa. Vale ressaltar que antes de iniciar estas ações, a obra, já tinha dois meses de atraso, pelos motivos já descritos.

#### 4.2 APLICAÇÃO DE AÇÕES *LEAN*

Segundo a literatura, para iniciar a implementação desta filosofia sem efeito contrário é necessário de “*baby Steps*”. O engenheiro da obra relatou em entrevista que o processo de treinamento durou 2 meses, para criar um ambiente de compromissos e de trabalho colaborativo.

Assim, primeiramente foram implementadas na obra três ferramentas: Trem de trabalho, *Last Planner System* e Nível geral de atividades, apresentadas na Figura 29.

Figura 29 – Fluxograma de ferramentas aplicadas na obra Manzana 40.



Fonte: *Constructora Mediterráneo* (2019)

A seguir, o processo de implementação das ferramentas será explicado passo a passo.

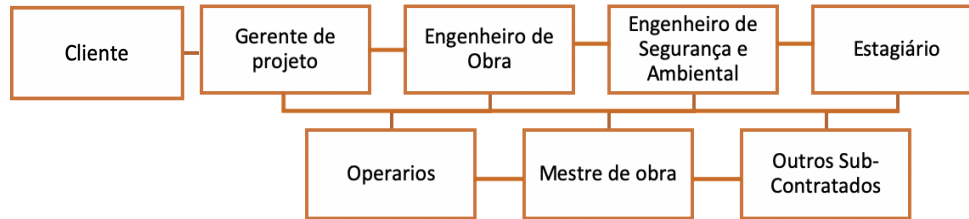
### Reunião de coordenação com o grupo de trabalho

Por ser um sistema relativamente novo naquele país e praticamente desconhecido para a maioria dos trabalhadores da construtora, foi realizada uma reunião no escritório central com todos os grupos que estariam envolvidos na aplicação desta pesquisa.

Na ocasião foram explicados brevemente quais são os princípios da filosofia *Lean Construction*, por meio de congressos e aulas, para que a equipe tivesse um entendimento básico do futuro método de gerenciamento, dos indicadores que seriam medidos e dos resultados esperados. Portanto, o novo corpo administrativo estava formado, conforme se descreve a seguir, na Figura 30.

- Gerente de projeto;
- 2 Engenheiros de obra;
- Engenheiro de Segurança e Ambiental;
- Estagiários;
- Mestre de obra;
- Operários;
- Outros Sub-contratados.

Figura 30 – Corpo organizacional após da implementação Lean do planejamento da obra.



Fonte: Autora (2020)

Esta estrutura faz com que todos os *Stakeholders* participem no planejamento, de forma que todos tenham acesso às informações diretamente, incluindo todos os projetos, onde a função do encarregado e engenheiros da obra seria o de controle da qualidade, esclarecimento de procedimentos técnicos e também manter fluxo contínuo, assim como também controlar o empreendimento e analisar soluções.

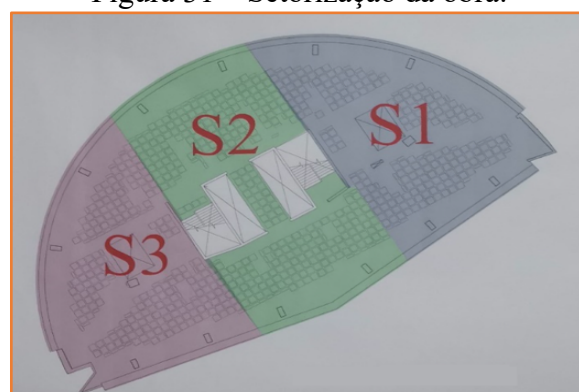
#### 4.2.1 Ferramentas para a aplicação *Lean*

##### Trem de trabalho

A primeira ferramenta que foi utilizada para a aplicação da metodologia *Lean* foi a de Trem de trabalho, a qual consiste na divisão do projeto em vários setores para ter uma visão global da obra, cada setor terá uma sequência de atividades fechando um ciclo as quais deverão ter restrições para identificar as atividades que podem causar atrasos ou desperdícios.

A obra escolhida para esta pesquisa foi dividida em três setores, todos os setores mantêm a mesma sequência nas atividades. Até o oitavo nível a estrutura está unida, logo duas torres são elevadas. No setor 1, se encontra a torre 1 e no Setor 3 se encontra a torre 2. A Figura 31 apresenta a divisão deste projeto.

Figura 31 – Setorização da obra.



Fonte: *Constructora Mediterráneo* (2020)



Cada setor teve um ciclo de atividades aproximadamente iguais por estar na fase de levantamentos de lajes pavimentos tipo, a qual foi composta de atividades realizadas por equipes de armadores, carpintaria e do concreto.

As equipes realizavam atividades por dia com uma sequência lógica na execução da armação do aço, formas nas armações e concretagem. Abaixo são apresentadas atividades que foram realizadas por cada equipe para a execução do ciclo da laje pavimento tipo:

- Armadores: montagem e armação dos pilares e vigas. Armação positiva e negativa das lajes. Amarração dos cabos de pretensão em algumas vigas;
- Carpintaria: montagem de guarda-corpos, colocação e retirada das formas de pilares, vigas, lajes e poços de elevadores; retirada e colocação de formas nas lajes, colocação de guarda-corpos;
- Equipe do concreto: concretagem de pilares (modo convencional), concretagem de vigas e lajes por bombeamento.

Para a organização das atividades foi necessário fazer considerações sobre o processo construtivo e por esse motivo a setorização de forma equitativa de acordo com o processo de execução. Ou seja, se as equipes da obra for vagões, cada vagão teria que passar pela mesma etapa com a mesma velocidade e carregamento.

O Quadro 5 mostra um exemplo de estrutura de trem de trabalho da semana 22 de alguns serviços para a execução de pavimentos da obra Manzana 40. Pode-se observar que os três setores realizam as mesmas atividades, (lembrando que a duração de execução de cada é menor que um dia) e seu tempo de duração e equipes foram divididas de forma equitativas para cada setor, assim as equipes foram calculadas de modo a trabalhar de forma sequencial. (As lajes são representas pela letra L e os setores pela letra S).

Quadro 5 – Trem de trabalho da obra Manzana 40.

TREM DE TRABALHO							
SUPERESTRUTURA	SEMANA 22 - Abril 2019						
	S	T	Q	Q	S	S	D
	22	23	24	25	26	27	28
Armadura de colunas e alvenaria		L22-S1	L22-S2	L22-S3			
Gabarito de colunas e alvenaria		L21-S1	L21-S2				
Montagem de armadura e alvenaria		L22-S1	L22-S2		L22-S3		
Montagem de colunas e alvenaria			L22-S1	L22-S2		L22-S3	
Concretagem de colunas e alvenaria				L22-S1	L22-S2		
Desarmados de colunas e alvenaria					L22-S1		
Montagem, armado, Soldado e vaziado de escadas						L22-S1	

Fonte: Autora (2020)

Um maior detalhamento da ferramenta usada na obra Manzana 40 pode ser observado no serviço de execução de colunas, na Figura 32, a qual mostra uma série de atividades para os três setores, quando a equipe do setor 1 acabar a concretagem de colunas, a equipe do setor 2 vai ter acabado a montagem de formas nas colunas, por tanto estará pronta para a equipe do Setor 1 entrar e começar a trabalhar na concretagem, mesmo caso com o Setor 3, quando acabar a armadura de colunas a equipe do Setor 2 começar a fazer a montagem de formas de colunas. Assim se cria um ciclo organizado, sem deixar parado nenhuma equipe.

Figura 32 – Exemplo de setorização para o serviço de Colunas.



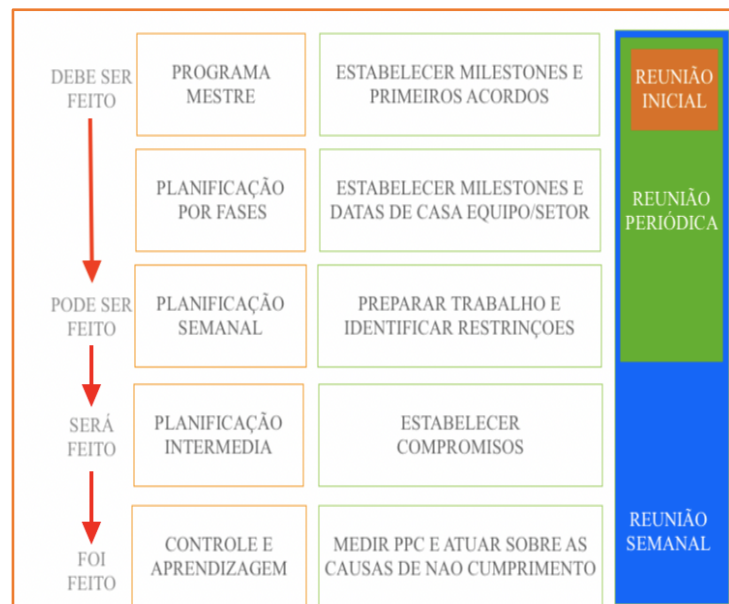
Fonte: *Constructora Mediterráneo* (2020)

Logo, para se ter uma melhor visão do gerenciamento da obra foi proposta a implementação da metodologia *Last Planner System*.

### *Last Planner System*

A ideia do planejamento primário é ter uma visão geral para conseguir prever os possíveis problemas que possam surgir mais adiante, e trabalhar na área para evitá-los. A imagem a seguir representa o ciclo para a preparação do planejamento utilizado na obra com base na filosofia *Lean*.

Figura 33 – Ciclo *Last Planner System*.

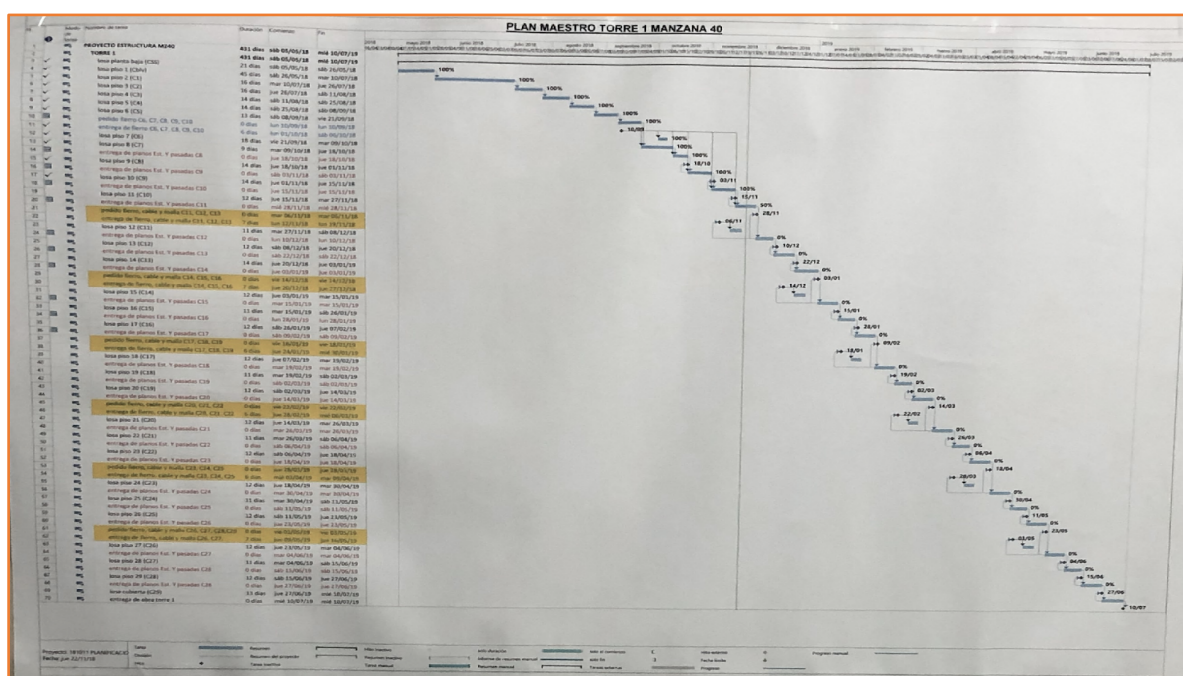


Fonte: Autora (2020)

## Plano Mestre

Antes de desenvolver o Planejamento com *Last Planner System*, foi necessário reprogramar as etapas (atividades) de execução da obra no *Microsoft Project* para ter definida a linha de balanço do projeto. A Figura 34 apresenta o Cronograma da obra apresentado no plano mestre.

Figura 34 – Cronograma da obra total.



Fonte: Autora (2020)

Foi feita uma reunião com duração de 4 horas com todos os envolvidos no projeto, onde foram estabelecidas as estratégias, as metas do projeto e a programação geral das obras, os *Milestones*, análise de riscos e possíveis contingências do projeto, identificação dos *Stakeholders* e dos recursos críticos, estruturas das equipes de operários para cada fase (pavimento) do projeto e por último os custos das atividades.

O objetivo da reunião é dispor de uma sala em que qualquer pessoa, sem necessidade de perguntar entenda o que está acontecendo na obra, quase no tempo real por meio do quadro. Por meio de participação colaborativa são apresentadas informações que não podem ser visualizadas no diagrama de Gantt, no qual há atividades e restrições que são necessárias, mas não são consideradas como parte da fase de execução.

Em seguida, foram decompostas as atividades colocando-as dentro dos serviços com ciclos repetitivos. Os serviços a serem estudados são relacionados com a fase da estrutura da obra Manzana 40, para o serviço da execução de cada pavimento nas duas torres.

As atividades a seguir apresentam seu ciclo repetitivo de execução e a Figura 35 apresenta as atividades apresentadas em um cronograma:

- Armadura de colunas e alvenaria;
- Gabarito de colunas e alvenaria;
- Montagem de armadura e alvenaria;
- Montagem de colunas e alvenaria;
- Concretagem de colunas e alvenaria;
- Desarmados de colunas e alvenaria;
- Armadura, montagem e vaziado de escadas;
- Preparado de armadura de laje;
- Montagem da plataforma de laje;
- Instalação de formas de laje;
- Gabarito de lajes;
- Instalação de armadura de laje;
- Preparação para a protensão;
- Concretagem de laje;
- Corte de cabos de proteção;
- Desmontagem de laje;
- Elevação de redes de proteção.

### **Planejamento intermediário**

Para melhor visão do planejamento, foi necessário fazer o levantamento do cronograma em uma parede do escritório, onde todos os envolvidos no projeto, tinham acesso para estudá-lo e entendê-lo. A planificação foi dividida em 6 semanas.

Figura 35 – Exemplo da seção de planificação inicial do serviço de pavimentos.



Fonte: Autora (2020)

Figura 35 apresenta o cronograma de 6 semanas da torre dois, Setor 1. Após ordenar as atividades previstas que sucederão num futuro as ações correspondentes num quadro, o engenheiro José Luís Oriás teve a possibilidade de analisar e distribuir cada uma das atividades em relação ao cronograma inicial a cada funcionário correspondente a seu trabalho, depois, o engenheiro analisou novamente se alguma atividade pode ser antecipada.

Por último, o engenheiro faz reuniões diárias com duração de 15 minutos com todos os funcionários envolvidos das atividades a ser cumpridas para cada um marcar no quadro com *Post* (Stick Notes) com diferentes cores para diferenciar as funções e atividades das equipes, onde o líder de cada equipe era responsável de fazer os *posts* e colocar no painel do cronograma. Nos *Posts* se apresentaram informações como por exemplo a função que devem realizar, a data de início e fim, número de pessoas participantes da atividade e o setor que será trabalhado. O formato utilizado para as Posts está descrito no Quadro 6.

Quadro 6 – *Post Last Planner*.

Pavimento	Setor
Quantidade de operários	Data de início - Data de Fim da atividade

Fonte: Autora (2020)

A reunião gerou um ambiente de comprometimento entre todos os funcionários responsável das atividades a ser feitas para cumprir com as entregas semanalmente. Pois ao fazer eles colocarem seus próprios *Posts*, em que pese tenha sido uma medida imposta, obrigatória, todos os trabalhadores conseguiram implementar o sistema, alguns com maior dificuldade que outros, mas com a ajuda de reuniões e instruções do chefe de obra os funcionários foram se adaptando.

Figura 36 – Exemplo *Look-Ahead plan* e comprometimento da equipe, obra Manzana 40.



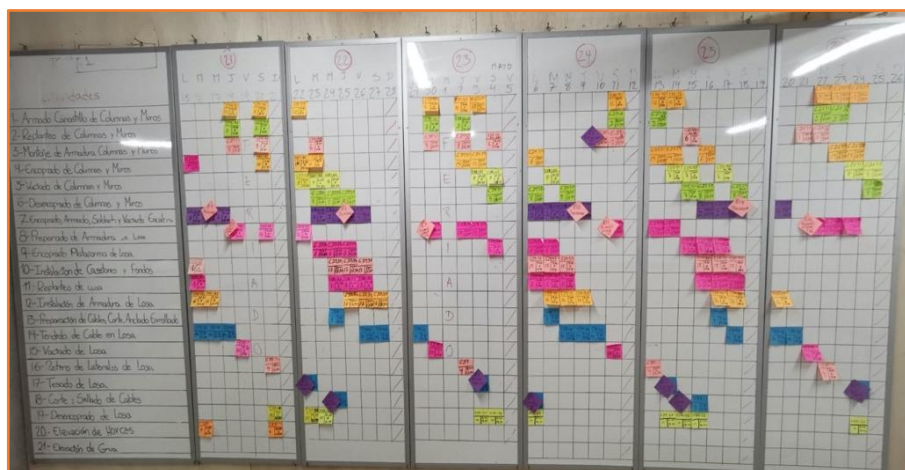
Fonte: Autora (2019)

A Figura 36 apresenta uma das reuniões diárias feita no escritório da obra Manzana 40 denominado *Lookahead Plan*, no qual pode-se observar participação, entusiasmo e comprometimento entre os planejadores.

Adicionalmente ao formato *Lookahead Plan* foi integrado à análise de restrições para tornar mais visível o relacionamento entre as atividades e suas restrições, além de facilitar sua identificação.

Após identificar as atividades com restrição, foi criado um plano de trabalho antecipado para suas liberações. As atividades foram organizadas também com um horizonte de 6 semanas, assim o engenheiro tinha a possibilidade de avançar na seguinte atividade programada e resolver problemas. Os *posts* colocados no painel para identificar restrições, foram utilizadas com uma cor e posições diferentes entre si, para que assim fosse mais visível para os operadores. A Figura 37 ilustra o quadro de cronograma da obra Manzana 40 com as restrições.

Figura 37 – Quadro com as restrições do levantamento dos pavimentos da torre 2 da obra Manzana 40.



Fonte: Autora (2020).

Além de marcar as restrições no Painel foi feita a análise em um outro quadro colocando informações como o código da atividade, data de início e fim, o responsável e plano de ação, conforme apresentado na Figura a seguir.

Figura 38 – Quadro de análise de Restrições do levantamento dos pavimentos da torre 2 da obra Manzana 40.

ANÁLISIS		RESTRICCIONES		ACCION	
R	ACTIVIDAD	FECHA	RESPONSABLE		
R1	ARRESTRE Y ELEVACION DE TORRE GRUA	08/05/2019 - 11/05/2019		- COLOCAR ARRESTRE EN C23 Y ELEVAR 4 TRAMOS	
R4 R6 R10 R14	SOLDAR ANGULARES EN PERNOS DE ESCALERAS	17/04/2019 25/04/2019 08/05/2019 18/05/2019	CRISTOBAL LOPEZ	SOLICITAR SOLDADOR	
R5 R7 R11 R16 R2	PLANOS APROBADOS	13/04/2019 30/04/2019 11/05/2019 22/05/2019	GISELLE SAUCEDO	CONTAR CON PLANOS APROBADOS DE LA LOSA CIELO POR PARTE DE ITO. C23 C24 C26	
R3 R8 R15	DAOS DE EXIEN DE PROFETAS	22/04/2019 03/05/2019 14/05/2019	JOSE LUIS ORIAS	SOLICITAR DAOS DE ROTURA DE PROFETA DE LOSA CIELO PARA LAS 08:00AM C22 C23 C24 C25	
R8 R9 R13	APROBACION DE PLANILLA DE PESADO	23/04/2019 04/05/2019 15/05/2019	FERNANDO CARDOZO	SOLICITAR A LO ITO C22 C23 C24	

Fonte: Autora (2020)

A análise de restrições é feita cada segunda-feira e abrange principalmente a última semana de *Lookahead*, pois é a que entra na programação intermediária.

Além disso, é feita uma sequência de restrições que já foram ingressadas às semanas anteriores para que quando se tenha que realizar a programação semanal, se tenha um conjunto de atividades livres de restrições e pronta para passar a seguinte etapa de programação.



Por último estas restrições são coletadas em uma planilha de Excel para ter uma ordem pronta em caso de repetição de sequência de atividade como também para impedir que o fluxo pare. A denominação dos códigos utilizada na construtora está descrita no quadro a continuação:

Quadro 7 Códigos das restrições.

Nº	Código	Descrição
1	MAT	Materiais
2	DES	Desenho
3	MO	Mao de obra
4	INS	Inspeção
5	DOC	Documentação
6	EQ	Equipes
7	HZT	Habilitação de Zona de Trabalho
8	SEG	Seguridade
9	AMB	Ambienta
10	SC	Subcontratos
11	OUTROS	Outros

Fonte: Autora (2020)

O Quadro 8 mostra um formato de exemplo da planilha de restrições utilizada pela *Construtora Mediterrâneo* na obra estudada.

Quadro 8 – Planilha de restrições Excel.

programa de Restrições							
N	Restrição	Etapa de ocorrência			Responsável	Ação	Código
		Início	Durante	Fim			
1							
2							

Fonte: *Construtora Mediterrâneo* (2019)

## Planificação Semanal

Após ter feito a planificação intermediária e completado o cronograma de planificação de 6 semanas com os funcionários, foram feitas reuniões semanais, cada segunda-feira para analisar e verificar se não havia atividades sobrepostas. Nesta fase os *Stakeholders* se comprometeram a cumprir as atividades programadas para a semana seguinte, visando "proteger" as unidades produtivas da incerteza e da variabilidade.

A Figura 39 mostra uma reunião com os últimos planejadores na obra de Manzana 40, para realizar o *Weekly Work Plan*.

Figura 39 – Stakeholders, Weekly Work Plan.



Fonte: Autora (2019).

Por último, para estimar a qualidade foi medido o desempenho de cada plano de trabalho, para aprender a partir dos erros e implementar melhorias. A medida foi feita através da porcentagem de plano ou tarefas concluídas durante cada plano semanal – PPC, conforme apresentado na Figura 40. Foi calculado como o número de atividades cumpridas dividido o número de atividades totais do projeto, no caso 20 atividades.

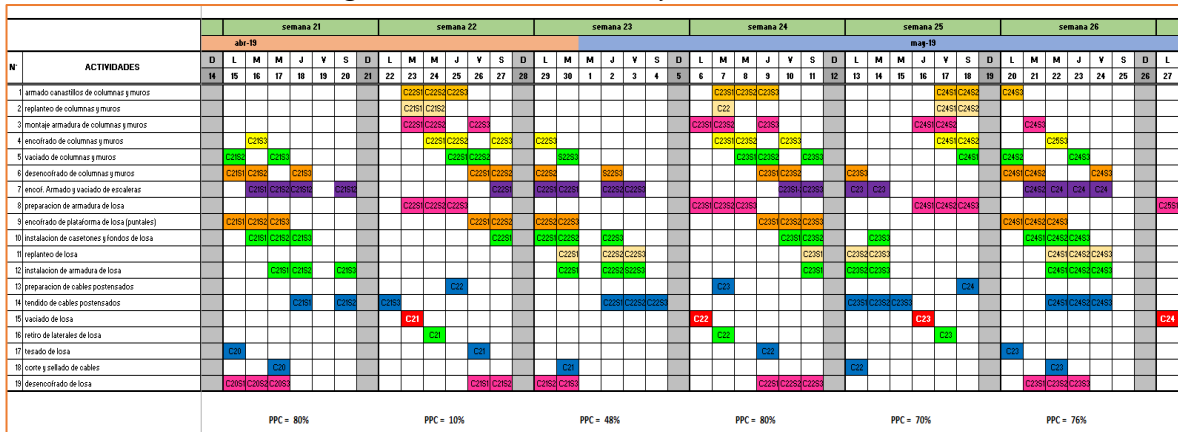
Figura 40 – Exemplo de PPC calculado da obra Manzana 40.



Fonte: Autora (2019).

A Figura 41 ilustra o painel de atividades colocadas num programa já com PPC calculadas para melhor organização e a Figura 42 apresenta o gráfico de percentagem de planificação cumprida da torre 1 da obra estudada nas primeiras semanas da aplicação *Lean Construction*.

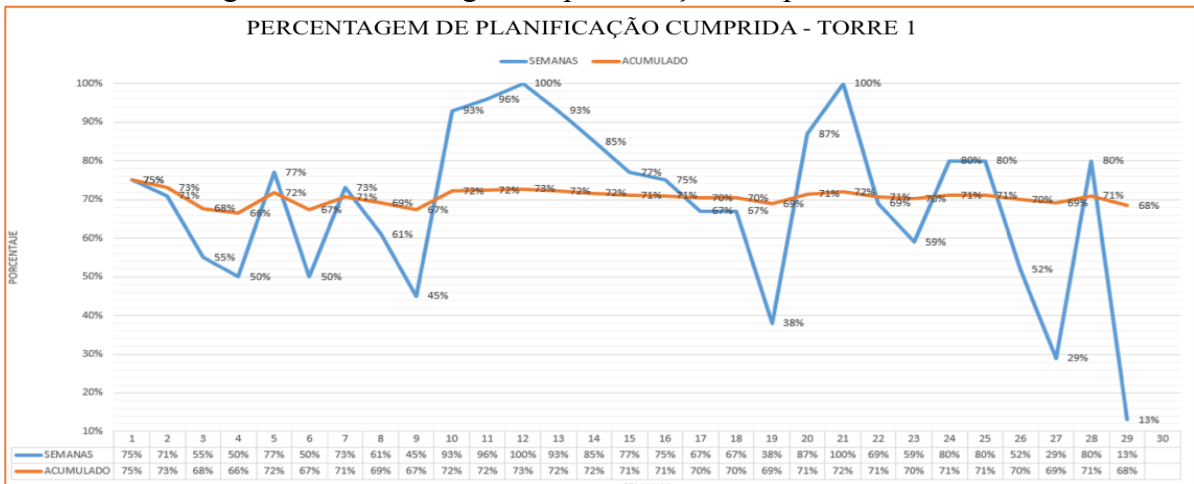
Figura 41 – *Last Planner System* - Torre 2.



Fonte: *Constructora Mediterraneo* (2019).

A Figura mostra o PPC de cada semana durante o serviço de elevação de pavimentos tipo. O PPC acumulado serve para que se tenha uma ideia do nível de sucesso da programação ao longo trabalho, a fim de observar com mais facilidade os fluxos. O gráfico apresenta as curvas do PPC, o PPC acumulado e sua variação ao longo do tempo.

Figura 42 – Percentagem de planificação cumprida – Torre 1.



Fonte: *Constructora Mediterraneo* (2019)

Em um total de 20 semanas as percentagem de planificação acumuladas em média foram igual ou superior a 70%, pode-se afirmar que em 73% das semanas o PPC foi igual ou superior a 70%. O engenheiro Jose Luís informou que a construtora tem como objetivo melhorar esses valores para que se tenha sempre percentagens maiores que 70%.

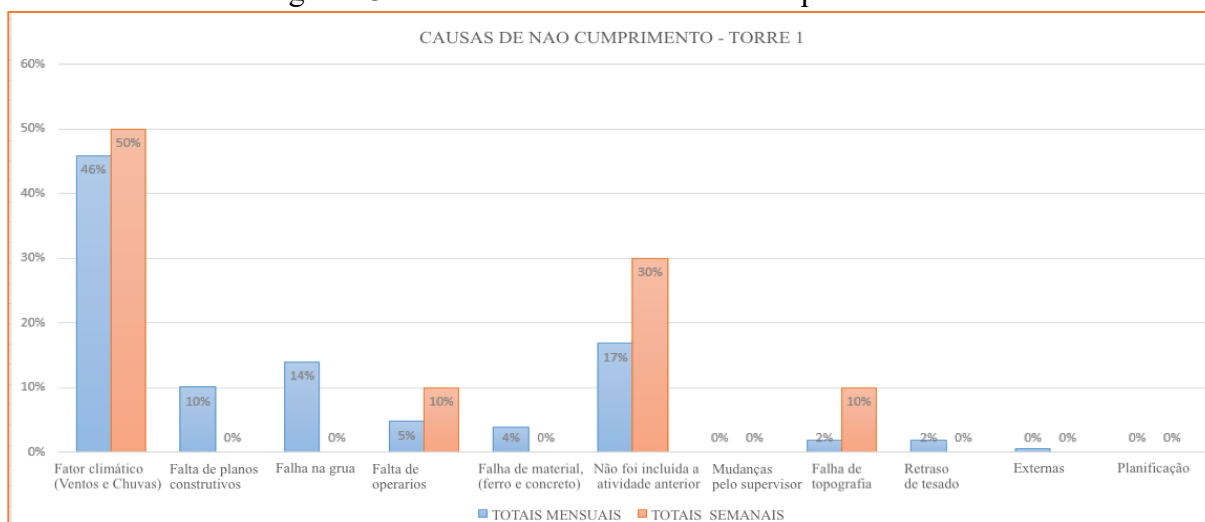
Segundo Ballard, 1/3 do tempo do planejado no período de uma semana não é cumprido, se isso for analisado para cada atividade teremos que 2 de 3 atividades programadas são cumpridas, o que representa um PPC 70% (arredondado).

Nesse sentido, verifica-se que o planejamento teve sucesso e que os valores obtidos refletem uma melhoria com a aplicação de Ferramentas do último planejador, mais ainda pode ser melhorada com ações corretivas mais radicais, no entanto, procurou-se novamente as causas e a raiz dos problemas nas seguintes semanas de análise. Além disso, o engenheiro José Luís propôs aumentar as quantidades de horas-homem de trabalho diário com salários maiores, para conseguir a entrega da obra na data programada.

Contudo, foi feita uma análise de Causas de Não Cumprimento (CNC), motivos pelos quais as atividades comprometidas não foram cumpridas. Ter conhecimento das causas de não cumprimento de cada atividade serve para desenvolver uma tabela estatística na qual são revelados os principais problemas do trabalho que levou às atividades a não serem realizadas com sucesso no seu momento. Foi utilizado o programa *Microsoft Project* e paralelamente o Excel para formatar a planilha de causas de não cumprimentos.

As atividades foram registradas diariamente em planilhas de controle e qualidade dos elementos executados pelos dois engenheiros encarregados da obra, as quais eram assinadas pelo chefe de obra antes de proceder às concretagens de cada pavimento. Para poder corrigir esses erros ou omissões eram relatadas nas reuniões semanais e apresentadas em um gráfico em percentagem, como mostra a Figura 43.

Figura 43 – Gráfico de causas de não cumprimento.



Fonte: *Constructora Mediterráneo* (2019)

Após feita a identificação e a análise da causa de não cumprimento do compromisso (obviamente, que não foi executado), foram tomadas ações corretivas junto com o encarregado dessa atividade.

### Ferramentas para o controle de rendimento

Nesta fase final do planejamento de produção, foram utilizadas ferramentas descritas a seguir para realização do plano de ação, onde todos os *Stakeholders* estavam informados para aprender das falhas ocorridas do transcurso da execução da obras e concluir com o trabalho prometido. Primeiramente se realizou uma análise do rendimento das equipes envolvidas no ciclo da elevação de pavimentos. A Figura 44 apresenta os Resultados.

Figura 44 – Rendimentos das equipes na elevação de pavimentos.

RENDIMIENTO DE CUADRILLAS								
Piso 10 Torre 1								
Ubicación		Nombre de Columna	encofrado Columnas (m2)	Volumen de Columnas (m3)	Peso de armadura Columnas (kg)	Encofrado de Losa (m2)	Volumen de Losa (m3)	Armadura de Losa (kg)
Torre	Sector							
Total en Piso 10 Torre 1 Sector 1 :			183,34	32,56	4.743,10	368,77	88,94	11.692,03
Total en Piso 10 Torre 1 Sector 2 :			189,95	35,27	4.158,53	392,96	87,69	12.458,79
Total en Piso 10 Torre 1 Sector 3 :			184,94	46,80	4.497,34	376,09	89,63	11.923,83
Total en Piso 10 Torre 1 :			558,24	114,63	13.398,97	1.137,82	266,26	36.074,65
losa sector 1	unidad	hh/m2	hh/m3	hh/kg	hh/m2	hh/m3	hh/kg	
	rendimiento	0,56	0,70	0,02	0,30	0,90	0,01	
	hh	102,67	22,79	74,34	110,63	80,05	116,92	
losa sector 2	obreros	<b>12,83</b>	<b>2,85</b>	<b>9,29</b>	<b>13,83</b>	<b>10,01</b>	<b>14,62</b>	
	unidad	hh/m2	hh/m3	hh/kg	hh/m2	hh/m3	hh/kg	
	rendimiento	0,56	0,70	0,02	0,30	0,90	0,01	
losa sector 3	hh	106,37	24,69	65,18	117,89	78,92	124,59	
	obreros	<b>13,30</b>	<b>3,09</b>	<b>8,15</b>	<b>14,74</b>	<b>9,87</b>	<b>15,57</b>	
	unidad	hh/m2	hh/m3	hh/kg	hh/m2	hh/m3	hh/kg	
losa sector 3	rendimiento	0,56	0,70	0,02	0,30	0,90	0,01	
	hh	103,57	32,76	70,49	112,83	80,67	119,24	
	obreros	<b>12,95</b>	<b>4,09</b>	<b>8,81</b>	<b>14,10</b>	<b>10,08</b>	<b>14,90</b>	

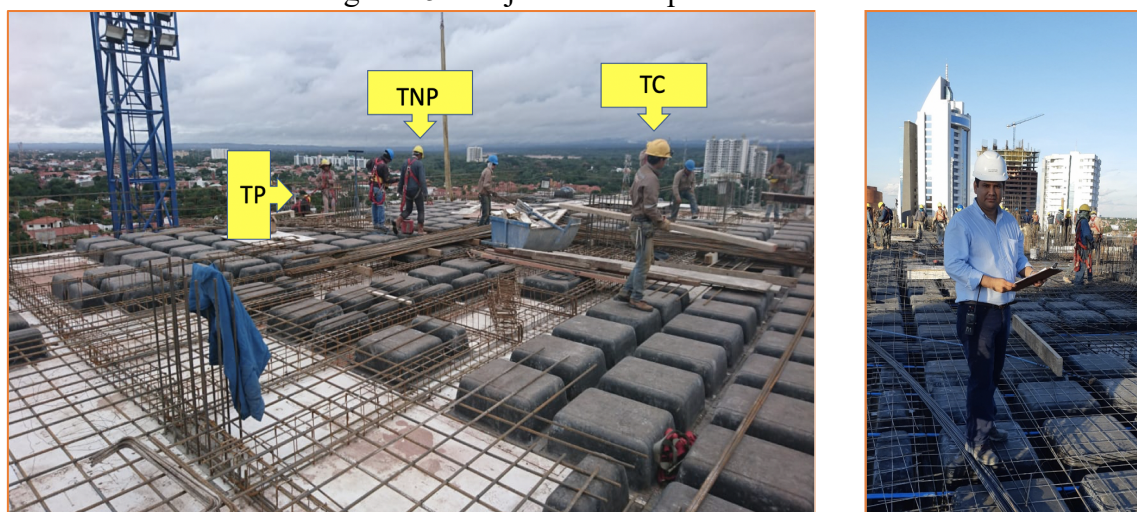
Fonte: *Constructora Mediterráneo* (2019)

Nessa planilha as execuções diárias e as horas de trabalho (hh) são analisadas diariamente, designados para os principais itens do projeto, tendo como objetivo manter um registro de desempenho permanente obtido durante a execução da obra e realizar uma comparação com o desempenho orçado (meta estabelecida) para obter um *status* de lucro ou perda para a referida obra.

### Nível Geral de Atividades

Logo foi feito um estudo de rendimento por meio da ferramenta NGA, a qual apresenta o estudo amostral para calcular a percentagem de trabalho produtivo, trabalho contribuinte e trabalho não contribuinte, já descritos no capítulo 2. A medição foi realizada nas equipes de ferreiros, que trabalhavam na montagem e na laje no 8º andar da torre 2 do edifício Manzana 40. A Figura 45 apresenta o setor de trabalho estudado, exemplos acoes NGA e o engenheiro José Luís Oriás encarregado pela medição.

Figura 45 – Laje de estudo para o NGA.



Fonte: *Constructora Mediterráneo* (2019)

Foram feitos 400 registros, para atingir 95% de confiabilidade e a medição é apresentada na Figura 46 e na Figura 47. O trabalho foi realizado em dois dias para um grupo de 25 trabalhadores, entre mestres de ferro, montadores e seus auxiliares.

Figura 46 – Medição de Nível Geral de atividades, Montagem, Armado, Concretagem.

Fonte: Constructora Mediterráneo (2019)

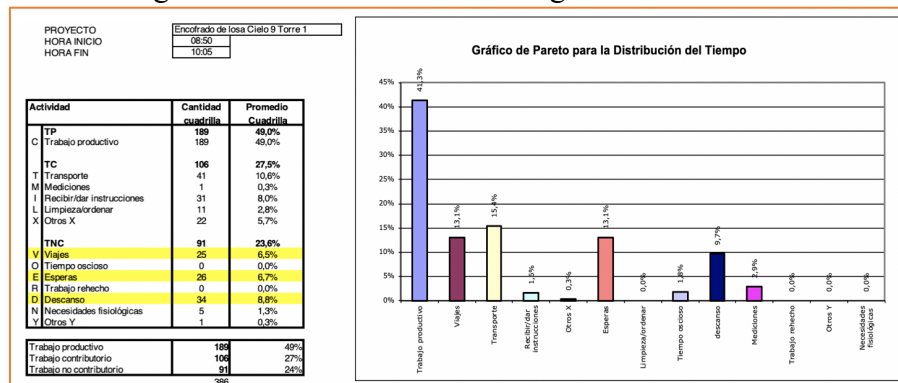
Figura 47 – Exemplo da tabela Excel de medição do NGA.

NIVEL GENERAL DE ACTIVIDADES Encofrado de losa Cielo 9 Torre 1															
MUESTREADOR															
HORA INICIO		08:50		HORA FIN		10:05		FECHA		09/11/2018					
TC: Mediciones y lectura de planos (M), Transporte (T), Limpieza (L), Recibir/dar instrucciones (I), Otros (X)															
TNC: Espera (E), Tiempo ocioso (O), descanso (D), Necesidades (N), Viaje (V), Trabajo rehecho (R), Otros (Y)															
1	V	51	P	101	N	151	T	201	P	251	P	301	P	351	P
2	P	52	P	102	N	152	P	202	I	252	P	302	P	352	P
3	P	53	I	103	V	153	V	203	I	253	P	303	E	353	P
4	I	54	I	104	P	154	T	204	E	254	P	304	P	354	I
5	P	55	P	105	V	155	T	205	P	255	P	305	P	355	E

Fonte: Constructora Mediterráneo (2019)

Depois de inserir os dados, os resultados são apresentados a seguir.

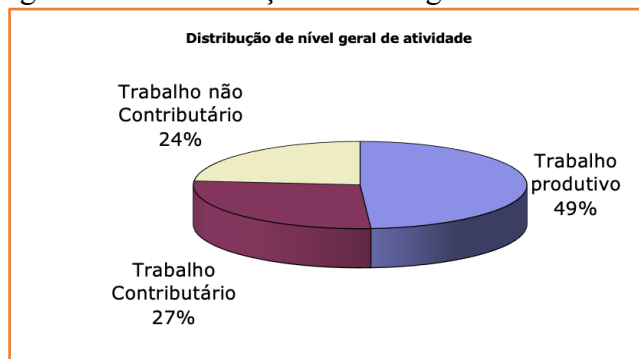
Figura 48 – Resultados do Nível geral de atividade.



Fonte: Constructora Mediterráneo (2019)

Como visto na Figura 48 é claramente refletido que a percentagem de descanso, espera transporte e viagem são consideráveis e devem ser estudados para melhorar suas produtividades. Também pode-se obter uma melhor visão de produtividade na Figura 49.

Figura 49 – Distribuição de nível geral de atividade.



Fonte: *Constructora Mediterraneo* (2019)

Como visto na imagem há uma percentagem significativa de trabalho não contributário, para diminuir esse problema o engenheiro da obra implementou novos planos, tais como:

- realizar um planejamento mais ordenado do processo de execução, para evitar o trabalho de ferreiros e de montadores ao mesmo tempo, isso faz com que as atividades se sobreponham e gere tempos de espera desnecessários;
- planejar trabalho em processos contínuos que evitam quebras desnecessárias;
- melhorar e reorganizar o canteiro de obras, como também melhorar a limpeza da área de trabalho para evitar viagens desnecessárias de materiais.

Por último, após analisar conclusões o engenheiro José Luís, repetia o procedimento a cada 15 dias para analisar novamente os resultados e revisar se as melhoras implantadas anteriormente melhoraram as produtividades e estudar novas ideias para a melhoria.

Além da ferramenta NGA foi utilizada a ferramenta de cartas de balanço para obter o detalhamento dos processos das operações que apresentaram problemas de produtividade na obra.



**Cartas de balanço**

A medição foi realizada desde um ponto fixo, onde se visualizou a operação completa.

Foi feita a medição de produtividade do ciclo de atividades de laje, armadura e montagem de formas, localizada no pavimento 8 da torre 2 do edificio Manzana 40, as equipes estudadas, foram quatro montadores de formas e quatro armadores. Em cada medição foi designada a actividade do tipo de trabalho que estava realizando cada pedreiro, portanto, a cada atividade dentro dos processos se designa uma letra, a qual é colocada na tabela de medições, em intervalos de um minuto.

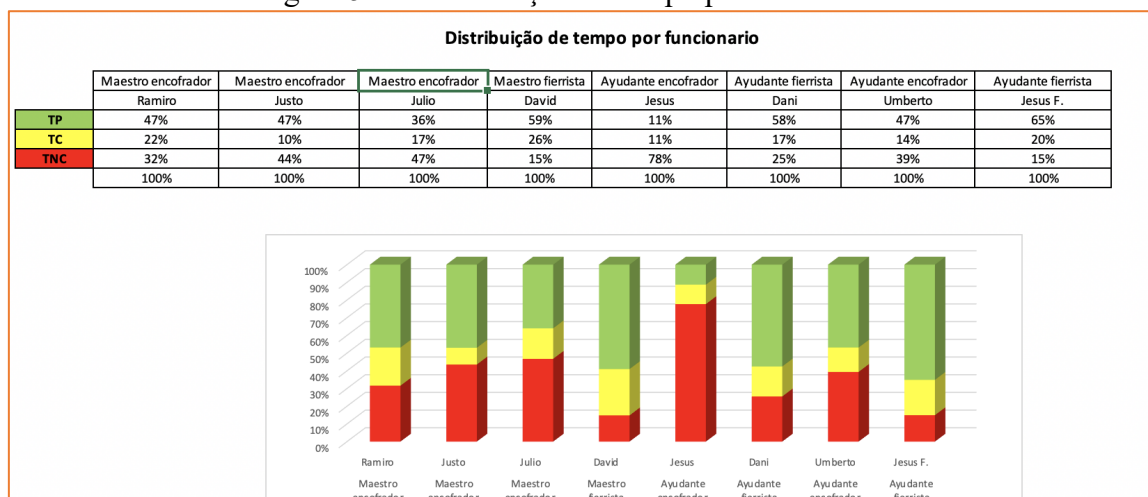
Segundo Juan Felipe Pons para alcançar 95% de confiabilidade e necesario de coletar acima de 400 medições. Seguindo o recomendado, neste estudo foram feitos 400 registros. Na imagem seguir são apresentadas as tabelas de registros.

Figura 50 – Dados gerais – Carta de balanço.

Fonte: Constructora Mediterráneo (2019)

Depois de inserir os dados da tabela no programa Excel, são gerados cálculos para obter produtividade e distribuição de tempos de cada funcionário e os resultados são apresentados na Figura 51.

Figura 51 – Distribuição de tempo por trabalhador.



Por meio dos resultados, foi claramente refletido que havia um assistente de montagem de formas que tem uma alta porcentagem de trabalho não contributivo, portanto a equipe de montagem estava sobre dimensionada.

Em vista disso, o engenheiro tomou como medida, para eliminar desperdícios, a redução da equipe de montagem de formas, removendo um assistente e também organizando a área de trabalho para evitar a coleta de materiais distantes.

## Ferramenta 5S

Como ferramenta auxiliar foi utilizada uma ferramenta simples para manter um ambiente de trabalho limpo e organizado, por meio de conscientização. Provocando incentivo de mudanças comportamentais em todos os setores das empresas. Dentro das primeiras reuniões para a introdução e adaptação da Filosofia *Lean Construction* foi explicado detalhadamente pelo engenheiro Jose Luís os seguintes princípios, apresentados na Figura 52, para conscientizar a todos os *Stakeholders*.

Figura 52 – Princípios 5 S utilizados pela *Constructora Mediterráneo*.



Fonte: Autora (2020)

Logo após ter explicado e apresentado o procedimento da ferramenta, foi feito um controle semanal de ordem e qualidade de trabalho. Dentro da área de trabalho foi colocado um gráfico que permitia registrar e analisar os problemas de controle de qualidade.

Caso fosse identificado algum erro ou falha da ferramenta, nas reuniões semanais era comunicado e anotado em um quadro os responsáveis que deviam cumprir com certa ação de correção. Além disso, nas reuniões se colocava em um quadro visível medidas para lembrar a todos os funcionários a guia de trabalho, o qual é apresentado na Figura 53.

Figura 53 – Quadro lembrete do Painel da obra Manzana 40.



Fonte: Constructora Mediterráneo (2019)

A Figura 54 apresenta uma imagem do local de trabalho antes de aplicação de ações corretivas introduzidas pela ferramenta 5S, na qual se pode observar um ambiente de trabalho desordenado.

Figura 54 – Local de trabalho antes da aplicação da ferramenta 5S.



Fonte: Constructora Mediterráneo (2019)

Depois ter feito o controle com a ferramenta 5S, foi observada uma mudança significativa no comportamento dos trabalhadores. Percebeu-se maior organização de materiais, limpeza, aumento de qualidade dos produtos e serviços, aumento de produtividade, prevenção de acidentes, entre outros. O novo ambiente de trabalho, limpo e arrumado gerou satisfação nos funcionários.

Além desse fato, foi reduzida a incidência de equipamentos com possibilidades de erros ou de quebra por conta da constante fiscalização. A Figura 55 apresenta uma imagem com alguns resultados.

Figura 55 – Local de trabalho depois da aplicação de ferramenta 5S.



Fonte: Constructora Mediterrâneo (2019)

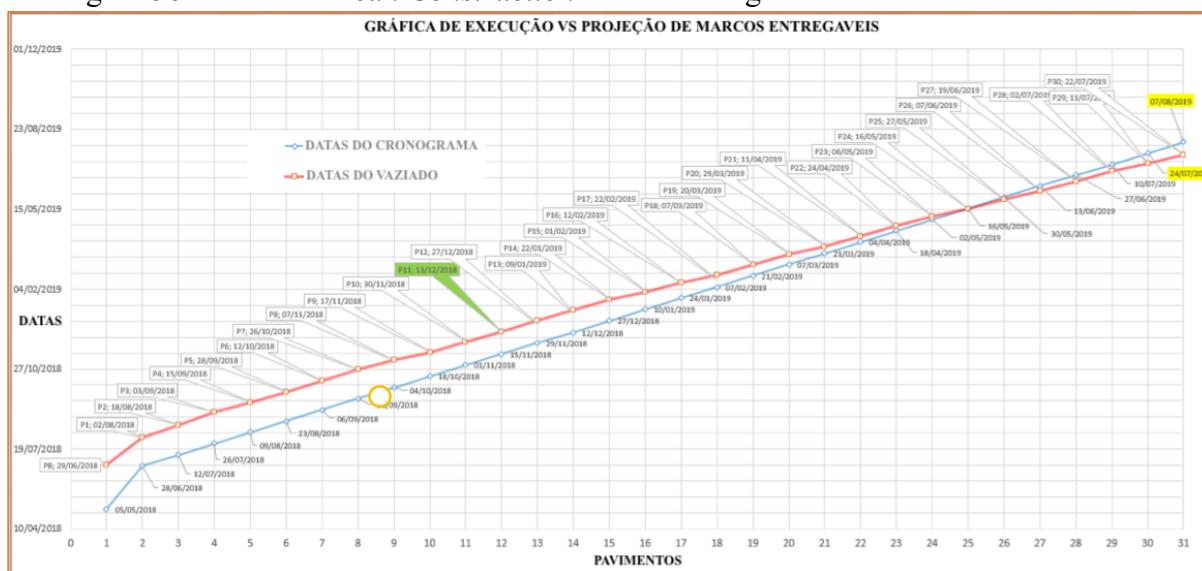
Constatou-se que é benéfico organizar um contato direto entre os trabalhadores e clientes, e colocar-se na posição dos consumidores, pois essa ação provê aos trabalhadores um conceito da qualidade mais claro. Vale ressaltar que um defeito menor que pode parecer aceitável em um lugar de trabalho, pode ser malvisto quando é percebido pelo cliente.

### **Medição de rendimentos**

A curva de rendimentos apresenta os resultados e benefícios da implementação da filosofia *Lean Construction*. Principalmente por meio do *Last Planner System*, com ajuda do uso da setorização (divisão de setores de trabalho em quantidades semelhantes) e o trem de trabalho (equipes divididas em partes iguais que fazem apenas um trabalho), foi alcançado um processo eficiente, chegando a formar um ciclo ordenado repetitivo e com uma redução de 30% da mão de obra subcontratada, formando equipes especializadas.

A Figura 56 apresenta o avanço a cada semana e, também, registra as melhorias em função da curva de aprendizagem com a implementação da filosofia *Lean*. Pode-se perceber que o rendimento da execução da obra foi aumentando em comparação ao cronograma projetado com a metodologia convencional da construtora da obra Manzana 40.

Figura 56 – Filosofia *Lean Construction* vs Metodologia tradicional da construtora.



Fonte: *Constructora Mediterráneo* (2019)

Esta Figura mostra um gráfico Tempo x Pavimento onde a reta vermelha representa as datas de concretagem por andar, realizadas com o planejamento *Lean Construction* e a reta azul apresenta as datas teóricas de concretagem por andar. Vale ressaltar que a obra da Superestrutura iniciou 2 meses após o planejado e, a implementação de ações *Lean*, foi implementado em outubro, conforme já indicado anteriormente.

O engenheiro Jose Luís levou dois meses para introduzir esta filosofia no planejamento com toda a equipe da obra, onde as ferramentas começaram a funcionar de forma automática, portanto, a Figura 56 mostra efetivamente essa situação, observando-se que de outubro até dezembro não houve mudanças significativas em relação à produtividade. Não obstante, a partir de dezembro seu rendimento começa a crescer semana após semana, até atingir um ganho de dois meses o desempenho que a empresa tinha como meta dado seu problema inicial.

Foi obtido do cronograma inicial da obra o cálculo de dias necessários para a execução de cada andar e após a implementação de ações *Lean*, foram anotados os resultados para fazer uma análise comparativa e observar a produtividade com esta nova filosofia de trabalho.

Quadro 9 – Dias por andar planejado vs dias por andar realizado.

PISOS	DATAS DE CRONOGRAMA	DIAS P/ ANDAR PLANEJADO	DATAS DE CONCRETAGEM	DIAS P/ ANDAR REALIZADO	PISOS	DATAS DE CRONOGRAMA	DIAS P/ ANDAR PLANEJADO	DATAS DE CONCRETAGEM	DIAS P/ ANDAR REALIZADO
P7	20/09/2018	14	26/10/2018	14	P19	07/03/2019	14	20/03/2019	13
P8	04/10/2018	14	07/11/2018	12	P20	21/03/2019	14	29/03/2019	9
P9	18/10/2018	14	17/11/2018	10	P21	04/04/2019	14	11/04/2019	13
P10	01/11/2018	14	30/11/2018	13	P22	18/04/2019	14	24/04/2019	13
P11	15/11/2018	14	13/12/2018	13	P23	02/05/2019	14	06/05/2019	12
P12	29/11/2018	14	27/12/2018	14	P24	16/05/2019	14	16/05/2019	10
P13	12/12/2018	13	09/01/2019	13	P25	30/05/2019	14	27/05/2019	11
P14	27/12/2018	15	22/01/2019	13	P26	13/06/2019	14	07/06/2019	11
P15	10/01/2019	14	01/02/2019	10	P27	27/06/2019	14	19/06/2019	12
P16	24/01/2019	14	12/02/2019	11	P28	10/07/2019	13	02/07/2019	13
P17	07/02/2019	14	22/02/2019	10	P29	24/07/2019	14	11/07/2019	9
P18	21/02/2019	14	07/03/2019	13	P30	07/08/2019	14	22/07/2019	11

Fonte: Autora (2020).

O Quadro 9 apresenta a quantidade de dias programados e a quantidade de dias realizados para a execução de cada andar. Como pode ser observado efetivamente houve uma mudança positiva de produtividade, inicialmente a programação com a metodologia tradicional da construtora Mediterraneo, antes da implementação da nova filosofia mostra que são necessários aproximadamente 14 dias para concluir com a elevação de pavimentos tipo, valor chega a diminuir com a implementação da filosofia de 9 a 11 dias.

Na Bolívia, essa filosofia é relativamente nova, e suas ferramentas estão sendo implementadas pouco a pouco, motivo pelo qual a maioria das empresas Bolivianas ainda não tem conhecimento. A empresa *Constructora Mediterráneo* é uma das primeiras em sua implementação, a qual tem como foco desenvolvê-la em 3 fases da construção, planejamento, execução e controle. A seguir, o Quadro 10 apresenta um comparativo de resultados da implementação da Filosofia *Lean Construction versus* Metodologia tradicional da *Constructora Mediterráneo*.

Quadro 10 – Comparativo de resultados da implementação da Filosofia *Lean Construction* x Metodologia tradicional da construtora.

<b>CONSTRUCTORA MEDITERRANÊO</b>		
	<b>PLANEJAMENTO TRADICIONAL</b>	<b>PLANEJAMENTO COM APLICAÇÃO <i>LEAN CONSTRUCTION</i></b>
Corpo organizacional (Acesso aos projetos)	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Gerente de projeto e engenheiros responsáveis</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Todo o corpo operacional; Gerente de planejamento, engenheiros responsáveis, mestre de obras operários e outros sub-contratados.</li> </ul>
Mão-de-obra subcontratada	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 90%</li> <li>● Obedece a ordens superiores</li> <li>● Altos níveis de especialização nos escalões de comando</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 70%</li> <li>● Participa e influencia na produção</li> <li>● Obedece a ordens superiores</li> <li>● Os funcionários são altamente especializados no âmbito operacional</li> </ul>
<i>Softwares</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● <i>Microsoft Project</i> e Excel</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● <i>Microsoft Project</i> e Excel</li> </ul>
Conceito de produção	<ul style="list-style-type: none"> <li>● produção consiste em conversão e todas a atividade agregam valor.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Produção consiste em conversão e fluxos de continuo de produção, onde existem atividades que agregam e não agregam valor, porem devem ser estudadas.</li> <li>● Eliminação total de desperdícios</li> <li>● Mapeamento de atividades que busca um processo mais eficiente</li> </ul>
Erros	<ul style="list-style-type: none"> <li>● São aceitáveis, resta corrigi-los</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Busca a causa raiz, processo de melhoria</li> </ul>
Foco de controle	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Custo das atividades</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● custo, tempo e valor dos fluxos</li> </ul>
Foco de melhoria	<ul style="list-style-type: none"> <li>● incrementarão de eficiência pela implantação de novas tecnologias</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Eliminação ou redução de atividades que não agregam valor.</li> <li>● Incremento de eficiência em atividades que não agregam valor a traves da melhora continua e novas tecnologias</li> <li>● Aumento de horas-homens diárias quando não for cumprida as tarefas.</li> </ul>

Fonte: Autora (2020).



Quadro 10 – Comparativo de resultados da implementação da Filosofia *Lean Construction* x Metodologia tradicional da construtora.

Problemas	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Fatores climáticos</li> <li>● Falta de plano de manutenção e plano de elevação</li> <li>● Encontrar ações entre processos</li> <li>● Falta de sequência ou equilíbrio de atividades: Atividades acumuladas</li> <li>● Baixa eficiência no plano de uso de equipamentos</li> <li>● Movimentações desnecessárias</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Fatores climáticos</li> <li>● Processo de treinamento dura 2 meses como mínimo, para criar um ambiente de compromissos de trabalho colaborativo e há dificuldade</li> <li>● Por se uma filosofia com ferramentas simples e manuais, percebe-se a falta de credibilidade de aplicação, principalmente nos engenheiros responsáveis da obra.</li> </ul>
Estoque de materiais	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Estocados no setor 2, no centro da obra.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Fluxo ordenado, colocados pertos do local de trabalho e controlado pelas atividades planejadas para a semana.</li> </ul>

Fonte: Autora (2020).

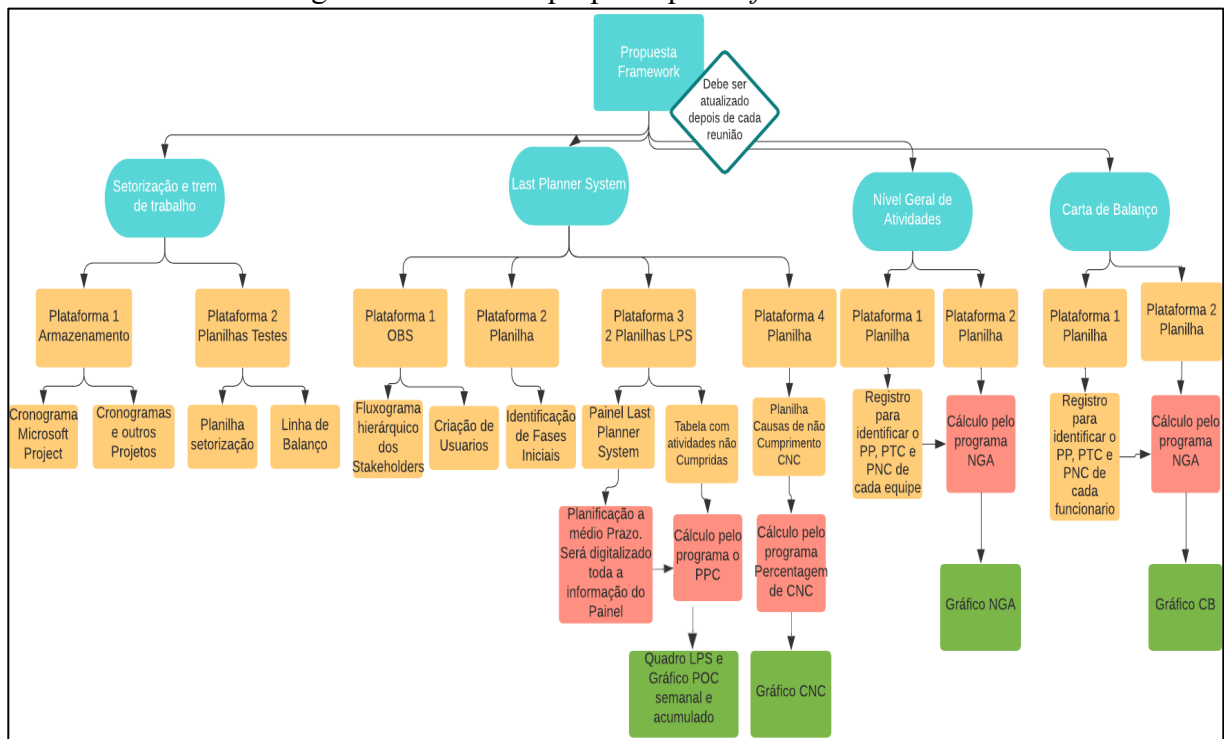
As práticas adotadas no *Lean Construction* têm como objetivo aumentar a eficiência da produção pela eliminação consistente e completa de todo tipo desperdícios incluindo atividades que não agregam valor.

## 5 PROPOSTA DE *FRAMEWORK*, CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES

Neste capítulo apresentam-se as considerações finais, discussão de resultados e é proposto um *framework* para a adoção da filosofia *Lean Construction* em empresas de construção. Além disso, os objetivos do trabalho são trazidos de volta do capítulo primeiro, para apresentar uma recopilação das formas em que foram atingidos.

O *framework* proposto será apresentado e detalhado no subitem 5.2, trata de plataformas que ajudam os usuários a facilitar a compreensão da implementação de ações *Lean Construction*, com o objetivo de motivar cada vez mais às empresas e profissionais entrar em contato com esta nova filosofia. O Modelo do *framework* proposto é a apresentado na Figura 57.

Figura 57 – Modelo proposto para o *framework*.



Fonte: Autora (2020)

Por último, apresentam-se também recomendações para trabalhos posteriores e, como fechamento deste Trabalho de conclusão de Curso, são destacados os principais temas, fundamentos e ganhos acadêmicos, pessoais e profissionais resultantes do desenvolvimento deste trabalho.

## 5.1 SOBRE OS OBJETIVOS

O principal propósito desta pesquisa foi analisar os impactos da implementação da filosofia *Lean Construction* no planejamento de projetos, em uma empresa construtora na cidade de Santa Cruz, Bolívia.

A partir de uma análise de resultados chega-se à conclusão que os resultados de um sistema com aplicação da filosofia *Lean* bem-sucedido consistem no envolvimento e no comprometimento dos *Stakeholders*, bem como no foco na liderança que aponta à qualidade, à redução de custos, espaço, custos por unidade produzida, distribuição equitativa, ordem e crescimento na produtividade de todo o processo de execução de uma obra. Os **resultados** só serão obtidos se o planejador contar com uma **meta clara e precisa**.

Vale ressaltar, conforme a literatura que consta no capítulo 2, que a *Lean Construction* não é uma metodologia de trabalho, é uma filosofia focada em um **trabalho multidisciplinar**, que propõe ferramentas complementares para suprimir todas as ações que não agregam valor. As ferramentas *Lean* são auxílios que ajudam a criar um **cronograma macro**, a partir de um sistema de mapeamento mais eficiente atingindo uma capacidade de produção com um fluxo contínuo, **que garante o cumprimento do prazo contratual** e com capacidade mensurada de acordo **aos objetivos da empresa**, por meio das métricas teóricas de controle.

Sabe-se que 7 de cada 10 projetos *Lean* falham quando empresas tentam utilizar como uma caixa de ferramentas, copiando e colando técnicas sem tentar adaptar a cultura dos profissionais, gerenciar a melhoria dos processos, sustentar os resultados e desenvolver a sua liderança (*LEAN CONSTRUCTION INSTITUTE*, 2018).

Fatos como os observados neste trabalho mostram a importância de um bom processo de **departamentalização** ou “setorização”, a divisão em partes iguais facilita o detalhamento do planejamento. Segundo Rebouças (2009), Departamentalização pode ser definida como agrupamentos em unidades organizacionais realizados conforme critérios específicos de atividades e recursos, tais como humanos, financeiros, tecnológicos, materiais, etc.

Para se realizar a departamentalização é preciso fazer uma análise cuidadosa das tarefas. Deve-se analisar minuciosamente a interação das atividades dentro das áreas setorizadas e a possibilidade de cumprir as estipuladas, como também atender certas restrições, mas isso não basta somente confirmar se o número de setores está correto, para

isso é necessário elaborar um cronograma detalhado das atividades dentro do trem e da interação das equipes com a área de trabalho. O trem é um processo locomotivo que propõe converter os serviços em vagões e calcular equipes que passem com a mesma frequência e número por eles.

No referido projeto existe um programa macro (cronograma da obra toda), programa a longo prazo (6-12 semanas), curto prazo (4-6 semanas), programa semanal, programa diário e por último, restrições para cada programa com o foco de cumprir cada meta programada no tempo definido.

O *Last Planner System* segue o princípio de que qualidade é essencial, onde o engenheiro encarregado de planejamento tem a autoridade de parar um processo produtivo, se detectar alguma situação fora do previsto e por meio das ferramentas CNC, tem que estar preparado para corrigir a falha, ou então pedir ajuda aos colegas de trabalho.

Com o *Last Planner System*, semana a semana, reunião após reunião, a equipe identifica a causa raiz dos problemas, aprende com os erros e incorpora novas alternativas e soluções para a melhoria e correção dos erros. Trata-se de um sistema em que se aprende e se melhora depois de cada interação (PONS, 2019)

Outro item a ser destacado é o princípio de fazer ou utilizar **somente o que for necessário** para cumprir a meta, por exemplo, no estoque de materiais era solicitado um estoque mínimo e necessário no local, o que garantia sempre uma ordem e espaço, os materiais eram solicitados de acordo com o planejamento das semanas para que o fluxo não parasse.

Na medida em que os planejadores começam a observar detalhadamente a obra, de forma que ao caminhar pela produção e encontrar estoques entre os processos, atividades acumuladas em algum posto de trabalho, baixa eficiência nos equipamentos, dificuldade em atender os pedidos dentro do prazo, movimentação de grandes lotes entre processos, é nesse momento que o planejador tem que perceber se deve adotar alguma mudança na sua estrutura de planejamento.

Cabe observar que a *Constructora Mediterráneo* leva no seu pacote de princípios, 3 frases:

1. “Vamos construir colaborativamente;
2. foco na inovação que sempre podemos fazer melhor; e
3. alcancemos nossa meta”.

Constata-se que ao adotar a *Lean Construction*, a organização atende os seus princípios, afinal, a adoção desta filosofia mantém a empresa focada na inovação, fazendo melhor, otimizando seus processos e recursos e encurtando caminhos para atingir seus objetivos.

A seguir analisa-se de forma detalhada cada item apontado nos objetivos específicos desta pesquisa e como foram cumpridos.

### **Identificar tecnologias e ferramentas que suportam os princípios da filosofia *Lean Construction***

Visto que a filosofia *Lean Construction* possui uma variedade de ferramentas, nesta pesquisa foram apresentadas 11 ferramentas para que o leitor obtenha uma melhor visão sobre a aplicação de esta filosofia, as quais são:

- *Lean Project Delivery System* – LPDS;
- *Integrated Project Delivery* – IPD;
- *Last Planner System* – LPD;
- Nivel Geral de Atividades – NGA;
- Diagrama *Spaguetti*;
- *One Touch handing* – ONG;
- Setorização;
- Trem de Trabalho;
- Linha de Balaço;
- Cartas de Balanço;
- 5 S.

Como aporte desta pesquisa se fez uma proposta de um Framework para obter o melhor caminho e facilitar os procesos da aplicacao desta filosofia.

### **Propor um *framework* para a adoção da *Lean Construction***

Na área de gestão de operações, o *framework* é um instrumento usado para discutir a metodologia que se deve seguir para alcançar os objetivos da organização (ALBREGTSE et al., 1991).

Um *framework* é proposto como um conjunto de elementos, ferramentas, técnicas e também relata a metodologia que deve ser adaptada para utilizar na organização (POOPER, 1994).

O *framework* é como uma espécie de arcabouço, com diversas funções que podem ser usadas pelo desenvolvedor, com a finalidade de resolver um problema de um domínio específico. Com ele, é desnecessário gastar tempo para reproduzir a mesma função em diferentes projetos, auxiliando em um gerenciamento ágil de projetos, pois é uma abstração que une códigos comuns entre vários projetos de *software* provendo uma funcionalidade genérica.

A *Framework* que se propõe a seguir, tem a finalidade de incentivar a adoção da filosofia *Lean* em outras empresas, com intuito de elevar o entendimento do mercado sobre *Lean Construction* e seus benefícios, afim de se obter um melhor desempenho das construtoras no futuro, mas como já explicado anteriormente, a filosofia *Lean* propõe uma grande quantidade de princípios e ferramentas. Portanto, a estrutura proposta é baseada principalmente na **aplicação básica** do *Lean Construction* e serão incluídas as seguintes ferramentas:

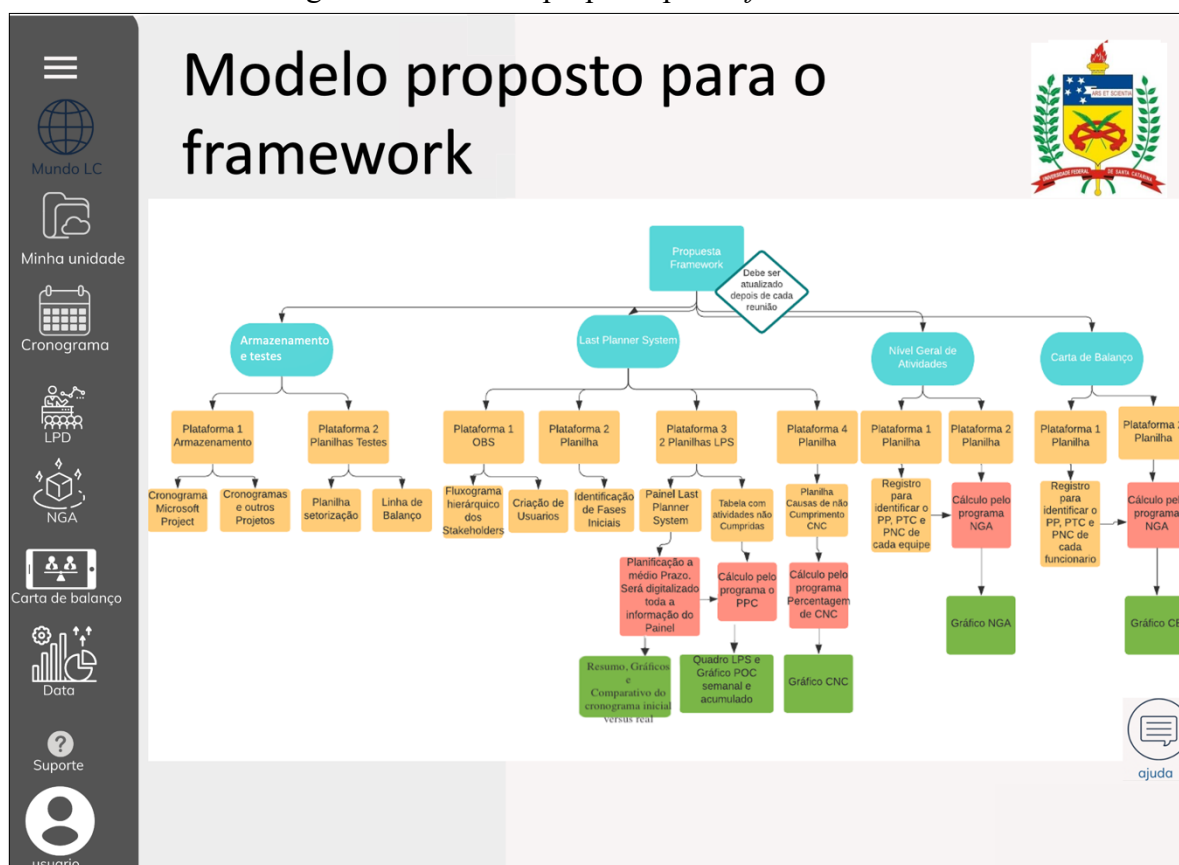
- *Last Planner System*;
- Setorização;
- Tem de trabalho;
- Carta Balanço;
- Nível Geral de Atividades.

Para implementar os princípios *Lean Construction* em uma indústria, pesquisadores, e consultores propuseram diferentes *frameworks* os quais atualmente estão fornecendo assistência para atingir metas organizacionais na área de desenvolvimento de planejamento e para atender as necessidades dos clientes. Mas, a maioria desses *softwares* tem custos iniciais altos e por serem complexos, há necessidade de formação dos engenheiros de planejamento para sua adaptação, no entanto, nem todos os *Stakeholders* terão o tempo ou disponibilidade para aprender o programa.

Portanto, o *framework* oferecido é especificamente adaptado às necessidades principais de uma construtora que ainda não tem conhecimento desta filosofia. Apresentará processos e ferramentas mais simples com menos objetos do que os programas já propostos.

A ideia do *framework* é simples, todas as ferramentas estarão dentro de um só programa, o qual apresentará instruções para preenchimento de planilha e leitura de resultados. Além disso, terá um canal onde são apresentados congressos online gratuitos com instruções para a aplicação da filosofia, experiências de outras empresas, livros, entre outras informações relacionadas ao tema. O Fluxograma da Figura 58 apresenta o modelo proposto para o *framework*.

Figura 58 – Modelo proposto para o *framework*.



Fonte: Autora (2020)

As características de cada ferramenta são descritas a seguir.

### Armazenamento e testes

Nesta Área se apresentara duas plataformas, uma para Armazenamento e testes (com auxilio das ferramentas de Setorização e trem de trabalho) e outra para a realização do cronograma da obra.

O planejador poderá fazer testes de setorização da sua obra, por meio da qual se definirão e validarão as sequências de atividades para cumprir com cada fase da obra.

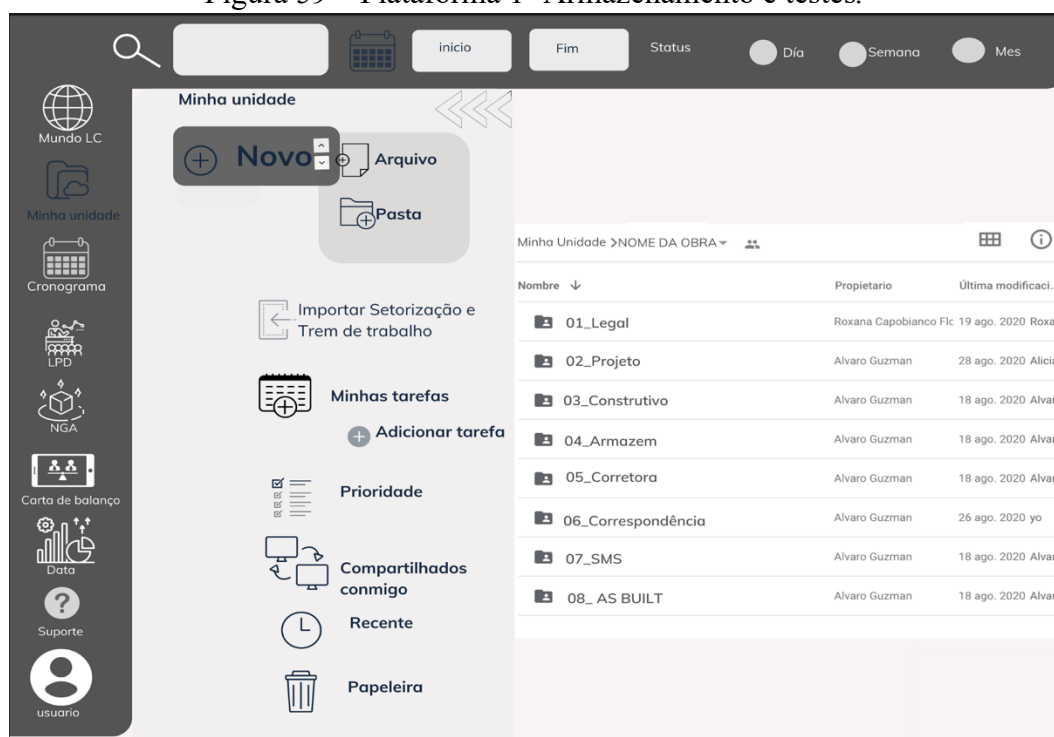
Além disso, terá uma planilha disponível para realizar a linha de balanceamento, no qual serão calculadas as equipes em relação as sequências dos serviços. Esta ferramenta servirá como um guia para a implementação do *Last Planner System*, a qual será avaliada a cada semana para seu aperfeiçoamento

Na plataforma do cronograma terá a opção de poder importar o cronograma do Microsoft Project, assim como também terá disponível uma planilha para criar o cronograma no próprio aplicativo.

Cada empresa ou planejador tem seus próprios *softwares* e métodos para chegar ao mesmo resultado, porém, a ferramenta terá uma área de armazenamento para colocar todo tipo de arquivo relacionado ao tema que o planejador deseja ter a mão.

Na sequencia se apresenta a estrutura das duas plataformas.

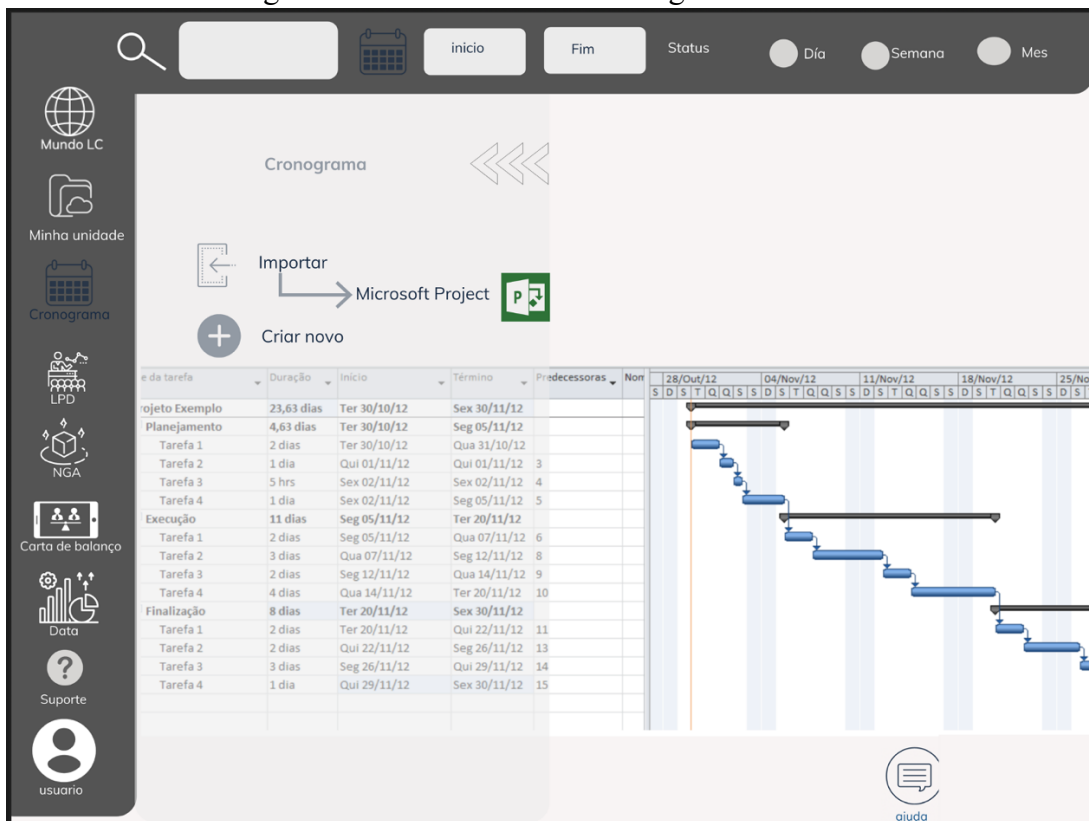
Figura 59 – Plataforma 1- Armazenamento e testes.



Fonte: Autora (2020)



Figura 60 – Plataforma 2 – Cronograma de obra.



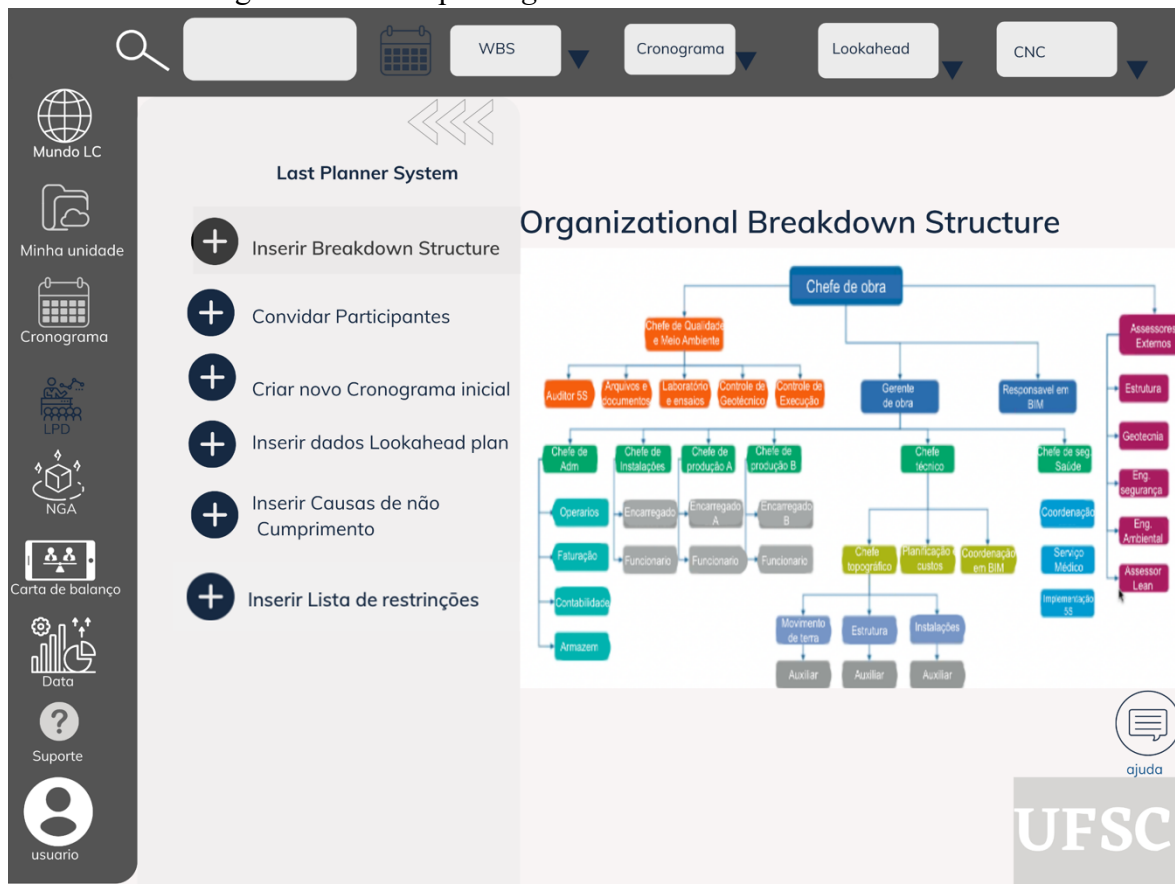
Fonte: Autora (2020)

### ***Last Planner System.***

Esta ferramenta conterá 5 plataformas, as quais são apresentadas a seguir.

Plataforma 1 - Esta plataforma indicará a *organizational Breakdown Structure* (estrutura organizacional de *Stakeholders*). Os *Stakeholders* serão estruturados de forma hierárquica por meio da ferramenta *SmartArt*. A seguir apresenta-se um exemplo.

Figura 61 – Exemplo *Organizational Breakdown Structure*.

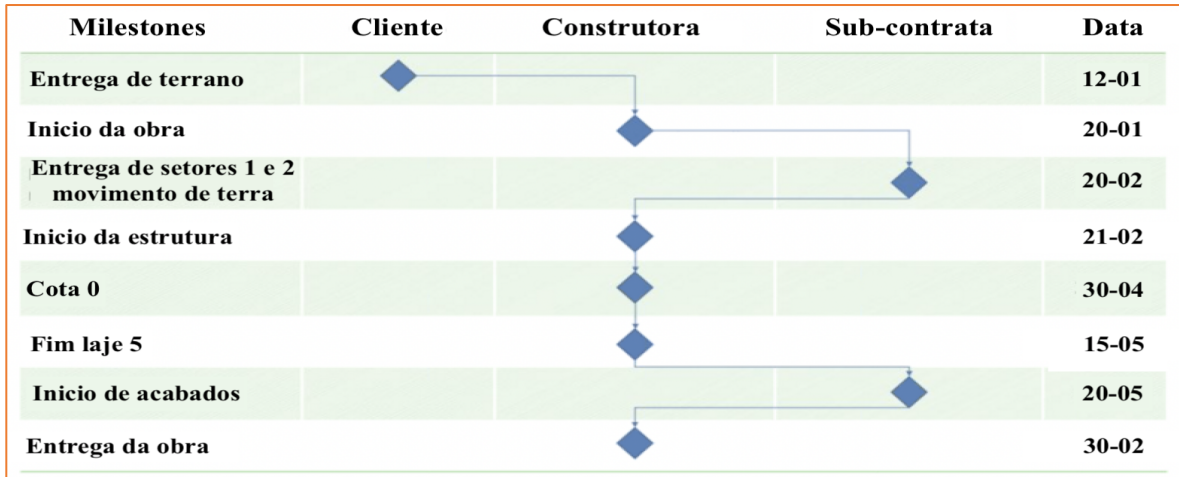


Fonte: Pons (2019)

Após de ter feito a estrutura organizacional, todos os envolvidos deverão criar seus próprios usuários para ter acesso a todo o *framework*.

Plataforma 2 – Esta plataforma indicará uma planilha que será preenchida com todos os *Milestones* da obra, seus responsáveis e datas de início e fim. A Figura 62 apresenta um exemplo de planilha para a identificação das fases iniciais.

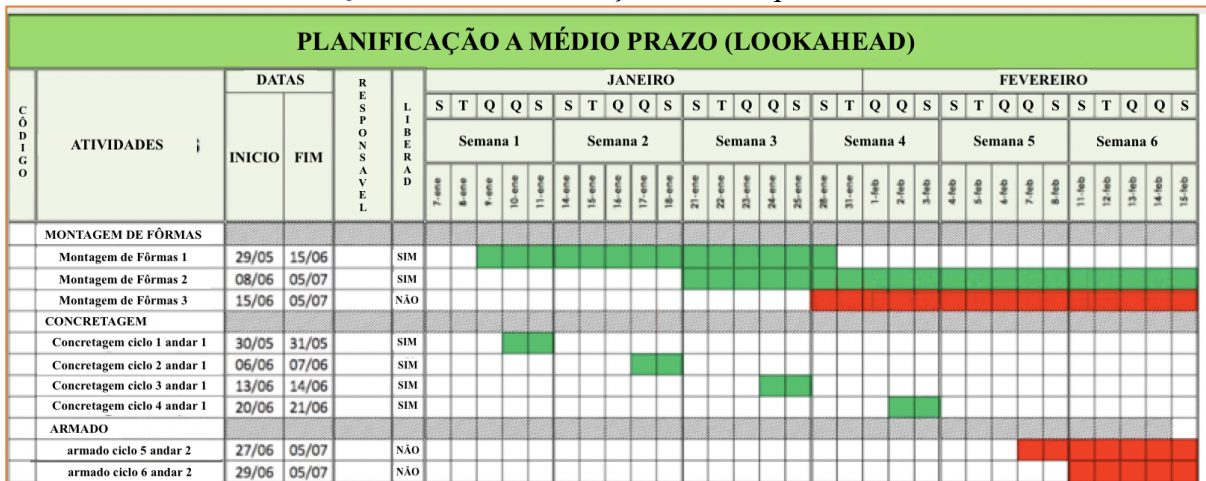
Figura 62 – Exemplo de planilha para a identificação das fases iniciais.



Fonte: Pons (2019)

Plataforma 3 – Esta plataforma apresentará uma planilha na qual poderá ser digitalizado todo o conteúdo do painel programado pelo sistema *Last planner* com toda a informação de cada *post-it* ligado ao seu responsável. A Plataforma apresentará toda a informação discutida nas reuniões e será atualizada depois de cada reunião. O quadro 11 apresenta um exemplo aproximado de como a planilha do programa pode ser apresentada.

Quadro 11 – Planificação a médio prazo.



Fonte: Pons (2019)

Além disso, o planejador terá que preencher em uma tabela todas as atividades que não foram cumpridas e automaticamente o programa calculará o PPC. Paralelamente será rodado automaticamente um gráfico que apresenta a percentagem de planificação cumprida, de todas as semanas já executadas, para todos os setores em conjunto e para os setores individualmente. A Figura 63 apresenta o gráfico aproximado que pode ser rodado pelo programa.

Figura 63– Exemplo de gráfico de percentagem cumprida para um setor individual.



Fonte: Autora (2020)

Plataforma 4 – Esta plataforma apresentará uma planilha com as típicas causas de não cumprimento de atividades em uma obra, como também terá a opção de inserir células adicionais para colocar outras atividades que o planejador deseje.

Deverá preencher o número de semanas que serão analisadas e a quantidade de vezes que foram apresentadas cada uma das causas de não cumprimento para cada semana. Logo será rodado automaticamente a quantidade total de todas as causas de não cumprimento e a percentagem para cada causa individualmente de todas as semanas e para a semana escolhida que o planejador deseja analisar. Além disso, será rodado um gráfico que apresentará todos os resultados de todas as semanas como da semana escolhida para o estudo. No Quadro 12 e na Figura 64 apresentam um exemplo de estrutura apresentada nesta plataforma.

Quadro 12 – Planilha de Causas de não Cumprimento.

N°	CAUSAS NÃO CUMPRIMENTO DESCRIPCION	SEMANAS																												TOTAIS	%	TOTALES SEMANA ESCOLHIDA	%	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28					29
1	Fator climático: ventos, chuva	1			2	6		1				1	1	1	4	5	1	1		8				13	5		4	10	4	27	95	46%	5	50%
2	Falta de planos construtivos							2											1	1							16	1	21	21	10%	0	0%	
3	Falta de la grua e equipos	2	1						3	3	12						6	2												29	14%	0	0%	
4	Falta de funcionarios		1	1											1				2	4			1							10	5%	1	10%	
5	Falta de material;				1			1											6											8	4%	0	0%	
6	não foi concluída a atividade anterior				1		8	4	3	3	1		1	1			6	3	1					3						35	17%	3	30%	
7	Mudanças nao supervisadas																													0	0%	0	0%	
8	falha na topografia e gabaritos	1		1																1			1							4	2%	1	10%	
9	Retraso de tesado	2															1	1												4	2%	0	0%	
10	Externos			1																										1	0%	0	0%	
11	Planejacao																													0	0%	0	0%	
																														207	100%	10	100%	

Fonte: Constructora Mediterraneo (2019)

Figura 64– Gráfico para a análise de Causas de não Cumprimento.

Fonte: Autora (2020)

## Nível Geral de Atividades

Esta ferramenta conterá 2 plataformas, as quais são apresentadas a seguir:

Plataforma 1- Será apresentada uma planilha que deverá ser preenchida pelo planejador, a planilha contém informações como:

- 400 registros, para atingir 95% de confiabilidade;
- Nome do responsável pelo preenchimento da planilha;
- Data e hora de Início-Fim do registro.

O registro é feito para identificar a percentagem de trabalho produtivo, trabalho contributivo e trabalho não contributivo, o programa apresenta uma proposta de atividades para cada item, as quais são indicadas com uma letra, mas dentro da planilha podem ser adicionadas aquelas que o planejador desejar. A Figura 65 apresenta a estrutura da planilha e na direita o quadro de resultados, as legendas em vermelho representam as quantidades de atividades registradas para cada item e os resultados totais, como também em percentagem.

Figura 65– Planilha de Nível Geral de Atividades.

NÍVEL GERAL DE ATIVIDADE											
RESPONSÁVEL											
HORA INÍCIO				HORA FIN				FECHA			
TP: Produtivo (P)											
TC: Medições e leitura de planos (M), Transporte (T), Limpeza (L), Receber/dar instruções (I), Outros (X)											
TNC: Espera (E), Tempo parado (O), descanso (D), Necessidades (N), Viagem (V), Trabalho refeito (R), Outros (Y)											
TP	TC	TNC	TP	TC	TNC	TP	TC	TNC	TP	TC	TNC
1			51			101			151		
2			52			102			152		
3			53			103			153		
4			54			104			154		
5			55			105			155		
6			56			106			156		
7			57			107			157		
8			58			108			158		
9			59			109			159		
10			60			110			160		
11			61			111			161		
12			62			112			162		
13			63			113			163		
14			64			114			164		
15			65			115			165		
16			66			116			166		
17			67			117			167		
18			68			118			168		
19			69			119			169		
20			70			120			170		
21			71			121			171		
22			72			122			172		

TP		TC		TNC	
Atividade	Quantidade	Atividade	Quantidade	Atividade	Quantidade
P		M		E	
		T		O	
		L		D	
		I		N	
		X		V	
				Y	
TOTAL PARA CADA NÍVEL DE ATIVIDADE					
PERCENTAGEM					

Fonte: Constructora Mediterráneo (2020)

Plataforma 2 - Será apresentada a planilha de resultados de forma detalhada, organizada e visual para uma fácil leitura. As medições de quantidades das equipes e dos totais em porcentagem que o programa retira da plataforma 1 e a estrutura é apresentada na Figura 66.

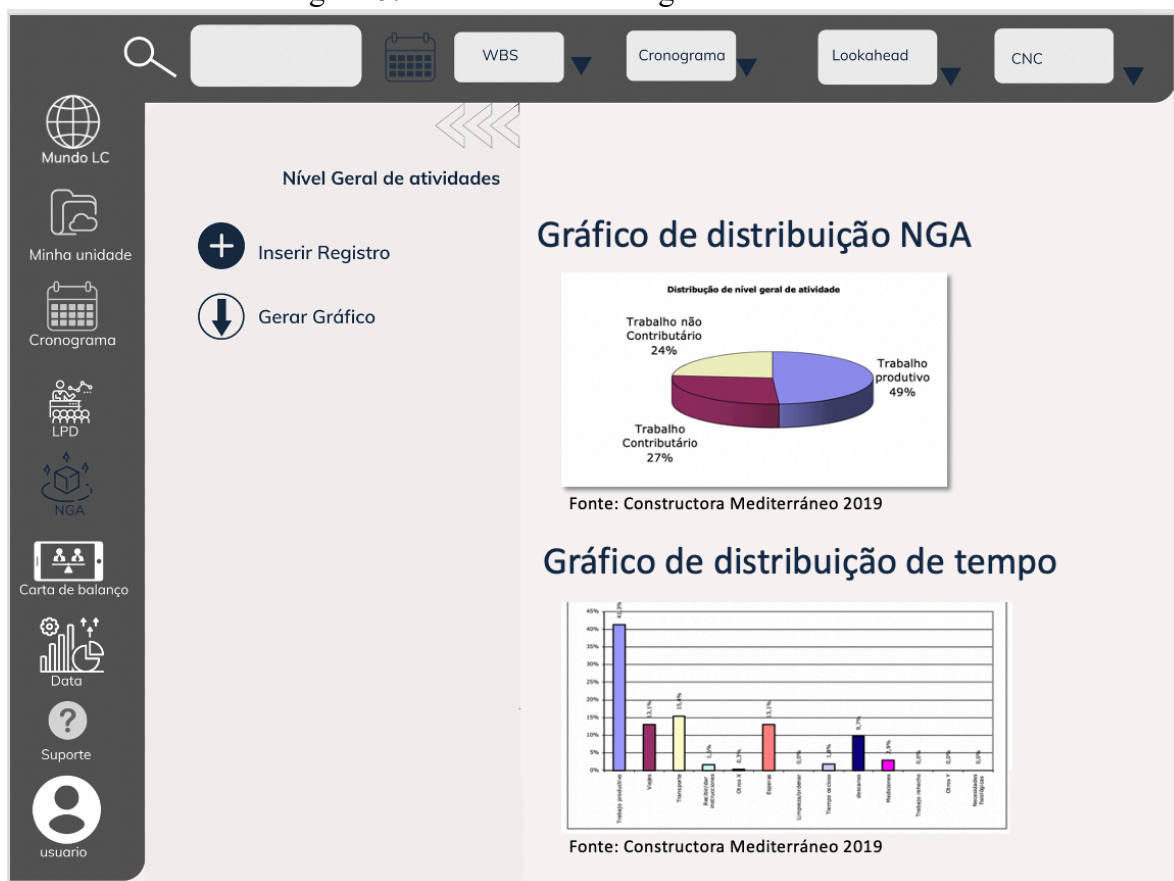
Figura 66 – Resultados de nível geral de atividades.

RESULTADOS DE NÍVEL GERAL DE ATIVIDADES		
PROJETO		
HORA INÍCIO		
HORA FIM		
RESPONSÁVEL		
DATA		
Medições e leitura de planos (M), Transporte (T), Limpeza (L), Receber/dar instruções (I), Outros (X)		
Atividade	Cantidade equipes	Promedio Equipe
<b>TP</b>		
C Trabalho produtivo		
<b>TC</b>		
T Transporte		
M Medições e leitura de planos		
I Receber/dar instruções		
L Limpeza/ordenar		
X Outros X		
<b>TNC</b>		
V Viagem		
O Tempo parado		
E Esperas		
R Trabalho refeito		
D Descanso		
N Necessidades fisiológicas		
Y Outros Y		
Trabalho Produtivo		
Trabalho Contributivo		
Trabalho Não Contributivo		

Fonte: Constructora Mediterráneo (2019)

Logo, automaticamente o programa roda dois gráficos, o gráfico de Pareto para a distribuição de tempo e o gráfico de distribuição de nível geral de atividades apresentados na Figura 67.

Figura 67– Gráficos de nível geral de atividades.



Fonte: Autora (2020)

Após tirar conclusões o planejador deve repetir o procedimento a cada 15 dias para analisar novamente os resultados.

## Carta Balanço

Esta ferramenta apresentará as planilhas de cartas de balanço e seus resultados. Este está dividido em duas plataformas.

Plataforma 1- Serão apresentadas duas planilhas que deverão ser preenchidas pelo planejador, as planilhas contém todos os dados gerais e são descritas a seguir:

Planilha 1:

- Nome do responsável pelo preenchimento da planilha;
- Nome, lugar e descrição da obra;
- Data e hora de Início-Fim do registro;
- 3 quadros, que representam os três itens, trabalho produtivo, trabalho contributivo e trabalho não contributivo. Cada quadro conterà atividades, segundo suas características.

A Figura 68 apresenta um exemplo da estrutura da planilha 1.

Figura 68 – Planilha de dados gerais das Cartas de Balanço.

DATOS GERAIS - CARTAS BALANÇO	
OBRA	
LUGAR	
ATIVIDADES	
DESCRIPCIÓN	
DATA	
HORA INICIO	
HORA FIM	
EQUIPES	

Trabalho Produtivo	
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
11	
12	
13	
14	
15	

Trabalho Contributivo	
M	Medição ou revisão de planos
T	Transporte de material
L	Limpeza
I	Reciber ou dar indicações
X	Passar e receber material
X1	
X2	
X3	
X4	
X5	
X6	
X7	
X8	
X9	
X10	

Trabalho Não Contributivo	
E	Esperas
O	Tempo parado
D	Descanso
N	Necesidades
V	Desplazamentos
R	trabalho Refeito
Y	Funcionario nao presente
Y1	
Y2	
Y3	
Y4	
Y5	
Y6	
Y7	
Y8	

Fonte: *Constructora Mediterraneo* (2019)

Planilha 2 apresenta:

- 400 registros feitos para cada funcionário da equipe, para atingir 95% de confiabilidade;
- Cada registro é apresentado por uma letra, a qual foi classificada nos 3 quadros da planilha anterior.

A Figura 69 apresenta um exemplo da estrutura da planilha 2.



Figura 69 – Planilha exemplo de registros - Cartas de Balanço.

00:01	Maestro encofrador	Maestro encofrador	Maestro encofrador	Maestro ferrista	Ayudante encofrador	Ayudante ferrista	Ayudante encofrador	Ayudante ferrista	Tempo Promedio	Obra	Manzanas 40
00:01	Ramiro	Justo	Julio	David	Jesus	Dani	Urberto	Jesus F.	(min)	Actividad	Fieretas y encofradores c7 torre 2
Nº										Fecha	14 de Noviembre de 2018
09:00	1	E	S	E	L	2	T	Y	1,00		
09:01	2	V	E	S	2	V	T	M	1,00		
09:02	3	T	E	S	2	3	T	E	1,00		
09:03	4	E	M	3	2	M	2	4	1,00		
09:04	5	V	I	S	1	M	2	4	1,00		
09:06	6	M	E	M	2	3	E	T	1,00		
09:07	8	M	E	3	1	5	1	4	1,00		
09:08	9	M	E	S	1	0	2	E	1,00		
09:09	10	M	4	S	1	4	2	4	1,00		
09:10	11	M	4	M	1	E	2	E	1,00		
09:11	12	M	E	M	1	V	V	4	1,00		
09:12	13	3	4	M	1	E	2	V	1,00		
09:13	14	3	V	M	1	E	T	M	1,00		
09:14	15	3	T	M	1	T	2	M	1,00		
09:15	16	3	4	S	1	4	T	V	1,00		
09:16	17	M	T	S	1	E	T	T	1,00		
09:17	18	4	V	V	2	V	V	V	1,00		
09:18	19	4	T	T	1	T	V	V	1,00		
09:19	20	V	S	T	1	S	2	V	1,00		
09:20	21	I	E	T	1	S	2	V	1,00		
09:21	22	M	E	T	1	E	T	M	1,00		
09:22	23	3	4	E	1	E	T	V	1,00		
09:23	24	V	E	T	T	D	T	V	1,00		
09:24	25	V	D	1	2	D	2	E	1,00		
09:25	26	V	V	1	2	V	2	V	1,00		
09:26	27	V	V	V	1	V	2	V	1,00		
09:27	28	V	Y	V	1	V	2	V	1,00		
09:28	29	3	Y	T	1	V	2	V	1,00		
09:29	30	T	Y	V	V	V	1	T	1,00		
09:30	31	T	Y	M	V	V	1	T	1,00		
09:31	32	T	Y	1	1	V	1	T	1,00		
09:32	33	S	3	1	2	1	1	M	1,00		
09:33	34	3	M	S	1	V	1	V	1,00		
09:34	35	3	I	S	1	V	1	M	1,00		
09:35	36	3	M	S	1	S	1	M	1,00		
09:36	37	3	4	S	1	M	1	V	1,00		
09:37	38	3	4	S	1	M	1	V	1,00		
09:38	39	3	4	S	1	M	1	V	1,00		
09:39	40	T	4	S	2	3	1	V	1,00		
09:40	41	3	4	3	2	5	1	V	1,00		
09:41	42	3	4	3	1	S	M	V	1,00		
09:42	43	3	4	3	1	S	M	V	1,00		
09:43	44	3	M	V	1	S	Y	V	1,00		
09:44	45	3	I	V	1	S	M	V	1,00		
09:45	46	3	T	V	1	S	T	V	1,00		
09:46	47	1	V	V	1	T	V	V	1,00		
09:47	48	V	T	V	1	V	E	V	1,00		
09:48	49	V	4	V	1	T	2	T	1,00		
09:49	50	V	E	V	1	V	2	V	1,00		
09:50	51	V	4	V	1	M	2	V	1,00		
09:51	52	V	Y	V	1	S	2	V	1,00		
09:52	53	V	Y	V	2	V	Y	V	1,00		
09:53	54	V	Y	V	1	V	Y	V	1,00		
09:54	55	V	Y	V	1	V	Y	V	1,00		
09:55	56	V	Y	V	1	V	Y	V	1,00		

Fonte: Constructora Mediterraneo (2019).

Plataforma 2 - Será apresentada a planilha de resultados de forma detalhada, organizada e visual para uma fácil leitura. O Programa rodará automaticamente em uma planilha os cálculos de porcentagens dos três itens medidos para cada funcionário. Além disso, será apresentado um gráfico que mostra visualmente a distribuição de tempo por funcionário. Esta estrutura é apresentada na Figura 70.

Figura 70 – Distribuição de tempo por funcionário.



Fonte: Constructora Mediterraneo 2019

Fonte: Autora 2020

A última ferramenta do *framework* apresentará em uma plataforma uma planilha que deverá ser preenchida pelo planejador.

Os dados registrados na planilha são as datas de finalização dos *milestones* programadas inicialmente no *Microsoft Project* e as datas que realmente foram finalizadas. Em seguida, o programa rodará um gráfico comparativo do cronograma planejado inicialmente e do cronograma realizado. Assim, o usuário poderá observar se teve êxito no seu planejamento.

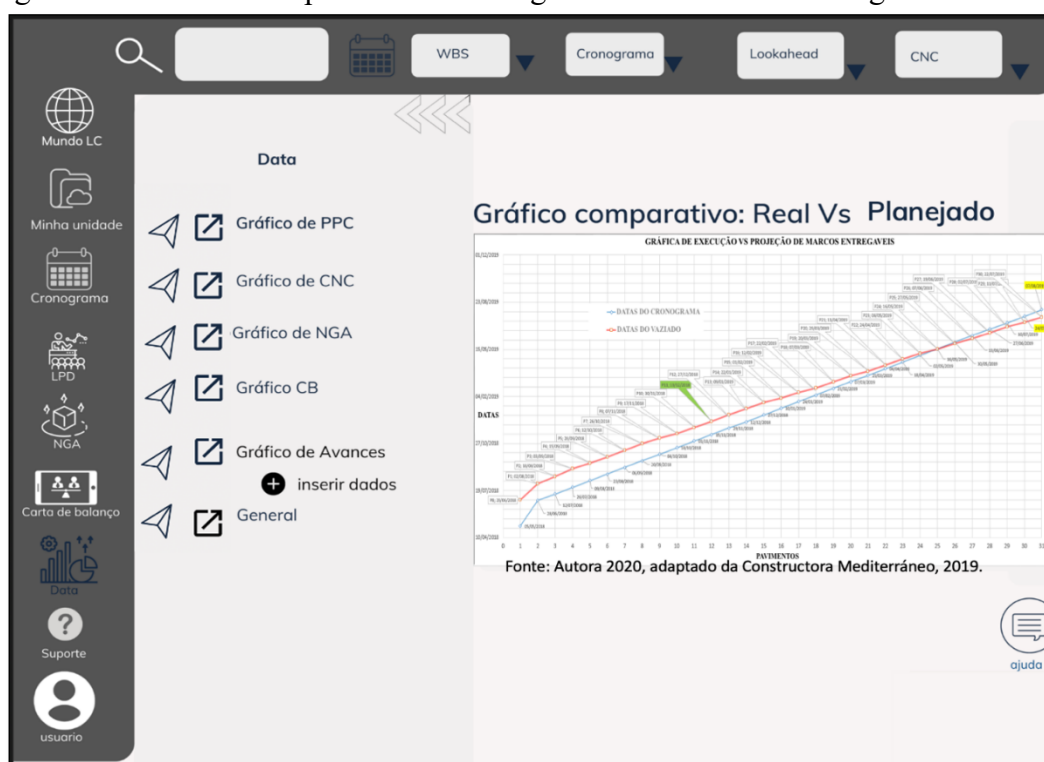
O Quadro 13 apresenta tal comparação que vai estruturar a construção do gráfico, que consta na Figura 70.

Quadro 13 – Planilha comparativa do cronograma inicial X cronograma realizado.

SERVIÇO	DATAS DE CRONOGRAMA	DIAS P/ ANDAR REALIZADO

Fonte: Autora (2020)

Figura 70 – Gráfico comparativo do cronograma inicial *versus* cronograma realizado.



Fonte: Autora (2020)

O *framework* contribui para o desenvolvimento de uma perspectiva didática do processo de planejamento, nivela o conhecimento *Lean* e apresenta uma visão sistêmica das técnicas e práticas.

*Lean* pode servir como diagnóstico de problemas com foco no cliente, e busca reduzir custos operacionais. Desta forma, o diagnóstico começa pela demanda do cliente, que servirá de base para ajustar o sincronismo dos processos. São analisados vários dados do processo produtivo, dentre eles: capacidade de produção, tempos dos ciclos de produção, tempos de troca de ferramentas, *lead times*, estoques, fluxo de materiais, etc.

Não se pode esquecer que o fator crucial é ter o usuário final como elemento central, pois o modelo baseia-se na geração de valor para ele. Constata-se também que um processo produtivo é capaz de gerar valor somente quando as atividades de conversão e de processamento transformam as matérias-primas nos produtos desejados pelos clientes.

#### 5.4 FECHAMENTO

A partir dos benefícios observados de cada ferramenta *Lean*, pode-se concluir que a setorização e a adoção do conceito de trens de trabalho são duas das ferramentas mais simples para aplicar e proporcionam uma visão mais macro do projeto.

Observou-se que o uso do sistema *Last Planner* permitiu reduzir consideravelmente os efeitos da variabilidade dos projetos da obra, pois por meio da aplicação de todos os passos da ferramenta se conseguiu atender a meta principal da construtora, cumprir com o prazo estabelecido, portanto, recuperar os dois meses de atraso. Depois de um tempo de aplicação, os cronogramas começaram a ter maior forma e uso, onde houve maior comprometimento dos colaboradores, alcançando um PPC superior a 70 nos cronogramas semanais, portanto, superior ao padrão em projetos de construção.

A partir dos objetivos gerais deste trabalho transcritos a seguir, e considerando toda a pesquisa realizada, pode-se afirmar que foram atendidos.

**a) Identificar tecnologias e ferramentas que suportam os princípios da filosofia *Lean Construction*;**

Item respondido no capítulo 5.3.

**b) Mapear o processo de implementação da *Lean Construction*, por meio de estudo de caso, relacionando teoria à prática, sob a ótica da gestão de projetos**

No capítulo 4 foi feito o mapeamento detalhado do processo da aplicação da filosofia *Lean* por meio de algumas ferramentas básicas, e pode-se afirmar que a prática em relação à teoria foi efetivada com sucesso, pois um dos objetivos de *Lean* é a melhoria contínua em todas as áreas da obra, e na obra analisada, apesar de se ter constatado inicialmente a obtenção resultados baixos, ao final do período de estudo, verificou-se melhores resultados.

**c) Comparar os resultados obtidos em relação ao método de planejamento tradicional, isolando a variável tempo (tempo de execução real *versus* tempo de previsto pelo método tradicional)**

Este item foi respondido no capítulo 4 e apresentado no Quadro 8.

**d) Registrar os possíveis impactos gerados pela adoção da *Lean Construction***

A partir de um comparativo de resultados da implementação da Filosofia *Lean Construction versus* Metodologia tradicional da *Construtora Mediterrâneo*, apresentado no Quadro 10 do capítulo 4, pode se concluir que os impactos gerados pela implementação *Lean* dá-se nas seguintes áreas:

- tempo de execução: item anterior;
- melhor comunicação e comprometimento entre os *Stakeholders*: tornando um ambiente de trabalho mais confortável onde todos os participantes têm direito a opinar e dar opções sobre suas tarefas a ser realizadas;
- melhores tomadas de decisão e previsibilidades do projeto: as equipes aprendem a tomar melhores decisões por meio de ferramentas que ajudam a detectar os problemas, suas causas raiz e por tanto se apresentam melhores soluções para os problemas;
- maior ordem e limpeza e eliminação de desperdícios: as equipes melhoram aprendendo a ver resíduos através do uso de retrospectivas como o comum;

- potencial de economia em custos durante a construção: por meio da diminuição de atividades que não agregam valor e retrabalhos. Erros construtivos são variável que devem ser eliminadas pois geram maior rejeito de materiais e devido ao seu volume e peso geram transporte de materiais desnecessários e grande impacto ambiental;
- projetos corretos e detalhados: produzem quantitativos concretos aumentando a confiabilidade de estoques corretos;
- entre outros já citados anteriormente.

**e) Propor um *framework* para a adoção da *Lean Construction*.**

Como resultado, ao final desta pesquisa, tem-se um *framework* customizável e instrutivo que reúne as ferramentas práticas e simples que servem de auxílio para cada fase da implementação de ações *Lean* e armazenamento de informação.

O mais interessante é que todos os *Stakeholders* poderão ter a informação de forma rápida e fácil para sua leitura.

A partir deste estudo, será possível desenvolver uma aplicação ou página *Web* de incentivo para a aplicação da filosofia *Lean*, no qual as empresas aprenderão de forma didática.

Vale ressaltar que a *framework* só será utilizada como orientação para a implementação da filosofia *Lean* e, todas as ações detalhadas no capítulo 2 deverão ser realizadas manualmente, já que os *Stakeholders* apresentam um maior nível de comprometimento estando presentes nas reuniões.

Finamente, a partir das duas hipóteses trazidas às páginas iniciais deste trabalho, transcritas a seguir, e considerando toda a pesquisa realizada, o atendimento aos seus objetivos, as descobertas e os seus resultados podem-se concluir que;

**Hipótese 1:** A filosofia *Lean Construction* é uma metodologia que melhora o fluxo de produção e reduz custos em qualquer construtora, de pequeno, médio e/ou de grande porte.

Os conceitos *Lean* não exigem um investimento com custos altos e embora sua implementação exija tempo e dedicação, os benefícios que sua estrutura oferece, são superiores, no tempo, esforço, qualidade, segurança, meio ambiente, custo final e o principal a impressão que se deixa frente ao cliente.

A Hipótese 1 verificou-se como verdadeira por 5 razões.

Não é relevante a dimensão do projeto, se não “como” é projetado.

- Métricas claras, qualquer consultor consegue fazer o seguimento da obra em tempo real.
- Rápida tomada de decisão frente aos números da obra, os índices gerados pelas curvas de forma acumulada e em forma de gráfico facilita ao consultor o análise e comparação entre os valores.
- No seu processo de gerenciamento são eliminados todos os obstáculos gerando-o o mais assertivo possível.
- O controle é rigoroso, e se há algum problema é solucionado após de eliminar sua causa raiz, armazenando o erro para que não se apresento novamente no novo ciclo.
- Cumpre ou supera o esperado, sua excelência é garantida.

**Hipótese 2:** A adoção da filosofia *Lean Construction* como metodologia, ferramenta para planejamento e controle e gestão da produção otimiza recursos e depende de todos os níveis hierárquicos da empresa para atingir seus melhores resultados.

Esta hipótese é verificada pelo seguinte motivo;

A aplicação da metodologia comprovou que a filosofia *Lean Construction* otimiza recursos, pois se conseguiu recuperar, por exemplo, dois meses de atraso que havia antes de sua implementação. Além disso, se comprovou também, com a implementação da metodologia, que todos os níveis hierárquicos da empresa corroboraram os benefícios e resultados de gestão, conforme se demonstrou anteriormente.

Por maior segurança nos momentos de decisão, pode-se afirmar que é fundamental que se tenha confiança e transparência sobre as informações apresentadas, a humildade e habilidade de trabalhar em equipe é imprescindível para o êxito.

#### 5.4.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS POSTERIORES

Como objeto de estudo para trabalhos futuros, recomenda-se que se explore a relação entre o *Lean Construction* (com aplicação de *softwares*) e o VDC (*Virtual Design and Construction – Engineers & Architects*), como um modelo conjunto que resolve todas as demandas da construção.

Esta metodologia nasceu na Universidade de Stanford e foi planejada para ser utilizada junto ao BIM para melhorar os processos no setor não apenas no nível de visualização 3D e detecção de interferência, mas também será para produzir um instrumento externo à obra que sirva para industrializar.

Em relação aos processos construtivos, tem como objetivo simular o processo de construção de acordo com as especificações dos planos (também realizados em BIM), refletindo o que acontecerá no campo, reduzindo riscos e aumentando o cumprimento dos objetivos. Ao trabalhar com modelos de projeto e construção virtual será possível realizar um planejamento mais otimizado e criar ambientes de trabalho mais seguros e eficientes.

Em anexo são apresentadas duas experiências de estudantes da Universidade de Stanford de implementação do VDC, das quais um dos participantes é um dos engenheiros de gerenciamentos da obra estudada.

Por fim, ressalta-se a importância de trabalhos acadêmicos dessa natureza que possam contribuir com a área de planejamento, incentivo de novos pesquisadores para realizar aplicações tecnológicas e estudos que sobretudo sejam aceitos dentro de um sistema organizacional sem resistência dos *Stakeholders* e com facilidade.

## REFERÊNCIAS

AMARAL; ROMAN, Humberto; HEINECK, Luiz. **O treinamento de operários na construção civil a partir dos conceitos de construção enxuta.** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, 4., ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, 2005, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: UFRGS, 2005. p. 1-9.

ALARCÓN, Luis Fernando Cárdenas; PELLICER Eugenio Armiñana. Un nuevo enfoque en la gestión: la construcción sin pérdidas. **Revista de Obras Públicas: Organo Profesional de Los Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos**, v. 34962009, n. 0034-8619, p. 45-52, 01 jan. 2009. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/28249238\\_Un\\_nuevo\\_enfoque\\_en\\_la\\_gestion\\_la\\_construccion\\_sin\\_perdidas](https://www.researchgate.net/publication/28249238_Un_nuevo_enfoque_en_la_gestion_la_construccion_sin_perdidas). Acesso em: 03 mar. 2020.

BALLARD, Glenn. **The Last Planner System of production control.** 2000. 192 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, The University Of Birmingham, Birmingham, 2000. Cap. 10.

BALLARD, Glenn. The Lean Project Delivery System: an update: An Update. **Lean Construction Journal.** Birmingham, p. 1-19. abr. 2008. Disponível em: [www.leanconstructionjournal.org](http://www.leanconstructionjournal.org). Acesso em: 18 set. 2019.

BERTO, Rosa M.VS., NAKANO, Davi N. **A Produção Científica nos Anais do Encontro Nacional de Engenharia de Produção:** um levantamento de métodos e tipos de pesquisa. 2000. 75 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia de Produção, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.

BRASIL, Lean Construction Institute. **Lean Construction.** Disponível em: <https://www.lean.org.br/consultoria-lean-construcao.aspx>. Acesso em: 11 mar. 2020.

CADECOCRUZ - Cámara de la Construcción de Santa Cruz; OBU - O Censo de Obras del Observatorio Urbano; DÍEZ, Víctor Hugo Suárez Vaca. Santa Cruz continúa liderando la construcción en Bolivia. **Construmarket Bolivia.** Santa Cruz de La Sierra, p. 1-1. 03 abr. 2019. Disponível em:

CADECOCRUZ, Cámara de La Construcción de Santa Cruz;-OBU, Observatorio Urbano. La construcción se estanca y prevén que venta de casas se ‘congele’ por tres años. **El Deber.** Santa Cruz de La Sierra, p. 1-1. 04 abr. 2019. Disponível em: <https://www.eldeber.com.bo/economia/La-construccion-se-estanca-y-preven-que-se-congele-la-venta-de-casas-20190403-9571.html>. Acesso em: 16 set. 2019

CAMPERO, Mario; ALARCÓN, Luis Fernando. **Administración de proyectos civiles.** 3. ed. Santiago: Editorial Ediciones, 2008.

CARVALHO, Bruno Soares de. **Estudo sobre o nível de Lean Construction das construtoras brasileiras:** utilizando o método dolc (degree of lean construction): Curitiba, p. 1-9. 24 jan. 2017. Disponível em <https://www.linkedin.com/pulse/estudo-sobre-o-n%C3%ADvel-de-lean-construction-das-dolc-bruno/>. Acesso em: 22 mar. 2020.



CASTILLO, Virgilio Ghio. **Productividad en obras de construcción: diagnóstico, crítica y propuesta**. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, Fondo Editorial, 2001.

CHIZZOTTI, Antônio. **Pesquisa em ciências humanas e sociais**. 2. ed. São Paulo: Cortez, 2006. 76 p.

CONSTRUCTION, Mc Graw Hill. Lean Construction: leveraging collaboration and advanced practices to increase project efficiency: **Smartmarket**. p. 1-60. jan. 2019.

CONSTRUCTOR MEDITERRANEO. **Antecedentes**. Disponível em: <https://www.c-mediterraneo.com/index.php>. Acesso em: 01 outubro. 2020.

CONSTRUMARKET (ed.). Ciudades del eje troncal se modernizan. **Construmarket - Bolivia: construcción**, Santa Cruz, p. 1-6, 16 ago. 2019. Disponível em: <http://construmarket.com.bo/construccion/ciudades-del-eje-troncal-se-modernizan/>. Acesso em: 10 out. 2019.

CONSTRUMARKET. **CONSTRUCCIÓN, EL SECTOR CON MÁS ACCIDENTES LABORALES: Construcción**. Santa Cruz de La Sierra: Construmarket Bolivia, 08 abr. 2019. Disponível em: <http://construmarket.com.bo/construccion/construccion-el-sector-con-mas-accidentes-laborales/>. Acesso em: 01 out. 2019

CONSTRUMARKET (ed.). **Las ciudades que crecen hacia arriba. Construmarket - Bolivia: construcción**, Santa Cruz, p. 1-5, 23 abr. 2019. Disponível em: <http://construmarket.com.bo/construccion/las-ciudades-que-crecen-hacia-arriba/>. Acesso em: 15 out. 2019.

CONSTRUMARKET, BOLIVIA. **Manzana 40 registra 80% de avance: Construcción. Santa Cruz de La Sierra: Construmarket Bolivia**, 01 maio 2019. Disponível em: <http://construmarket.com.bo/construccion/manzana-40-registra-80-de-avance/>. Acesso em: 01 out. 2019.

CONSTRUMARKET (ed.). **Santa Cruz continúa liderando la construcción en Bolivia. Construmarket - Bolivia: construcción**, Santa Cruz, p. 1-4, 23 abr. 2019. Disponível em: <http://construmarket.com.bo/construccion/santa-cruz-sigue-liderando-la-construccion-en-bolivia/> Acesso em: 16 set. 2019

DIARIO, El (ed.). **Construcción acusa menor de empresas registradas en el país. Caboco- Bolivia**, Santa Cruz, p. 1-5, 30 maio 2018. Disponível em: <http://www.caboco.org/noticia/construccion-acusa-menor-de-empresas-registradas-en-el-pais>. Acesso em: 10 ago. 2019.

FERNANDA MOLINA (Bolivia). **Cámara boliviana de la construcción advierte severa crisis y revela que en seis anos cerraron 293 empresas. Money: Construcción**. Santa Cruz de La Sierra, p. 1-4. 3 jun. 2019. Disponível em: <https://www.money.com.bo/~moneycq2/construccion/8443-camara-boliviana-de-la-construccion-advierte-severa-crisis-y-revela-que-en-seis-anos-cerraron-2-293-empresas>. Acesso em: 20 set. 2019.

FORMOSO, T. C. (2001). **Planejamento e controle da produção em empresas de construção**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre.

FORUM, World Economic. **Future of Construction and Infrastructure**. 2019. Disponível em: <<https://jp.weforum.org/projects/future-of-construction>>. Acesso em: 06 set. 2019.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas S.a., 2002. 176 p.

HEINECK, Luiz Fernando Mahlmann; SILVA, Maria de Fátima Souza E. **Avaliação de programas habitacionais: instrumento de gestão tecnológica para o mercado produtor de habitação**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, 3., 2003, São Carlos. **Anais...** São Carlos: ANTAC, 2003.

HEINECK, Luiz; KEMMER, Sérgio; DEPEXE, Marcelo. **Controle eletrônico de obra integrado à programação por linha de balanço**. In: SEMINÁRIO DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL, 2., 2005, São Paulo. **Anais...** São Paulo: EPUSP, 2005. p. 1 - 10.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Índice Nacional da Construção Civil cresce 0,44% em agosto. 2019** Editorial: Estatísticas económicas. Disponível em: <<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/25383-indice-nacional-da-construcao-civil-cresce-0-44-em-agosto>>. Acesso em: 06 set. 2019

INE - Instituto Nacional de Estadísticas-. **De enero a septiembre de 2018: PIB del país registró un crecimiento de 4,04% al tercer trimestre de 2018**: Estado Plurinacional de Bolívia. 2018. Disponível em: <<https://www.ine.gob.bo/index.php/component/k2/item/3368-de-enero-a-septiembre-de-2018-pib-del-pais-registro-un-crecimiento-de-4-04-al-tercer-trimestre-de-2018?highlight=WyJwaWlXQ==>>. Acesso em: 06 set. 2019.

INSTITUTE, Lean Construction. **Lean Construction**. 2020. Disponível em: <https://www.leanconstruction.org>. Acesso em: 16 mar. 2020.

JUNQUEIRA, Luiz Eduardo Lollato. **Aplicação da Lean Construction para Redução dos Custos de Produção da Casa 1.0®**. 2006. 175 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Produção, Centro Tecnológico, Escola Politécnica da Usp, São Paulo, 2006. Cap. 4.

KOSKELA, Lauri. Application of the new production philosophy to construction. **Cife-Center For Integrated Facility Engineering**: Stanford university. California, p. 4-81. ago. 1992.

KOSKELA, Lauri J.; BALLARD, Glenn; TOMMELEIN, Iris. The foundations of lean construction. **Researchgate**: Design and Construction: Building in Value, v. 1, n. 1, p. 2-17, 01 jan. 2002. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/28578914>. Acesso em: 03 mar. 2020.

KOSKELA, Lauri; BERTELSEN, Sven. CONSTRUCTION BEYOND LEAN: A NEW UNDERSTANDING OF CONSTRUCTION MANAGEMENT. **International Group For Lean Construction**: Elsinore, Denmark, p.1-11, 2004. Professor, D.Sc., The University of Salford, School of Construction & Property Management, Salford M7 1NU, United Kingdom, L.J.Koskela@salford.ac.uk.

LA RAZON. Manzana 40 albergara el sexto Camino Real. **La Razón**. Santa Cruz de La Sierra, p. 1-3. 24 abr. 2019. Disponível em: [http://www.la-razon.com/suplementos/el\\_financiero/Manzana-albergara-sexto-Camino-Real\\_0\\_2735126546.html](http://www.la-razon.com/suplementos/el_financiero/Manzana-albergara-sexto-Camino-Real_0_2735126546.html). Acesso em: 12 ago. 2019.

LICHTIG, William A. Sutter Health: Developing a Contracting Model to Support Lean Project Delivery. **Lean Construction Journal**. California, p. 1-112. abr. 2005. Disponível em: [https://www.leanconstruction.org/media/docs/lcj/LCJ\\_05\\_008\\_a.pdf](https://www.leanconstruction.org/media/docs/lcj/LCJ_05_008_a.pdf). Acesso em: 07 ago. 2019.

MATTOS, Aldo Dórea. **Planejamento e controle de obras: PERT/CPM. Caminho crítico.Folgas.Abordagem Probabilística.Aceleracao.Nivelamento de recursos.Linha de balanço.Corrente crítica.Análise de valor agregado**. 2. ed. São Paulo: Pini Ltda, 2010. 426 p. Revisão:Luciane Gomide.

MUTTI, Cristine do Nascimento. **Guia prático para trabalho de conclusão de curso em construção civil: graduação e pós-graduação**. Florianópolis: Pallotti, 2008. 87 p.

MAZIERO, L.T.P. **Aplicação do conceito do método da linha de balanço no planejamento de obras repetitivas. Um levantamento das decisões fundamentais para sua aplicação**.1990. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade Federal de Santa Catarina,Florianópolis, 1990.

OLIVEIRA, Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Sonia V. W. Borges de. **Tipos de Pesquisas**. Disponível em: [https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/2148198/mod\\_resource/content/1/Aula%204%20Tipos%20de%20Pesquisas.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/2148198/mod_resource/content/1/Aula%204%20Tipos%20de%20Pesquisas.pdf). Acesso em: 12 mar. 2020.

PICCHI, F.A. **Sistemas da Qualidade: Uso em Empresas de Construção**. 1993. 461p. Tese (doutorado em engenharia) – Universidade de São Paulo. São Paulo.

PONS, Juan Felipe Achell; PERÉZ, Iván Rubio. **Lean Construction y la Planificacion Colaborativa Metodológica del Last Planner System**: colección guías prácticas de lean construction. Madrid: Consejo General de La Arquitectura Técnica de España, Paseo de La Castellana, 155 - 28046 Madrid, 2019. 100 p.

PONS, Juan Felipe Achell. **Introducción a Lean Construction**. Madrid: Fundación Laboral de La Construcción C/ Rivas, 25 - 28052 Madrid Tel.: 900 11 21 21, 2014. 74 p.

PONS, Juan Felipe. **MASTERCLASS: lean construction**. Madrid: Consejo General de La Arquitectura Técnica de España, 2020. Color. Disponível em: [https://support.goto.com/webinar/system-checkattendee?c\\_prod=g2w&c\\_name=email&c\\_cmp=welcome&role=attendee&source=registrantReminderEmail&language=spanish](https://support.goto.com/webinar/system-checkattendee?c_prod=g2w&c_name=email&c_cmp=welcome&role=attendee&source=registrantReminderEmail&language=spanish). Acesso em: 26 abr. 2020.

PORTER, Michael E. **Competitive Strategy: techniques for analyzing industries and competitors**. New York, The Free Press, 1998. 422 p

PREVISION BR, Guilherme Losekann de. **Origem e conceito de Linha de Balanço**. Disponível em <https://www.prevision.com.br/blog/linha-de-balanco-o-que-e/#:~:text=Origem%20e%20conceito%20de%20Linha,repeti%C3%A7%C3%A3o%2C%20como%20pr%C3%A9dios%20ou%20loteamentos>. Acesso em: 15 mar. 2020.

PRICE WATER HOUSE COOPERS - PWC; ECONOMICS, da Global Construction Perspectives e Oxford. **Https://www.pwc.com/vn/en/industries/engineering-and-construction/pwc-global-construction-2030.html**. 2015. Disponível em: <<https://www.pwc.com/vn/en/industries/engineering-and-construction/pwc-global-construction-2030.html>>. Acesso em: 06 set. 2019.

REBOUÇAS, Djalma de Pinho. **Sistemas, organização e métodos: uma abordagem gerencial**. São Paulo: Atlas: 2009.

ROBINSON, Graham; ECONOMIC, Oxford; LACONSTRUCCIÓN, Cchc- Camara Chilena de. **II Congreso de Innovación ExpoEdifica: Chile: Graham Robinson, 2017. Color**. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=7Gqhttljcec>>. Acesso em: 16 set. 2019.

SENGE, Peter. **The fifth discipline**. 33. ed. New York: Bestseller, 2013. 644 p.

SERPELL, Alfredo; ALARCÓN, Luis. Construction process improvement methodology for construction projects. **International Journal Of Project Management**. Santiago, p. 1-221. ago. 2001.

SERPELL, Alfredo. **Calidad en la construcción: la situación de la industria chilena de la construcción**. Universidad del Desarrollo, Santiago, 2002. Cap. 1.

SLACK, N. **Vantagem competitiva em manufatura: atingindo competitividade nas operações industriais**. Tradução Sônia Maria Correia. Revisão Técnica Henrique Luiz Corrêa. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

SPEAR, Steven J.. **The High Velocity Edge: how market leaders leverage operational excellence to beat the competition**. 2. ed. Cambridge: Mc Graw Hill, 2009. 433 p.

WOMACK, James P.; JONES, Daniel T.; ROOS, Daniell. **A maquina que mudou o mundo: Baseado no estudo de Massachusetts Institute of Technology, de cinco milhões de dólares e cinco anos de duração, sobre o futuro automóvel**. 2. ed. Cambridge, Massachusetts: Campus, 1992. 53. Traduação de Ivo Korytowski. Rio de Janeiro.

WOMACK, James P.; JONES, Daniel T. **Lean Thinking: banish waste and create wealth in your corporation**. New York: Free Press, 1996.

YIN, Robert K. **Applications of Case Study Research: applied social research methods series**. 3. ed. London: Sage, Thousand Oaks, 2003. 11

APÊNDICE A – 1ª Entrevista Eng. José Luís Oriás, Chefe de obra



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL  
COORDENADORIA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**1ª Entrevista Eng. José Luís Oriás**

**ALUNA:** Bruna Suarez Contreras

**MATRÍCULA:** 15150737

**PROFESSOR ORIENTADOR:** Eduardo Lobo

**Entrevista Pessoal**

1. ¿Qual seu nome completo?

José Luis Orias Alvarez

2. ¿Quantos anos tem?

42 años

3. ¿Onde estudou?

Universidad Autónoma Gabriel Rene Moreno, da cidade de Santa Cruz de la Sierra

4. ¿Que cursos de extensão?

Posgrado em Gerencia da Construção da Universidad de Chile

Posgrado em Desenho de Estruturas de H°A° y H° postensado da Universidad de Tarija

Posgrado em BIM Manager em Zigurat -Espanña

5. Participou em algum congresso? Se sim, em quais?

Congresso internacional de *Lean Construction en la ciudad* de México.

Congresso internacional de *Lean Construction en Lima* Perú.

Congresso internacional de *Lean Construction en Monterrey* de México.

Congresso internacional de *Lean BIM* em Santa Cruz - Bolívia.

Congresso internacional de *Lean BIM* em La Paz - Bolívia.

Congresso internacional de *Lean BIM* em La Paz - Bolívia.

*Misión Tecnológica internacional de Lean Construction* em Lima Perú.

6. ¿Pode falar um pouco sobre sua experiencia Profissional?

Sou engenheiro Senior com mais de 15 anos de experiência na área de projetos e construção de infraestruturas.

### **Entrevista Manzana 40**

1. Propietario: Grupos H y Las Lomas
2. Nome do projeto: Manzana 40 Centro Empresarial
3. Tipo de Projeto: Edificio de 30 pisos, para uso de oficinas y restaurantes
4. Localización: Localizado na avenida San Martin e calle J de Santa Cruz de la Sierra Bolivia, no coração do centro empresarial de Equipetrol Norte, zona com maior valoración comercial y residencial de Santa Cruz de la Sierra. A solo metros dos maiores shoppings, bancos, restaurantes y centros de ventas.
5. Descripción do projeto: Manzana 40 Plaza Empresarial, cuja construção requer de uma inversión de pelo menos \$us 55 milhões, é levantada sobre uma superficie de 7.000 metros cuadrados sobre os que se edificaram 90.000 m<sup>2</sup> e está composto por duas torres quase idênticas de 30 andares cada uma, que contaram com o último em eficiência energética, seguridad e sistemas inteligentes de climatización e de isolación térmica y acústica, entre outros.
6. ¿Antes da implementação da filosofia Lean Construction, qual era o método que tradicionalmente utilizava para o gerenciamento da obra Manzana 40? Quais *softwares* utilizava?  
Se utilizava um cronograma em Microsoft Project, como seguimento da obra.
7. Quais trabalhadores estavam involucrados no gerenciamento da obra?
  - 1 Diretor de obra.
  - 4 Engenheiros da obra.
  - 2 Engenheiros de segurança industrial.
  - 2 Engenheiros estagiários
8. Explique como informava aos involucrados suas tarefas antes da implementação *Lean Construction* e como eram a reuniões.

Se realizava reuniões semanais, para estudar o alcance da semana e programar as atividades seguintes. Nas reuniões não estavam presentes os subcontratados, eles só recebiam instruções.

9. Qual era a proporção média em percentagem de mão de obra subcontratada?

90%

10. Em que data se iniciou e finalizou a obra?

Início: janeiro 2018

Final: agosto 2019

11. Quais foram os problemas de atraso da obra?

- Fator clima, na região existem ventos 8 meses ao ano e 2 meses com intensidade chegando aos 100 km/hr. Além 2 meses de chuva.
- Problemas com as guas, falta de plano de mantimento e planos de elevação.

12. Antes da implementação Lean a obra teve algum dos seguintes problemas? Caso tiver pode descreve-los?

- Encontrar ações entre processo: Não havia um processo claro definido para as atividades, nem um planejamento estratégico que pudesse ser controlado; havia bastante variabilidade que afetava o fluxo diário.
- Atividades acumuladas em algum trabalho: Se gerava acumulo de atividades devido à falta de sequência ou equilíbrio de atividades.
- Dificuldade para cumprir os pedidos a tempo: Havia um bom controle de pedidos de material.
- Baixa eficiência da equipe: No início não havia plano de operações diárias de forma ordenada, o que gerava deficiência e má utilização das guas, isso afetava a produtividade diária e gerava atrasos acumulados. Foi melhorado depois de conseguir uma boa planificação de uso diário das guas.
- Movimentação desnecessária: Se presentava em traslado de formas de lajes, no início se transportavam de forma desorganizada o que gerava perdas de tempos e movimentos não produtivos.

13. Em que etapa da obra se implementou a filosofia *Lean Construction*?

Outubro 2018

14. Com quais ferramentas iniciou a implementação da filosofia Lean na obra Manzana 40?

- *Last Planner System*.

- Setorização
  - Trem de trabalho
  - 5 S
  - Carta Balanço.
  - Nível Geral de Atividades
15. Houve alguma mudança de *softwares* para a gestão de seus projetos da obra após da implementação Lean?
- Se continuou utilizando Microsoft Project, para controle de prazos como um “Master plan”, na implementação de ferramentas Lean se foi utilizado planilhas de Excel.
16. Qual é a ferramenta Lean que teve melhor resultado?
- Last Planner System.*
17. ¿Teve alguma mudança em média em percentagem de mão de obra subcontratada após da implementação Lean?
- Teve uma redução de 30 % da mão de obra.
18. Quais são os desperdícios que foram mais observados em suas obras antes da implementação Lean?
- Sobre produção na execução de colunas, que logo rompiam o fluxo por não ter tac time.
  - Esperas em frentes de trabalhos por falta de coordenação na entrega de materiais.
  - Equipes sobre dimensionados e movimentos de matérias desnecessários por não contar com uma planificação de meio prazo.
19. Qual foi o valor em percentagem de economia que a implementação da filosofia *Lean Construction* gerou no gerenciamento da obra Manzana 40?
- O máximo valor foi na obra Manzana 40, com um valor estimado de 8%.
20. Teve algum problema na aplicação de esta filosofia?
- Sim, no processo de capacitação dos *Stakeholders*, no início foi difícil coordenar um ambiente de trabalho colaborativo. Demorou dois meses até todos os *Stakeholders* entenderem ou aceitarem seu rol dentro da equipe.
21. Quais operários estiveram envolvidos na gestão do projeto? Teve alguma resistência dos trabalhadores? Se sim, quais?
- Todo o pessoal operativo estava envolvido; diretor da obra, todos engenheiros (civis, segurança, ambientais, etc.) subcontratados e especialmente mestres de obras. Sim, foi percebido no início por parte dos engenheiros de obra uma falta de credibilidade na aplicação.



22. Quanto tempo demorou a aplicação de esta filosofia?

Um tempo aproximado de 2 meses.

23. Como descreve os seguintes itens na obra Manzana40 após da implementação de esta filosofia?

- Capacidade de produção: gerar um fluxo de produção contínua, que garante o cumprimento de prazo contratual, com capacidade medida em função das métricas de controle teóricas do projeto.
- Tempos de ciclo de produção: este ciclo pode-se descrever como o tempo takt time de uma atividade dentro da aplicação setorizada
- Estoques: foi utilizado o estoque mínimo necessário em obra, que garante que o fluxo não pare.
- Fluxo de material: o fluxo de material foi mais ordenado, já que estava controlado pelo atividades planificadas.

### Entrevista informação geral

1. ¿Antes da implementação da filosofia *Lean Construction*, qual era o método que tradicionalmente utilizava para o gerenciamento suas obras? Quais *softwares* utilizava?

Se utilizava um cronograma em Microsoft Project, como seguimento da obra.

2. ¿Em quantas obras implementou *Lean Construction*?  
obras

3. Qual foi o máximo valor em percentagem de economia que a implementação da filosofia *Lean Construction* gerou no gerenciamento de suas obras?

O máximo valor foi na obra Manzana 40, com um valor estimado de 8%.

4. ¿Quanto tempo demorou a construtora para a capacitação de todos os funcionários envolvidos para a implementação de esta filosofia na construtora Mediterráneo?

Para obter um resultado positivo foi um processo que demorou, os engenheiros de planejamento de obras foram capacitados por meio de congressos e cursos oferecidos pela construtora. Uma vez eles foram capacitados, demorou aproximadamente 2 meses para eles ensinar a todos os *Stakeholders* de suas obras.

7. ¿Quais empresas construtoras utilizam *Lean Construction* em Bolívia?

Em Bolívia recém está-se implementando esta nova filosofia e ferramentas, pelo que a maioria das empresas construtora ainda não tem conhecimento. A empresa construtora é uma das primeiras em implementá-la.

#### **APÊNDICE B – 2º Entrevista Eng. José Luís Oriás, Chefe de obra**

1. Por que o trabalho começou dois meses depois do planejado? Que problema aconteceu com a fundação?

Teve na execução das fundações. Além houve um atraso na chegada dos materiais de formas de materiais. No local, havia 30% do que era necessário no início da obra.

2. Em que andar a *Lean Construction* começou?

Na execução do 8º andar.

3. Qual funcionários tem acesso a todos os projetos na metodologia tradicional e na metodologia *Lean Construction*?

- Na metodologia tradicional os funcionários que tinham acesso aos projetos eram o gerente de obra e os engenheiros responsáveis.
- Na metodologia *Lean Construction* os funcionários que tinham acesso aos projetos eram para todos os envolvidos na execução, incluindo subcontratados.

4. De que forma são gerados os relatórios de erros e / ou omissões na construtora?

São geradas diariamente em planilhas de controle de qualidade dos elementos a serem executados; essas planilhas são assinadas pela supervisão antes da concretagem de cada pavimento.

5. Como os relatórios de interferência são gerados?

Quando há interferências são detectadas em planos 2D elaborados pela construtora, para serem aprovadas e assinadas pela fiscalização.

## ANEXO A – Experiências de trabalho do Engenheiro Jhony Balceras Butron da implementação do VDC da Universidade de Stanford.

# Plan de Implementación

**Nombre:** Jhony Balceras Butron

**Empresa:** Constructora del mediterráneo SRL

**Cargo:** Director De Obra

**Nombre del Proyecto:** Clínica Metropolitana De Las Américas





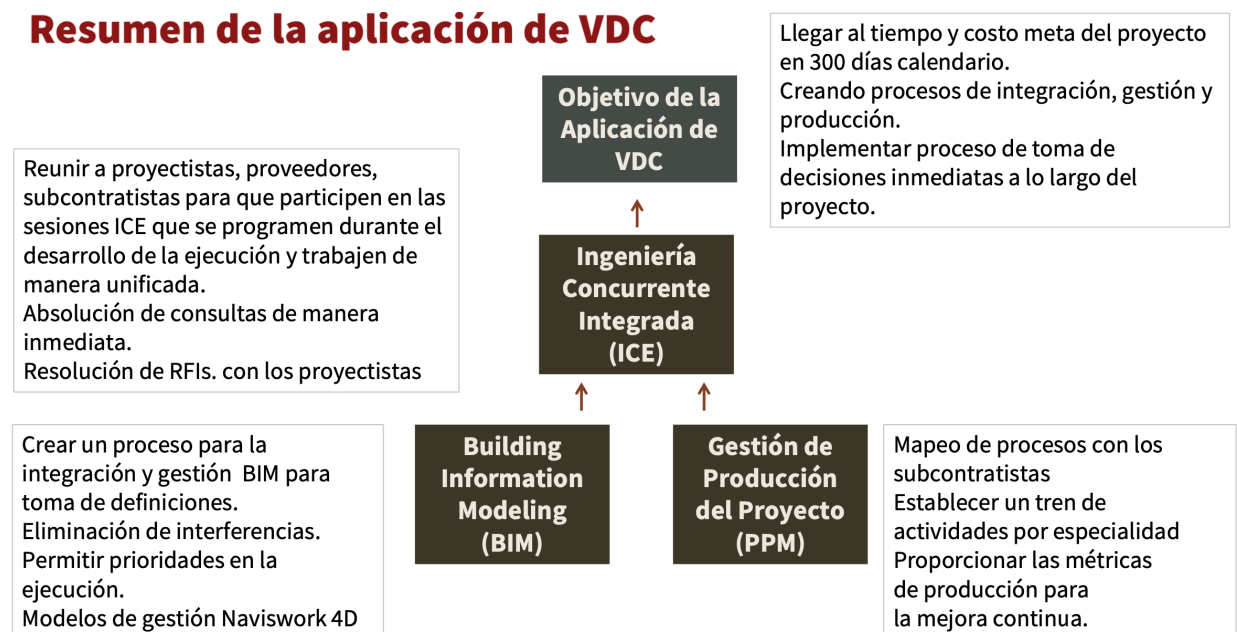
## Contexto del proyecto para tu aplicación de VDC

Breve introducción de tu proyecto.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- El proyecto Clínica Metropolitana De Las Américas se encuentra ubicado en Santa Cruz – Bolivia, Avenida Beni - Sexto Anillo.</li> <li>- Edificio de 8 niveles mas 1 sótano.</li> <li>- Ejecución obra fina + exteriores en un plazo de 10 meses, área techada de 33000m2 con el enfoque fast track.</li> </ul>
¿Cómo se ve el éxito en el proyecto?	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Completar acabados secos, húmedos, instalaciones y obras exteriores en 300 días calendario y entregar en febrero 2021 para proceder con el equipamiento.</li> </ul>
¿Qué reto(s) podrían interponerse en el camino del éxito en el proyecto?	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Integrar especialidades ya que actualmente no se tiene modelos BIM definidos</li> <li>- Realizar la cultura de cambio a la integración con lineamientos definidos con los subcontratistas.</li> </ul>

## Cuantificación del tema específico

¿Cuál es tu rol en el proyecto? ¿Qué influencia tienes en la configuración del éxito y la gestión de los desafíos?	Soy Director de obra con influencia total encargado de la ejecución seguimiento y control del proyecto. Puedo tener influencia en las decisiones del cliente e influir en los procesos de los subcontratistas
¿Cuál es el problema más urgente en los próximos meses en el contexto de tu trabajo? ¿Cómo afecta este problema al éxito del proyecto?	El problema mas urgente es el BIM ya que no se tienen modelos actualizado e integrados. Afecta en la ejecución ya que no se tienen toma de decisiones para ejecución
¿Cómo espera que VDC te ayude a resolver este problema? ¿Cuál será el efecto de la aplicación de VDC? Por favor cuantifique el efecto. Este es el objetivo de tu aplicación VDC.	VDC ayudara a integrar y gestionar especialidades para una toma de decisiones oportuna, asimismo controlar la producción de obra. Con sesiones ICE semanal y con un control de actas se podrán evaluar métricas avances de la integración, gestión y producción. BIM brindara una integración control de interferencias. PPM proporcionar métricas de producción PPC para la mejora continua en la ejecución.

## Resumen de la aplicación de VDC



## Descripción detallada de la aplicación de VDC

**Objetivo de la aplicación de VDC**  
Cumplir con la ejecución de obra fina + exteriores en un plazo de 300 días, cambiando el proceso constructivo tradicional a un entorno colaborativo.

ICE	Objetivo	Métrica	Meta
<b>Métricas de Producción</b>	Asistencia de proyectistas, proveedores, subcontratistas	% de asistencia personas planificadas	100%
<b>Factores Controlables</b>	Sesión ICE semanal	Frecuencia de la sesión ICE	Semanal

BIM	Objetivo	Métrica	Meta	PPM	Objetivo	Métrica	Meta
<b>Métricas de Producción</b>	Detectar numero de Interferencias Modelo 4D Navisworks	# de Interferencias resueltas	0	<b>Métricas de Producción</b>	ejecutar sin restricciones y de manera sectorizada	PPC	90%
<b>Factores Controlables</b>	BIM con LOD300	Días antes de la sesión ICE	1	<b>Factores Controlables</b>	Datos de producción disponibles para la sesión ICE	Días antes de la sesión ICE	1

## Descripción detallada de la aplicación de VDC

Objetivo de la aplicación de VDC
<p>Implementar reuniones ice productivas.            Implementar métricas de reuniones ice.            Gestionar en integrar BIM.            Implementar métricas de gestión BIM.            Mejorar tiempos de respuesta.            Consensuar respuestas inmediatas.            Consensuar respuestas a corto plazo.            Evitar reprocesos .            Anticipar soluciones.            Controlar producción.</p>

## Descripción detallada de la aplicación de VDC

ICE	Objetivo	Métrica	Meta
<b>Métricas de Producción</b>			
Sesión ICE	Asistencia de proyectistas, proveedores, subcontratistas	% de asistencia personas planificadas	100%
Sesión ICE	Resolución de RFIs por especialidad.	Horas empleadas	meta = 2 soluciones/hora
Sesión ICE	Lectura de acta y compromisos	% compromisos cumplidos	100%
<b>Factores Controlables</b>			
Sesión PRE-ICE Y ICE	Sesión ICE semanal	Frecuencia de la sesión ICE	1

## Descripción detallada de la aplicación de VDC

BIM	Objetivo	Métrica	Meta
<b>Métricas de Producción</b>			
	Modelo para compatibilización de especialidades	% de consultas absueltas	95%` por cada sesión ICE
	Detectar interferencias con Navisworks modelo 4D	# de interferencias	0
<b>Factores Controlables</b>			
	Bim LOD300	Días antes de la sesión ICE	1

## Descripción detallada de la aplicación de VDC

PPM	Objetivo	Métrica	Meta
<b>Métricas de Producción</b>			
	Prioridades de ejecución Avance físico	% de avance	100%
	Ejecutar sin restricciones y de manera sectorizada	PPC	90%
<b>Factores Controlables</b>			
	Datos de producción disponibles para la sesión ICE	Días antes de la sesión ICE	1

### ¿Cuál es tu plan para el siguiente mes?

Implementar sesiones ICE con la asistencia del 100% involucrados cada semana.  
Integrar especialidades.  
Definir procesos de trabajo.

### ¿Cuál es tu plan para la siguiente semana?

Evaluar los modelos BIM  
Definir modelos BIM

**Stanford** | Stanford Center for  
Professional Development



**Stanford** | Center for  
Professional Development

## ANEXO B – Experiências de trabalho do Engenheiro Martin Fisher da implementação do VDC da Universidade de Stanford

# Plan de Implementación

**Martin Fischer**

T5 Contractors

Gerente de Proyecto

Obras de concreto para la extensión del a T5





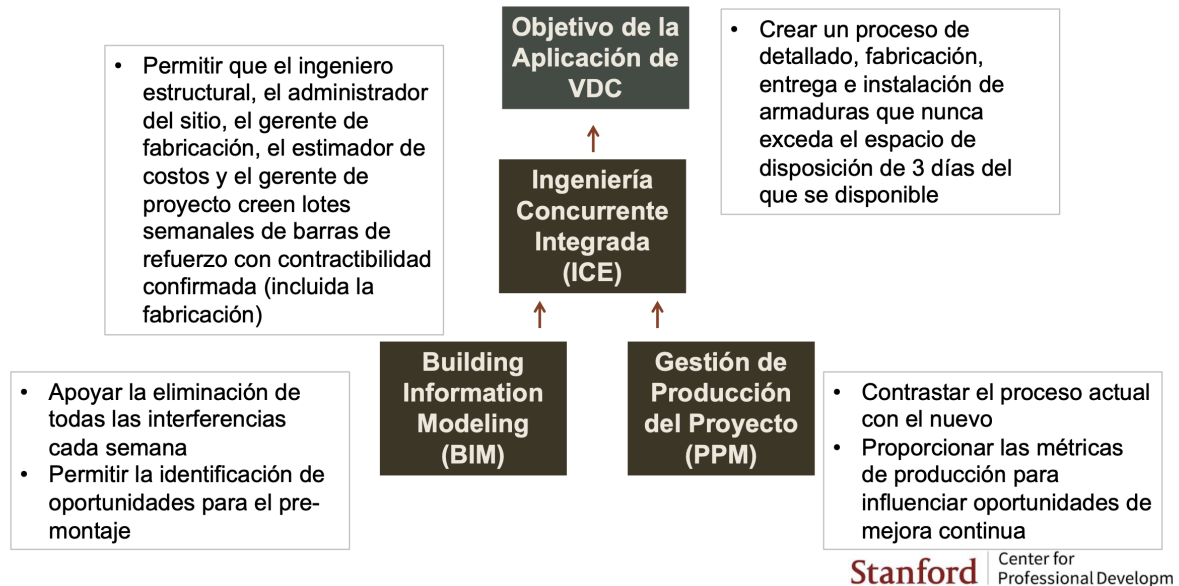
### Contexto del proyecto para tu aplicación de VDC

Breve introducción de tu proyecto.	Colocación de 12,500 m3 de concreto incluyendo barras de refuerzo y encofrado para la estructura de cimientos y túneles de la extensión del Heathrow Express a T5 en un período de 15 meses.
¿Cómo se ve el éxito en el proyecto?	Haber completado los trabajos concretos antes del 31 de mayo de 2004 sin un incidente de tiempo perdido, dentro del presupuesto y con cero errores.
¿Qué reto(s) podrían interponerse en el camino del éxito en el proyecto?	El sitio es extremadamente estrecho y ofrece almacenamiento de material por solo 3 días para las obras de concreto. La variabilidad actual de los detalles de la armadura y la entrega es de 20 días hábiles, lo que requiere un búfer de inventario que es demasiado grande para el espacio del que se disponible.

### Cuantificación del tema específico

¿Cuál es tu rol en el proyecto? ¿Qué influencia tienes en la configuración del éxito y la gestión de los desafíos?	Soy el gerente de proyecto y puedo dar forma a la organización y el proceso utilizados para detallar, entregar e instalar las obras de concreto.
¿Cuál es el problema más urgente en los próximos meses en el contexto de tu trabajo? ¿Cómo afecta este problema al éxito del proyecto?	No todos en mi equipo y en el equipo del contratista general reconocen la gravedad del desafío que enfrentamos en términos de variabilidad de la cadena de suministro y espacio de disposición. Por lo tanto, será difícil acordar una solución radical para abordar el desafío, pero se necesita un cambio radical en la práctica actual.
¿Cómo espera que VDC te ayude a resolver este problema? ¿Cuál será el efecto de la aplicación de VDC? Por favor cuantifique el efecto. Este es el objetivo de tu aplicación VDC.	Las métricas comparando el rendimiento de hoy con rendimiento necesario alinearán la atención del equipo sobre el mismo problema. BIM mejorará la calidad y puntualidad de la información en todas las disciplinas necesarias para crear e implementar una solución al desafío. Apoyará la colaboración efectiva para generar un diseño constructivo en lotes que se puedan producir en un ciclo semanal. PPM contrastará lo nuevo con el proceso tradicional y proporcionará las métricas de producción necesarias para la mejora continua.

## Resumen de la aplicación de VDC



## Descripción detallada de la aplicación de VDC

**Objetivo de la aplicación de VDC**

*El espacio necesario para poner la armadura necesita menos de un día de trabajo para estar disponible*  
*La barra de refuerzo se puede producir en 5 días hábiles en lugar de 30 días hábiles.*  
*La variabilidad del proceso de producción de barras de refuerzo se reduce de 20 días hábiles a 1 día hábil*

ICE	Objetivo	Métrica	Meta
<b>Métricas de Producción</b>	Lote confirmado de armadura	# de disciplinas que firman el plan de producción de barras de refuerzo cada semana	Todas
<b>Factores Controlables</b>	Sesión ICE semanal	Frecuencia de la sesión ICE	Semanal

BIM	Objetivo	Métrica	Meta
<b>Métricas de Producción</b>	Diseño sin interferencias	# de interferencias	0
<b>Factores Controlables</b>	BIM con LOD400 disponible	Días antes de la sesión ICE	1

PPM	Objetivo	Métrica	Meta
<b>Métricas de Producción</b>	Producir barras de refuerzo de acuerdo con el plan	PPC	100%
<b>Factores Controlables</b>	Datos de producción disponibles para la sesión ICE	Días antes de la sesión ICE	1

## ¿Cuál es tu plan para la siguiente semana?

Crear los diagramas de proceso para la forma actual de detallar, fabricar, entregar e instalar barras de refuerzo

Hacer una lluvia de ideas con al menos tres opciones para un proceso que aborde el desafío de la variabilidad y del tendido (espacio para almacenar las armaduras)

Describir las métricas de producción para controlar el nuevo proceso de producción de armaduras

Convencer a mi equipo y al gerente de proyecto del contratista general de la gravedad del desafío



## ¿Cuál es tu plan para el siguiente mes?

Acordar el proceso de producción de barras de refuerzo en 5 días hábiles

Definir el flujo de trabajo con BIM y el LOD para el ingeniero estructural, subarrastre, fabricante y contratista de concreto

Tener la primera sesión ICE con el apoyo de BIM

**Stanford** | Stanford Center for  
Professional Development



**Stanford** | Center for  
Professional Development