

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS**  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CONSTRUÇÃO CIVIL

**“APLICAÇÃO DE TÉCNICAS LEAN NO GERENCIAMENTO DA PRODUÇÃO:  
ESTUDO DE CASO EM UMA OBRA NA CONSTRUÇÃO CIVIL BRASILEIRA”**

Autor: Daniel Tarabal da Matta  
Orientador: Prof. Eduardo Chahud

Belo Horizonte  
Abril/2015

Daniel Tarabal da Matta

**“APLICAÇÃO DE TÉCNICAS LEAN NO GERENCIAMENTO DA PRODUÇÃO:  
ESTUDO DE CASO EM UMA OBRA NA CONSTRUÇÃO CIVIL BRASILEIRA”**

Dissertação apresentada a Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Construção Civil. Área de concentração: Materiais de Construção Civil. Linha de pesquisa: Gerenciamento de Empreendimentos de Construção Civil.

Orientador: Prof. Eduardo Chahud

Belo Horizonte  
Escola de Engenharia da UFMG  
2015  
Abril/2015

Daniel Tarabal da Matta

**“APLICAÇÃO DE TÉCNICAS LEAN NO GERENCIAMENTO DA PRODUÇÃO:  
ESTUDO DE CASO EM UMA OBRA NA CONSTRUÇÃO CIVIL BRASILEIRA”**

Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de Mestre em Construção Civil e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-graduação em Construção Civil do Departamento de Engenharia de Materiais e Construção da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais

Belo Horizonte, 09 de abril de 2015

---

Prof. Paulo Roberto Pereira Andery  
Coordenador do Programa de Pós-graduação em Construção Civil

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Eduardo Chahud  
Orientador(a) - (UFMG/DEMC)

---

Prof. Dr. Paulo Roberto Pereira Andery  
(UFMG/DEMC)

---

Profa. Dra. Luciana Nunes de Magalhães  
(FUMEC)

Dedico este trabalho a Deus e a minha família.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, pela iluminação e força;

À minha família, amigos e pessoas queridas, pelo apoio e companhia;

Ao meu pai, pela orientação e alinhamento;

Às lideranças e diretoria da empresa em que trabalho, pelas oportunidades;

À equipe envolvida no projeto, pelo aprendizado e troca de experiências;

Ao Prof. Paulo Andery, por me apresentar ao tema em suas aulas;

À Prof<sup>a</sup> Maria Teresa Aguilár, pelo conhecimento de metodologia científica;

Ao Prof. Roberto Figueiredo, pelas técnicas de pesquisa e escrita;

Ao Prof. Eduardo Chahud, pela orientação;

À Koskela, Ballard, Howell, Bertelsen e demais autores, pela publicação de material de excelente qualidade;

À UFMG, por ser minha casa durante sete anos, na graduação e mestrado.

## RESUMO

Melhorar a produtividade da construção é um grande desafio enfrentado pelos praticantes, uma vez que seu desempenho tem se demonstrado inferior ao de outras indústrias. O termo “nova filosofia da produção” se refere a um conjunto de métodos, técnicas e ferramentas originadas no JIT e TQC japoneses na indústria automobilística que vem apresentando bons resultados. A possibilidade de aplicação dessas técnicas na construção vem ocorrendo desde o trabalho de Koskela, em 1992. Este trabalho se consiste, primeiramente, de uma revisão bibliográfica do tema, fornecedora dos subsídios teóricos para implementação. Em seguida, é realizada a análise de um estudo de caso da aplicação de conceitos e técnicas *Lean* nos processos de gestão de um canteiro de obras brasileiro, de modo a avaliar seu potencial de ganho e apontar as principais dificuldades no caminho. Esse trabalho mostrou que, mesmo limitando o campo de aplicação à gestão da produção, *i.e.* ao canteiro de obras, é possível obter bons resultados e melhoria de desempenho. O trabalho teve como objetivo, também, contribuir para o conhecimento a respeito do tema, que necessita de mais relatos de aplicação, especialmente no Brasil.

## **ABSTRACT**

Improving construction performance has been a challenge for practitioners, for its performance has been presenting worse results than the other industries. The term “new production philosophy” refers to a series of methods, tools and techniques originated in the Japanese JIT and TQC in the automobile industry, and it has been presenting good results. The possibility of the application of these techniques in construction has been developed since the work of Koskela, in 1992. This thesis is consisted, firstly, of a review of the literature on the theme, in order to give theoretical subsidy towards the implementation. Then, it is reported the analysis of a case study on the application of Lean concepts and techniques in the production management processes of a Brazilian construction site, in order to evaluate its gain potential and to point the main difficulties in the way. This thesis shows that, even in applications limited to the production management, *i.e.* to the construction site, it is possible to obtain good results and performance improvement. Another objective of this thesis is contributing to the knowledge of the field, which is in need of more application reports, especially in Brazil.

## SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA.....	1
2.	OBJETIVO .....	3
3.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
3.1.	<i>Lean Thinking</i> : origem e conceitos.....	4
3.1.1.	Origem.....	4
3.1.2.	Just in Time - JIT .....	6
3.1.3.	Total Quality Control – TQC.....	6
3.1.4.	Outros conceitos relacionados .....	7
3.2.	Princípios e elementos do <i>Lean Production</i> .....	9
3.2.1.	Os cinco princípios Lean.....	9
3.2.2.	Elementos do Lean Production .....	11
3.3.	Lean Construction.....	15
3.3.1.	Introdução.....	15
3.3.2.	Teoria da produção.....	16
3.3.3.	Particularidades da construção .....	20
3.3.4.	Integração das cadeias de suprimentos na construção.....	23
3.3.5.	Características das cadeias de suprimentos na construção.....	26
3.3.6.	Os papéis do SCM na construção.....	26
4.	MÉTODO .....	30
4.1.	Introdução.....	30
4.2.	Estratégia de pesquisa.....	31
4.3.	Etapas do trabalho.....	32
4.4.	Protocolo para o estudo de caso.....	34



4.4.1.	O protocolo .....	34
4.4.2.	Entrevistas .....	35
4.4.3.	Análise documental.....	38
4.4.4.	Observação direta.....	39
4.4.5.	Resumo das fontes de informação.....	39
4.4.6.	Guia para o relatório do estudo de caso .....	40
4.5.	Considerações sobre as limitações do método .....	42
5.	Estudo de Caso.....	43
5.1.	Descrição do caso de estudo .....	43
5.1.1.	Caracterização da empresa e do empreendimento.....	43
5.1.2.	Limitações de aplicação .....	44
5.1.3.	Princípios para a melhoria através da visão de fluxos.....	45
5.1.4.	Diretrizes práticas utilizadas com base nos princípios.....	48
5.2.	Planejamento e controle da obra .....	51
5.2.1.	Introdução.....	51
5.2.2.	Método de planejamento e controle anterior .....	52
5.2.3.	Método de planejamento e controle da produção proposto.....	54
5.2.4.	Planejamento de longo-prazo (Master Plan) .....	59
5.2.5.	Planejamento de médio-prazo (Lookahead Plan) .....	61
5.2.6.	Planejamento semanal (Weekly Work Plan) .....	63
5.3.	Reconfigurações de processos através da visão de fluxo da produção .....	77
5.3.1.	Introdução.....	77
5.3.2.	Definição dos processos a serem reconfigurados.....	77
5.3.3.	Kanban .....	78
5.3.4.	Controle de materiais.....	82
5.3.5.	Laje pré-moldada e içada.....	85

5.3.6.	Layout de canteiro e uso de guias .....	87
5.3.7.	Argamassa usinada .....	89
5.3.8.	Layout da central de argamassa .....	90
5.3.9.	Projeção de argamassa .....	91
6.	DISCUSSÃO DOS RESULTADOS .....	92
6.1.	Limitações do trabalho .....	92
6.2.	Método de planejamento e controle .....	92
6.3.	Soluções adotadas e resultados gerais.....	93
6.4.	Análise qualitativa de atingimento dos objetivos .....	95
6.5.	Resultados globais da obra.....	97
6.6.	Possibilidades de melhorias e continuação do projeto .....	99
7.	CONCLUSÕES .....	101
8.	CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	102
9.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	104

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 – Percentual de desperdício de tempo na indústria e na construção.....	1
Figura 3.1 – As 7 <i>mudas</i> .....	4
Figura 3.2 – Contexto para surgimento do <i>Lean Production</i> .....	5
Figura 3.3 – Cinco princípios <i>Lean</i> .....	10
Figura 3.4 – Visão convencional da produção.....	17
Figura 3.5 – Produção como processo de fluxo. ....	18
Figura 3.6 - Configuração genérica de uma cadeia de suprimentos.....	24
Figura 3.7 – Os quatro papéis do SCM na construção .....	27
Figura 5.1 – Jornada ideal de implementação do <i>Lean</i> .....	45
Figura 5.2 – Lógica de melhoria de desempenho buscada comparada à convencional ..	46
Figura 5.3 – Redução dos tempos de ciclo através da redução de desperdícios .....	46
Figura 5.4 – Entendimento de precedência pelo modelo de planejamento CPM.....	52
Figura 5.5 – Sistema tradicional de planejamento “empurrado” .....	53
Figura 5.6 – Planejamento ideal de entregas das atividades .....	53
Figura 5.7 – Entregas da construção na prática.....	54
Figura 5.8 – Entendimento de precedência pelo LPS.....	55
Figura 5.9 – Entradas necessárias para início de uma tarefa.....	56
Figura 5.10 – Decisão de tarefas no planejamento convencional e no método adotado .	57
Figura 5.11 – Planejamento puxado através do LPS.....	57
Figura 5.12 – Processo de planejamento adotado .....	58
Figura 5.13 – Planejamento através do LPS: recriando as condições ideais das tarefas	58
Figura 5.14 – Sequenciamento de macro etapas .....	59
Figura 5.15 – Macroplanejamento da obra.....	60
Figura 5.16 – Linha de base de produção da obra .....	60

Figura 5.17 – Cronograma macro desdobrado em etapas .....	61
Figura 5.18 – Exemplo de aplicação do simulador para verificação da viabilidade das tarefas.....	62
Figura 5.19 – Seção de treinamento com documentação de execução e vídeo.....	63
Figura 5.20 – Planilha de designação de atividades com metas específicas.....	64
Figura 5.21 – Ordem de Serviço .....	65
Figura 5.22 – Medições de produtividade por equipe .....	66
Figura 5.23 – Relatórios de produtividade por equipe e por funcionário.....	67
Figura 5.24 – Relatórios para acompanhamento da evolução da obra.....	68
Figura 5.25 – Gráfico de Pareto da ocorrência de anomalias por classificação .....	69
Figura 5.26 – Agrupamento de anomalias desdobrado a partir de uma classificação específica.....	69
Figura 5.27 – Condição para entrega de tarefas.....	71
Figura 5.28 – Relatório gerencial de resolução de anomalias .....	72
Figura 5.29 – Entulho gerado antes e depois do tratamento da anomalia.....	73
Figura 5.30 – Tratamento de anomalia: excesso de processamento nos banheiros .....	74
Figura 5.31 – Redesenho do processo de massa interna .....	74
Figura 5.32 – Produtividade subótima na etapa de fundação.....	75
Figura 5.33 Consolidação dos problemas por causas raiz .....	75
Figura 5.34 – Diagrama de Ishikawa com as causas raiz do problema.....	76
Figura 5.35 – Resultado do tratamento de anomalia.....	76
Figura 5.36 – Gráfico de Pareto: representatividade das etapas do orçamento da obra .	78
Figura 5.37 – Desenho do processo de <i>Kanban</i> .....	79
Figura 5.38 – Painel porta- <i>Kanban</i> .....	80
Figura 5.39 – Painel porta- <i>Kanban</i> na obra.....	80
Figura 5.40 – Desenho do processo de liberação de materiais .....	82

Figura 5.41 – Relatório de consumo de material por apartamento .....	83
Figura 5.42 – Relatório de consumo de material por tempo .....	83
Figura 5.43 – Fluxograma do sistema de controle de materiais .....	84
Figura 5.44 – Consumo de material antes e depois do tratamento da anomalia .....	84
Figura 5.45 – Correção do procedimento de execução e diminuição da variabilidade ....	84
Figura 5.46 – Laje no processo de içamento.....	85
Figura 5.47 – Processo de laje içada otimizado .....	86
Figura 5.48 – Layout do canteiro e disposição das guas.....	87
Figura 5.49 – Bombonas de 0,5 m <sup>3</sup> para movimentação de argamassa .....	88
Figura 5.50 – Redução de atividades pelo emprego de argamassa usinada .....	89
Figura 5.51 – Reconfiguração do <i>Layout</i> da central de argamassa .....	90
Figura 6.1 – Comparação do resultando alcançado com o orçamento durante o período de estrutura.....	98

## LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 – Princípios da produção TFV .....	18
Tabela 3.2 – Integração do TFV na produção .....	19
Tabela 3.3 - Interação .....	20
Tabela 3.4 - Comparação da abordagem tradicional e do SCM.....	25
Tabela 4.1 – Resumo das fontes de evidência.....	40
Tabela 5.1 – Princípios para melhorias de fluxos .....	47
Tabela 6.1 – Percentual de respostas de cada classificação de melhorias a partir do uso do LPS .....	92
Tabela 6.2 – Soluções que mitigaram os desperdícios típicos da construção civil brasileira .....	95
Tabela 6.3 – Atingimento das diretrizes no projeto.....	95

## **LISTA DE NOTAÇÕES, ABREVIATURAS**

AEC - Architectural / engineering / construction

BIM - Building Information Modeling

CPM - Critical Path Method

EAP - Estrutura Analítica de Projeto

IGLC - International Group of Lean Construction

IMVP – International Motor Vehicle Program

JIT – Just in Time

LC - Lean Construction

LCI - Lean Construction Institute

LP - Lean Production

LPS - Last Planner System

LT - Lean Thinking

MIT - Massachusetts Institute of Technology

MRP - Materials Requirements Planning

MTP - Modelo Toyota de Produção

PNB – Produto nacional bruto

QFD - Quality Function Deployment

SCM – Supply Chain Management

TFV - Transformation, flow, value

TPS - Toyota Production System

TQC – Total quality control

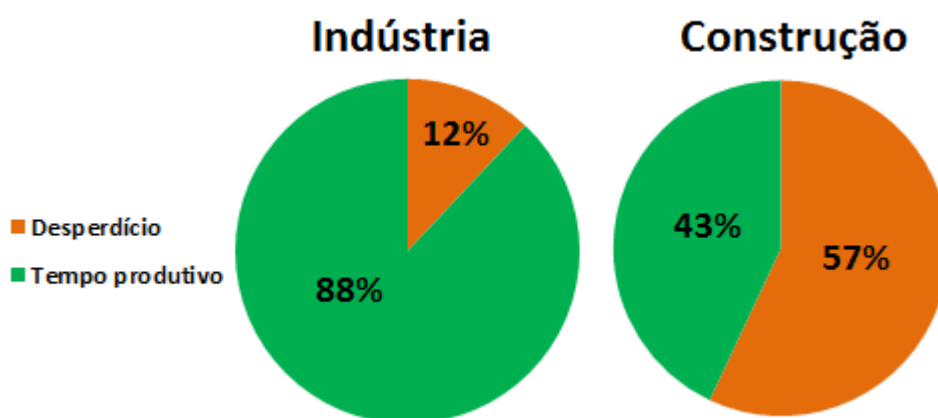
WBS - Work Breakdown Structure

WWP - Weekly Work Plan

## 1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

O desempenho da indústria da construção tem sido comprometido devido, dentre outros fatores, a sua segregação, altos desperdícios, baixa produtividade, conflitos entre os agentes e assincronia de interesses (AZIZ e HAFEZ, 2013; XUE *et al.*, 2005). Os empreendedores da construção têm aumentado seu desembolso com materiais e mão de obra (VRIJHOEF e KOSKELA, 2000). Melhorar a produtividade da construção é um grande desafio enfrentado por essa indústria. Essa melhoria é estratégica para o crescimento das economias nacionais, uma vez que a construção é responsável por aproximadamente 10% do PNB da maioria dos países, e o crescimento de produtividade nesse setor tem se mostrado muito menor que nas outras indústrias (BERTELSEN, 2004). A figura 1.1 ilustra os desperdícios de tempo no setor da construção, comparado ao setor industrial.

Figura 1.1 – Percentual de desperdício de tempo na indústria e na construção  
Fonte: AZIZ e HAFEZ, 2013.



O termo “nova filosofia da produção” se refere a um conjunto de métodos, técnicas e ferramentas originadas no JIT e TQC japonês na indústria automobilística. Essa abordagem da produção, nomeada por Womack *et al.* (1992) como mentalidade enxuta (ou *lean thinking*), já apresentou grandes ganhos em desempenho na indústria de produção (KOSKELA, 1992). Os conceitos da produção *Lean* vem tendo sua aplicação na construção estudada



nas últimas duas décadas, tendo como marco inicial o trabalho de Koskela (1992).

A filosofia enxuta engloba tudo o que a empresa está envolvida, e todos os seus processos. Uma empresa que aplique todas as técnicas e ferramentas disponíveis terá que reavaliar sua produção, sua engenharia e desenvolvimento de produtos, suas formas de contratação, suas técnicas de planejamento, seu sistema de suprimentos, seus processos de vendas e seu relacionamento pós-venda com os clientes (WOMACK *et al.*, 1992). No entanto, por esse fator multidimensional, o início da mudança deve ser conduzido através da adoção de alguns princípios e técnicas (KOSKELA, 1992). Segundo Womack e Jones (2003), a mudança deve ser iniciada por atividades importantes e visíveis.

Os conhecimentos acerca da filosofia *Lean* não surgiram através de uma teoria científica formal. Ao invés disso, surgiram de maneira empírica, através de práticas, consultorias e benchmarks no mercado. Entretanto, Alves *et al.* (2012), apontam a falta de artigos técnicos e livros-texto a respeito das experiências dos praticantes do *Lean Construction* (LC).

A análise de um estudo de caso da aplicação de conceitos e técnicas *Lean* nos processos de gestão de um canteiro de obras de na região metropolitana de Belo Horizonte/MG permitirá avaliar seu potencial de ganho e apontar as principais dificuldades no caminho. Além disso, contribuirá para o conhecimento do tema, que necessita de mais relatos de aplicação, especialmente no Brasil.

## 2. OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é realizar um estudo de caso da implementação de conceitos e técnicas *Lean* na gestão de um canteiro de obras na região metropolitana de Belo Horizonte/MG, com foco no planejamento e nas atividades de produção. Deverão ser apontados os ganhos realizados, os ganhos potenciais e as principais dificuldades na implementação. Deverão ser discutidos os pontos de melhoria para outros projetos.

### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1. *Lean Thinking*: origem e conceitos

##### 3.1.1. Origem

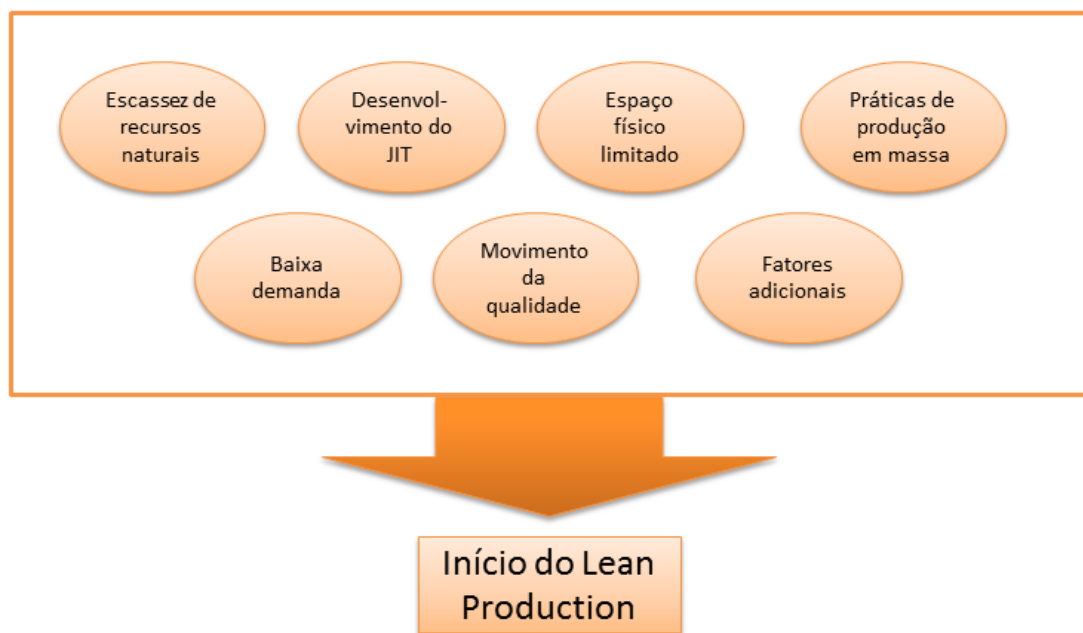
A nova filosofia da produção, nomeada por Womack *et al.* (1992) de *Lean Thinking* (LT, pensamento enxuto, também chamado de *World Class Manufacturing, Lean Production, New Production System*), floresceu a partir de ideias japonesas logo após a Segunda Guerra Mundial. Eiji Toyoda e Taichii Ohno, responsáveis pela produção da Toyota, visitaram os EUA em 1950 para estudar como era o método de produção da maior e mais eficiente montadora do mundo na época, a fábrica da Ford em Detroit. O que foi percebido por eles é que havia enormes quantidades de desperdício na produção dos automóveis. Foram listados sete principais formas de *muda* (do japonês, desperdício): defeitos nos produtos, excesso de produção de mercadorias desnecessárias, estoques de mercadorias à espera de consumo, processamento desnecessário, movimento desnecessário de pessoas, transporte desnecessário de mercadorias e espera de funcionários por resultados de atividades anteriores (OHNO, 1988). Esses desperdícios são ilustrados na figura 3.1.

Figura 3.1 – As 7 *mudas*.  
Fonte: adaptado de OHNO, 1988.



Toyoda e Ohno concluíram que não tinham recursos suficientes para lidar com esse tipo de desperdício, e que seria impossível copiar essa filosofia de produção no Japão (WOMACK *et al.*, 1992). A solução foi criar um método de produção com foco na redução dos desperdícios, através da produção em lotes pequenos, tempos de montagem de equipamentos reduzidos, automação industrial, cooperação com fornecedores, dentre outras técnicas. Os dois principais conceitos aplicados nas fábricas japonesas foram o JIT e o TQC. A figura 3.2 ilustra o contexto do surgimento do *Lean Production*.

Figura 3.2 – Contexto para surgimento do *Lean Production*  
Fonte: AZIZ e HAFEZ, 2013.



Em resumo, o *Lean Production* busca uma forma diferente de projetar e produzir das formas de produção em massa e artesanal através de objetivos e técnicas, e otimizar o desempenho da produção buscando a perfeição para alcançar os requisitos particulares dos clientes (AZIZ e HAFEZ, 2013).

### 3.1.2. *Just in Time - JIT*

A principal ideia do JIT é a eliminação de estoques. A ausência de estoques força a fábrica adotar técnicas como redução dos tamanhos dos lotes, reconfiguração do layout do chão de fábrica, cooperação entre fornecedores e redução do tempo de montagem de equipamentos (KOSKELA, 1992). O estabelecimento do JIT foi possível a partir do sistema *Kanban*, que prevê que cada subproduto da linha de produção só seja produzido a partir da demanda imediata da próxima etapa, “puxando” a produção (WOMACK *et al.*, 1992). Dessa forma são reduzidos os desperdícios com estoques, que necessitam de grandes espaços para armazenamento, induzem a produção de quantidade de peças superior à necessária e mascaram a produção de itens defeituosos que não poderão ser reaproveitados (DAHLGAARD e PARK, 2006). Um resultado importante do JIT é a redução do *lead time*, que é o tempo entre o recebimento do pedido de um produto (ou subproduto da etapa) e sua entrega ao cliente final (ou a próxima etapa da cadeia).

### 3.1.3. *Total Quality Control – TQC*

As empresas japonesas tiveram foco no controle de qualidade, a partir de consultorias de americanos como Deming, Juran e Feigenbaum (KOSKELA, 1992). O movimento da qualidade no Japão evoluiu da inspeção de matérias-primas e produtos utilizando métodos estatísticos para o controle total da qualidade, expandindo a noção de qualidade em três principais frentes: (1) expandir o controle de qualidade a partir da produção para todos os departamentos, (2) expandir o controle da qualidade a partir dos trabalhadores da ponta para a gerência, e (3) expandir a noção de qualidade para englobar todas as operações da empresa (KOSKELA, 1992).

#### 3.1.4. *Outros conceitos relacionados*

Outros conceitos importantes surgiram a partir do JIT e do TQC, e desenvolveram uma evolução própria (KOSKELA, 1992). Esses conceitos, também incorporados no *Lean Production*, são listados a seguir:

##### *Manutenção Preventiva Total*

Tem o objetivo de maximizar a produtividade, através da manutenção das condições ótimas de operação. É uma manutenção autônoma dos equipamentos e maquinários de produção por pequenos grupos de operadores com múltiplas qualificações.

##### *Envolvimento dos funcionários*

É buscado o envolvimento dos funcionários, para ter rápida resposta aos eventuais problemas e promover a melhoria contínua dos processos (esta diretamente ligada à observação e motivação da força de trabalho no dia-a-dia). A múltipla qualificação dos funcionários é necessária para evitar hiatos e improdutividade causada pela especialização e divisão do trabalho.

##### *Melhoria contínua*

O padrão de operação deve ser melhorado continuamente através de melhorias pequenas e graduais. O foco principal deve ser a redução dos desperdícios.

##### *Benchmarking*

*Benchmarking* é a comparação de desempenho de uma empresa com o desempenho de uma boa referência em uma área particular. Sua essência é encontrar e incorporar as melhores práticas existentes.

### *Timed based competition (TBC)*

Diminuição dos *throughput times* e dos *lead times* da companhia, para benefício competitivo.

### *Engenharia simultânea*

Processo de projeto no qual os requisitos de produção são rigorosamente analisados, levando em consideração todas as disciplinas de projeto envolvidas e as particularidades da produção. Tem como objetivo diminuir o tempo da fase de projetos, aumentar o número de iterações e reduzir o número de alterações após a entrega.

### *Estratégia baseada em valor*

Estratégias de ação orientadas ao consumidor final, em contraste com orientação ao mercado. Na estratégia baseada em valor, a melhoria contínua deve buscar aumentar o valor entregue ao cliente.

### *Gestão à vista*

Fornecer um padrão a ser aplicado e reconhecimento imediato por qualquer participante no caso de desvios de resultados.

### *Reengenharia*

Reconfiguração radical de processos e tarefas. Reconhecimento e rompimento com regras e premissas ultrapassadas.

## 3.2. Princípios e elementos do *Lean Production*

### 3.2.1. Os cinco princípios *Lean*

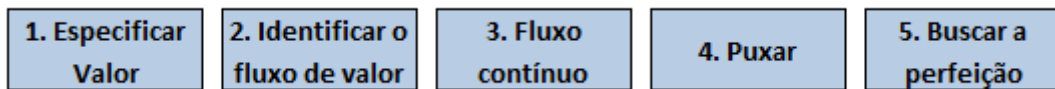
O pensamento *Lean* apresentou grandes avanços em desempenho na indústria, a se destacar a automobilística. A aplicação de seus princípios com sucesso em várias empresas ocidentais comprovou sua eficácia na indústria (BERTELSEN e KOSKELA, 2004).

O IMVP (*International Motor Vehicle Program*) foi um dos maiores estudos de *benchmarking* já feitos na história. O estudo, realizado pelo MIT (*Massachusetts Institute of Technology*), coletou dados de montadoras de automóveis em todo o mundo com a intenção de entender as diferenças de qualidade e produtividade. Seus resultados foram publicados no célebre livro “*A Máquina que Mudou o Mundo*” (WOMACK *et al.*, 1992). Os resultados obtidos no *benchmarking* do IMVP indicaram que a adoção da produção enxuta permite ganhos em vários aspectos, uma vez que permite a produção de produtos com menos defeitos e maior variedade, desembolsando metade do investimento em ferramentas, metade das horas de engenharia, metade dos estoques na produção e gastando metade do tempo (WOMACK *et al.*, 1992).

Um dos mais importantes e completos trabalhos com o intuito de sumarizar os princípios do pensamento *Lean* foi o livro de Womack e Jones (2003), “*A mentalidade enxuta nas empresas: elimine o desperdício e crie riqueza*”. Nesta obra, os autores citam os cinco princípios *Lean* fundamentais, ilustrados na figura 3.3 e descritos a seguir.



Figura 3.3 – Cinco princípios *Lean*.  
Fonte: WOMACK e JONES, 2003.



### *1. Especificação do valor*

Especificar o valor é o ponto de partida. O valor é aquele definido pelo cliente final. O valor deve ser definido precisamente em termos de produtos específicos com capacidades específicas oferecidas a preços específicos através do diálogo com clientes específicos. Diz respeito a oferecer o bem ou serviço certo, e não apenas da produzido da forma certa.

### *2. Identificação do fluxo de valor*

O fluxo de valor é o conjunto de todas as ações relacionadas a um produto específico que dizem respeito a sua concepção, lançamento, engenharia, projetos detalhados, recebimento de pedidos, entrega, cronograma, processamento e transformações físicas. A identificação desse fluxo permite o aumento da transparência quanto a esses passos, para que os interessados possam verificar se os comportamentos dos envolvidos estão adequados. Permite, também, a eliminação de etapas que não agregam valor ao produto.

### *3. Fluxo contínuo*

A produção em fluxo contínuo contrapõe o método convencional da produção departamentalizada, em lotes e filas. O objetivo é planejar a produção de modo que as atividades que criam valor para os produtos específicos fluam, de maneira a produzir menos estoques, desperdícios e esperas, diminuindo os *lead times*.

#### 4. *Puxar (pull)*

A produção “puxada” é implantada em conjunto com o fluxo contínuo. Esse tipo de produção contrapõe a produção “empurrada”, criticada por sua geração de lotes, filas e esperas. A adoção de sistemas de produção puxada diminui os *lead times*, e possibilita que o cliente “puxe” a produção, *i.e.* seja o gatilho da produção e facilite o dimensionamento preciso da demanda. Nas linhas de produção, a aplicação desse princípio exige que os subprodutos de cada etapa só sejam produzidos a partir da demanda da próxima etapa.

#### 5. *Perfeição*

A busca pela perfeição surge após a interação dos quatro primeiros princípios, uma vez que sua aplicação resulta na oferta de produtos que se aproximam da necessidade do cliente, com esforço, tempo, espaço, custo e erros reduzidos. A transparência é estímulo importante para a perfeição, de modo que todos os envolvidos tenham a oportunidade de sugerir melhores formas de criar valor.

#### 3.2.2. *Elementos do Lean Production*

O *Lean Production* é mais que a aplicação de um conjunto específico de métodos; é um intensivo uso de ideias presentes numa filosofia (KOSKELA, 1992). A filosofia enxuta abrange a totalidade dos aspectos da companhia. A conversão completa para um método *Lean* de produção passa por mudanças na produção, engenharia e desenvolvimento de produtos, formas de contratação, sistema de suprimentos, processos de vendas e relacionamento pós-venda com os clientes (WOMACK *et al.*, 1992).

O livro *A Máquina que Mudou o Mundo* (WOMACK *et al.*, 1992) abordou esses aspectos, e indicou suas principais características numa empresa *Lean*,

sintetizados a seguir.

### *Produção (operações)*

Na produção nas empresas *Lean* são lançadas mão de automação e manufaturabilidade, além de características particulares de organização e mão-de-obra. A automação é a automatização total ou parcial de etapas através do emprego de equipamentos ou robótica, diminuindo o esforço da produção (horas gastas na produção). No entanto, deve ser acompanhada de alta tecnologia de processos, para desfruto pleno de seus benefícios.

A manufaturabilidade (facilidade de montagem dos produtos) nas linhas de produção está ligada aos melhores índices de produtividade e qualidade. Ela é o resultado da aplicação da engenharia simultânea, no qual os requisitos de operação são considerados na fase de projeto.

Quanto a organização, esta tem duas características fundamentais: a transferência do máximo de tarefas e responsabilidades para os trabalhadores que agregam valor ao produto (aqueles trabalhando diretamente na produção) e o sistema de detecção de defeitos que relaciona cada problema com sua derradeira causa.

A mão-de-obra da ponta deve ser dinâmica de qualificações múltiplas. Ela é estimulada a ativamente sugerir melhorias aos processos. A gestão a vista possibilita que os envolvidos entendam seu papel no todo e se envolvam no processo global.

### *Engenharia e projetos*

A equipe de projeto é dedicada. É nomeada uma liderança, incumbida do projeto e engenharia do novo produto, e de pô-lo em produção. A equipe é composta de funcionários dos departamentos funcionais da companhia, e, durante o programa,

permanecem sob controle da liderança. A comunicação é maximizada, pois todas as especialidades necessárias para o projeto já compõem a equipe desde o início. Não há conflitos de interesses e recursos entre os departamentos. O número de funcionários é máximo no início do projeto, quando todas as disciplinas estão contribuindo, e caem com a evolução do projeto, à medida que os serviços de cada especialidade passam a não ser mais necessários.

Deve ocorrer a aplicação da engenharia simultânea. O desenvolvimento das várias disciplinas de projeto ocorre simultaneamente, a partir de várias iterações e comunicação constante entre os envolvidos. Os projetistas devem ter conhecimento sobre as interfaces de sua disciplina com as demais. A disciplina de produção é envolvida na etapa de projetos, de modo a promover a manufaturabilidade.

#### *Sistema de suprimentos*

No que tange o relacionamento interorganizacional, as empresas enxutas promovem a redução da sua gama de fornecedores, de modo a estabelecer relações melhores e de maior prazo com menos envolvidos. A empresa enxuta não delega para seus fornecedores projetos detalhados de subprodutos, mas reforça sua equipe de novos produtos com a presença de representantes dos fornecedores de primeiro nível, engenheiros que farão parte do processo de engenharia simultânea. Esses engenheiros são responsáveis por transmitir à equipe de projetos do fornecedor as restrições e interfaces avaliadas. Esta equipe, por sua vez, é responsável por desenvolver os projetos detalhados dos subprodutos da melhor forma possível.

O estabelecimento de preços é feito a partir de análises conjuntas de custos. É realizado o *breakdown* de custos por ambas as partes, e, a partir do preço-meta do produto, são estabelecidos os preços dos componentes para que a empresa e fornecedor obtenham margens de lucro razoáveis. São realizadas análises de valor para reduções adicionais de custo. Os processos de produção e fluxos de

valor do fornecedor são abertos para a empresa, de modo que ela possa atuar nas atividades de melhoria contínua. Essas atividades promovem a diminuição de desperdícios, que resultarão em diminuição do custo de produção do fornecedor. Os ganhos resultantes dessas melhorias são divididos entre empresa e fornecedor.

Um dos mais importantes pontos para o suprimentos *Lean* é a entrega dos subprodutos e componentes *just-in-time*. De modo a proporcionar a possibilidade de fluxo contínuo, o fornecedor deve adequar suas entregas às necessidades da produção. O ganho máximo é obtido quando toda a cadeia de suprimentos trabalha em fluxo contínuo a partir de uma produção puxada.

#### *Venda e pós-venda*

O sistema de vendas e pós-venda da empresa *Lean* é ativo. Os funcionários responsáveis por essas atividades são capacitados, conhecem o produto em níveis de profundidade adequados para vendas precisas ao cliente. São realizadas pesquisas periódicas acerca das preferências e necessidades de clientes frequentes e do restante do mercado, representando o primeiro passo do sistema de desenvolvimento de produtos. O comprador é tratado como parte do processo de produção.

No caso de problemas de assistência técnica, as derradeiras causas são encontradas através dos “5 por quês”, e reportados para as equipes de produção. O sistema de vendas *Lean* é um canal confiável para seu cliente, o que dificulta competidores a conquistar essa fatia do mercado.

### 3.3. Lean Construction

#### 3.3.1. Introdução

A necessidade de aumentar o desempenho na indústria da construção através da mudança de suas práticas é abordada pela literatura técnica há décadas (ALVES *et al.*, 2012). A possibilidade de mudança de paradigma no planejamento e gestão das atividades de produção na construção vem ocorrendo desde o trabalho de Koskela, em 1992. O estudo da aplicação das técnicas e ferramentas *Lean* vem sido aprimorado desde então, e as ferramentas aperfeiçoadas, especialmente após a fundação do *International Group of Lean Construction* (IGLC), em 1993, e do *Lean Construction Institute* (LCI), em 1997.

Os cinco princípios *Lean* são comumente defendidos, nas publicações sobre produção industrial, como um entendimento maduro da aplicação dos aprendizados com o automobilismo japonês na indústria. No entanto, na construção, esse é apenas o ponto de partida (BERTELSEN e KOSKELA, 2004).

*Lean Construction* é a aplicação e adaptação dos princípios da indústria enxuta japonesa no processo de construção. A tentativa de adaptação dessas ferramentas à construção vem da teoria de que a construção é um tipo de produção, apesar de diferenciada (BERTELSEN, 2004). Bertelsen e Koskela (2004) definem a construção do ponto de vista da produção como uma produção complexa de um produto único, executada principalmente no seu destino final, através de cooperação entre um time *ad hoc* de qualificações múltiplas.

Pode-se deduzir que o pensamento enxuto na construção, em linhas gerais, significa maximizar o valor para o cliente e minimizar o desperdício na entrega do projeto (BERTELSEN, 2004). As diferenças da gestão da construção através das práticas *Lean* comparadas ao método tradicional de gestão são (AZIZ e HAFEZ,

2013):

- Tem a definição clara dos objetivos para o processo de entrega;
- Orientada em maximizar o desempenho para o cliente no nível de projeto;
- Projeta simultaneamente produto e processo;
- Aplica o controle da produção ao longo do ciclo de vida do projeto.

### 3.3.2. Teoria da produção

Inicialmente, alguns fatores dificultaram a aplicação de ideias e técnicas da produção *Lean* em outras indústrias senão a automobilística. Pode-se destacar a natureza empírica das descobertas, uma vez que a nova filosofia foi difundida sem base científica formal, mas sim, através de visitas a fábricas, estudos de caso e consultorias. A migração dos conceitos para a construção foi feita a partir de iniciativas de tentativa e erro, adaptando-os às peculiaridades dessa indústria (ALVES *et al.*, 2012).

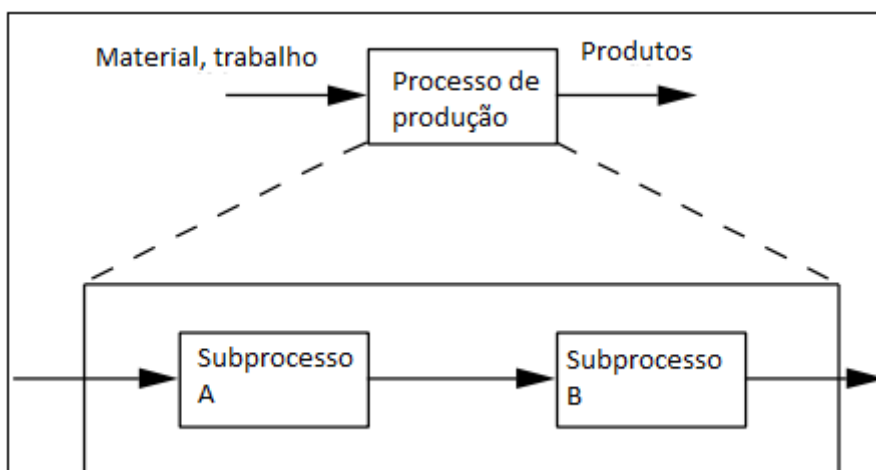
O trabalho de Koskela (2000) foi o principal trabalho com o objetivo de solucionar este problema. O trabalho consistiu na teorização da produção e a busca de sua aplicação na construção. Segundo este autor, os processos de produção podem ser vistos a partir de três óticas:

- Visão da Conversão
- Visão do Fluxo
- Visão da Geração de Valor

Essa abordagem da produção é chamada de visão TFV (*Transformation, Flow, Value*) da produção. Essas três visões são necessárias para a otimização da produção. No entanto, apenas a visão da conversão é convencionalmente dominante na indústria da construção (BALLARD, 2000).

O conceito da conversão vê a produção como a transformação de entradas em saídas. O processo global é dividido em subprocessos, que também são processos de conversão, conforme a figura 3.4.

Figura 3.4 – Visão convencional da produção  
Fonte: KOSKELA, 1992.

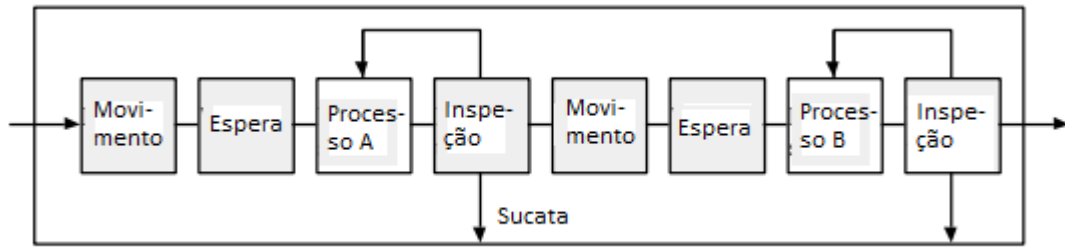


Considerando apenas essa abordagem, a melhoria e redução de custos da produção são dadas pela melhoria e minimização dos custos de cada subprocesso. No entanto, considerar apenas esse aspecto da produção é incorreto (KOSKELA, 1992). O foco apenas nas conversões negligencia os aspectos de fluxo entre as conversões, como movimentos, desperdícios e inspeções. As atividades não geradoras de valor não são avaliadas na melhoria de processos, e os resultados alcançados são subótimos.

A visão da produção como fluxo adiciona aos processos de conversão as etapas de espera, inspeção e movimentação. A gestão da produção se torna a minimização ou eliminação das etapas de não conversão do processo global, especialmente diminuindo a variabilidade. A figura 3.5 ilustra a produção como um fluxo, no qual apenas os Processamentos A e B são agregadores de valor.



Figura 3.5 – Produção como processo de fluxo.  
 Fonte: KOSKELA, 1992.



A terceira visão é a visão da geração de valor, ou o cumprimento das necessidades do cliente. A produção é, então, a tradução dessas necessidades em soluções específicas de projetos, visando a entrega de produtos adequados a essas especificações.

Segundo Koskela (2000), os três conceitos devem ser aplicados num sistema de produção, uma vez que não são alternativas de produção, mas sim, complementares. A tabela 3.1 resume os princípios da produção TFV, e a tabela 3.2 exibe sua visão geral.

Tabela 3.1 – Princípios da produção TFV  
 Fonte: KOSKELA, 2000.

Princípios Principais	Princípios relacionados
Visão da conversão: realizar as atividades geradoras de valor com eficiência	Desdobrar as tarefas da produção Minimizar custos das tarefas desdobradas
Visão do fluxo: reduzir o número de atividades não geradoras de valor	Diminuir o <i>lead time</i> Reduzir variabilidade Simplificar Aumentar transparência Aumentar flexibilidade
Visão do valor: aumentar o valor ao cliente	Garantir captura de requisitos Garantir o fluxo de valor ao cliente Levar em conta os requisitos de todos os entregáveis Garantir a capacidade do sistema de produção Medir valor

Tabela 3.2 – Integração do TFV na produção  
 Fonte: KOSKELA, 2000.

	<b>Visão da conversão</b>	<b>Visão do fluxo</b>	<b>Visão da geração de valor</b>
Conceito da produção	Transformação de entradas em saídas	Fluxo de materiais, composto por transformação, inspeção, movimentação e espera	Processo onde o valor para o cliente é criado através de atingimento de requisitos
Princípios principais	Realização eficiente da produção	Eliminação de desperdícios (atividades não geradoras de valor)	Eliminação da perda de valor (valor alcançado em relação ao valor máximo possível)
Exemplos de métodos e práticas	EAP, MRP, Organogramas, Matriz de responsabilidades	Fluxo contínuo, controle de produção puxada, melhoria contínua	Método de captura de requisitos, QFD
Contribuição prática	Responsável pelo que deve ser feito	Responsável por garantir a menor quantidade possível de ações desnecessárias	Responsável pelo atingimento dos requisitos do cliente da melhor maneira possível
Nome da aplicação prática do conceito	Gestão de atividades	Gestão de fluxo	Gestão de valor

Segundo Koskela (2000), deve haver um equilíbrio na aplicação dos princípios e ferramentas de cada uma das três visões da produção. A tabela 3.3 exhibe a interação entre as visões T (*Transformation*), F (*Flow*) e V (*Value*).

Tabela 3.3 - Interação

	<b>Impacto no T</b>	<b>Impacto no F</b>	<b>Impacto no V</b>
<b>Impacto do T em outro conceito</b>		Tecnologias de conversão mais eficientes resultarão em menor variabilidade	Tecnologias de conversão mais eficientes resultarão em um melhor produto
<b>Impacto do F em outro conceito</b>	Fluxos com menor variabilidade demandam menor capacidade. É mais fácil introduzir novas tecnologias de conversão quando há menor variabilidade		Sistemas de produção flexíveis permitem a satisfação de diferentes padrões de demanda. Sistemas de produção com menor variabilidade interna atingem maior qualidade do produto
<b>Impacto do V em outro conceito</b>	Variações nos padrões de demanda diminuem os ganhos de escala e alta utilização	A melhoria da relação entre clientes internos na cadeia contribui para diminuição do desperdício	

### 3.3.3. *Particularidades da construção*

A definição da construção como uma forma de produção e o conceito de produção como um fluxo imediatamente apontam para possibilidades de melhorias ao mudar a forma e os princípios de gerenciamento da mesma. A principal dificuldade é que a construção é um tipo de produção complexa, e os princípios enxutos da indústria de manufaturas se referenciam em uma situação de produção ordenada e previsível (BERTELSEN, 2004).

Koskela (1992 e 2000) listou as principais peculiaridades da indústria da construção, além de caracterizá-las e sugerir as formas de solucioná-las, conforme registrado a seguir.

### *Produto único*

A unicidade de um produto da construção civil é causada pela diferenciação das necessidades e prioridades dos clientes, pelas diferenças ambientais dos canteiros de obras e por visões diferenciadas de projetistas no que diz respeito a tradução de necessidades em soluções de projetos. Essas diferenças podem abranger vários aspectos de uma construção, principalmente os materiais, componentes e habilidades demandados.

Vários problemas estão ligados a essa particularidade. O *feedback* fica dificultado devido ao alto custo do produto: não existem protótipos, uma vez que o produto final é entregue uma única vez. O cliente normalmente não é beneficiado por experiências passadas, por ter uma participação única no projeto. A configuração dos fluxos deve ser desenhada especificamente para cada projeto, prejudicando os benefícios do aprendizado e melhoria contínua. No que diz respeito à melhoria de processos, há dificuldades nas medições, pois projetos únicos podem não ser comparáveis.

Para combater esses problemas, deve-se buscar minimizar as soluções únicas para projetos, a não ser que sejam absolutamente necessárias. Devem ser buscadas soluções flexíveis, com adaptação mais fácil a diferentes necessidades. O uso de modelos e simulações devem ser utilizados para atenuar o problema da falta de *feedback*. O cliente deve ter uma participação com maior quantidade de iterações, para que seus requisitos sejam listados adequadamente. A documentação e instruções para tarefas únicas deve ser clara, diminuindo atividades não geradoras de valor.

### *Produção no canteiro*

A produção na construção é tipicamente realizada no destino final do ambiente construído, frequentemente dentro do produto em evolução. Isso aumenta a complexidade, uma vez que o fluxo de espaço físico das estações de trabalho

deve ser coordenado. A transparência também fica prejudicada, pois o ambiente de trabalho está em constante mudança, o que deixa o planejamento de *layout* trabalhoso e dificulta a implementação de controles visuais. Há o aumento da variabilidade. É comum a necessidade de uso de materiais e mão-de-obra local, adicionando incertezas. As características geológicas e ambientais também adicionam incerteza.

A solução mais básica para atenuar essas particularidades é a diminuição das atividades no canteiro, *e.g.* através da pré-fabricação, modularização e pré-montagem. Atividades devem ser transferidas para estágios anteriores na cadeia de suprimentos. O uso de grupos de trabalho com qualificações múltiplas atenua a dificuldade de coordenação de espaço físico. A diminuição dos pacotes de trabalho, buscando adequação da produção como fluxo, diminui a variabilidade no canteiro.

#### *Organização temporária*

Projetos de construção são organizações projetadas e executadas para produtos específicos. A organização é feita de diferentes empresas e práticas, que não necessariamente trabalharam juntas anteriormente, e estão conectadas ao projeto por diferentes formas de contratos. A mão-de-obra também tem caráter temporário, pois pode ser contratada apenas para um projeto.

Surgem, então, dificuldades de comunicação, conhecimento e seleção de soluções através das fronteiras das organizações. Os objetivos de cada parte envolvida não necessariamente são os mesmos. A melhoria e estímulo da mão de obra ficam dificultados devido ao seu caráter temporário. A melhoria dos processos é complexa, devido às fronteiras das organizações.

Como soluções dos problemas de comunicação, deve ser buscada a criação de redes de organizações com relações de longo prazo. A definição dos papéis e interfaces das participações de cada envolvido deve ser clara e documentada. Os

relacionamentos entre os envolvidos devem ser de longo prazo.

#### *Intervenções de autoridades*

As soluções de projetos e formas de trabalho estão sujeitas a aprovação de autoridades reguladoras locais, o que aumenta as incertezas e restrições. As aprovações possuem prazos variados e muitas vezes imprevisíveis, aumentando a incerteza. Há falta de previsibilidade na aprovação de soluções diante das autoridades.

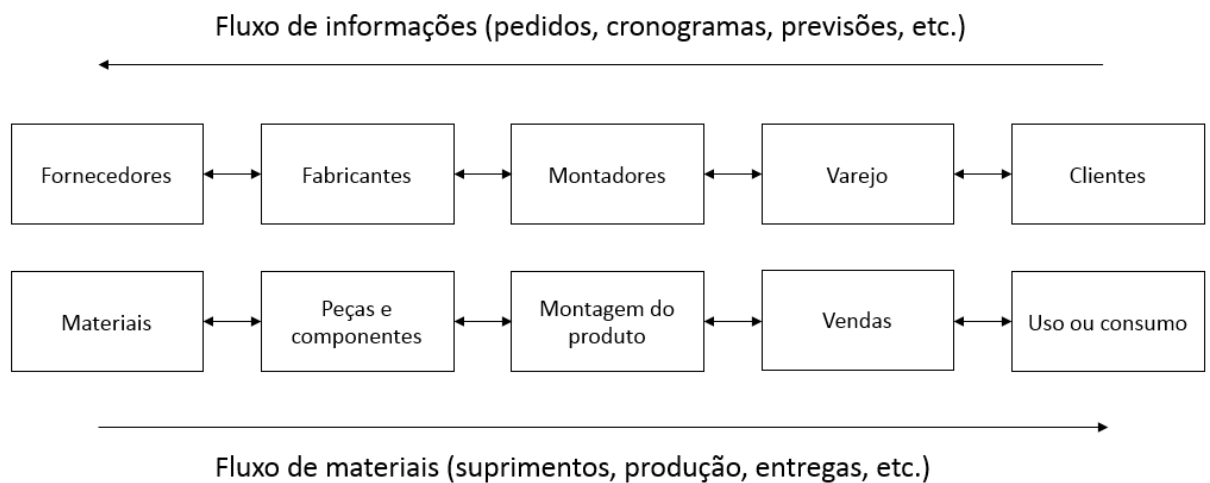
A inspeção de atividades deve ser incluída como parte das atividades de fluxo do processo de produção. As verificações pelas autoridades durante a execução podem ser substituídas por auto verificações da própria empresa, desde que ela tenha as ferramentas de controle adequadas.

#### *3.3.4. Integração das cadeias de suprimentos na construção*

De acordo com Bertelsen e Koskela (2004), o *Supply Chain Management* (SCM) é uma ferramenta importante para gerenciamento do fluxo na construção. O SCM é um conceito que se originou da indústria. Seus primeiros sinais apareceram com o sistema de entregas *Just In Time*, como parte do Modelo Toyota de Produção (VRIJHOEF e KOSKELA, 2000). O sistema visava regular o suprimento da fábrica de motores da Toyota na quantidade correta, no momento correto. Seu principal objetivo seria diminuir consideravelmente os estoques, e regular efetivamente a interação dos fornecedores com a linha de produção. A necessidade de controle de qualidade também é um estímulo para o SCM, uma vez que, como mencionado por Deming (1982), trabalhar com o fornecedor num relacionamento longo de parcerias com lealdade e confiança pode melhorar a qualidade e diminuir os custos da produção.

Pode-se definir cadeia de suprimentos como a rede de organizações que estão envolvidas nos diferentes processos e atividades que produzem valor na forma de produtos e serviços fornecidos ao consumidor final (CHRISTOPHER, 1992). O SCM aborda a cadeia de suprimentos de forma holística, ao invés de enxergar apenas as etapas subsequentes (figura 3.6), e visa aumentar a transparência e alinhamento da coordenação e configuração da cadeia (COOPER e ELLRAM, 1993).

Figura 3.6 - Configuração genérica de uma cadeia de suprimentos  
 FONTE: VRIJHOEF E KOSKELA, 2000.



A ideia principal do SCM é reconhecer a interdependência entre os agentes da cadeia de suprimentos, e atuar para melhorar sua configuração e controle baseado em fatores como integração dos processos do negócio. A tabela 3.4 indica elementos que envolvem a mudança das práticas de gestão tradicional da cadeia de suprimentos para o SCM.

Tabela 3.4 - Comparação da abordagem tradicional e do SCM  
 Fonte: VRIJHOEF E KOSKELA, 2000.

Elemento	Tradicional	SCM
Gerenciamento de estoques	Esforços independentes	Redução conjunta dos estoques
Redução de custos	Minimizar os custos da própria empresa	Eficiência de custos com abrangência de cadeia
Horizonte de tempo	Relações curtas	Relações longas
Quantidade de informações divididas e monitoradas	Limitada às necessidades da transação do momento	O quanto necessário para planejamento e monitoramento de processos
Quantidade de coordenação de vários níveis da cadeia	Contratos únicos firmados entre elos subsequentes da cadeia	Contratos múltiplos entre empresas em diferentes níveis da cadeia
Planejamento em conjunto	Apenas em cada transação	Constante
Compatibilidade de cultura da empresa	Irrelevante	Compatível pelo menos nas relações mais importantes
Amplitude da lista de fornecedores	Grande, para aumentar a concorrência e diminuir os riscos	Pequena, para aumentar a coordenação
Liderança da cadeia	Desnecessária	Necessária para o foco em coordenação
Divisão dos riscos e recompensas	Cada um por si	Riscos e recompensas divididos através das longas relações
Velocidade das operações, informações e fluxo de estoque	Orientação de "Almoxarifado" (armazenamento, estoques de segurança). Interrompido por barreiras de fluxo. Localizado entre elos subsequentes.	Orientação de "Centro de Distribuição". Fluxos conectados, <i>Just In Time</i> , respostas rápidas pela cadeia

Segundo VRIJHOEF e KOSKELA (2000), existem tipologias para o SCM. Primeiramente, pode-se analisar as questões de desenvolvimento, como transparência nas informações de pedidos, redução de variabilidade, sincronia do fluxo de materiais, gerenciamento de recursos críticos e configuração da cadeia de suprimentos. Em segundo, as estratégias, como estabelecimento de parcerias estáveis, fornecimento de componentes modulares, projeto para produção, tecnologias de produção flexíveis, evolução da cadeia de suprimentos com o ciclo de vida do produto, e gerenciamento de informações. Em terceiro, pode-se separar o SCM em níveis, como as parcerias iniciais (como o firmamento de boas relações com fornecedores), gerenciamento da logística (como o implemento e controle do fluxo envolvendo os elos da cadeia) e o "SCM genuíno" (como a



melhoria contínua de todos os aspectos da cadeia de forma holística).

### 3.3.5. *Características das cadeias de suprimentos na construção*

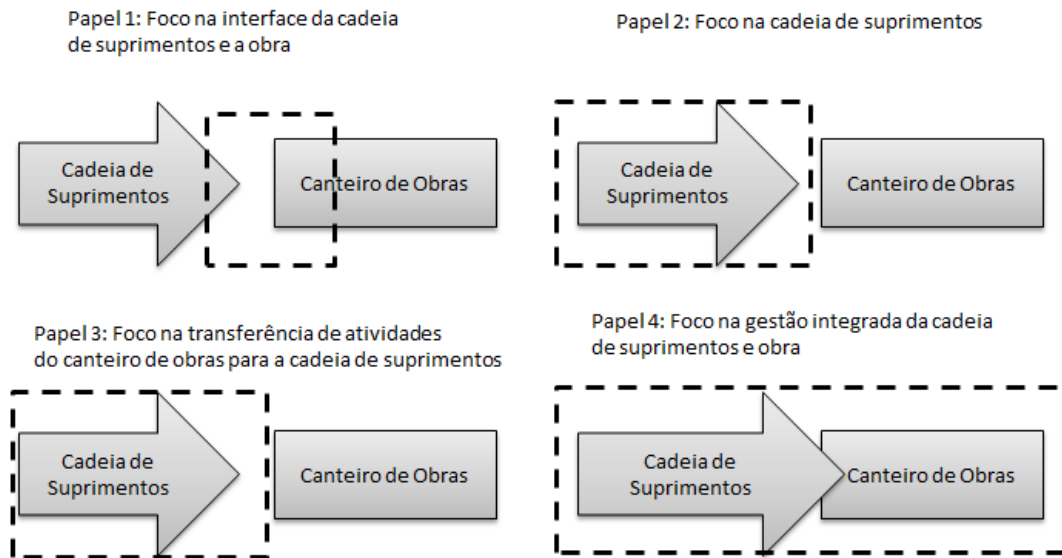
De acordo com Vrijhoef e Koskela (2000), os seguintes elementos caracterizam as cadeias de suprimentos da construção, em termos de estrutura e função:

- É uma cadeia de suprimentos convergente, que direciona todos os materiais para o canteiro de obras, onde eles são processados. A “fábrica de construção” se localiza ao redor do produto único; situação inversa a da indústria de manufaturas, no qual múltiplos produtos são produzidos em uma fábrica e posteriormente distribuídos para vários clientes.
- Na maioria das vezes é uma cadeia de suprimentos temporária. Como resultado, a cadeia de suprimentos costuma ser instável e fragmentada, além de se caracterizar pela separação projeto e construção.
- É tipicamente uma cadeia de suprimentos que produz sob encomenda, com cada projeto criando um novo produto ou protótipo. Na maioria das vezes, há pouca repetição. O processo pode ser similar, mas para projetos com características particulares.

### 3.3.6. *Os papéis do SCM na construção*

Vrijhoef e Koskela (2000) listaram os quatro principais papéis do Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos, além de exemplos de iniciativas e limitações de cada um. A figura 3.7 representa esses papéis.

Figura 3.7 – Os quatro papéis do SCM na construção  
Fonte: VRIJHOEF e KOSKELA, 2000.



### 1º) Foco na interface da cadeia de suprimentos e a obra

Deve haver foco nos impactos causados na obra pela cadeia de suprimentos. A meta é reduzir os custos e prazos das atividades. A principal preocupação deve ser garantir um fluxo confiável de materiais e mão de obra, que pode ser alcançado a partir do estreitamento do relacionamento da obra com os fornecedores diretos. As principais iniciativas a serem tomadas nesse aspecto dizem respeito a logística.

Como limitação dessas medidas, pode-se citar que, apesar da possibilidade de ganho em melhorias de logística nas entregas dos fornecedores diretos, o mais efetivo é garantir o fluxo confiável na cadeia de suprimentos como um todo.

### 2º) Foco na cadeia de suprimentos

É importante o foco na melhora da própria cadeia de suprimentos, com a meta de reduzir custos relacionados a logística de produção, *lead-time* e estoques. Deve-se visar o melhoramento global, ao considerar os custos de transporte, estoque e

produção dentro da cadeia de suprimentos. O desempenho da cadeia de suprimentos tem sofrido com a incerteza e com a variação da condição da obra e de capacidade.

Há limitações para essa iniciativa nas duas pontas do processo de entrega. No início as mudanças de requisitos dos produtos e, no final, as condições ruins no canteiro.

### *3º) Foco na transferência de atividades do canteiro de obras para a cadeia de suprimentos*

O terceiro foco é na transferência de atividades que seriam realizadas no canteiro de obras para etapas anteriores da cadeia de suprimentos. Essa medida evita as condições ruins apresentadas na obra, além de permitir evolução simultânea de etapas, muitas vezes prejudicadas no canteiro devido às limitações técnicas. A meta é reduzir os custos e prazos. A principal iniciativa sobre esse foco é a industrialização da obra, especialmente a pré-fabricação.

A limitação dessa abordagem é o incremento de complexidade que se obtém a partir do uso de materiais industrializados, uma vez que as variações na obra podem sofrer penalidades extras.

### *4º) Foco na gestão integrada da cadeia de suprimentos e obra*

O foco na gestão integrada da cadeia de suprimentos e do canteiro de obras é feito a partir da consideração da produção no canteiro como parte do gerenciamento da cadeia de suprimentos. Exemplos de iniciativas nesse aspecto são o “edifício aberto” e o procedimento sequencial. No edifício aberto, a decisão dos usuários sobre o interior do edifício é adiada, além de aumentar sua versatilidade, melhorando sua adaptabilidade durante todo seu ciclo de vida. No procedimento sequencial, a ideia é estruturar o canteiro de modo a receber consecutivos serviços de fornecedores, aproximando o canteiro com o cenário

visto na indústria. Nessas iniciativas, a meta é substituir as cadeias de suprimentos temporárias por permanentes.

A limitação desse foco é a instabilidade inevitável causada pela característica do produto único. As oportunidades de mercado podem quebrar a tentativa de formação da cadeia de suprimentos permanente.

## 4. MÉTODO

### 4.1. Introdução

Os resultados de pesquisas anteriores no setor da construção apontam para existência de problemas associados à gestão de projetos e gestão da construção (KOSKELA e HOWELL, 2002; KOSKELA *et al.*, 2002, BERTELSEN e KOSKELA, 2002). Parte significativa desses problemas é originada da visão tradicional da produção, enquanto as aplicações da nova visão já registraram benefícios (KOSKELA, 2000). A indústria da construção está claramente diante de uma mudança de paradigma, mas, que ainda não está universalizada (ALVES *et al.*, 2012). A aplicação do *Lean Construction* ainda está nos seus estágios iniciais (AZIZ e HAFEZ, 2013). Pioneiros na aplicação dessas técnicas (as vezes concentrados em algumas regiões do globo, ex: Escandinávia), têm reportado ganhos (WANDAHL, 2014), mas a prática ainda há de ser disseminada, por exemplo, no Brasil.

A mudança da abordagem da produção tradicional para a produção enxuta é um processo longo e abrangente, que tem impactos em todos os aspectos de uma empresa. Segundo Tillmann *et al.* (2014), esse tipo de mudança deve ser promovido com o devido cuidado, buscando evitar a criação de resistência dos envolvidos. Koskela (1992) indica que esse tipo de mudança multidimensional pode ser lançado através de aplicações de alguns princípios e técnicas. A partir do sucesso da institucionalização destes, a adoção de mais princípios é facilitada. É possível obter ganhos consideráveis através de esforços iniciais bem direcionados, devido ao alto índice de desperdícios na construção (KOSKELA, 1992).

Este trabalho visa verificar a aplicabilidade e resultados da implementação de conceitos *lean* na construção civil brasileira. Para isso, primeiramente foi

realizada uma revisão bibliográfica do tema, visando à compreensão dos conceitos fundamentais, e a definição dos pontos de aplicação dessa iniciativa. Buscaram-se os subsídios teóricos e metodológicos para o desenvolvimento do trabalho. Buscou-se aprofundamento sobre o *Lean Construction*, desde suas origens no *Lean Production*, no Japão, passando pelos principais trabalhos a respeito de suas aplicações na construção, até os trabalhos mais recentes de exemplos de aplicações e outras experiências.

Em seguida, realizou-se a análise de uma tentativa de aplicação de *Lean Construction* em uma obra na região metropolitana de Belo Horizonte/MG. O caso foi escolhido em função da iniciativa de uma grande construtora brasileira em testar a aplicação de conceitos *Lean* em seus canteiros. Foi selecionada uma obra que lançou mão de técnicas *Lean* em sua sistemática de planejamento e no desenho de seus processos relacionados à logística de canteiro. Buscou-se o levantamento de dados e as análises dos resultados. Foram reportados os ganhos obtidos, as boas experiências, e as principais dificuldades na implementação. Foram indicados pontos para melhorias em projetos semelhantes no futuro.

#### **4.2. Estratégia de pesquisa**

Segundo Yin (2001), a mais importante condição para seleção da estratégia de pesquisa é identificar o tipo de questão que está sendo apresentada. O presente trabalho busca responder “o que” (“o que pode ser feito para melhorar o desempenho da obra?”) e “como” (“como a aplicação do *Lean Construction* pode beneficiar o desempenho da obra?”). Além disso, tendo como foco desse trabalho acontecimentos contemporâneos e não havendo exigência de controle sobre eventos comportamentais, a estratégia mais adequada se torna o Estudo de Caso Exploratório.

A opção pelo estudo de caso singular se baseou em dois fundamentos citados por Yin (2001). Primeiramente, a raridade em Minas Gerais. Tendo este trabalho um tema relativamente recente, e ainda com sua aplicação longe de um patamar ideal (ALVES *et al.*, 2012), não é abrangente a oferta de exemplos de empreendimentos da construção civil gerenciados a partir de abordagem *Lean* no estado de Minas Gerais. O segundo fundamento para justificar o emprego do estudo de caso único é o entendimento deste como possível “experimento decisivo”. Busca-se, então, testar o conjunto de proposições que a teoria *Lean* coloca como verdadeiras. O objetivo do trabalho não é, portanto, representar uma amostragem; mas sim, expandir e generalizar essa teoria.

#### **4.3. Etapas do trabalho**

Este trabalho, resumidamente, seguiu as seguintes etapas:

- i. Delimitação do problema, no qual se buscou definir quais as perguntas fundamentais que a pesquisa se proporia a fazer e qual seria o foco da análise, sobre como a implantação do LC pode impactar no desempenho da obra;
- ii. Revisão bibliográfica, com foco nos conceitos fundamentais acerca do tema, e nos primeiros passos para implantação do LC;
- iii. Construção do protocolo do estudo de caso, definindo os procedimentos do trabalho, fontes de evidência e variáveis a serem estudadas;
- iv. Definição da empresa, caracterizando-a no cenário da construção civil brasileira, e mapeando como ela abrange o tema do LC;
- v. Definição do empreendimento objeto de estudo, caracterizando-o no cenário das demais obras da empresa, indicando como foi tratado o seu processo de gestão;
- vi. Coleta dos dados, conforme protocolo estabelecido;
- vii. Análise dos dados coletados;

viii. Discussão dos resultados e conclusões.

A delimitação do trabalho foi feita visando definir o universo e limitações da pesquisa, pontuando qual método seria utilizado para a pesquisa científica, quais aspectos do empreendimento seriam contemplados para análise e quais pontos não fariam parte do escopo do trabalho.

A revisão da literatura foi desenvolvida com o objetivo de fornecer o embasamento teórico necessário para entendimento e aplicação de conceitos iniciais do *Lean Construcion*.

O protocolo para o estudo de caso foi construído principalmente para servir de guia no processo de levantamento de dados. O protocolo permitiu um planejamento das etapas de trabalho, definindo as rotinas e procedimentos a serem executados.

As definições da empresa e do empreendimento são necessárias para uma adequada contextualização do objeto de estudo, situando qual sua representatividade no cenário da construção civil brasileira (contextualização da empresa no mercado, e do empreendimento na empresa), além do entendimento de qual é o grau de maturidade dos envolvidos acerca da disciplina *Lean*.

A empresa e obra foram selecionadas a partir de dois motivos principais. O primeiro é a adequação do objetivo de um projeto desta empresa com a problematização fundamental deste trabalho, que é a verificação de quais técnicas e como o emprego de técnicas originadas da indústria e com o *Lean Construction* podem beneficiar o desempenho de um canteiro de obras. O segundo é a disponibilidade de informações, uma vez que o autor desta pesquisa trabalha na empresa selecionada e participou do projeto em questão.

A coleta de dados foi feita seguindo as especificações do protocolo, que previa observações diretas das rotinas de trabalho pelo pesquisador, entrevistas



semiestruturadas com membros da equipe do projeto e análise documental de relatórios, apresentações, procedimentos padrão, fotos, projetos, desenhos, etc. As análises e conclusões puderam ser apresentadas ao final do trabalho.

#### **4.4. Protocolo para o estudo de caso**

##### *4.4.1. O protocolo*

Segundo Yin (2001), lançar mão de um protocolo é desejável em qualquer circunstância, uma vez que este é uma das principais táticas de aumento de confiabilidade da pesquisa de estudo de caso. O protocolo se destina a guiar o pesquisador no momento da coleta de dados.

Para este trabalho, foi desenvolvido um protocolo para definir os procedimentos e formatos das etapas de levantamento de dados. O protocolo foi estruturado conforme:

1. Visão geral;
2. Procedimentos de coletas de dados;
  - 2.1. Entrevistas
  - 2.2. Análise documental
  - 2.3. Observação direta
3. Guia para o relatório do estudo de caso.

Para a seção de Visão geral, buscou-se mostrar ao leitor (que estiver familiarizado com o tema) o objetivo do projeto e o cenário no qual ele ocorreu.

Na seção de Procedimentos de coletas de dados, foram relatadas as três modalidades previstas, de modo a possibilitar a captação dos acontecimentos dentro do canteiro de obras e seu registro mais adequado.

O Guia para o relatório do estudo de caso foi desenvolvido numa tentativa de estabelecimento prévio de qual seria o esquema básico do relatório do estudo de caso. O intuito foi a consideração do produto final na etapa de planejamento do projeto, buscando a maximização da assertividade.

#### 4.4.2. *Entrevistas*

Foram definidas sistemáticas para as seções de entrevistas durante a pesquisa. A escolha dos profissionais entrevistados foi feita previamente, considerando-se a capacitação técnica e envolvimento dos mesmos com o projeto.

O procedimento e questões para as seções de entrevista foram específicos para o assunto tratado. Seções relativas à sistemática de planejamento e controle seguiram os modelos A1 e A2, enquanto seções relativas às reconfigurações de atividades no canteiro seguiram os modelos B1 e B2; conforme:

##### *MODELO A1*

- Periodicidade: uma vez, ao início do projeto.
- Entrevistados: equipe de projeto (engenheiros e mestre de obra). Engenheiro residente deverá responder, mas equipe de projeto poderá complementar.
- Perguntas:
  1. Quais os objetivos para implantar um método diferenciado de planejamento e controle em relação às outras obras da empresa?
  2. Qual é o método de planejamento tradicionalmente adotado pela empresa? Qual é a documentação que formalize esse método?
  3. Qual é a documentação que formalize o método de planejamento e controle que será utilizado para este projeto?

4. Como se dará a rotina de acompanhamento da produção no longo-prazo?  
Quais os documentos auxiliares?
5. Como se dará a rotina de acompanhamento da produção no médio-prazo?  
Quais os documentos auxiliares?
6. Como se dará a rotina de acompanhamento da produção no curto-prazo?  
Quais os documentos auxiliares?
7. Espaço para quaisquer outros comentários.

### *MODELO A2*

- Periodicidade: uma vez, ao final do projeto.
  - Entrevistados: equipe de projeto (engenheiros e mestre de obra). Engenheiro residente deverá responder, mas equipe de projeto poderá complementar.
  - Perguntas:
1. Foi possível executar a obra conforme a sistemática de planejamento e controle proposta no início do projeto? Qual é a documentação que indica quais os procedimentos adotados durante o projeto? Os objetivos iniciais foram alcançados? Quais as vantagens e desvantagens?
  2. Foi possível adotar a rotina de acompanhamento da produção no longo-prazo conforme previsto no início do projeto? Quais os documentos e bases de dados que indiquem os resultados alcançados? Os objetivos iniciais foram alcançados? Quais as vantagens e desvantagens?
  3. Foi possível adotar a rotina de acompanhamento da produção no médio-prazo conforme previsto no início do projeto? Quais os documentos e bases de dados que indiquem os resultados alcançados? Os objetivos iniciais foram alcançados? Quais as vantagens e desvantagens?
  4. Foi possível adotar a rotina de acompanhamento da produção no curto-prazo conforme previsto no início do projeto? Quais os documentos e bases de dados que indiquem os resultados alcançados? Os objetivos iniciais foram alcançados? Quais as vantagens e desvantagens?
  5. Quais as percepções gerais quanto ao sistema adotado? O que pode

melhorar para futuros projetos?

6. Espaço para quaisquer outros comentários.

### *MODELO B1*

- Periodicidade: uma vez, ao início do projeto.
- Entrevistados: equipe envolvida com a atividade (engenheiros, mestre de obra, encarregado). Engenheiro residente deverá responder, mas equipe poderá complementar.
- Perguntas:
  1. Quais os objetivos de reconfigurar processos de atividades no canteiro?
  2. Qual o critério para seleção de quais processos serão reconfigurados? Quais serão estes processos?
  3. Qual a mudança proposta para esse processo? Quais são os documentos que definem o procedimento a ser executado?
  4. Espaço para quaisquer outros comentários.

### *MODELO B2*

- Periodicidade: uma vez, ao final do projeto.
- Entrevistados: equipe envolvida com a atividade (engenheiros, mestre de obra, encarregado). Engenheiro residente deverá responder, mas equipe poderá complementar.
- Perguntas:
  1. Os objetivos da reconfiguração de processos foram alcançados?
  2. Para cada processo, qual a documentação que registre os resultados alcançados?
  3. Quais as percepções gerais quanto às soluções adotadas? O que pode melhorar para futuros projetos?
  4. Espaço para quaisquer outros comentários.

#### 4.4.3. *Análise documental*

Com o intuito de aprofundar as informações obtidas nas entrevistas, foi realizada análise da documentação relacionada. Foram analisados documentos referentes a obras anteriores da empresa e à obra objeto de estudo deste trabalho, conforme:

- Manuais e procedimentos utilizados em obras anteriores da empresa;
- Cronogramas de obras anteriores da empresa;
- Documentações de planejamento de obras anteriores da empresa;
- Orçamentos de obras anteriores da empresa;
- Planilhas de comparação Orçado x Realizado de obras anteriores da empresa;
- Manuais e procedimentos utilizados na obra objeto do projeto;
- Cronograma da obra objeto do projeto;
- Documentação de planejamento da obra objeto do projeto;
- Orçamento da obra objeto do projeto;
- Planilha de comparação Orçado x Realizado da obra objeto do projeto;
- Atas de reuniões de planejamento e definições das diretrizes do projeto;
- Fluxograma das etapas da obra;
- Linhas de base da obra;
- Desdobramentos do macro cronograma da obra;
- Simuladores de produção para etapas da obra;
- Procedimentos de seções de treinamento;
- Atas de reuniões de planejamento de médio-prazo;
- Atas de reuniões de planejamento de curto-prazo;
- Planilhas, formulários e documentos utilizados na operação e delegação de funções na obra;
- Bases de dados e relatórios de produtividade das equipes de obra;
- Bases de dados e relatórios de evolução física e financeira da obra;

- Bases de dados e relatórios de tratamento de anomalias;
- Fluxogramas de atividades e processos do canteiro de obras;
- Apresentações e documentação de treinamento utilizadas pela equipe de projeto;
- Bases de dados e relatórios do consumo de materiais;
- Fluxogramas dos processos e atividades na obra;
- Procedimentos operacionais padrão utilizados na obra;
- Procedimentos de execução de serviços utilizados na obra;
- Projetos das diversas disciplinas da obra (estrutural, arquitetônico, instaladora, executivo, situação, logística, etc).

#### 4.4.4. *Observação direta*

Para complementar as informações obtidas nas entrevistas e através da documentação, foram realizadas visitas à obra. As observações diretas dos procedimentos e processos no canteiro foram realizadas de modo a verificar *in loco* a obtenção ou não dos resultados esperados.

#### 4.4.5. *Resumo das fontes de informação*

A tabela 4.1 resume quais foram as fontes de evidência utilizadas para realização deste trabalho, assim como em que momento do projeto cada uma foi consultada.

Tabela 4.1 – Resumo das fontes de evidência

Fonte de evidência	Quando
Entrevista de acordo com o Modelo A1	Início do projeto
Entrevista de acordo com o Modelo A2	Final do projeto
Entrevista de acordo com o Modelo B1	Início do projeto
Entrevista de acordo com o Modelo B2	Final do projeto
Documentação relacionada aos procedimentos em obras anteriores	Início do projeto
Documentação relacionada aos macro resultados em obras anteriores	Início do projeto
Documentação relacionada aos procedimentos do projeto	Final do projeto
Documentação relacionada aos macro resultados do projeto	Final do projeto
Documentação relacionada aos resultados detalhados do projeto	Final do projeto
Atas e fotografias das visitas à obra	Bimestralmente

#### 4.4.6. *Guia para o relatório do estudo de caso*

O guia para relatório do estudo de caso foi desenvolvido para definir qual seria a estrutura de apresentação deste trabalho. A definição de estrutura, então, foi:

1. Introdução e Justificativa
2. Objetivo
3. Revisão bibliográfica
4. Método
5. Estudo de caso
6. Discussão dos resultados
7. Conclusões
8. Considerações finais
9. Referências bibliográficas

O capítulo de introdução e justificativa deve contextualizar a pesquisa e justificar sua relevância, formulando o tema de maneira clara e definindo sua delimitação.

O capítulo de objetivo deve ser uma formulação clara e simples dos objetivos a

serem alcançados.

Para o capítulo da revisão bibliográfica, deve ser relatada uma síntese da revisão da literatura sobre o tema em estudo.

O capítulo de método deve descrever os procedimentos metodológicos, explicitando os instrumentos de pesquisa, tais como o protocolo de estudo de caso.

No capítulo referente ao estudo de caso, deverão estar registrados os resultados alcançados, coletados através dos procedimentos mencionados nesse protocolo. Deverão estar registrados os dados na forma de texto, tabelas, gráficos e figuras. O relatório deverá ser separado em duas grandes partes, uma para a sistemática de planejamento e controle; outra para a reconfiguração dos processos do canteiro.

No capítulo da discussão dos resultados, o conteúdo do trabalho deverá ser discutido e comparado com outros resultados obtidos por outros autores do tema.

Para o capítulo de conclusões, deverá ser verificado se os objetivos originais do trabalho foram atingidos, e de que forma isso ocorreu.

Será, ainda, redigido um capítulo de considerações finais, no qual o pesquisador expressará sua opinião acerca dos resultados obtidos.

Por último, deverá haver um capítulo registrando os trabalhos utilizados durante a execução deste projeto.



#### 4.5. Considerações sobre as limitações do método

A estratégia de pesquisa utilizada foi o estudo de caso exploratório único. Assim, surge uma questão intrínseca dessa estratégia, que é a de não haver elementos suficientes para uma conclusão estatística ou absoluta. No entanto, como já comentado em 4.2, o objetivo do trabalho não é representar uma amostragem, mas retratar mais um caso e contribuir para o conhecimento acerca do tema.

No entanto, para essa pesquisa, são tomados alguns cuidados para incrementar sua validade. Segundo Yin (2001), dois testes importantes para validar projetos em estudo de caso são:

- *Validade do constructo*: estabelecer medidas operacionais corretas para os conceitos que estão sob estudo;
- *Confiabilidade*: demonstrar que as operações de um estudo – como os procedimentos de coleta de dados – podem ser repetidas, apresentando os mesmo resultados.

Este trabalho, então, buscou a utilização de mais de uma fonte de evidência e o estabelecimento de encadeamento de evidências, apresentando um relato que é a interconexão entre as informações obtidas nas entrevistas, nas análises documentais e nas observações *in loco*. Além disso, para incrementar a confiabilidade do trabalho, buscou-se executar os processos de pesquisa conforme o protocolo e processos planejados, de forma a encontrar conclusões que outro pesquisador, ao fazer o mesmo estudo de caso, provavelmente também encontraria.

## 5. Estudo de Caso

### 5.1. Descrição do caso de estudo

#### 5.1.1. Caracterização da empresa e do empreendimento

A empresa retratada nessa pesquisa trata-se de uma grande construtora e incorporadora brasileira, com atuação principal no segmento de imóveis para a classe média e baixa, presente em quatro regiões geográficas brasileiras. A empresa em questão não tem profunda experiência com *Lean Construction*, sendo o presente caso uma das suas primeiras tentativas de implantação. Na empresa, existe um departamento com a atribuição de gestão e melhoria de processos, no qual estão locados profissionais com experiência em boas práticas de mercado e boas práticas realizadas em outros setores.

A decisão para experimentação de técnicas *Lean* em uma de suas obras surgiu da necessidade de um melhor controle do processo global, visto que alguns empreendimentos anteriores da empresa obtiveram resultados fora do projetado, tanto em relação ao cronograma quanto em relação ao custo final do empreendimento. Optou-se, então, pela formação de uma equipe de projeto, que seria responsável por definir o método de gestão da produção utilizados em um canteiro de obras. A equipe do projeto foi formada por:

- Membros do departamento de melhoria de processos;
- Engenheiros e equipe residente na obra;
- Outros profissionais estratégicos de outros setores da empresa, seja por afinidade com o tema, seja por necessidade de alinhamento com setores importantes para o negócio.

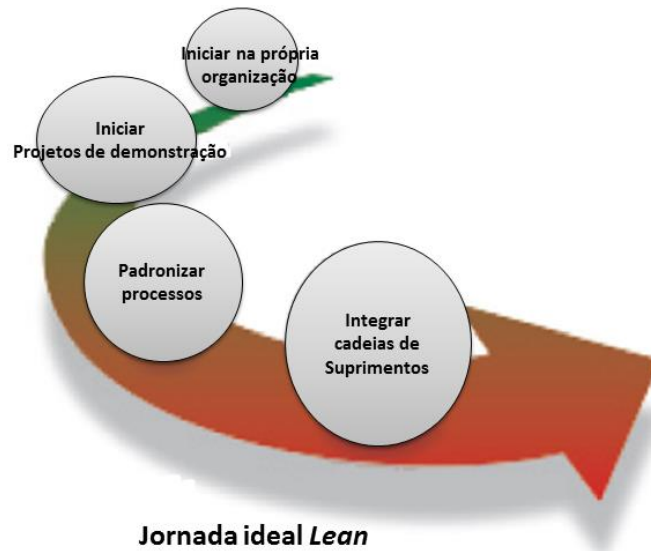
A obra em questão trata-se de um conjunto residencial de padrão popular na cidade de Contagem/MG. A obra apresenta 19,7 mil m<sup>2</sup> de área construída, em 384 unidades habitacionais divididas entre 24 blocos de quatro pavimentos. As outras obras da empresa têm tipicamente o padrão do objeto escolhido para esse trabalho.

### 5.1.2. *Limitações de aplicação*

O presente trabalho retrata o esforço inicial de uma grande construtora brasileira de verificar a aplicabilidade e vantagens da implantação de conceitos e técnicas *Lean* em sua operação. Segundo Womack e Jones (2003), a mudança deve começar com algo importante, em atividades específicas e visíveis. Tendo isso em vista, a empresa optou pela aplicação desses conceitos na sua produção, em um canteiro de obras. Para este trabalho, foi selecionada uma obra na região metropolitana de Belo Horizonte/MG, no qual seriam trabalhadas atividades de canteiro e planejamento.

Mesmo limitando o campo de aplicação à produção, *i.e.* ao canteiro de obras, o universo de atividades que podem ser revistas a partir de uma visão *lean* é extremamente extenso. Koskela (1992) coloca que, a respeito de potencial de melhora, relações com outras organizações frequentemente são observadas como fonte de problemas; mas, no entanto, o ponto de partida deve ser a solução dos problemas internos. O mesmo autor defende que no início devem se adotar alguns princípios e técnicas, para posterior expansão, após o sucesso da aplicação dos mesmos. A figura 5.1 ilustra uma jornada ideal para implementação completa do *Lean*. Esse trabalho tem como escopo a realização das duas primeiras etapas.

Figura 5.1 – Jornada ideal de implementação do *Lean*  
Fonte: AZIZ e HAFEZ, 2013.

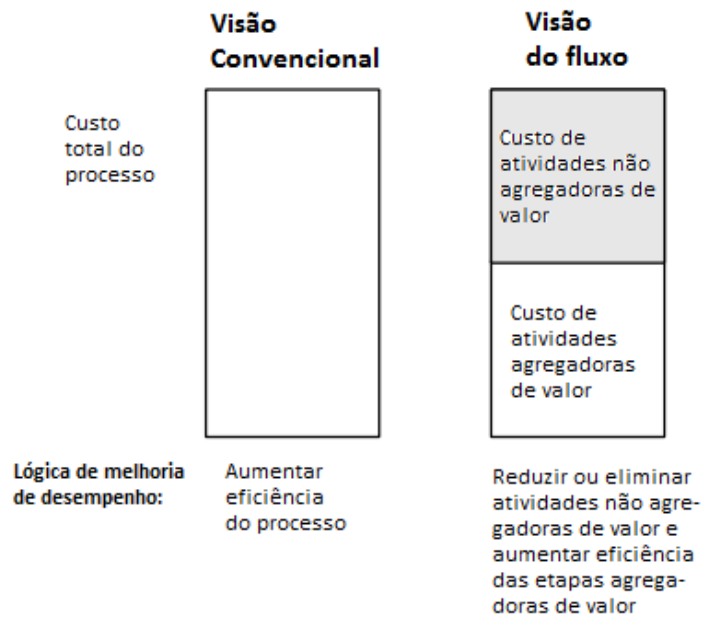


De acordo com Koskela (2009), os principais meios para implementação do LC são o uso do *Last Planner System* (LPS) e a aplicação de práticas e métodos do *Lean Production*, quando aplicáveis. A partir dessa visão, foram selecionadas duas disciplinas de atuação para o projeto deste trabalho. A primeira foi o planejamento e controle, no qual foi definido que seria implantada uma rotina de gestão da produção baseada no LPS. A segunda foi a reconfiguração de várias atividades, baseada no *Lean Thinking* e na teoria TFV da produção.

### 5.1.3. Princípios para a melhoria através da visão de fluxos

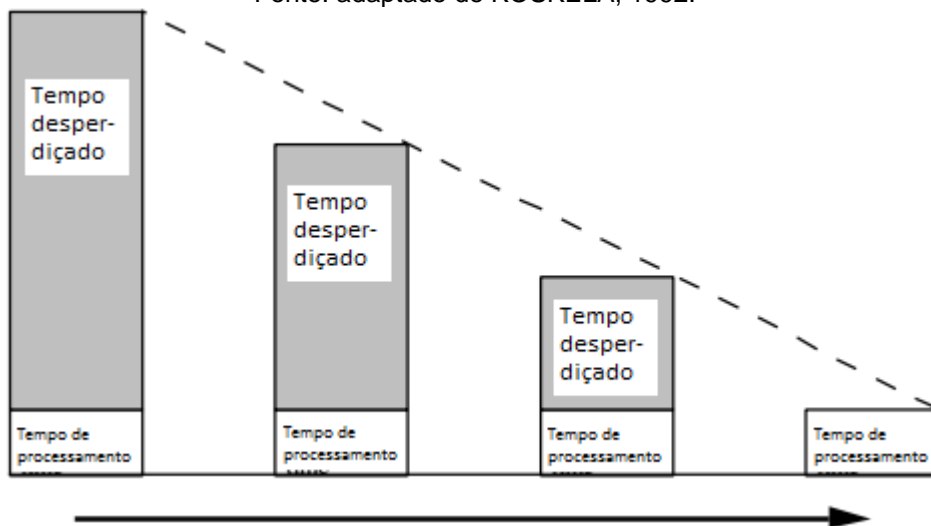
Para a definição dos processos relacionados a produção da obra em questão, buscou-se avaliar não somente a visão de conversão da produção, mas sim, também a visão de fluxo. Dessa forma, as soluções escolhidas tiveram como objetivo não só aumentar a eficiência do processo de transformação, mas também reduzir ou eliminar etapas não agregadoras de valor. A figura 5.2 exhibe esse direcionamento.

Figura 5.2 – Lógica de melhoria de desempenho buscada comparada à convencional  
 Fonte: adaptado de KOSKELA, 1992.



O tempo gasto para realização de uma atividade de produção é a soma do tempo de processamento (produtivo) com os tempos de espera, movimentação e inspeção (improdutivos). Um dos objetivos principais das abordagens tomadas para o presente projeto foi a redução dos tempos desperdiçados, conforme exibido na figura 5.3.

Figura 5.3 – Redução dos tempos de ciclo através da redução de desperdícios  
 Fonte: adaptado de KOSKELA, 1992.



Segundo Alves *et al.* (2012), o relatório de Koskela (1992) sobre a aplicação da nova teoria da produção na construção é um dos mais (senão o mais) populares trabalhos sobre o tema. Neste relatório, são listados 11 princípios para melhoria do planejamento da produção em fluxo (tabela 5.1). Os princípios apontados por Koskela foram referência importante para a tomada de decisão na obra.

Tabela 5.1 – Princípios para melhorias de fluxos  
Fonte: KOSKELA, 1992.

<b>Princípios</b>
<p><b>1. Reduzir o número de atividades não geradoras de valor</b> Eliminação das atividades que consomem tempo, recursos e espaços, mas não geram valor ao produto final.</p>
<p><b>2. Aumentar o valor do produto através de consideração sistemática dos requisitos do cliente</b> Geração de valor para o cliente final e para os clientes internos das etapas subsequentes.</p>
<p><b>3. Reduzir a variabilidade</b> A variabilidade tem impactos para o cliente (qualidade do produto final) e para o processo (aumento das atividades não geradoras de valor).</p>
<p><b>4. Reduzir os tempos de ciclo</b> O tempo de ciclo é a soma de seu tempo de processamento, tempo de inspeção, tempo de espera e tempo de movimentação. O foco é a redução dos tempos de inspeção, espera e movimentação. A redução de tempo de ciclo facilita a operação de <i>feedback</i>. No processo global, acelera a entrega para o cliente, reduz a necessidade de previsões de condições/demanda, diminui mudanças na operação por mudanças de pedidos e facilita o gerenciamento pela redução de pedidos simultâneos a serem acompanhados.</p>
<p><b>5. Simplificar através da redução do número de passos, etapas ou partes</b> A complexidade de um produto ou processo aumenta seu custo total numa proporção maior que a soma do custo de cada subprocesso. Sistemas complexos tem um grau de incerteza maior que sistemas simples. Há limites na capacidade humana de lidar com complexidade.</p>
<p><b>6. Aumentar a flexibilidade dos produtos</b> Projetos de produtos modularizados em conexão com um uso intenso dos outros princípios, especialmente compressão dos tempos de ciclo e transparência.</p>
<p><b>7. Aumentar a transparência dos processos</b> A falta de transparência nos processos aumenta a propensão a erros, atrasa a detecção do erro e diminui a motivação para melhoria. Os processos devem observáveis diretamente através de informações disponibilizadas aos envolvidos.</p>
<p><b>8. Foco no controle do processo global</b> O controle em segmentações do fluxo é subótimo. Deve-se buscar que fluxos que atravessassem fronteiras de equipes diferentes ou de organizações diferentes não sejam controlados de maneira segmentada.</p>
<p><b>9. Aplicar melhoria contínua no processo</b></p>

O esforço para reduzir desperdícios e aumentar valor deve ser uma atividade interna, incremental e iterativa que deve ser realizada continuamente.
<b>10. Equilibrar melhorias nas conversões e melhorias no fluxo</b>
As melhorias devem ocorrer nas etapas de conversão e de fluxo. Deve haver foco principal nas melhorias de fluxo, este tem historicamente maior potencial de melhora com menor investimento.
<b>11. Benchmark</b>
As melhores práticas de fluxos de processo não são "vendidas" como são as tecnologias de conversão. O <i>benchmarking</i> é um estímulo para reconfiguração de processos.

#### 5.1.4. Diretrizes práticas utilizadas com base nos princípios

Com base nos 11 princípios e a partir das abordagens práticas propostas por Koskela (1992) e outros autores, foram definidas diretrizes a serem seguidas na elaboração dos processos para a obra em questão. As diretrizes foram separadas de acordo com o objetivo de cada uma:

##### 1. Reduzir desperdícios

- Mapear o fluxograma dos processos
- Apontar e medir as atividades não geradoras de valor

##### 2. Gerar valor

- Mapear fluxos e definir necessidades dos clientes internos para cada etapa
- Analisar requisitos dos clientes internos de cada etapa

##### 3. Reduzir variabilidade

- Medir a variabilidade

- Encontrar e eliminar as causas raiz
- Implementar procedimentos padrão

#### 4. *Reduzir tempos de ciclo*

- Diminuir trabalho em andamento
- Reduzir lotes
- Mudar *layout* de canteiro para diminuir distâncias
- Suavizar e sincronizar os fluxos
- Reduzir a variabilidade
- Transformar atividades em sequência em atividades paralelas
- Resolver os problemas de precedências

#### 5. *Simplificar*

- Reduzir o número de componentes nos produtos
- Reduzir o número de passos nos fluxos de material e informação
- Diminuir fluxos por consolidação de atividades
- Diminuir o número de componentes dos produtos através de mudanças em projeto ou uso de pré-fabricados
- Padronizar componentes, materiais, ferramentas, etc.
- Diminuir divisão vertical e horizontal no trabalho

#### 6. *Aumentar flexibilidade*

- Diminuir lotes, torna-los sincronizados com a demanda
- Estar preparado para eventuais mudanças

#### 7. *Aumentar transparência*



- Manter canteiro limpo, diminuindo improdutividade devida à desordem
- Instruir clara e especificamente a mão-de-obra para execução dos processos
- Tornar claros atributos “invisíveis” dos processos através de medições e fluxogramas
- Disponibilizar informações relacionadas aos processos de maneira clara nas áreas de trabalho
- Utilizar controles visuais possibilitando que qualquer envolvido reconheça os padrões, objetivos e desvios
- Reduzir a interdependência das equipes de produção

#### 8. *Controlar o processo global*

- Medir o processo de maneira completa
- Relacionar-se cooperativamente com fornecedores, introduzindo as vantagens mútuas do controle do fluxo total

#### 9. *Melhorar continuamente*

- Medir e monitorar melhorias
- Definir metas
- Estimular envolvimento das equipes de produção na melhoria contínua
- Padronizar melhores práticas e buscar padrões ainda melhores
- Abordar melhoria e controle conjuntamente, eliminar a causa raiz dos problemas

#### 10. *Melhorar fluxos e conversões*

- Focar nas possibilidades de ganho nas etapas de fluxo
- Verificar novas tecnologias para ganho nas etapas de conversão

#### 11. *Adotar melhores práticas*

- Conhecer os pontos fortes e fracos dos processos
- Conhecer os concorrentes, comparar as melhores práticas
- Copiar, modificar e incorporar as melhores práticas
- Combinar os pontos fortes existentes com boas práticas externas.

## **5.2. Planejamento e controle da obra**

### *5.2.1. Introdução*

Com o objetivo de garantir o atingimento das metas da obra, tratar as anomalias da produção, mitigar os riscos, definir as prioridades e diminuir a incerteza, foi implantado um método de gestão baseado no *Last Planner System* de Ballard (2000). O uso do LPS geralmente é o ponto de partida para a implementação do *Lean Construction*, segundo a análise de Alves *et al.* (2012) dos artigos do IGLC.

O LPS já se mostrou uma técnica que permite a melhoria do desempenho da construção (AZIZ e HAFEZ, 2013). Esse sistema abrange vários conceitos encontrados na literatura *Lean* e do *Toyota Production System* (TPS), como o planejamento baseado nas necessidades reais do projeto, planejamento puxado ao invés de baseado em previsões, análises das causas raiz dos problemas, designação de tarefas sem restrições, dentre outros (ALVES *et al.*, 2012). A técnica de gestão da produção escolhida foi ao encontro das diretrizes traçadas para definição dos processos da obra.

### 5.2.2. Método de planejamento e controle anterior

Nas obras anteriores da empresa em questão, utilizava-se o método de planejamento da produção convencional, prática característica da construção civil. Esse método, resumidamente, pode ser listado como:

1. Determinação do prazo de obra pela diretoria, baseado em sua tipologia
2. Definição da linha de base, a partir de Curva S, com estimativas de produção para cada fase da obra
3. Definição do cronograma por etapas e atividades, baseado no CPM
4. Definição das metas semanais a partir do cronograma
5. Designação de atividades para equipes de produção a partir das metas semanais

O *Critical Path Method* (CPM), tradicionalmente a técnica utilizada para elaboração das metas de produção, estabelece uma relação entre tarefas de fim-início, *i.e.* uma tarefa é iniciada após o término da atividade anterior na rede, conforme ilustrado na figura 5.4.

Figura 5.4 – Entendimento de predecessão pelo modelo de planejamento CPM  
Fonte: KOSKELA, 2009.

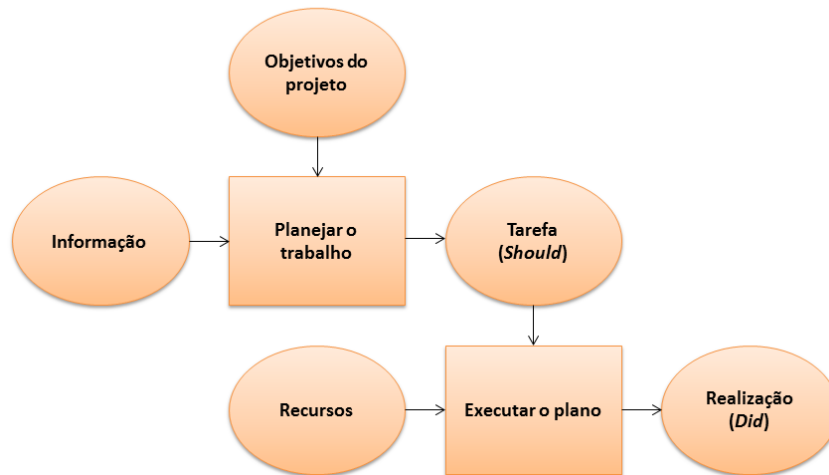


A figura 5.5, portanto, sumariza a técnica de planejamento convencionalmente utilizada. Sequencialmente, os objetivos do projeto (*i.e.* cronograma macro) são

divididos em tarefas designadas para equipes de produção. Através dos materiais e equipamentos disponíveis, as equipes devem executar o planejado.

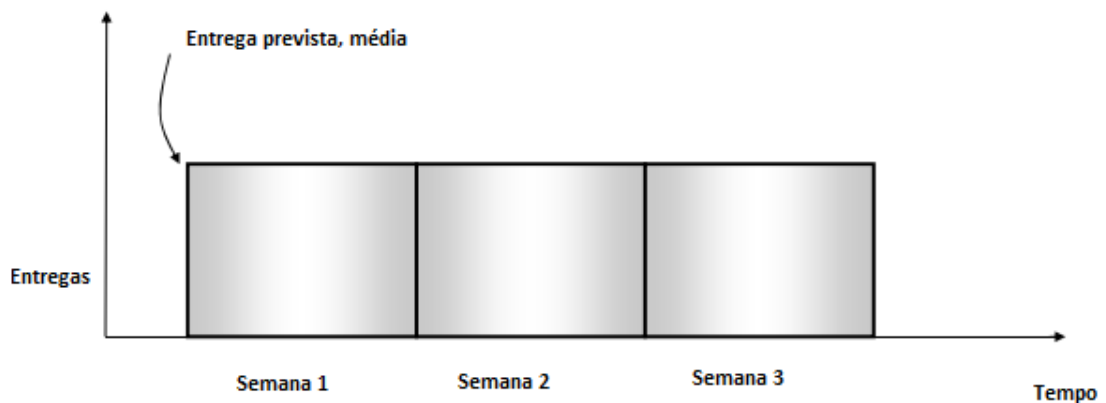
Figura 5.5 – Sistema tradicional de planejamento “empurrado”  
Fonte: adaptado de BALLARD, 2000.

### Planejamento “empurrado” tradicional



Esse método “empurrado” é um planejamento desdobrado a partir dos macro objetivos, e assume que a execução será conforme o plano, de maneira linear. A figura 5.6 ilustra as assumpções para esse planejamento convencional, indicando quais os resultados (entregas) esperados a partir da designação de atividades.

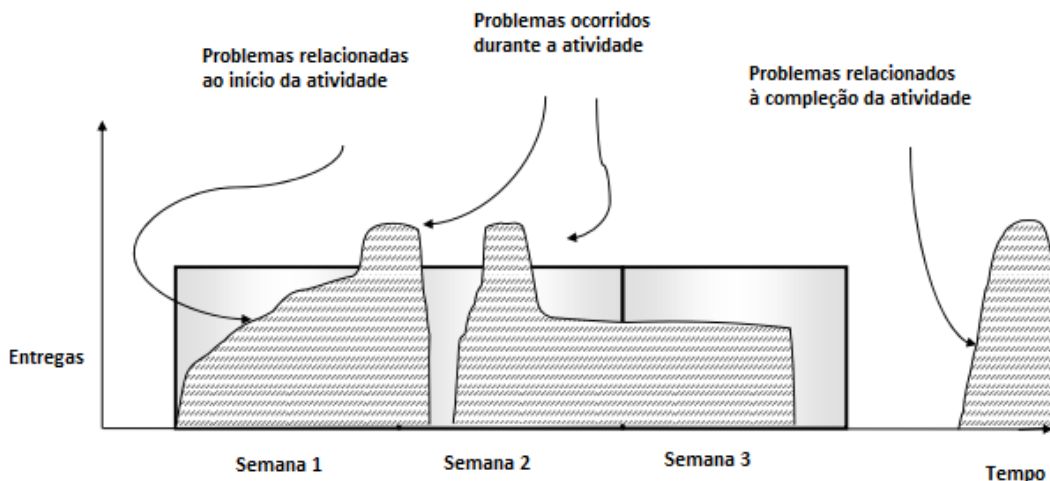
Figura 5.6 – Planejamento ideal de entregas das atividades  
Fonte: KOSKELA, 2009.



No entanto, a construção é um tipo de produção complexa, que pode ser afetada

por diversos fatores externos. Devido a fatores como condições ambientais, falta de mão de obra, erros de execução, falta de materiais, tarefas predecessoras não completadas, falta de equipamentos, falta de espaço físico, dentre outros; nem sempre o realizado ocorre de acordo com o planejado. A figura 5.7 ilustra tipicamente entregas concretizadas a partir do planejamento convencional.

Figura 5.7 – Entregas da construção na prática  
Fonte: KOSKELA, 2009.



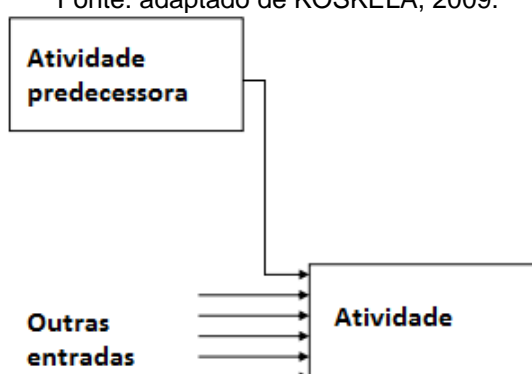
Essa situação resulta em desempenho subótimo. A não ocorrência das entregas conforme o planejado acarreta em perdas financeiras e ligadas ao cronograma da obra. O planejamento das semanas seguintes fica prejudicado, pois as atividades predecessoras não são finalizadas. A gestão da produção no canteiro de obras se torna ainda mais complexa e o atingimento das metas inicialmente propostas fica cada vez mais distante.

### 5.2.3. Método de planejamento e controle da produção proposto

Uma das razões principais para a não ocorrência das entregas conforme o planejado está justamente na forma de planejamento e controle convencional, utilizando somente o CPM (BERTELSEN e KOSKELA, 2002). Seu entendimento de predecessão e de liberação de atividades negligencia as outras entradas

necessárias para a execução das atividades subsequentes. Essa condição provoca congestionamentos, trabalhos fora de sequências, múltiplos inícios e paradas, inabilidade de planejar detalhes antecipadamente, obstruções causadas por estoques de materiais, tentativas de trabalho fora das condições ideais, interrupções por falta de materiais, ferramentas ou instruções, atrasos e sobrecargas. A figura 5.8 ilustra o entendimento de precedência buscado no planejamento proposto.

Figura 5.8 – Entendimento de precedência pelo LPS  
Fonte: adaptado de KOSKELA, 2009.

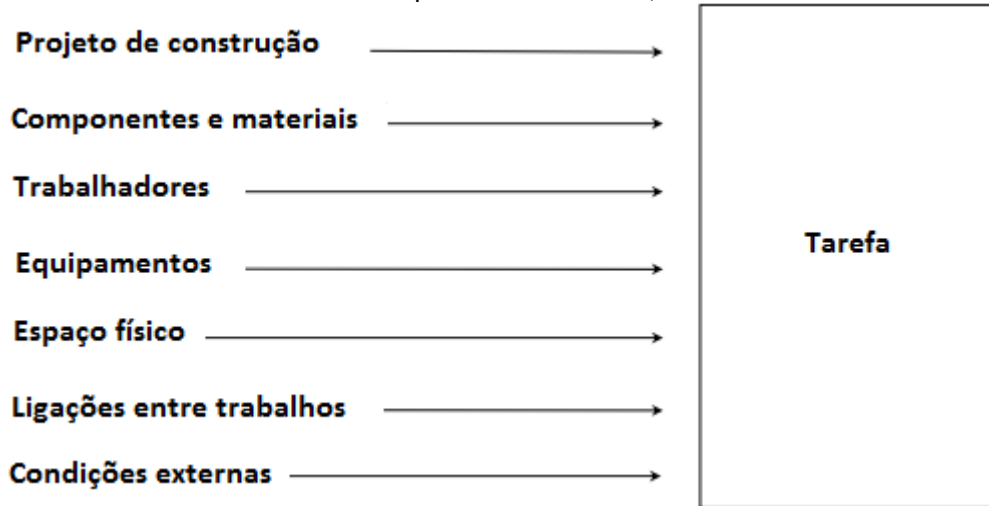


Dessa forma, as entradas a serem consideradas para a liberação de cada atividade não foram apenas as atividades anteriores, mas quaisquer outras entradas, e.g. materiais, equipamentos, ferramentas, mão-de-obra, documentos, entre outros; conforme ilustrado pela figura 5.9.

O LPS é uma forma de planejamento de gestores da obra em conjunto com os *last planners*, i.e. equipes de produção, mestres-de-obras e encarregados (AZIZ e HAFEZ, 2013). A essência dessa técnica é o controle do fluxo de trabalho, gerenciando a disponibilidade dos recursos e requisitos a montante das atividades planejadas. A liberação das atividades é dada através de um processo de olhar-adiante (*Lookahead Plan*, planejamento de médio-prazo), que determinará a progressão e ritmo do trabalho. O planejamento macro (*Master Plan*, planejamento de longo-prazo) é quebrado em pacotes menores. Para esses pacotes, são especificadas detalhadamente as técnicas de execução, e são removidas todas as restrições para sua execução. Cria-se um *buffer* de tarefas

prontas para serem executadas. Essas tarefas, então, são transferidas para o planejamento semanal (*Weekly Work Plan*, WWP, planejamento de curto-prazo), com base na capacidade das equipes de produção disponíveis.

Figura 5.9 – Entradas necessárias para início de uma tarefa  
Fonte: adaptado de KOSKELA, 2009.



O método de gestão da produção proposto é baseado na implementação de um processo *SHOULD-CAN-WILL-DID*. Esse processo prevê que a gestão da produção deve nos dizer o que deve (*should*) e o que pode (*can*) ser feito, para que haja a decisão do que será (*will*) feito, e, finalmente, comparado com o que foi (*did*) feito para melhorar o planejamento. Buscou-se, portanto, a liberação real do que deveria ser feito para que as designações de trabalho fossem mais precisas. A figura 5.10 esquematiza esse foco e o compara com a prática anterior.

A figura 5.11 resume o processo incrementado e implantado nessa obra. As tarefas que deveriam ser feitas, apontadas pelo *Master Plan*, passavam por um filtro através do *Lookahead Plan*. Apenas após sua liberação, elas foram designadas para as equipes de produção no planejamento de curto-prazo (WWP).

Figura 5.10 – Decisão de tarefas no planejamento convencional e no método adotado  
Fonte: adaptado de AZIZ e HAFEZ, 2013.

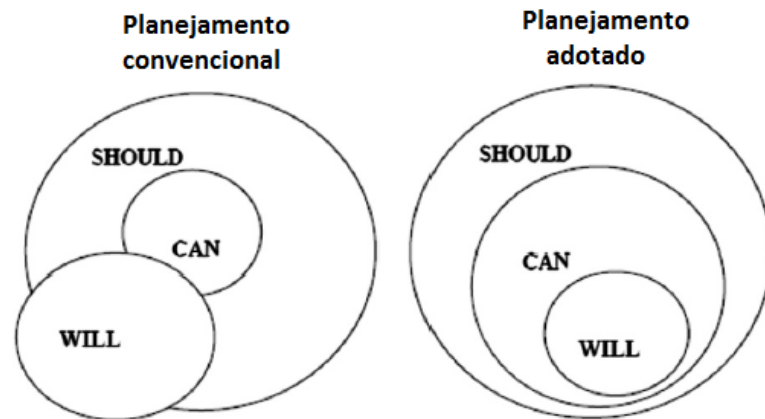
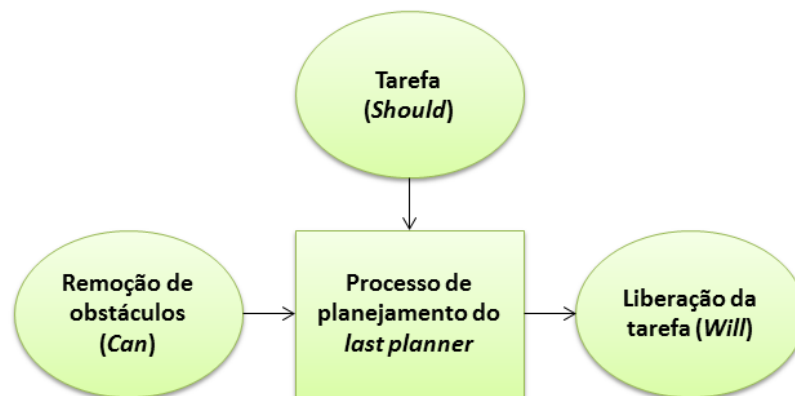


Figura 5.11 – Planejamento puxado através do LPS  
Fonte: adaptado de BALLARD, 2000.

### Sistema puxado do LPS

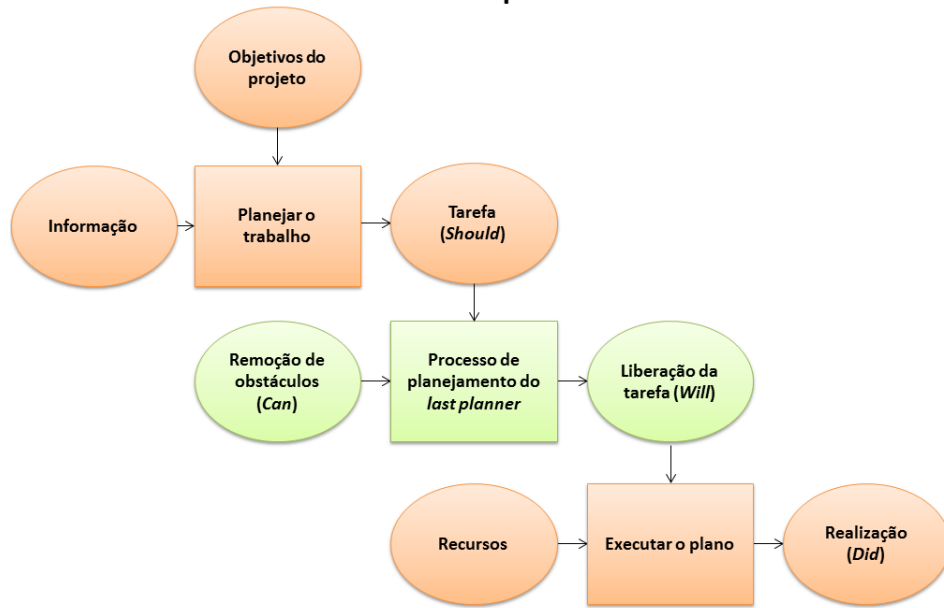


Portanto, foi adicionado um importante processo se comparado ao método de planejamento e controle tradicionalmente utilizado. O método do planejamento proposto adicionou duas camadas de planejamento, ao invés da designação direta das tarefas propostas no macroplanejamento. A figura 5.12 representa o fluxograma completo.



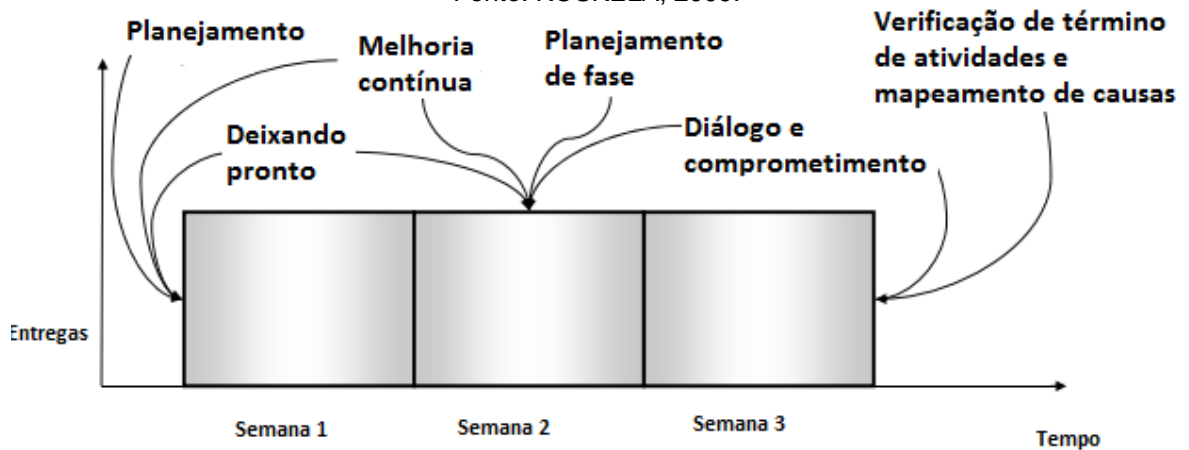
Figura 5.12 – Processo de planejamento adotado  
 Fonte: adaptado de BALLARD, 2000.

**LPS Completo**



O objetivo do método de planejamento e controle proposto foi a recriar as condições apresentadas no canteiro para que elas se assemelhem ao máximo às condições ideais planejadas. A figura 5.13 ilustra as condições e as entregas esperadas através do método proposto.

Figura 5.13 – Planejamento através do LPS: recriando as condições ideais das tarefas  
 Fonte: KOSKELA, 2009.



Conforme previsto, então, o planejamento e controle da obra foram realizados em três níveis hierárquicos, conforme técnicas do LPS. Esses níveis estão listados a

seguir, e serão percorridos nas próximas seções.

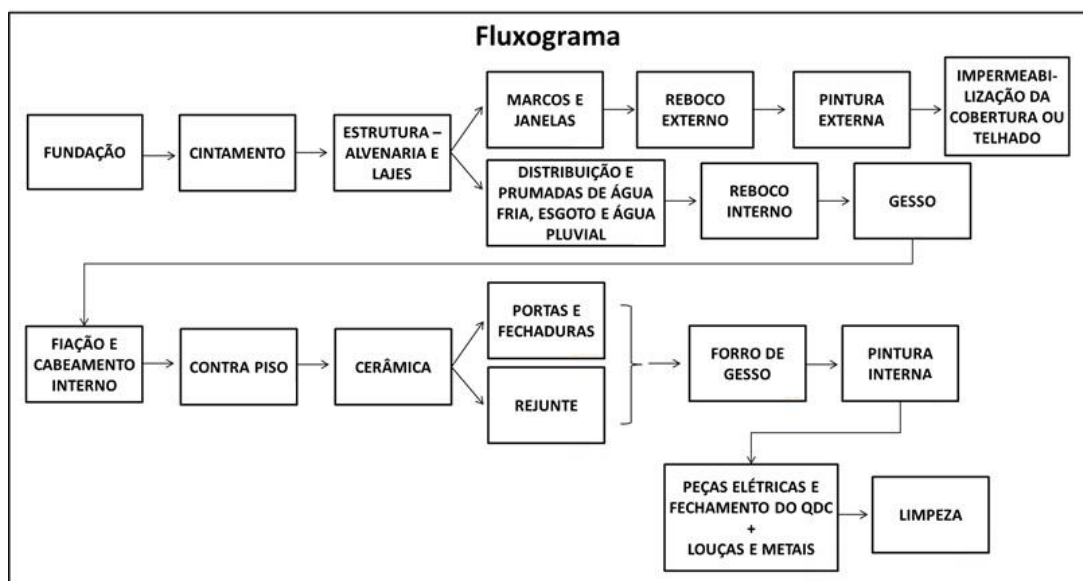
1. Planejamento de longo-prazo (*Master Plan*)
2. Planejamento de médio-prazo (*Lookahead Plan*)
3. Planejamento semanal (*Weekly Work Plan*)

#### 5.2.4. Planejamento de longo-prazo (*Master Plan*)

O *Master Plan* teve como objetivo definir as principais entregas e a identificação das estratégias em longo prazo, a partir das diretrizes e necessidades da empresa. Esse planejamento macro foi o objetivo da obra, e os planejamentos dos demais níveis deveriam sempre buscar seu atingimento.

A técnica para definição do planejamento de macro etapas foi o CPM. Os relacionamentos entre as macro etapas estão representado na figura 5.14.

Figura 5.14 – Sequenciamento de macro etapas



O produto foi a definição do cronograma geral em diagrama de Gantt e a linha de

base de produção, ilustrados pelas figuras 5.15 e 5.16, respectivamente.

Figura 5.15 – Macroplanejamento da obra

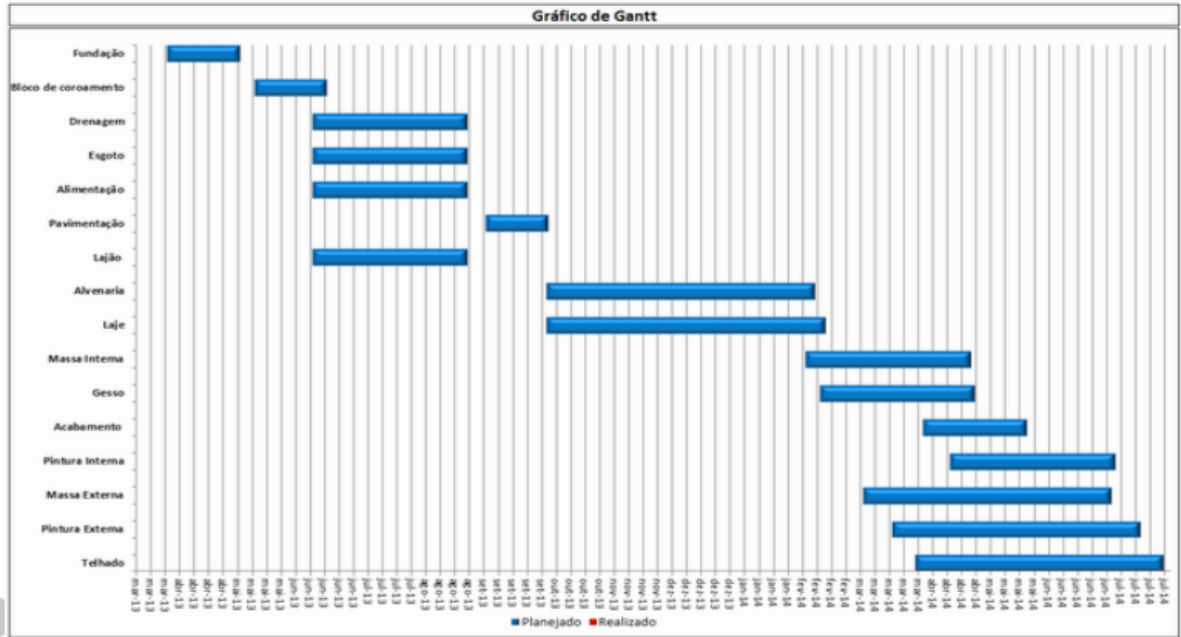
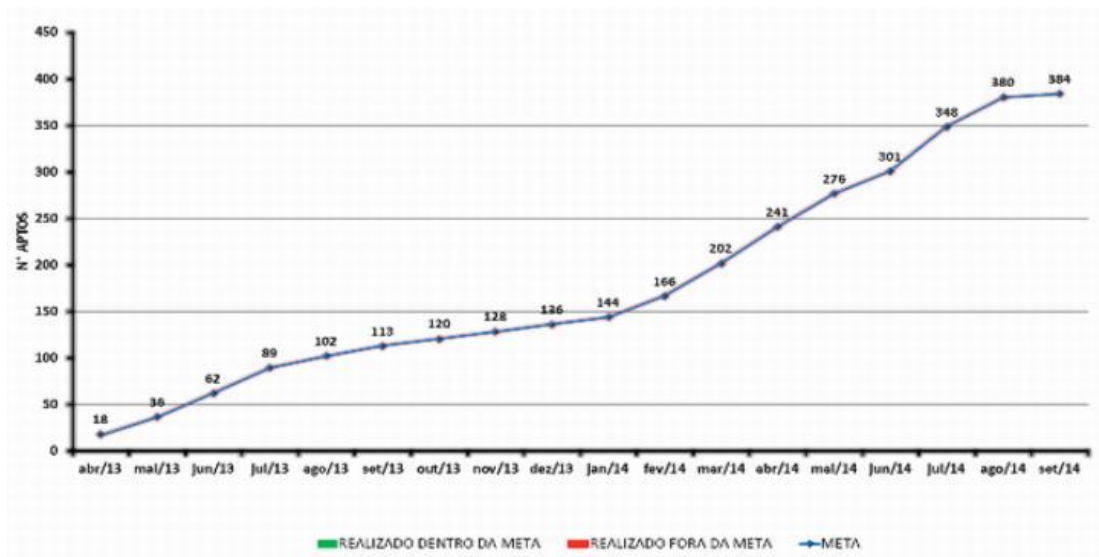


Figura 5.16 – Linha de base de produção da obra



### 5.2.5. Planejamento de médio-prazo (Lookahead Plan)

O primeiro ponto para a definição da rotina de planejamento de médio-prazo foi a definição da janela de *Lookahead*. Para o projeto em questão, foi definido que essa janela seria de dois meses (8 semanas). A produção, dessa forma, pôde ser puxada pelo *Master Plan*. As entregas definidas nele, antes de descerem para os próximos níveis hierárquicos de planejamento, eram quebradas em pacotes de trabalho menores, de tamanho adequado para definição precisa de tarefas no planejamento semanal. Nessa forma, os pacotes de trabalho ficavam aptos a serem considerados no planejamento de médio-prazo.

A rotina de planejamento de médio-prazo consistia em reuniões mensais. Nessas reuniões, havia a participação do engenheiro da obra, auxiliares de engenharia, estagiários, engenheiro de controle, mestre de obra e encarregados. O documento referência principal era o cronograma macro desdobrado em semanas, ilustrado na figura 5.17.

Figura 5.17 – Cronograma macro desdobrado em etapas

CRONOGRAMA GERAL DE OBRA						LEGENDA:		PLANEJADO	REAL NA META	REAL FORA DA META						
Engenheiro responsável: me afer						mar.14	abr.14	mai.14	jun.14	jul.14						
Tarefa	Tipo	Unidade	Início	Término	Total	1ª sem.	2ª sem.	3ª sem.	4ª sem.	5ª sem.	6ª sem.	7ª sem.	8ª sem.	9ª sem.	10ª sem.	
FUNDO	Fundação	Planejado Bloco	12/09/14	13/07/14	8				1	1	1	1	1	1	1	1
	Realizado Bloco	13/05/14	13/07/14	8					1	1	1	1	1	1	1	1
	Blocos e Cimentamentos	Planejado Bloco	26/05/14	27/07/14	8				1	1	1	1	1	1	1	1
	Realizado Bloco	26/05/14	27/07/14	8					1	1	1	1	1	1	1	1
PISO FUND.	Piso Fôrma	Planejado Bloco	30/09/14	10/09/14	8					1	1	1	1	1	1	1
	Realizado Bloco	09/09/14	10/09/14	8					1	1	1	1	1	1	1	1
ESTRUTURA	Alvenaria, degraus, escada, console, vigas, etc.	Planejado Pavimento	26/07/14	02/11/14	38											1
	Realizado Pavimento	26/07/14	02/11/14	8												
	Platibanda e empresa	Planejado Bloco	00/09/14	03/12/14	8											
	Realizado Bloco	00/09/14	03/12/14	8												
	Laje Tipo e Fôrma	Planejado Pavimento	26/07/14	30/11/14	38											2
	Realizado Pavimento	26/07/14	30/11/14	8												

Na medida em que as atividades entravam na janela do *Lookahead* (8 semanas), eram realizados *brainstorms* e planos de ação para que todas as suas entradas estivessem disponibilizadas antes da designação para as equipes. Das reuniões mensais, saíam as delegações das equipes de trabalho para liberar qualquer

restrição ou precedência das tarefas. As necessidades ainda existentes relacionadas a materiais, componentes, equipamentos ou pré-requisitos eram resolvidas nessa fase.

Além disso, a equipe de gestão lançou mão do uso de simuladores, no qual através da entrada dos dados reais (obtidos a partir das medições de produtividade que serão descritas na seção seguinte) era possível verificar a viabilidade real de execução das tarefas. A figura 5.18 ilustra o *template* da planilha de simulação.

Figura 5.18 – Exemplo de aplicação do simulador para verificação da viabilidade das tarefas

PLANEJAMENTO DE GESSO						
RESULTADO						
Variável	Orçado	Planejado	Desvio	Desvio %	Simulador	
Valor (R\$)	R\$ 725.994	R\$ 717.044	R\$ 8.950	1%	Plano OK	
Prazo (R\$)	40	30	10	25%	Plano OK	
Custo/dia	R\$ 7.000	R\$ 70.000	-	0%	Plano OK	
PESSOAS x TEMPO						
Produtividade MIRV	70	m²/dia/oficial	Produtividade Obra		Ao inserir o índice de produtividade da obra, o índice padrão não será considerado.	
Parâmetro Pessoas	10	oficiais	77	dias		
Parâmetro Dias	90	dias	9	oficiais		
MATERIAIS LOF						
Descrição/Produto	Valor unit. Mês	Unidade	Valor Total Orcado	Qtde Orç/Apto	Qtde Plan/Apto	Valor Total
AREIA LAVADA MEDIA GRANEL	R\$	M3	R\$ 9.183,75	0,64		R\$ 9.183,75
CIMENTO CP II 50KG	R\$	SC	R\$ 31.689,84	5,27		R\$ 31.689,84
COLA ADESIVO 18L LATA	R\$	LT	R\$ 19.367,54	0,57		R\$ 19.367,54
COLA BRANCA 5KG BALDE	R\$	BD	R\$ 18.326,23	0,52		R\$ 18.326,23
GESSO LENTO 40KG	R\$	SC	R\$ 112.629,97	24,47	0	R\$ -
SERVICO ACERTO ALVENARIA PARA GESSO	R\$	M2	R\$ 102.464,01	100,45		R\$ 102.464,01
SERVICO DE CHAPISCO	R\$	M2	R\$ 32.936,07	40,36		R\$ 32.936,07
SERVICO GESSO CORRIDO	R\$	M2	R\$ 399.396,34	139,83		R\$ 399.396,34
OUTROS MATERIAIS						
Descrição/Produto	Valor Unitário	Unidade	Valor Total Orcado	Qtde Orç/Apto	Qtde Plan/Apto	Valor Total
Gesso B	R\$	M³	R\$ -	0	18,00	R\$ 101.680,00
			R\$ -	0		R\$ -
			R\$ -	0		R\$ -
			R\$ -	0		R\$ -
			R\$ -	0		R\$ -
			R\$ -	0		R\$ -
<b>Saldo</b>	<b>8.949,97</b>					
PROJEÇÃO DE CONSUMO						
CONSUMO x PESSOAS x TEMPO						
Proporção	0,18	sacos/m² de alvenaria	Proporção Obra	0,13	Ao inserir a proporção da obra, a proporção fixada não será considerada.	
Consumo (Parâmetro Dias)	76,80	sacos/dia				
Consumo (Parâmetro Pessoas)	90,00	sacos/dia				

O objetivo das reuniões de planejamento de médio-prazo, além de garantir a real liberação de tarefas para o planejamento semanal, era garantir um “estoque de frentes” para o caso de variações. Esse *buffer* permitia maior flexibilidade durante o processo de planejamento, e as variações tinham menor impacto.

Também era decidida nas reuniões mensais a agenda de treinamentos detalhados. Buscando diminuir a variabilidade e retrabalho, e para garantir que as

tarefas fossem realizadas de acordo com o planejado, com os critérios de término alinhados; a força de trabalho passava por seções de treinamento no qual eram repassados os documentos de procedimento de execução e vídeos de execução. A figura 5.19 retrata uma seção de treinamento.

Figura 5.19 – Seção de treinamento com documentação de execução e vídeo



#### 5.2.6. *Planejamento semanal (Weekly Work Plan)*

Os planejamentos de longo e médio prazo disponibilizavam as metas para a produção, a liberação real para realização das atividades e os treinamentos das equipes de produção para execução das tarefas. As reuniões semanais, então, tiveram como objetivo:

1. Delegar às equipes de produção as tarefas a serem realizadas, através da definição de metas específicas;
2. Acompanhamento da produtividade das equipes;
3. Acompanhamento da evolução da obra, comparada às metas específicas e linha de base;
4. Relatar e registrar não cumprimento de tarefas da semana anterior e outras anomalias.

A rotina foi dada conforme:

1. Delegar às equipes de produção as tarefas a serem realizadas, através da definição de metas específicas

Nas reuniões semanais, eram divulgadas as decisões em relação a quais atividades específicas seriam realizadas. Para delegação das tarefas, buscava-se a sincronia da carga de trabalho e capacidade das equipes de produção. A capacidade das equipes era medida diariamente, o que aumentava a precisão de sua determinação (conforme será descrito ainda nessa seção). A figura 5.20 apresenta o modelo de designação das tarefas com metas específicas para os encarregados das equipes de produção.

Figura 5.20 – Planilha de designação de atividades com metas específicas

OBRA		RESIDENCIAL				
ETAPA: ALVENARIA						
ATIVIDADE: ALVENARIA				DATA: 01/12 até 06/12		
RESPONSÁVEL: Carlos (encarregado)						
UNIDADE DA META	1° PAVIMENTO					
DIAS	BLOCOS	%	% REAL	N° FIADAS	N° FIADA REAL	ATIVIDADE
SEGUNDA-FEIRA	23	0,23		3		ALVENARIA
TERÇA-FEIRA	23	0,23		3		ALVENARIA
QUARTA-FEIRA	23	0,23		3		ALVENARIA
QUINTA-FEIRA	23	0,15		2		ALVENARIA
SEXTA-FEIRA	23	0,15		2		ALVENARIA
SÁBADO						
META DA SEMANA		1	0	13	0	

O foco era na liberação apenas das tarefas com todos seus pré-requisitos disponibilizados. Para isso, as atividades do planejamento de médio-prazo já



tinham sido realizadas de modo a disponibilizar as entradas listadas na figura 5.9. Com o objetivo de controlar também a liberação da atividade anterior, e, dessa forma obter a liberação total da atividade (conforme previsto na figura 4.9), foi utilizado um documento chamado Ordem de Serviço (figura 5.21). A Ordem de Serviço teve como finalidade garantir a liberação da frente de serviço para os executantes em condições adequadas, garantir que a entrega do serviço estivesse sendo aceita nas condições de qualidade necessárias para eliminar retrabalhos.

Figura 5.21 – Ordem de Serviço

**Ordem de Serviço**

RESIDENCIAL

Numero de O.S. **00100**

Data Medição \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Ass. Engenheiro Ass. Mestre Ass. Encarregado

---

Numero de O.S. **00100**

Data Conferência \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Ass. Engenheiro Ass. Mestre Ass. Encarregado

---

**Serviço**

Arqs. Verbas	Prod. Furo	Bloco-Coro.	Piso Polido	Arqs. Lado
Com. Leão	Alvenaria	Fornelo	Lapa	Proteção
Encanamento	Telha	Muro	Janela	Reg. Siso
Manta Int.	Cesso	Acabamento	Porta	Fiação
Piso	Louças	Telhado	Portão	Limpeza

Numero de O. S. **00100**

Outros: \_\_\_\_\_

Engenheiro: \_\_\_\_\_ Functário: \_\_\_\_\_

Rico:

301	200	300	400
302	202	302	402
303	203	303	403
304	204	304	404

Data Liberação \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Ass. Engenheiro Ass. Mestre Ass. Encarregado

A Ordem de Serviço era o documento necessário para a liberação de uma nova frente de serviço para uma equipe de produção. Para seu preenchimento, a equipe de engenharia e supervisão de equipes de produção (mestres-de-obras e encarregados) deveriam verificar se a entrega da atividade predecessora havia sido realizada conforme previsto na documentação da qualidade e nos treinamentos de execução.



A seleção de quais atividades seriam realizadas na semana seguiam duas diretrizes principais:

- Designação das atividades de caminho crítico para equipes mais produtivas, visando atingimento da linha de base;
- Geração de “estoque de frente”, *buffers* de trabalho, designando essas atividades para as equipes de desempenho médio.

## 2. Acompanhamento da produtividade das equipes

Os problemas de dimensionamento de equipes tradicionalmente ocorrem por uso de médias de produtividade disponíveis na literatura que nem sempre refletem na prática (BALLARD, 2000). Com o objetivo de conhecer qual a capacidade real das equipes de produção da obra, e, para aumentar a assertividade na designação das tarefas semanais, foi designado aos auxiliares de engenharia o acompanhamento diário da produção dos funcionários. As medições eram feitas conforme exemplo da figura 5.22.

Figura 5.22 – Medições de produtividade por equipe

Cálculo de Produção (Alvenaria) - Residencial														
Atividade	Bloco	Pto.	Empreiteiro	Funcionários	Data início	Data fim	Duração	Qntdade	Und	Nº de oficial	Produtividade	Índice de prosli	Und (por oficial)	Atitudes e ou problemas
Alvenaria	2	2ª	Empr. A	João Batista	29/04/2014	07/05/2014	6	180	m²	1	30,00	18,0		
Alvenaria	1	2ª	Empr. A	Claudione/Nilson	22/04/2014	02/05/2014	8	360	m²	2	22,50	18,0		
Alvenaria	2	2ª	Empr. A	João Batista	22/04/2014	29/04/2014	5,5	180	m²	1	32,73	18,0		
Alvenaria	5	4ª	Empr. A	Max/Cristiano	14/04/2014	02/05/2014	9	360	m²	2	20,00	18,0		
Alvenaria	6	4ª	Empr. A	Wellington/Wallison	14/04/2014	25/04/2014	7,5	360	m²	2	24,00	18,0		
Alvenaria	3	4ª	Empr. A	Oswaldino/Gecirio	10/04/2014	29/04/2014	8	360	m²	2	22,50	18,0		
Alvenaria	3	4ª	Empr. A	João Batista	10/04/2014	23/04/2014	5,5	180	m²	1	32,73	18,0		
Alvenaria	16	3ª	Empr. A	Claudione/Nilson/Nilton	09/04/2014	17/04/2014	7	360	m²	2	25,71	18,0		
Alvenaria	15	3ª	Empr. A	João Valerio/Gustavo Valerio	08/04/2014	16/04/2014	7	360	m²	2	25,71	18,0		
Alvenaria	3	4ª	Empr. A	Vander	08/04/2014	24/04/2014	8	180	m²	1	22,50	18,0		
Alvenaria	24	4ª	Empr. A	João Batista	02/04/2014	09/04/2014	6,5	180	m²	1	27,69	18,0		
Alvenaria	24	4ª	Empr. A	Paulo	02/04/2014	14/04/2014	8,5	180	m²	1	21,18	18,0		
Alvenaria	22	4ª	Empr. A	Adenilson/Carlão	01/04/2014	10/04/2014	8	360	m²	2	22,50	18,0		
Alvenaria	23	4ª	Empr. A	Oswaldino/Gecirio	01/04/2014	14/04/2014	7	270	m²	2	19,29	18,0		
Alvenaria	21	4ª	Empr. A	Wellington/Wallison	31/03/2014	10/04/2014	8,5	360	m²	2	21,18	18,0		
Alvenaria	8	4ª	Empr. A	Osiias/Euler/José Pereira	31/03/2014	04/04/2014	5	360	m²	3	24,00	18,0		
Alvenaria	7	4ª	Empr. A	Max/Vander/Cristiano	28/03/2014	07/04/2014	6	360	m²	3	20,00	18,0		
Alvenaria	9	4ª	Empr. A	João Valerio/Gustavo Valerio	24/03/2014	02/04/2014	8	360	m²	2	22,50	18,0		
Alvenaria	13	4ª	Empr. A	Oswaldino/Gecirio	20/03/2014	28/03/2014	7	360	m²	2	25,71	18,0		
Alvenaria	14	4ª	Empr. A	Mercê/Paulo	20/03/2014	27/03/2014	6	360	m²	2	30,00	18,0		
Alvenaria	18	4ª	Empr. A	José Oliveira	11/03/2014	24/03/2014	9,5	180	m²	1	18,95	18,0		

Os dados coletados eram consolidados, e, a partir deles, gerados relatórios de produtividade por equipes e por funcionários (figura 5.23). Os números apurados possibilitavam saber com precisão qual a capacidade de cada equipe produtiva, informação crítica para a tomada de decisão e delegação de atividades. Foi

possível, também, remanejar os membros de cada equipe, visando a composição de equipes adequadas à carga de trabalho.

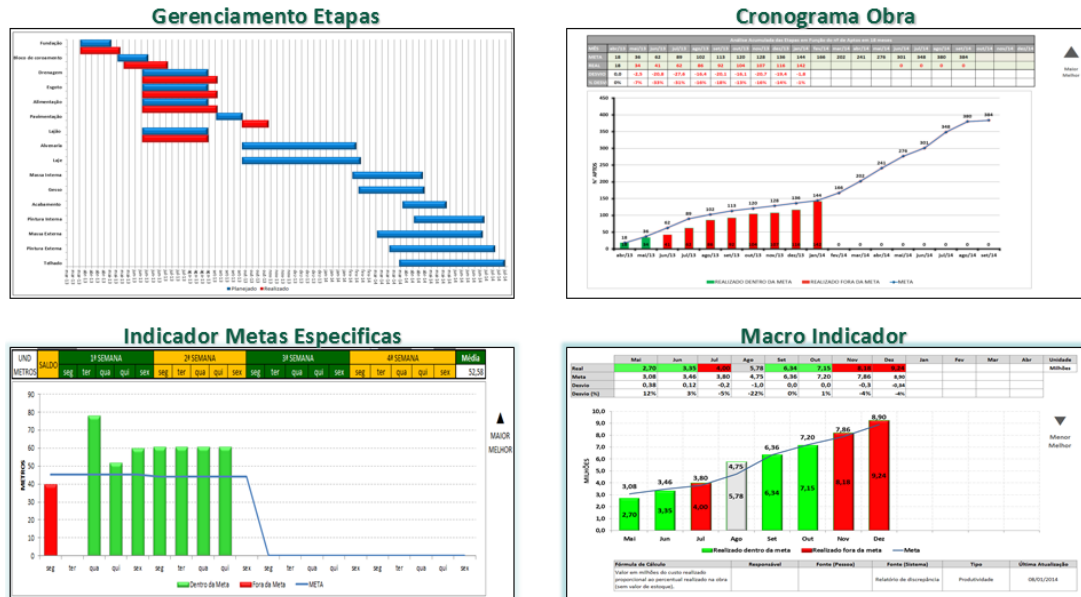
Figura 5.23 – Relatórios de produtividade por equipe e por funcionário



### 3. Acompanhamento da evolução da obra, comparada às metas específicas e linha de base

O acompanhamento da evolução da obra em relação à suas metas, micro e macro, foi realizado através das reuniões semanais. Para isso foram utilizados, dentro outros, relatórios de cronograma geral, linha de base de produção, linha de base de custo e indicadores de metas específicas (ilustração dos relatórios na figura 5.24). A exibição e análise dos relatórios de atingimento de metas visava aumentar a transparência e apontar os desvios. O foco era o atingimento da linha de base. O planejamento semanal era feito em função das necessidades de produção.

Figura 5.24 – Relatórios para acompanhamento da evolução da obra



4. *Relatar e registrar não cumprimento de tarefas da semana anterior e outras anomalias*

O registro das anomalias para tratamento foi realizado por meio de duas plataformas: (a) análise semanal de evolução da obra, e (b) reuniões diárias com os responsáveis pelas equipes de produção.

Os gatilhos para o registro das anomalias foram problemas no canteiro, não cumprimento das designações semanais, negação de Ordem de Serviço, problemas no controle de materiais, dentre outros.

Através de reuniões diárias, eram discutidos os problemas, propostas ações, definidas de prioridades, urgências e propostas de melhorias. A consolidação das informações reunidas era divulgada através de Planos de Ação, no qual eram registradas as ações propostas pela equipe para solução dos problemas e

anomalias, definindo responsáveis e data para cumprimento das ações.

Os Planos de Ação continham registros específicos de cada anomalia, contendo todas as informações específicas: macro etapa, bloco, pavimento, apartamento, classificação do problema, data de ocorrência, descrição da anomalia, causa e ação proposta. Essa base de dados era consolidada em relatórios gerenciais para acompanhamento e registro de lições aprendidas. A figura 5.25 ilustra a ocorrência de anomalias por classificação, enquanto a figura 5.26 mostra o desdobramento de uma dessas classificações em agrupamentos de anomalias.

Figura 5.25 – Gráfico de Pareto da ocorrência de anomalias por classificação

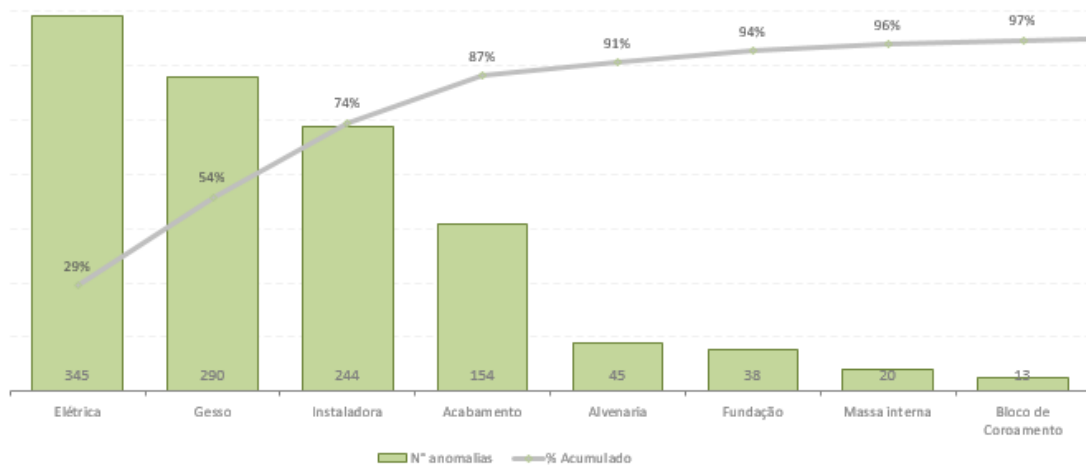
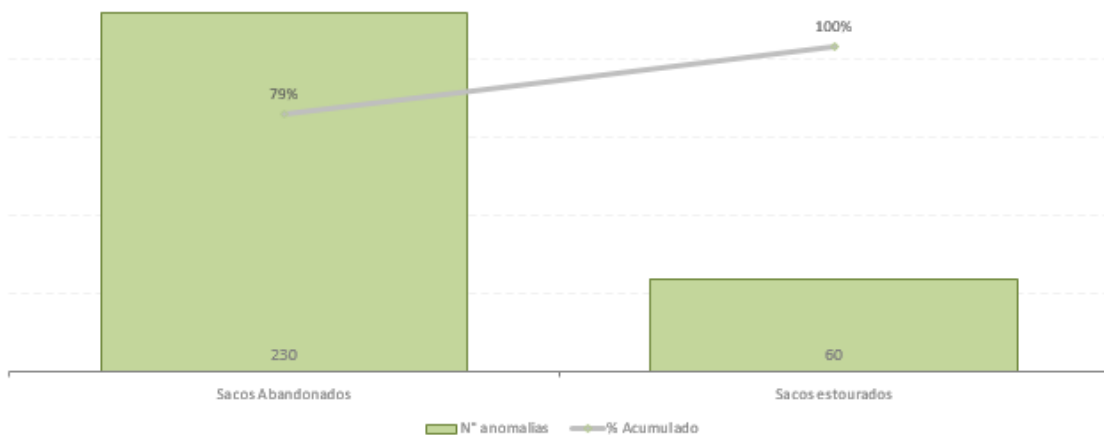


Figura 5.26 – Agrupamento de anomalias desdobrado a partir de uma classificação específica



As ações propostas para resolução das anomalias dependiam de suas causas.

No caso de ocorrências recorrentes, lançava-se mão de métodos de melhoria de processos, como o ciclo PDCA, 5 por quês e diagrama de Ishikawa.

#### *Aumento da transparência e produtividade*

As reuniões semanais com metas específicas foram muito importantes para esclarecer os encarregados e as equipes de produção quais eram as metas da engenharia e necessidades do projeto. Ocorreu um processo de *SHOULD-CAN-WILL-DID* mais preciso, e esse aumento da transparência resultou em melhoria do desempenho da obra. Eventualmente, no entanto, haviam desvios: ocorria a realização de serviços que não foram designados nas reuniões semanais. Nessas oportunidades, a equipe de engenharia se reunia com os responsáveis, de modo a corrigir esse comportamento e reforçar o caminho correto para agir no caso de haver problemas de liberação de alguma atividade.

A rotina de liberação de atividades antes de sua designação nas reuniões semanais também obteve bons resultados. As medições da produtividade das equipes apontaram para valores maiores que referências de outras obras da empresa. Esse aumento da produtividade também refletiu na aceleração da evolução física da obra em importante parte do cronograma.

Um importante resultado do uso da Ordem de Serviço foi o aumento da transparência devido a manutenção da limpeza do canteiro. Para aceitar a entrega de um serviço, era exigido as condições de limpeza, conforme ilustrado na figura 5.27. Sem a formalização da entrega da tarefa via Ordem de Serviço, as novas frentes não eram liberadas.

Figura 5.27 – Condição para entrega de tarefas

1) Situação encontrada em algumas tentativas de entrega



2) Situação do serviço entregue, condição para assinatura da Ordem de Serviço



A maior previsibilidade obtida pela rotina de planejamento e controle possibilitou a realização da mobilização e desmobilização de equipamentos de maneira mais precisa, o que contribuiu para a melhoria do resultado financeiro da obra.

*Acompanhamento da produtividade das equipes*

Um das ferramentas mais utilizadas para a tomada de decisão na obra foram

os relatórios de capacidade de produção das equipes. A medição diária da produtividade de cada funcionário da produção foi indispensável para a obtenção de parâmetros confiáveis para planejamento. Esses parâmetros, por sua vez, eram chave para a operação de sincronização de carga de trabalho e capacidade de produção. Decisões de aumento ou redução de contingente foram tomadas, o que evitou atrasos causados por incapacidade da equipe de trabalho. O acompanhamento da produtividade das equipes também possibilitou a designação das equipes mais produtivas em atividades impactantes no caminho crítico do macro cronograma, o que contribuiu para sua rápida evolução.

Ter parâmetros de referência confiáveis possibilitou a mobilização e desmobilização de equipes nos momentos corretos. A precisão dessa operação resultou na redução de atrasos devido a esperas e evitou que um custo fixo improdutivo na obra prejudicasse seus resultados financeiros.

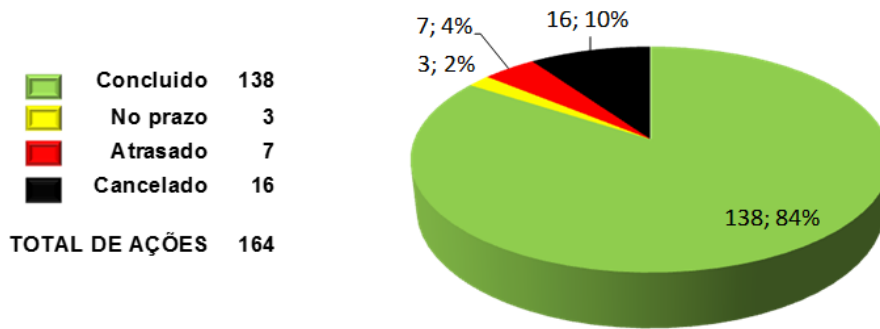
As operações de remanejamento de atividades feitas nas reuniões semanais devido à ocorrência de variabilidade de condições inerentes da construção só foram possíveis devido ao conhecimento preciso da capacidade das equipes de trabalho e dos *buffers* de tarefas que foram deixadas prontas para serem executadas através do planejamento de médio-prazo.

#### *Tratamento de anomalias*

O contato frequente com as equipes de produção e seus responsáveis, através das reuniões semanais e diárias, foi fundamental para a sugestão de melhorias e *feedbacks* sobre problemas de canteiro, o que possibilitou a ação para a melhora.

O Plano de Ação foi uma ferramenta importante para resolução das anomalias. A figura 5.28 mostra o relatório gerencial do Plano de Ação em um estágio avançado da obra.

Figura 5.28 – Relatório gerencial de resolução de anomalias



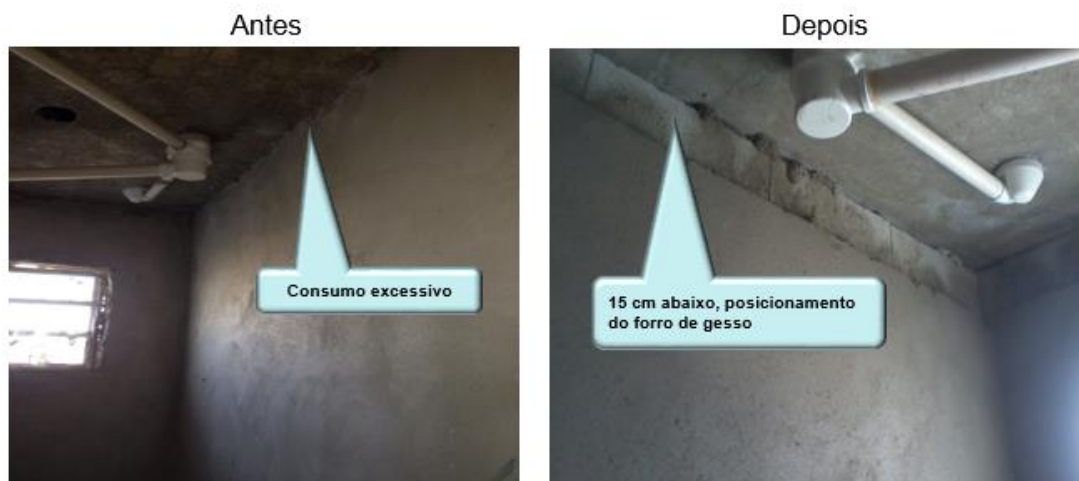
Conforme previsto na definição do método, as anomalias recorrentes foram tratadas através de técnicas de melhoria de processo. Uma atividade que teve melhoria de desempenho devido à essa tratativa foi o serviço de massa interna, que estava apresentando consumo de argamassa superior ao esperado. Através do acompanhamento diário da execução, foram descobertas as causas raiz do resultado. Foi registrada no Plano de Ação uma ação de reforço de treinamento com as equipes de produção, frisando os pontos no procedimento padrão que evitavam os desperdícios. Dessa forma, o consumo de argamassa retornou ao padrão esperado, e houve diminuição de 75% nos entulhos gerados, conforme exibido nas figuras 5.29 e 5.30.

Figura 5.29 – Entulho gerado antes e depois do tratamento da anomalia





Figura 5.30 – Tratamento de anomalia: excesso de processamento nos banheiros



A produtividade das equipes de massa interna também teve seu rendimento melhorado a partir de outra solução de anomalia. O acompanhamento da produtividade apontou para uma queda abaixo dos valores esperados. Analisando as causas raiz, foi proposta uma alteração no processo de execução em que parte das atividades passaram a ser executadas antes da entrada da equipe de massa (especificamente, passou a ser feito o taliscamento previamente), ilustrado na figura 5.31. Essa reconfiguração conseguiu reestabelecer os padrões esperados de produtividade

Figura 5.31 – Redesenho do processo de massa interna



Através da mesma ferramenta, foi possível a recuperação da produtividade dos furos de fundação, que estavam em desempenho subótimo (figura 5.32). Para essa anomalia, foi realizado o acompanhamento diário e classificação dos problemas (figura 5.33)

Figura 5.32 – Produtividade subótima na etapa de fundação

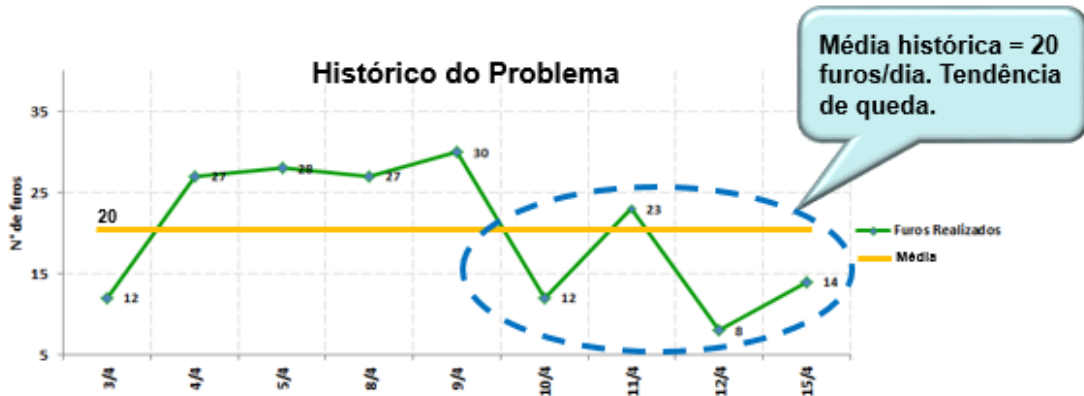
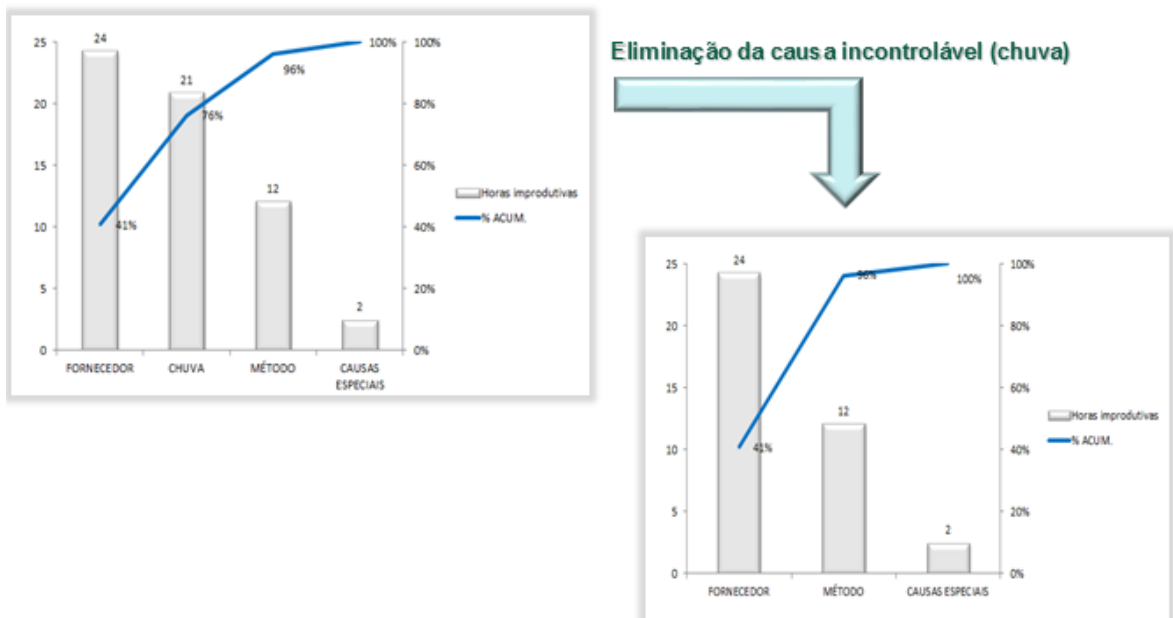


Figura 5.33 Consolidação dos problemas por causas raiz



Para definição das ações, foram realizados *brainstorms* e análise dos 5 por quês. A figura 5.34 exibe as causas para os problemas representadas num diagrama de Ishikawa. Percebeu-se que vários dos problemas tinham origem em etapas de fluxo. O combate dos problemas, então, feito nas causas raiz, permitiu a redução

da variabilidade e a retomada da produtividade esperada, conforme indicado na figura 5.35.

Figura 5.34 – Diagrama de Ishikawa com as causas raiz do problema

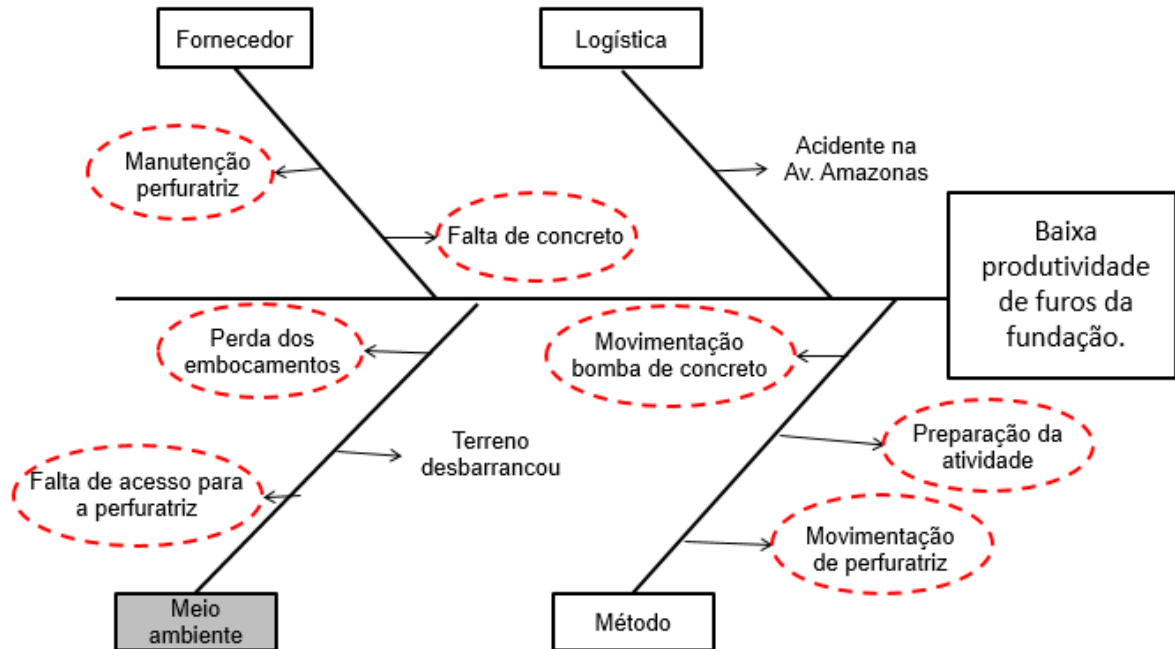
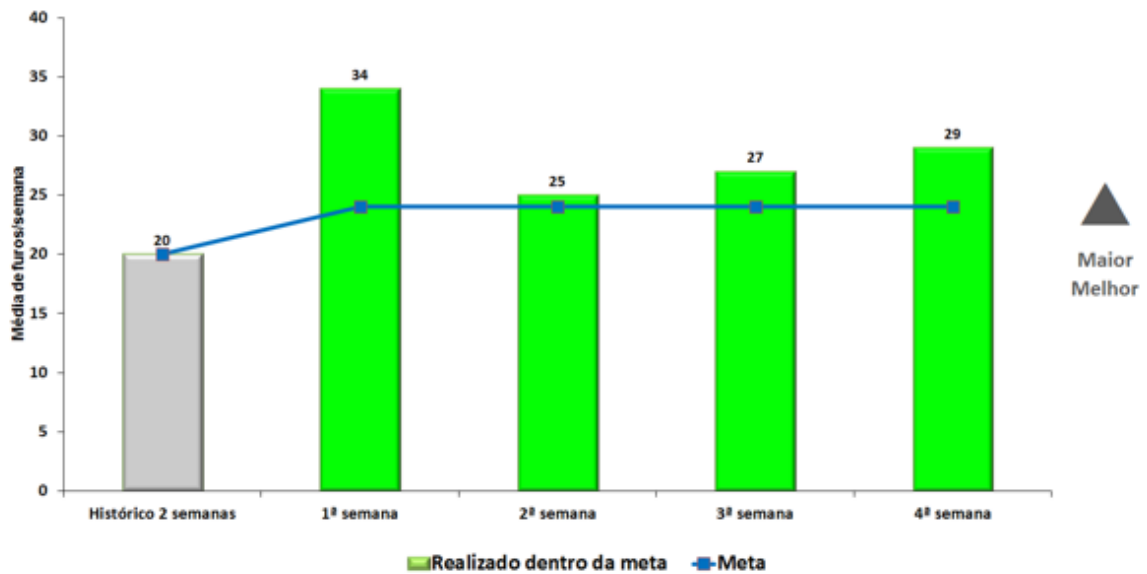


Figura 5.35 – Resultado do tratamento de anomalia



### **5.3. Reconfigurações de processos através da visão de fluxo da produção**

#### *5.3.1. Introdução*

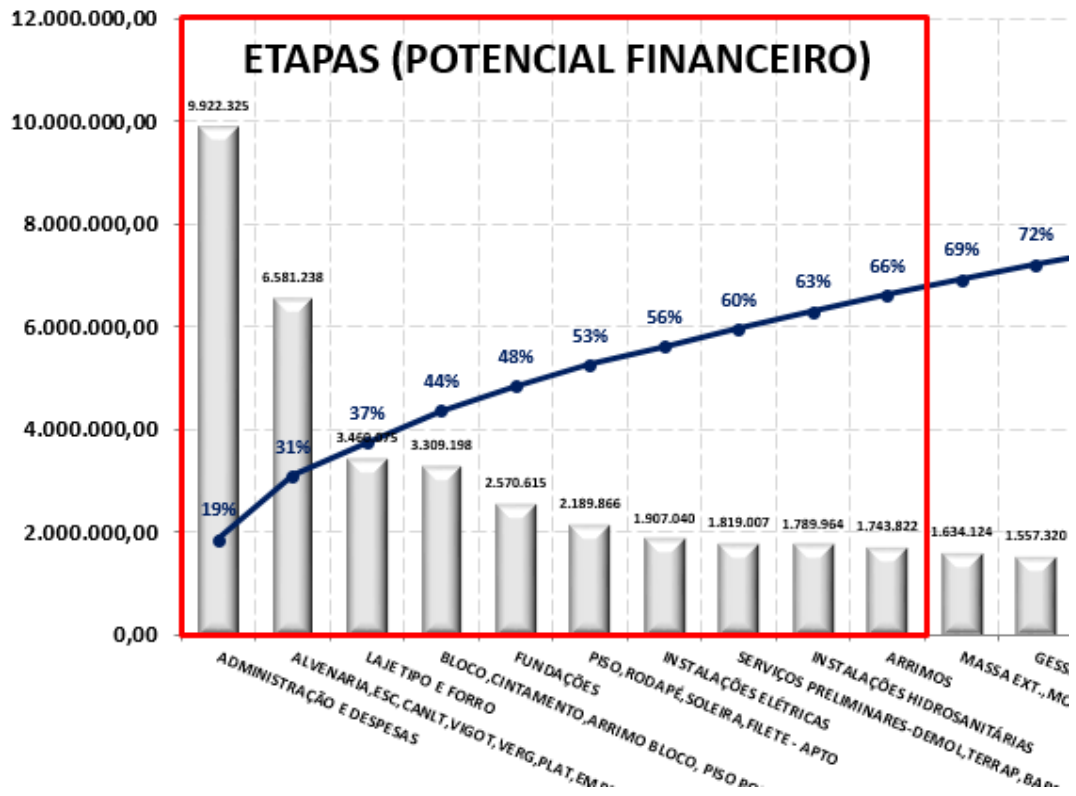
Koskela e Howell (2002) apontaram que vários dos problemas da construção estão ligados a práticas de gestão da produção obsoletas, *i.e.* a visão da produção apenas como o conjunto de processos de conversão. A Dinamarca é um dos países pioneiros na implantação do LC, sendo este considerado um país de implementação ampla e profunda (WANDAHL, 2014). Um dos focos iniciais da implantação do LC na Dinamarca foi o foco em conceitos de logística aplicados ao fluxo de materiais e atividades no canteiro (ALVES *et al.*, 2012).

Na seção 5.1 foi relatado o método de planejamento e controle utilizado para a gestão da produção do canteiro de obras. Nesta seção, será relatado como foram reconfigurados alguns processos de produção no canteiro de obras, visando melhorias baseadas na teoria TFV da produção.

#### *5.3.2. Definição dos processos a serem reconfigurados*

Para decisão de quais processos seriam reconfigurados, foram utilizados dois critérios principais. Primeiramente, foram levados em consideração processos ligados às macro entregas pertencentes ao caminho crítico, a partir de desdobramento das etapas ilustradas na figura 5.14. Em seguida, foram avaliadas quais as etapas tinham maior potencial de ganho, etapas estas as de maior representatividade financeira no orçamento (linha de base de custo) da obra. A figura 5.36 ilustra a ferramenta utilizada para tomada de decisão, o Gráfico de Pareto do orçamento da obra dividido por etapas.

Figura 5.36 – Gráfico de Pareto: representatividade das etapas do orçamento da obra



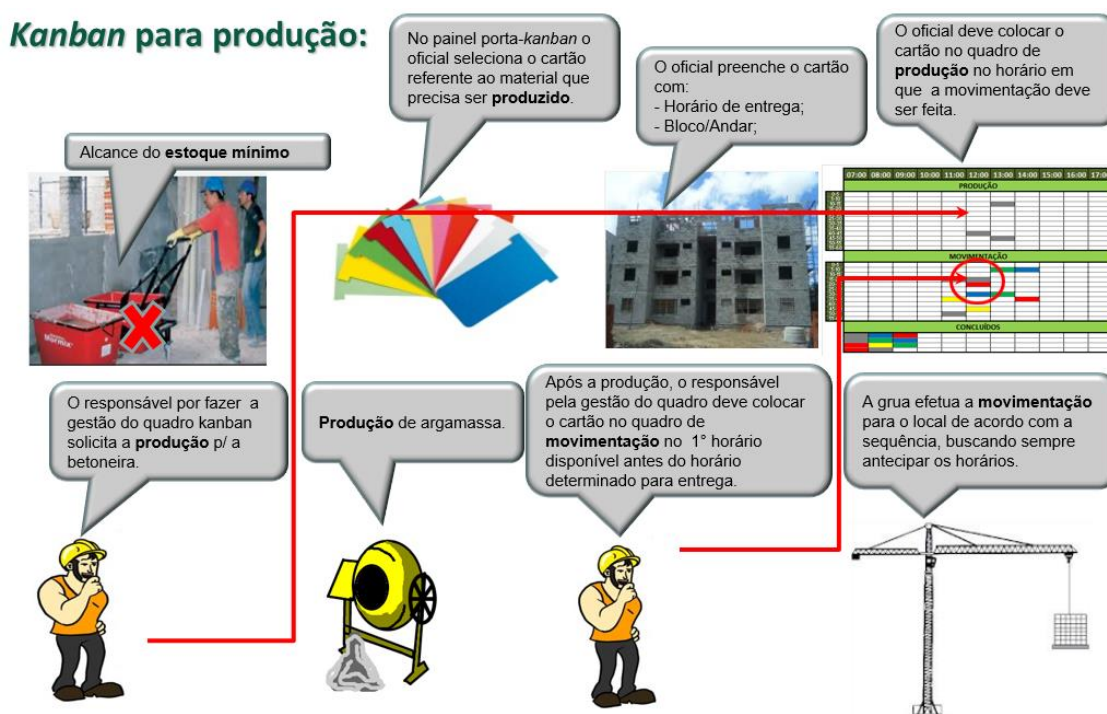
A partir da análise conjunta dessas ferramentas, foram escolhidos os processos para serem redesenhados. As principais mudanças estão listadas nas próximas seções.

### 5.3.3. Kanban

Com o objetivo de garantir o fluxo de material adequado para as equipes de produção, decidiu-se pela implantação de um sistema de *Kanban* para a etapa de estrutura da obra. As vantagens almejadas eram a diminuição da variabilidade do fluxo de material através do controle visual, a organização fácil e rápida da informação, a redução de desperdícios gerada por pedidos excessivos, a redução dos tempos de ciclo através do aumento da produtividade, e a maior previsibilidade da programação da produção.

A figura 5.37 representa o desenho do processo implantado. As equipes de produção tinham como responsabilidade ativar a produção e movimentação de materiais através do preenchimento dos cartões *Kanban*. Os funcionários deviam preencher os cartões de acordo com sua necessidade, indicando a quantidade e o horário de necessidade.

Figura 5.37 – Desenho do processo de *Kanban*



Haviam dois painéis, um para cada uma das guas. Os cartões deveriam ser colocados nos painéis porta-*Kanban* (figuras 5.38 e 5.39), no local designado para a produção (indicando a necessidade de material). Para decisão final dos movimentos e posicionamento dos cartões no local designado às movimentações, foi designado um encarregado responsável pela gestão dos painéis, gerenciando os conflitos de necessidade e direcionando os materiais prioritariamente para as atividades críticas.

Figura 5.38 – Painel porta-Kanban

	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00
<b>PRODUÇÃO</b>											
0-5											
5-10											
10-15											
15-20											
20-25											
25-30											
30-35											
35-40											
40-45											
45-50											
50-55											
55-60											
<b>MOVIMENTAÇÃO</b>											
0-5											
5-10											
10-15											
15-20											
20-25											
25-30											
30-35											
35-40											
40-45											
45-50											
50-55											
55-60											
<b>CONCLUÍDOS</b>											

Figura 5.39 – Painel porta-Kanban na obra



O processo de *Kanban*, a partir de determinado momento da obra, teve de ser redesenhado. A principal dificuldade foi o envolvimento das equipes de ponta. O preenchimento e colocação dos cartões não foi realizado sempre da maneira correta, e a gestão de movimentação de materiais, então, não atingia a precisão



desejada.

A solução foi o ajuste do processo. Definiu-se que o encarregado que inicialmente tinha a função de gerenciar o painel de movimentações seria responsável também por acompanhar as necessidades de material das equipes de produção. Dessa forma, o encarregado fazia a gestão das necessidades, acionava a produção de materiais quando necessário e registrava quais as movimentações necessárias a serem executadas pelas guias.

A definição dos parâmetros e critérios para gestão de materiais foi definida previamente pela engenharia. A partir das referências de consumo e estoque mínimo, o encarregado de materiais pôde gerenciar com precisão a produção de materiais no canteiro e solicitar à equipe administrativa de obra os pedidos de aquisição de materiais.

O processo, após sua redefinição, teve resultados muito positivos. A disponibilidade de material, durante esse período do projeto, esteve sempre bem dimensionada, o que resultou na rápida evolução física da obra. Quaisquer problemas eventuais que ocorreram em relação a materiais puderam ser rapidamente solucionados, pois a informação estava sistematizada através dos registros do encarregado.

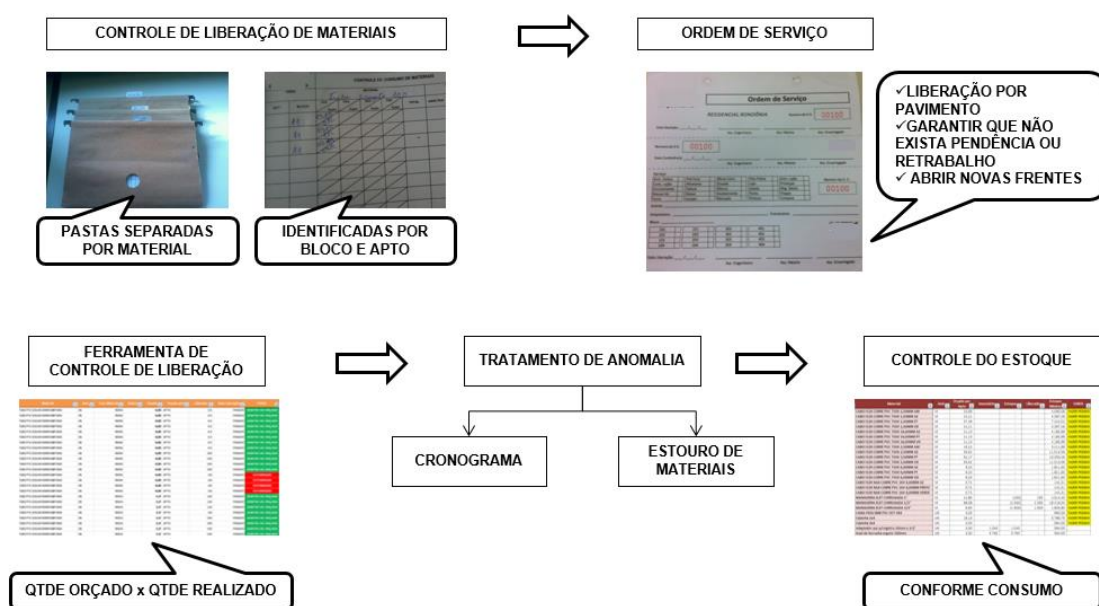
O gerenciamento de pedidos de materiais também funcionou bem a partir do sistema proposto. O processo permitiu planejamento preciso da demanda de materiais, com os parâmetros de consumo sendo ajustados a partir dos registros realizados. Conhecer precisamente a taxa de consumo das equipes aumentou a flexibilidade dos processos, uma vez que os pedidos eram gerados a partir da demanda, com a manutenção apenas de um estoque mínimo.



### 5.3.4. Controle de materiais

Foi implantado um sistema de gestão de materiais na obra. Além do controle imediato de liberação de materiais, evitando desperdícios, o sistema tinha função importante de geração de informações e integração com o sistema de liberação de serviços através da Ordem de Serviço. A figura 5.40 esquematiza o processo de liberação de materiais.

Figura 5.40 – Desenho do processo de liberação de materiais



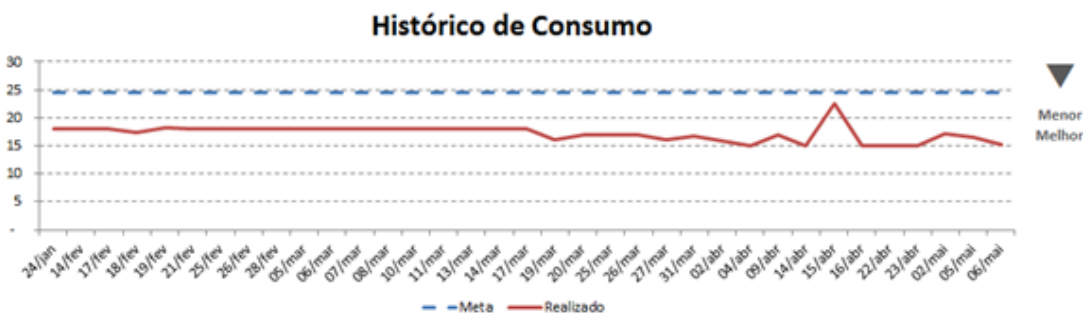
Para ter o material liberado, a equipe de produção deveria ter a requisição assinada pelo encarregado (em caso de frente já liberada) ou a requisição e a Ordem de Serviço assinadas (em caso de novas frentes). Era acompanhada toda a movimentação de materiais dos almoxarifados, registrando o destino dos materiais e comparando com o quantitativo liberado na linha de base de custos. Quaisquer discrepâncias apresentadas eram registradas como uma anomalia, para ser tratada conforme visto na seção 5.2.6. A base de dados de movimentação de materiais era consolidada, e, a partir daí, montados relatórios gerenciais para acompanhamento e registro de anomalias. As figuras 5.41 e 5.42

exibem relatórios de acompanhamento de consumo de material, comparado com sua liberação na linha de base. A figura 5.43 representa o fluxograma completo do sistema de gestão de materiais.

Figura 5.41 – Relatório de consumo de material por apartamento



Figura 5.42 – Relatório de consumo de material por tempo



O sistema de controle de materiais proposto apresentou bons resultados. Sua integração com o sistema de aceitação de serviços também foi um grande benefício. As taxas de consumo de material, em termos gerais, se mantiveram dentro dos padrões esperados durante grande parte do projeto.

Os relatórios de acompanhamento de consumo foram importantes para a tomada de decisão na obra. Alterações nos padrões de comportamento foram registradas e tratadas como anomalias. Um dos tratamentos importantes foi em relação ao consumo de mangueiras elétricas. A figura 5.44 ilustra o consumo de mangueiras elétricas antes e depois do tratamento da anomalia. A figura 5.45 mostra a solução implantada, após correção do procedimento de execução e diminuição da variabilidade.

Figura 5.43 – Fluxograma do sistema de controle de materiais

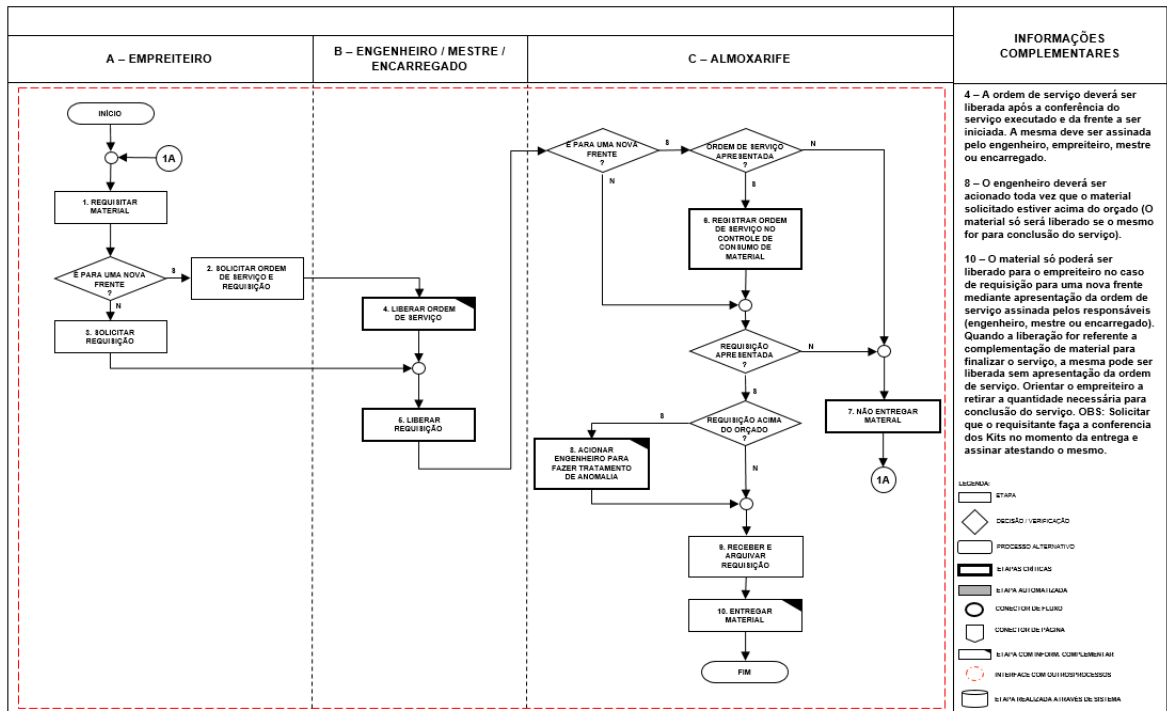


Figura 5.44 – Consumo de material antes e depois do tratamento da anomalia

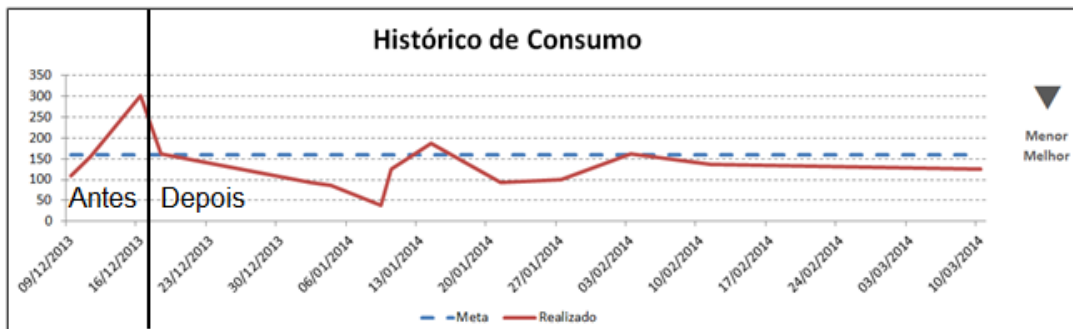


Figura 5.45 – Correção do procedimento de execução e diminuição da variabilidade



### 5.3.5. Laje pré-moldada e içada

A solução para as lajes dos blocos da obra foi escolhida a partir de *benchmarking* interno e externo. A opção foi por um sistema de laje pré-moldada, executada dentro do próprio canteiro de obras, para posterior içamento. Esse processo tornou atividades sequenciais em atividades paralelas, pois não havia necessidade de interrupção da alvenaria para o processo de montagem, concretagem e cura da laje. A figura 5.46 é uma fotografia que retrata a solução utilizada.

Figura 5.46 – Laje no processo de içamento

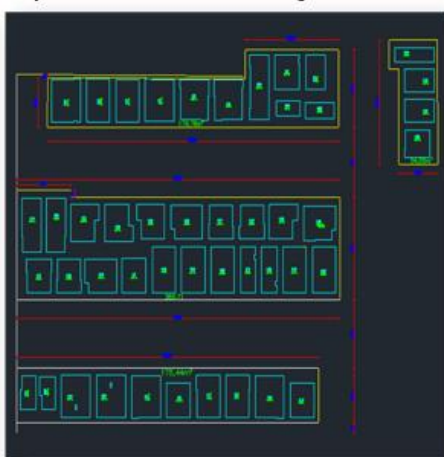


O processo de produção foi desenhado buscando a redução da quantidade de movimentos, *i.e.*, atividades que não agregam valor. As lajes eram produzidas

numa pista, transportadas até a proximidade do bloco e então içada para apoio na alvenaria estrutural. O carregamento dos caminhões *munck*, estoque de lajes prontas na proximidade dos blocos e o içamento eram feitos na sequência que maximiza a produtividade. Especificamente, os caminhões *munck* coletavam as lajes na mesma sequência que seria o içamento das lajes, sequência esta contrária à de colocação das peças na proximidade dos blocos. A figura 5.47 ilustra o processo completo

Figura 5.47 – Processo de laje içada otimizado

1) Pista de fabricação



2) Posicionamento próximo ao bloco



3) Estoque montado na sequência correta



4) Içamento



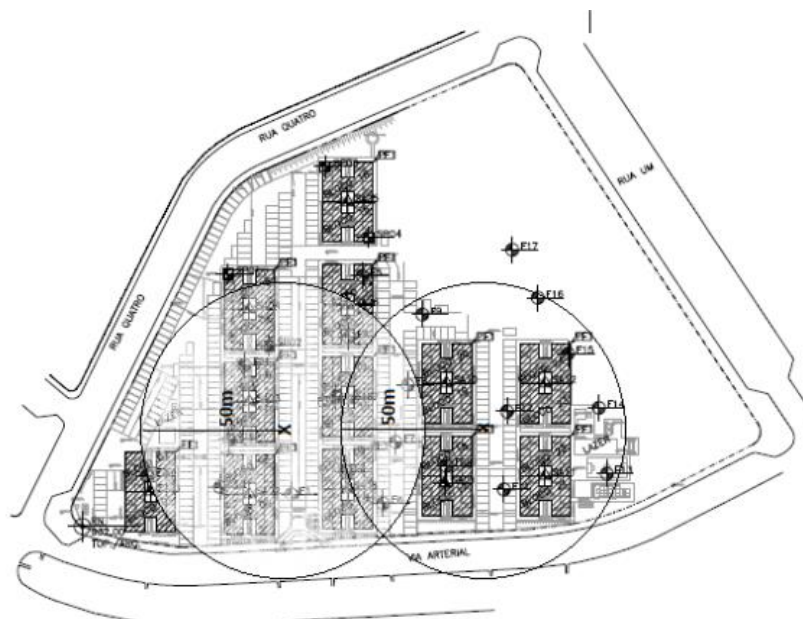


O planejamento, as definições de metas de custo e produção, e o acompanhamento sistemático da rotina produção e içamento de lajes trouxe bons resultados para a obra. O custo final apropriado para essa etapa ficou abaixo do valor orçado (linha de base de custo). A solução implantada diminuiu a variabilidade das entregas, simplificou o processo, promoveu a limpeza do canteiro e eliminou etapas não agregadoras de valor. Um importante ganho, também, foi a possibilidade de execução concomitante de laje e alvenaria.

### 5.3.6. *Layout de canteiro e uso de guas*

Como solução de movimentação de materiais na obra utilizaram-se duas guas, dispostas conforme figura 5.48. A disposição dos equipamentos permitiu o atendimento de quase a totalidade dos blocos. Os posicionamentos dos estoques de materiais eram reposicionados mediante a evolução da obra. Os fornecedores descarregavam o material em pontos dentro dos raios de ação das guas visando a minimização dos movimentos necessários.

Figura 5.48 – Layout do canteiro e disposição das guas



Os fornecedores de argamassa usinada depositavam o material direto em bombonas posicionadas dentro do raio das guas, sem a existência de estoque intermediário. As bombonas (exibidas na figura 5.49) já eram dimensionadas de acordo com a necessidade das equipes de produção. Os pedidos via *Kanban* eram modulados baseados nesses tamanhos.

Figura 5.49 – Bombonas de 0,5 m<sup>3</sup> para movimentação de argamassa



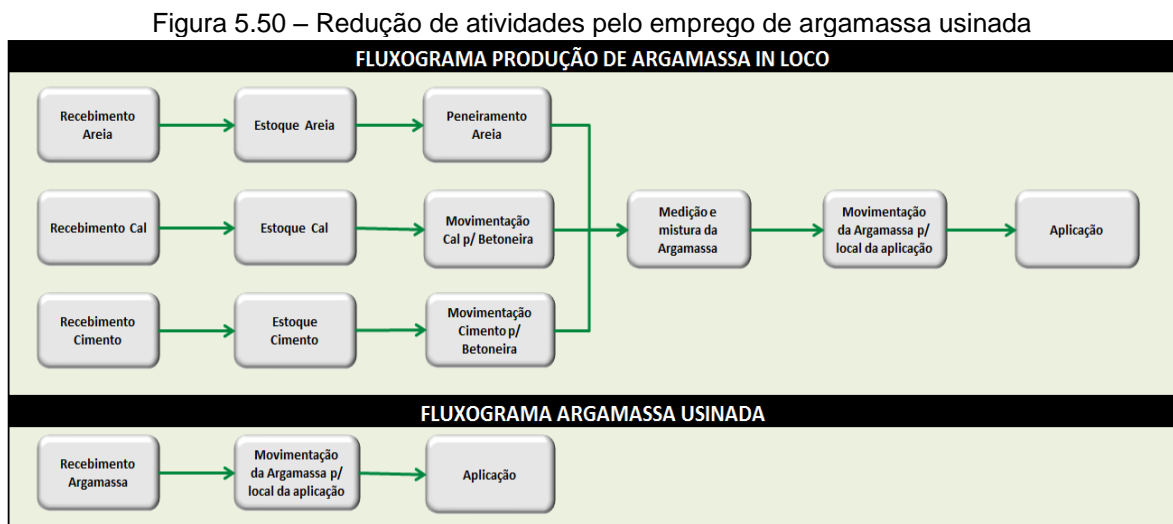
O sistema de movimentação vertical e horizontal de materiais na obra funcionou bem. A integração dessa solução com o processo de *Kanban* foi o principal motivo do sucesso. A previsibilidade e aumento da transparência da necessidade de consumo de materiais permitiu uma utilização pouco ociosa das guas, o que levou, inclusive, à redução do número de equipamentos dedicados ao transporte na obra (houve a eliminação de dois elevadores de carga, previstos no planejamento inicial baseado na ociosidade típica de guas).

A integração com a solução de argamassa usinada também gerou bons resultados. Houve a eliminação de muitos passos no processo, através do descarregamento do material direto nas bombonas já dentro do raio de ação das guas. Toda vez que uma tarefa é dividida em duas ou mais tarefas executadas

por especialistas diferentes, o número de tarefas não geradoras de valor aumentam: movimentações, inspeções e esperas (KOSKELA, 1992). Essa integração promoveu a redução de tarefas não geradoras de valor.

### 5.3.7. Argamassa usinada

Escolheu-se como solução para argamassa de assentamento, emboço e reboco a utilização de argamassa usinada. Essa solução buscou a diminuição do trabalho em andamento, diminuição da variabilidade, sincronia dos pedidos de material com a demanda e, principalmente, simplificação através da redução de passos no fluxo. A figura 5.50 exibe a redução de atividades proporcionada pelo emprego dessa solução. O processo de fluxo, que antes possuía 12 passos, foi dimensionado para apenas 3 passos.



A utilização da argamassa usinada se justificou pelos vários ganhos em fluxo obtidos. Sua integração com o sistema de guas e processo de *Kanban* foram a principal razão do sucesso. A solução de argamassa usinada facilitou o gerenciamento de um material que impacta diretamente no caminho crítico da obra, e que, historicamente, apresentava problemas na empresa em questão. A

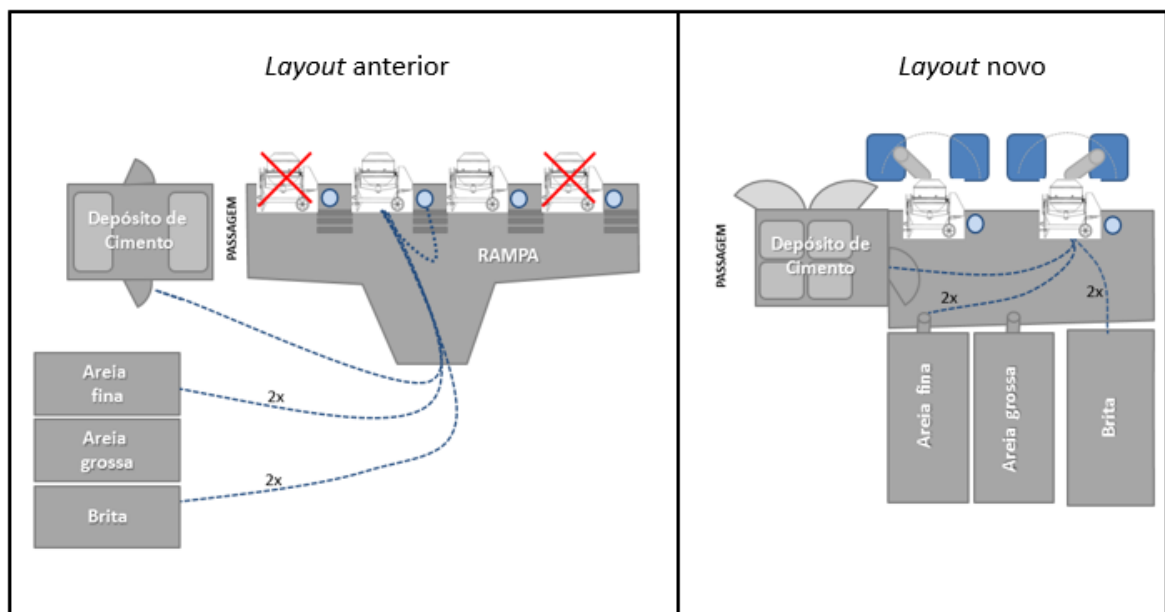


gestão da produção na central de betoneiras ficou muito mais simples, uma vez que as necessidades de argamassa para assentamento de blocos, emboço e reboco externos e internos não precisaram ser supridas por ela.

### 5.3.8. *Layout da central de argamassa*

O dimensionamento inicial de betoneiras previsto para a central de argamassa da obra, responsável pela produção de argamassa de contrapiso, concreto e *grout*, eram quatro equipamentos. Durante o andamento da obra e após observação das práticas de trabalho dos operadores, foi realizada uma modificação de *layout*. Observou-se que a posição dos estoques (de agregados e cimento) e o nível da plataforma estavam gerando movimentação desnecessária e, por consequência, aumento do tempo de ciclo. Foi proposta a mudança do *layout* da central. A figura 5.51 compara as duas soluções.

Figura 5.51 – Reconfiguração do *Layout* da central de argamassa



A reconfiguração do *layout* da central de argamassa teve resultados muito positivos. Além da redução do número de equipamentos pela metade, houve o

aumento da produtividade de uma atividade tipicamente problemática na empresa. A medição de consumo de materiais também foi indispensável para o funcionamento otimizado da central de argamassa, pois permitiu que o fluxo de produção e distribuição fosse menos variável.

#### 5.3.9. *Projeção de argamassa*

Para solução de massa externa, optou-se por uma mecanização. A solução foi a subcontratação de uma equipe de produção responsável pela execução do emboço e do reboco, lançando mão de uma máquina de projeção. O objetivo era a redução do tempo de ciclo, após a verificação da grande quantidade de tempo gasto pelas equipes de produção nas atividades de “chapar” e “sarrafear” a massa. A solução trata-se de uma tentativa de melhoria na própria atividade de conversão, tentando eliminar os desperdícios inerentes à ela.

Essa tentativa de melhora da etapa de conversão do processo de emboço e reboco externos apresentou mais potenciais de ganho que ganhos concretos. A equipe de subcontratados não apresentou na prática a produtividade esperada, o custo do equipamento onerou o custo da atividade global. Dessa forma, na apuração final, não houve ganho real de custos nessa tentativa específica.

No entanto, verificou-se que essa situação foi provocada pela baixa produtividade dos subcontratados. Estimou-se que os ganhos de custo podem ser atingidos em experiências futuras, se mantido um ritmo de produção adequado. Quanto à qualidade do serviço, esta foi atingida, o que também mostrou o potencial dessa solução.

## 6. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

### 6.1. Limitações do trabalho

A análise do conteúdo relatado mostra que a implantação de conceitos do LC no nível de ambição proposto no escopo do trabalho foi suficiente para atingimento de vários resultados importantes. De acordo com Koskela (1992), mesmo sem uma aplicação de abrangência total da filosofia *Lean* nos canteiros de obra, é possível obter bons resultados a partir dos esforços iniciais. As simulações de Al-Suidairi *et al.* (1999) indicaram que, apesar da eficiência máxima ser obtida através da aplicação de todos os princípios, a aplicação de princípios *Lean* isolados já implicam em melhor desempenho do projeto.

### 6.2. Método de planejamento e controle

As percepções de benefício a partir do método de planejamento implantado na obra vão de acordo com outros trabalhos relacionados ao uso do LPS. Viana *et al.* (2010) registraram quais as principais percepções a partir da implantação do LPS em canteiros de obra, resultados exibidos na tabela 6.1. Essas percepções foram semelhantes às da equipe de gestão de obras envolvidas neste trabalho.

Tabela 6.1 – Percentual de respostas de cada classificação de melhorias a partir do uso do LPS

Resultados do LPS	Resposta
Visualização de futuro e transparência de planejamento	26,2%
Organização do canteiro de obras	23,1%
Controle em cima de tarefas	12,3%
Aumento de eficiência	12,3%
Participação no processo de planejamento	7,7%
Remoção de impedimentos	6,2%
Outros	12,2%

As reuniões semanais com metas específicas deixaram claro para os encarregados e equipes de produção quais eram as metas da engenharia e necessidades do projeto. Isso beneficiou o desempenho da obra, e o processo de *SHOULD-CAN-WILL-DID* foi mais preciso. Segundo Biton e Howell (2013), o LPS proporciona um aumento de transparência aos envolvidos que os possibilita a ter a visão dos interesses do projeto, e não de partes isoladas.

A manutenção de quantidade suficiente de frentes liberadas de trabalho (*buffers*) foi indispensável para o gerenciamento e remanejamento de atividades. Segundo Al-Sudairi *et al.* (1999), gerenciar o *buffer* é um componente crítico para a implementação de princípios *Lean*, uma vez que manter zero *buffer* torna o processo altamente volátil e sensível a variações.

### **6.3. Soluções adotadas e resultados gerais**

Os bons resultados obtidos através das técnicas selecionadas vão de encontro com outros resultados registrados na literatura. O adiantamento do cronograma da obra na fase de estrutura foi um resultado muito positivo. O fato do atraso na etapa de acabamento ter consumido parte desse adiantamento indica a importância da integração da cadeia de suprimentos no desempenho da obra. Conforme colocado por Ballard (2000), o maior desempenho do LPS é obtido quando os *lead times* dos fornecedores são inferiores a janela definida no planejamento de médio prazo. No período de estruturas, essa condição foi atendida. Nesta, os insumos tinham prazos de entrega reduzidos, o que possibilitou os bons resultados. Os atrasos de entrega e as incertezas causadas pelos longos prazos de entrega dos fornecedores de acabamento prejudicaram o desempenho da obra.

Os resultados alcançados também vão de acordo com o trabalho de Formoso *et*

al. (1999). Os autores apontam que os principais desperdícios em canteiros de obra brasileiros são:

- Superprodução: produção de material em quantidade maior que a necessária, antes do necessário;
- Substituição: desperdício monetário causado pela substituição de materiais por outros mais caros, execução de tarefas simples por funcionários qualificados, uso de equipamentos sofisticados quando situações mais simples seriam suficientes;
- Tempo de espera: tempo desperdiçado devido a falta de sincronia de fluxos de materiais/equipes, falta de sincronia da velocidade de trabalho entre equipes de produção;
- Transporte: desperdício ligado a movimentação inadequada de materiais no canteiro;
- Processamento: desperdícios inerentes das atividades de conversão;
- Estoques: perdas relacionadas a estoques desnecessários, como deterioração, condições de estoque insatisfatórias, roubos, vandalismo, capital parado;
- Movimentos: desperdícios ligados a movimentação desnecessária de pessoas;
- Entregas com defeitos: entregas que não atingiram as especificações, levando ao retrabalho.

A tabela 6.2 relaciona as principais fontes de desperdício na construção civil brasileira listadas por Formoso *et al.* (1999) com as técnicas escolhidas para mitigá-los nesse projeto.

Tabela 6.2 – Soluções que mitigaram os desperdícios típicos da construção civil brasileira

Desperdício	Solução do projeto
Superprodução	Sistema de Planejamento e Controle, <i>Kanban</i> , controle de materiais, argamassa usinada
Substituição	Sistema de Planejamento e Controle, Controle de materiais, <i>Layout</i> de canteiro e uso de guas, <i>Layout</i> da central de argamassa
Tempo de espera	Sistema de Planejamento e Controle, <i>Kanban</i> , <i>Layout</i> de canteiro e uso de guas, Laje pré-moldada e içada
Transporte	Sistema de Planejamento e Controle, <i>Kanban</i> , <i>Layout</i> de canteiro e uso de guas, <i>Layout</i> da central de argamassa, Laje pré-moldada e içada
Processamento	Argamassa usinada, Laje pré-moldada e içada, Projeção de argamassa
Estoques	Sistema de Planejamento e Controle, <i>Kanban</i> , <i>Layout</i> de canteiro e uso de guas, <i>Layout</i> da central de argamassa
Movimentos	Sistema de Planejamento e Controle, <i>Kanban</i> , <i>Layout</i> de canteiro e uso de guas, <i>Layout</i> da central de argamassa, Laje pré-moldada e içada
Entregas com defeitos	Sistema de Planejamento e Controle, Controle de materiais, Laje pré-moldada e içada, Argamassa usinada

#### 6.4. Análise qualitativa de atingimento dos objetivos

No início do trabalho foram listados objetivos baseados nos princípios do *Lean Construction* definidos por Koskela (1992) e nas publicações de outros autores. A partir dos objetivos, definiram-se as diretrizes práticas a serem seguidas para resultar no sucesso do projeto. A tabela 6.3 exibe o atingimento das diretrizes propostas através dos métodos aplicados na obra.

Tabela 6.3 – Atingimento das diretrizes no projeto.

Legenda: Planejamento e Controle - P / *Kanban* - K / Controle de materiais - M / Laje pré-moldada e içada - L / *Layout* de canteiro e uso de guas - G / Argamassa usinada - A / *Layout* da central de argamassa - C / Projeção de argamassa - J

Objetivo	Diretriz	Atingimento	Plan. e Contrl.	Reconf. Proces.
<b>1. Reduzir desperdícios</b>	Mapear o fluxograma dos processos	K, L, G, A, C		✓
	Apontar e medir as atividades não geradoras de valor	K, M, L, G, A, C, J		✓
<b>2. Gerar valor</b>	Mapear fluxos e definir necessidades dos clientes internos para cada etapa	P, K, M, L, G, A, C, J	✓	✓

	Analisar requisitos dos clientes internos de cada etapa	P, K, M, L, G, A, C, J	✓	✓
<b>3. Reduzir variabilidade</b>	Medir a variabilidade	P	✓	
	Encontrar e eliminar as causas raiz	P, C	✓	✓
	Implementar procedimentos padrão	P, K, M, L, G, A, C, J	✓	✓
<b>4. Reduzir tempos de ciclo</b>	Diminuir trabalho em andamento	K, L, G, A, C, J		✓
	Reduzir lotes	K, M, G, C		✓
	Mudar <i>layout</i> de canteiro para diminuir distâncias	G, C		✓
	Suavizar e sincronizar os fluxos	P, K, L, G	✓	✓
	Reduzir a variabilidade	P, K, M, L, G, A, C, J	✓	✓
	Transformar atividades em sequência para atividades paralelas	L, A		✓
	Resolver os problemas de precedências	P	✓	
<b>5. Simplificar</b>	Reduzir o número de componentes nos produtos	L, A		✓
	Reduzir o número de passos nos fluxos de material e informação	K, G, A, C		✓
	Diminuir fluxos por consolidação de atividades	L, A		✓
	Diminuir o número de componentes dos produtos através de mudanças em projeto ou uso de pré-fabricados	A		✓
	Padronizar componentes, materiais, ferramentas, etc.	P, K, M, L, G, A, C, J	✓	✓
	Diminuir divisão vertical e horizontal no trabalho	P	✓	
<b>6. Aumentar flexibilidade</b>	Diminuir lotes, torna-los sincronizados com a demanda	K, M		✓
	Estar preparado para eventuais mudanças	P, K	✓	✓
<b>7. Aumentar transparência</b>	Manter canteiro limpo, diminuindo improdutividade devida à desordem	P, G, A	✓	✓
	Instruir clara e especificamente a mão-de-obra para execução dos processos	P	✓	
	Tornar claros atributos "invisíveis" dos processos através de medições e fluxogramas	P	✓	
	Disponibilizar informações relacionadas aos processos de maneira clara nas áreas de trabalho	P, K	✓	✓
	Utilizar controles visuais possibilitando que qualquer envolvido reconheça os padrões, objetivos e desvios	P, K	✓	✓
	Reduzir a interdependência das equipes de produção	P	✓	
<b>8. Controlar o</b>	Medir o processo de maneira completa	P	✓	

<b>processo global</b>	Relacionar-se cooperativamente com fornecedores, introduzindo as vantagens mútuas do controle do fluxo total	K, A, J		✓
<b>9. Melhorar continuamente</b>	Medir e monitorar melhorias	P	✓	
	Definir metas	P	✓	
	Estimular envolvimento das equipes de produção na melhoria contínua	P	✓	
	Padronizar melhores práticas e buscar padrões ainda melhores	P	✓	
	Abordar melhoria e controle conjuntamente, eliminar a causa raiz dos problemas	P	✓	
<b>10. Melhorar fluxos e conversões</b>	Focar nas possibilidades de ganho nas etapas de fluxo	P, K, M, L, G, A, C, J	✓	✓
	Verificar novas tecnologias para ganho nas etapas de conversão	J		✓
<b>11. Adotar melhores práticas</b>	Conhecer os pontos fortes e fracos dos processos	L		✓
	Conhecer os concorrentes, comparar as melhores práticas	L		✓
	Copiar, modificar e incorporar as melhores práticas	L		✓
	Combinar os pontos fortes existentes com boas práticas externas.	L		✓

A análise da tabela 6.3 permite concluir que os métodos aplicados atingiram todos os pontos apontados pelas diretrizes. A aplicação dos conceitos do *Lean Construction*, então, ocorreu com sucesso. As soluções escolhidas atingiram os objetivos esperados.

### 6.5. Resultados globais da obra

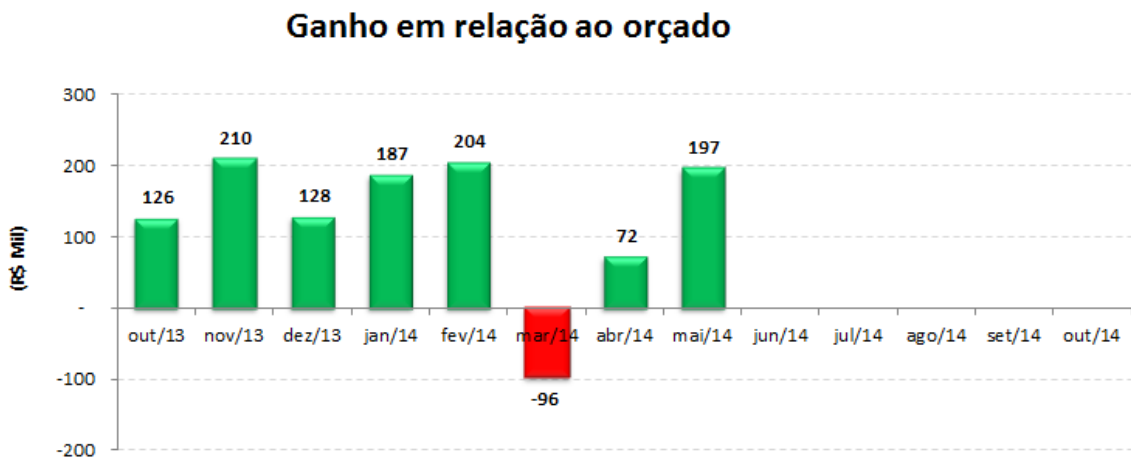
Atualmente, a obra se encontra próxima de sua conclusão, com mais de 90% do cronograma físico realizado. A projeção indica que o fechamento da obra ocorrerá abaixo da meta de orçamento, e o custo relativizado por m<sup>2</sup> também ficou inferior ao de outras obras do mesmo padrão da mesma construtora.



Em relação ao tempo de execução, a meta de prazo realizada no início de projeto não conseguiu ser atingida. Apesar das técnicas de *Lean Construction* implantadas terem promovido uma evolução do cronograma físico em velocidade maior que a prevista pela linha de base em grande parte da obra; problemas relacionados à fundação, no início de obra, e de entrega de material de acabamento, no final, impediram que esse objetivo fosse atingido.

O ponto de destaque foi o período de estrutura (fase da obra em que ocorreram as etapas de alvenaria estrutural, laje, massa interna e externa). Esse foi o período de melhor desempenho da obra, e sem dúvidas o principal catalizador para esse resultado foi o modelo de gestão implantado, baseado no *Lean Construction*. A figura 6.1 mostra o resultado financeiro obtido em comparação com o orçamento durante esse período de obra.

Figura 6.1 – Comparação do resultando alcançado com o orçamento durante o período de estrutura



O principal fator de contribuição para esse resultado positivo foi a implementação do *Lean Construction*, uma vez que o custo unitário de materiais e mão-de-obra foram semelhantes ao previsto em orçamento. O ganho financeiro foi fruto da alta produtividade, baixo consumo de materiais e diminuição do custo fixo devido à aceleração da obra durante esse período.

## 6.6. Possibilidades de melhorias e continuação do projeto

Os resultados obtidos pela implantação inicial do *Lean Construcion* foram bons. No entanto, estes poderiam ter sido ainda melhores. Uma importante melhoria para um futuro projeto é a medição do PPC (*Percent Plan Complete*). Esse indicador, proposto por Ballard (2000), mede a eficiência dos planejamentos na WWP. Seu uso poderia ter melhorado a assertividade do planejamento de curto-prazo ainda mais.

O projeto também poderia se beneficiar através de um envolvimento mais profundo das equipes de produção com as determinações propostas. Essa conclusão está apoiada nas ocorrências de execução de atividades não-delegadas nos planejamentos semanais, conforme já discutido. A necessidade do redesenho do processo de *Kanban* também corrobora para essa conclusão.

Quanto à limitação da implantação do LC na obra, apesar dos bons resultados obtidos, a obra poderia ter sido beneficiada a partir de uma implantação mais completa, incluindo outras técnicas já conhecidas na literatura. A integração da cadeia de suprimentos é importante para a otimização dos resultados dos empreendimentos, e a quebra no fluxo devido aos problemas de entregas de materiais de acabamento poderia ter sido mitigada. Alves *et al.* (2012) aponta que o LC tem sido aplicado em pedaços e, apesar dos bons resultados já registrados, os praticantes ainda estão por atingir seus reais benefícios. Segundo Green e May (2005), é necessário que a academia trabalhe mais próxima das empresas e consultorias da construção na transformação dos conceitos da produção industrial em um uso sistêmico de conceitos, e não apenas no uso de ferramentas. No entanto, foi concluído que o ponto de partida foi positivo. Segundo Viana *et al.* (2010), a implementação inicial do LPS resulta na estabilidade básica e cria condições para a introdução de ideias *Lean* mais

avançadas.

O caminho tomado foi classificado como satisfatório e relevante para a empresa. A mesma decidiu pela expansão do projeto, implementando as técnicas de gestão relatadas neste trabalho em outros canteiros de obra. A empresa também decidiu pela busca da aplicação de outros conceitos, e encontra-se na execução de um projeto de implantação do BIM (*Building Information Modeling*), com o objetivo de melhorar o desempenho e a geração de valor no processo de projeto.

## 7. CONCLUSÕES

A implantação do *Lean Construction* através de um nível de ambição que foi delineado pela implantação de um método de gestão da produção baseado no LPS e pela reconfiguração de atividades no canteiro de obras se mostrou positiva. Através das análises dos dados coletados através do estudo de caso, pôde-se mostrar ganhos no aumento da transparência, redução da variabilidade, aumento da produtividade, redução de custos de obra, redução do consumo de materiais, redução de lotes, aumento da velocidade de evolução da obra e aumento da previsibilidade.

Além disso, o método de pesquisa adotado atendeu aos objetivos esperados. O protocolo de estudo de caso construído se mostrou adequado, e a sistemática de entrevistas, análise documental e observações diretas foram satisfatórias para a coleta de dados que permitisse uma análise que atendesse aos objetivos do trabalho.

## 8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esse trabalho representou o início da implementação de técnicas *Lean* em uma grande construtora brasileira. Durante o projeto, decidiu-se por aplicações de técnicas relacionadas ao planejamento e controle e a gestão da produção no canteiro.

As ferramentas utilizadas forneceram aos gestores da obra e aos trabalhadores maior informação, de uma maneira não antes aplicada. Esse modelo de gestão possibilitou melhorias na produtividade, diminuição da variabilidade, diminuição das incertezas e aumento da previsibilidade. Portanto, concluiu-se que a implementação do *Lean Construction* foi positiva, mesmo através de um esforço inicial baseado em algumas iniciativas.

Segundo Alves *et al.* (2012), a pesquisa em implementação do *Lean Construction* é baseada no desenvolvimento de estudos de caso. Segundo os mesmos autores, o LC não está amplamente implementado na indústria, o que dificulta análises de pesquisadores em populações maiores ou na formação de uma base estatística de dados coletados. Koskela e Rooke (2009) colocam que acadêmicos devem continuar trabalhando com praticantes para colocar a teoria em testes, afinal a indústria possui o controle dos “laboratórios” (projetos) que os acadêmicos necessitam para avançar e documentar o conhecimento. A partir dessa visão, pode-se concluir que esse trabalho contribuiu para o conhecimento, ao registrar mais uma tentativa de aplicação dos conceitos na prática.

O próximo passo para a empresa em questão e para os agentes da construção civil brasileira como um todo, é abraçar os conceitos do *Lean* como uma forma sistêmica de melhoria, buscando rever todos os aspectos abrangidos pelo *Lean Thinking* (LT). Caso o contrário, segundo Alves *et al.* (2012), o risco é que o LC se torne uma prática ou movimento perseguidos exageradamente sem atingir seus objetivos reais, a exemplo do que ocorreu com o movimento da qualidade

no início de seus anos. De acordo com Koskela (2009), os princípios *Lean* podem ser usados em tudo, e os resultados são mais eficientes de acordo com o crescimento de sua área de aplicação.

Alves *et al.* (2012) divulgaram que muitas companhias e indivíduos tem interesse no aprendizado sobre o *Lean Thinking*, mas poucos estão dispostos a desprender o tempo, dinheiro e esforço para entender seus fundamentos e aplicações registrados na literatura. Os mesmos autores frisam que, para o aprendizado sobre o *Lean*, as lideranças devem desenvolver a habilidade de “desaprender” os conceitos ultrapassados que atrasam a evolução do setor há anos.

Essa nova filosofia da produção revolucionou o contexto da produção industrial, e começa a ter os mesmos impactos na construção. É necessária uma maior aderência dos praticantes para que seus benefícios sejam percebidos de maneira mais ampla. De acordo com Koskela (2009), em cada companhia, essa mudança deve ocorrer de cima para baixo, e a diretoria de gestão deveria se tornar professora e mentora de *Lean* para seus subordinados. A visão de Liker (2005) em seu livro “*O modelo Toyota*” corrobora para essa abordagem. O 9º princípio de gestão, lá descrito, é: “Desenvolver líderes que compreenderam completamente o trabalho, vivam a filosofia e ensinem aos outros”.

Para a academia, comunidade científica e instituições de ensino, também fica uma missão: elaborar técnicas e práticas para qualificar um maior número de profissionais com os conhecimentos já desenvolvidos. Será importante que profissionais adquiram esse conhecimento mesmo antes de chegarem ao mercado de trabalho (ALVES *et al.*, 2012).

## 9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AL-SUDARI, A.A., DIEKMANN, J.E., SONGER, A.D., BROWN, H.M. Simulation of construction processes: traditional practices versus lean principles. *Proceeding for the 7<sup>th</sup> Annual Conference of the International Group for Lean Construction*. USA, 1999.

ALVES, T.C.L., MILBERG, C., WALSH, K.D. Exploring lean construction practice, research, and education. *Engineering, Construction and Architectural Management*. v. 19, n. 5, p. 512-525, 2012.

AZIZ, R.F., HAFEZ, S.M. Applying lean thinking in construction and performance improvement. *Alexandria Engineering Journal*. Egypt, v. 52, n.4, p. 679–695, Dez / 2013.

BALLARD, H.G. *The last planner system of production control*. Thesis (doctorate of philosophy) – The University of Birmingham, School of Civil Engineering, Birmingham: 2000. 192 p.

BARBOSA, G., ANDRADE, F., BIOTTO, C., MOTA, B. Implementing Lean Construction effectively in a year in a construction project. *Proceeding for the 21<sup>st</sup> Annual Conference of the International Group for Lean Construction*. Brazil, 2013.

BERTELSEN, S. Lean Construction: where are we and how to proceed?. *Lean Construction Journal*. v. 1, p. 46-69, Out / 2004.

BERTELSEN, S., KOSKELA, L. Managing the tree aspects of production in construction. *Proceeding for the 10<sup>th</sup> Annual Conference of the International Group for Lean Construction*. Brazil, 2002.

BERTELSEN, S., KOSKELA, L. Construction beyond lean: a new understanding of construction management. *Proceeding for the 12<sup>th</sup> Annual Conference of the International Group for Lean Construction*. Denmark, 2004.

BITON, N., HOWELL, G. The journey of lean construction theory: review and reinterpretation. *Proceeding for the 21<sup>st</sup> Annual Conference of the International Group for Lean Construction*. Brazil, 2013.

CHRISTOPHER, M. Logistics and Supply Chain Management: Strategies for Reducing Costs and Improving Service. *Pitman Publishing*. London, 1992.

COOPER, M.C., ELLRAM, L.M. Characteristics of supply chain management and the implications for purchasing and logistics strategy. *International Journal of Logistics Management*. v. 4, n. 2, p. 13-24, 1993.

DAHLGAARD, J. J., DAHLGAARD-PARK, S. M. Lean production, six sigma quality, TQM and company culture. *The TQM Magazine*. v. 18, n. 3, p. 263-281,

2006.

DEMING, W.E. *Out of the Crisis*. Massachusetts Institute of Technology, Cambridge: Cambridge University Press, 1982. 507 p.

FORMOSO, C.T., ISATTO, E.L., HIROTA, E.H. Method for waste control in the building industry. *Proceeding for the 7<sup>th</sup> Annual Conference of the International Group for Lean Construction*. USA, 1999.

GREEN, S.D., MAY, S.C. Lean construction: arenas of enactment, models of diffusion and the meaning of 'Leanness'. *Building Research and Information*. v. 24, n. 10, p 994-1011, 2005.

KOSKELA, L. *What is Lean Construction?*. Class notes – University of Salford, School of the Built Environment, Salford: 2009.

KOSKELA, L. *An exploration towards a production theory and its application to construction*. Thesis (doctorate of technology) – Helsinki University of Technology, Espoo, Finland: , 2000. 296 p.

KOSKELA, L. Application of the New Production Philosophy to Construction. *CIFE Technical Report #72*, Stanford University, Set / 1992.

KOSKELA, L., HOWELL, G. The Underlying Theory of Project Management is Obsolete. *Proceeding of the PMI Research Conference*. USA, 2002.

KOSKELA, L., HUOVILA, P., LEINONEN, J. Design management in building construction: from theory to practice. *Journal of Construction Research*. v. 3, p. 1-16, 2002.

KOSKELA, L., ROOKE, J. What triggers management innovation?. *Proceeding for the 17<sup>th</sup> Annual Conference of the International Group for Lean Construction*. Taiwan, 2009.

LIKER, J.K. *O modelo Toyota: 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo*. Porto alegre: Bookman, 2005. 316 p.

OHNO, T. *The Toyota Production System: Beyond Large Scale Production*. Portland, Oregon: Productivity Press, 1988.152 p.

SHINGO, S. *Non-Stock Production*. Cambridge: Productivity Press, 1988. 479 p.

TILLMANN, P., BALLARD, G., TOMMELEIN, I. A mentoring approach to implement Lean Construction. *Proceeding for the 22<sup>nd</sup> Annual Conference of the International Group for Lean Construction*. Norway, 2014.

VIANA, D.D., MOTA, B., FORMOSO, C.T., ECHEVESTE, M., PEIXOTO, M., RODRIGUES, C.L. A survey on the last planner system: impacts and difficulties for implementation in Brazilian companies. *Proceeding for the 18<sup>th</sup> Annual*



*Conference of the International Group for Lean Construction*. Israel, 2010.

VRIJHOEF, R., KOSKELA, L. The four roles of supply chain management in construction. *European Journal of Purchasing & Supply Management*. v. 6, p. 169-178, 2000.

WANDAHL, S. Lean construction with or without lean – challenges of implementing lean construction. *Proceeding for the 22<sup>nd</sup> Annual Conference of the International Group for Lean Construction*. Norway, 2014.

WOMACK, J. P., JONES, D. T. *A mentalidade enxuta nas empresas: elimine o desperdício e crie riqueza*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2003. 408 p.

WOMACK, J. P., JONES, D. T., ROOS, D. *A máquina que mudou o mundo*. Rio de Janeiro: Campus, 1992. 347 p.

XUE, X., LI, X., SHEN, Q., WANG, Y. An agent-based framework for supply chain coordination in construction. *Automation in Construction*. v. 14, p. 413-430, 2005.

YIN, R. K. *Estudo de caso: planejamento e métodos*. Porto Alegre: Bookman, 2001. 157 p.