

**ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE CONSTRUÇÃO CIVIL**

**Implantação dos conceitos da *Lean Construction* no Planejamento Físico
de Obras: Estudo de Caso em Empresa Construtora**

Carolina Sueiro Silva

São Paulo

2018

**ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE CONSTRUÇÃO CIVIL**

**Implantação dos conceitos da *Lean Construction* no Planejamento Físico
de Obras: Estudo de Caso em Empresa Construtora**

Trabalho de Formatura apresentado à
Escola Politécnica da Universidade de
São Paulo Para obtenção do título de
Graduação em Engenharia

Carolina Sueiro Silva

Orientador:
Prof. Dr. Francisco
Ferreira Cardoso

Área de Concentração:
Engenharia Civil

São Paulo

2018

Silva, Carolina Sueiro

Implantação dos conceitos de *Lean Construction* no
Planejamento Físico de Obras: Estudo de Caso em Empresa
Construtora, por C. S. Silva.
São Paulo: EPUSP, 2018 121 p.

Trabalho de Formatura – Escola Politécnica da Universidade de
São Paulo – Departamento de Engenharia Civil.

1.*Lean Construction* 2.Planejamento Físico de Obra 3.*Last
Planner Systems* 3.Estudo de Caso I.Universidade de São
Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia Civil
Il.t.

RESUMO

A construção civil é tradicionalmente caracterizada por processos artesanais e pouco desenvolvidos, quando comparados à indústria da manufatura. Os processos de planejamento adotados na construção civil refletem essas características. A produção é interpretada com uma série de processos de conversão e o seu planejamento limita-se a fragmentação da produção em “pacotes de atividades” e os processos de controle são voltados a ações reativas, ou seja, uma ação só é tomada após a ocorrência de falhas na produção. Essa atitude leva a perda de produtividade, ao aumento de custos e à negligência do valor do produto.

Paralelamente a isso, o mercado da construção civil brasileiro enfrentou um cenário desfavorável devido a economia desacelerada dos últimos anos. Para se sobressair nesse cenário, as empresas construtoras precisam aumentar sua produtividade e reduzir seus custos, sem prejudicar a qualidade de seus produtos. Surge, então, a necessidade de modernização dos sistemas de gestão da produção das empresas construtoras, visando o aumento de sua competitividade. Esse é o objetivo deste trabalho, ao propor um Modelo de Processo de Planejamento Físico para ser implementado em uma empresa construtora, na qual a autora exerceu o período de estágio.

A proposição do Modelo ocorre a partir do embasamento teórico das práticas de *Lean Construction* em conjunto com o estudo de uma obra referência e o estudo de caso na empresa estudada. O estudo teórico envolve os conceitos fundamentais de *Lean Construction*, bem como de planejamento físico de obra. Esses conceitos foram observados durante a visita a uma obra de referência, onde o processo de planejamento físico ocorre em concordância com a mentalidade *Lean* e durante conversa com um especialista em planejamento de obras.

O Modelo proposto busca suprir as deficiências do processo de planejamento físico da empresa estudada, que foram observados pela autora durante o período de estágio e levantados em entrevistas com seus integrantes. Essas deficiências levam à interrupção do fluxo da produção e, conseqüentemente, à

perda de produtividade. Elas incluem, por exemplo, falhas de comunicação, ausência de planos e controle formais, e distanciamento dos agentes da produção do processo de planejamento.

Além disso, a implementação desse Modelo deve ser interpretada como um ponto de partida para a implementação da filosofia *Lean* pela empresa. Apenas a modernização do processo de planejamento não é suficiente para explorar todo seu potencial competitivo. Espera-se que os resultados gerados pelo Modelo proposto incentivem a reformulação da cultura da empresa em direção da mentalidade *Lean*.

Palavras-chave: *Lean Construction*. Planejamento físico de obras. Empresa construtora. *Last Planner System*.

ABSTRACT

Civil construction is usually characterized by a less developed process when compared to the manufacturing industry. The planning processes used on civil construction reflect that characteristic. Production is interpreted as several conversion processes and planning is limited to fragment production into "activities boxes". Control processes are focused on reactive actions, that is one action is only taken once the problem already occurred. That attitude leads to productivity loss, to increasing costs and despises the product value.

Parallel to that, the Brazilian civil construction market has suffered from an adverse scenario due to a decreasing economy in the past few years. For the construction companies to stand out in that situation, they need to increase their productivity and reduce their costs without affecting the product quality. The production management systems need to be modernized and improved to raise competitiveness. This work aims at that by proposing a Scheduling Process Model to be implemented in a construction company, at which the author performed her internship.

The Model proposition is based on Lean Construction practices together with the study of a reference construction site and a case study. The theoretical study introduces the fundamental concepts of Lean Construction and construction planning. Those concepts were observed during the visitation of a construction site, where the planning processes occur alongside the Lean concepts, and during a conversation with a planning specialist.

The proposed Model seeks to eliminate the planning process deficiencies observed during the author's internship. Those deficiencies were also brought up by company members in interviews. The deficiencies lead to production flow interruptions and, therefore, to productivity loss. They include communication flaws, lack of formal planning and control, and exclusion of the production agents from the planning processes.

Furthermore, the Model implementation must be seen as a start point for the adoption of Lean concepts by the company. The Model implementation by itself

is not enough to explore the company's full competitive potential. It is hoped that the results produced by the Model implementation lead the company to rebuild their culture towards the Lean mentality.

Keywords: Lean Construction. Construction production planning. General Contractor Company. Last Planner System.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Conteúdo dos roteiros de entrevista adotados	7
Quadro 2 - Comparação entre os cinco princípios de Womack e Jones (2004) e os princípios de Koskela (1992).....	18
Quadro 3 - Componentes de uma EAP	55
Quadro 4 - Relação entre deficiências, ações, ferramentas e princípios adotados no Modelo proposto	100
Quadro 5 - Exemplo de um cronograma lookahead	102
Quadro 6 – Quadro de análise de restrições	103
Quadro 7 - Plano da Produção Semanal	104
Quadro 8 - Quadro de motivos para desconformidades da produção	106

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Esquema do sistema tradicional de produção	12
Figura 2 - Esquema da produção como um processo de fluxo.	13
Figura 3 - Ciclo de retroalimentação do controle do projeto	42
Figura 4 - Representação do ciclo de vida de um projeto	44
Figura 5 - Habilidade do planejamento de influenciar no custo	46
Figura 6 - Representação do Diagrama de flechas.....	52
Figura 7 – Representação do Diagrama de blocos.....	52
Figura 8 - Cronograma de barras ou gráfico de Gantt	53
Figura 9 - Exemplo de EAP de uma casa	55
Figura 10 – Exemplo de Linha de Balanço de um edifício	57
Figura 11 - Ciclo da construção e fluxo de informações	62
Figura 12 - A formação de atribuições no processo de planejamento do Last Planner	64
Figura 13 - Esquema do processo de lookahead.....	66
Figura 14 - O processo do Last Planner System	67
Figura 15 - Planilha com o Plano de Produção Semanal da obra visitada	71
Figura 16 - Gerenciamento visual da execução dos blocos de fundação do edifício	72
Figura 17 - Estrutura organizacional da Empresa estudada	76
Figura 18 - Cronograma inicial de uma obra da Empresa	78
Figura 19 - Foto de cronograma utilizado em uma obra da Empresa	79
Figura 20 - Fluxo do planejamento físico	81
Figura 21 - Foto da Obra 1 em janeiro de 2018.....	82
Figura 22 - Foto da Obra 1 em novembro de 2018.....	82
Figura 23 - Foto da Obra 2 em março de 2018.....	83
Figura 24 - Foto da Obra 2 em novembro de 2018.....	83
Figura 25 - Fluxos de informação no ciclo da produção	86
Figura 26 - Diagrama de motivos para desconformidade da produção	107
Figura 27 - Exemplo de DPP	108
Figura 28 - Modelo de Processo de Planejamento Físico.....	109

LISTA DE ABREVIações

ADM – *Arrow Diagramming Method*

DPP – Desenho do Processo de Produção

EAP – Estrutura Analítica do Projeto

LCI - *Lean Construction Institute*

LPS – *Last Planner System*

PDM – *Precedence Diagramming Method*

PMI - *Project Management Institute*

PPC – *Percent Plan Completed*

PPS – Plano de Produção Semanal

TQC – *Total Quality Control*

SUMÁRIO

1. Introdução.....	1
1.1. Introdução.....	1
1.2. Justificativa	3
1.3. Objetivos.....	5
1.4. Estruturação do Trabalho	5
1.5. Métodos de Pesquisa	6
1.5.1. Roteiros e Entrevistas	7
1.6. Limitações do Trabalho.....	8
2. Princípios de <i>Lean Construction</i>	9
2.1. <i>Lean Production</i>	9
2.1.1. Origem	9
2.1.2. Princípios	11
2.1.3. Fluxo	18
2.1.4. Desperdício	20
2.1.5. O que é valor?.....	23
2.2. Características da Construção Civil.....	24
2.3. <i>Lean Construction</i>	28
2.4. Aspectos culturais na implementação de <i>Lean Construction</i>	33
2.5. Implementando o fluxo contínuo.....	37
3. Planejamento Físico de Obra	38
3.1. Conceitos de Planejamento	38
3.2. As dimensões do Planejamento	47
3.2.1. A dimensão vertical do Planejamento	47
3.2.2. A dimensão horizontal do Planejamento	48

3.3. Planejamento Físico de Obra	49
3.3.1. Estrutura Analítica do Projeto (EAP)	54
3.3.2. Rede PERT/CPM	55
3.3.3. Linha de Balanço.....	56
4. <i>Last Planner System</i>	58
4.1. Crítica ao Planejamento Tradicional	58
4.2. O <i>Last Planner System</i>	60
4.3. Consulta com especialista e estudo de referência.....	68
4.3.1. Consulta com especialista.....	68
4.3.2. Visita a obra com aplicação dos conceitos <i>Lean</i>	69
5. A Empresa estudada	74
5.1. Apresentação da empresa.....	74
5.2. Estrutura organizacional	75
5.3. Desenvolvimento do planejamento físico.....	76
5.4. Caracterização das obras estudadas	81
5.5. Resultado e Análise das Entrevistas	84
6. Estudo das deficiências do processo de planejamento físico	89
6.1. Identificação das deficiências	89
6.1.1. Indisponibilidade de tempo de trabalho.....	89
6.1.2. Ausência de integração vertical do planejamento	90
6.1.3. Inexistência de um plano de médio prazo	90
6.1.4. Inexistência de um plano de curto prazo.....	91
6.1.5. Falta de envolvimento dos agentes da produção no planejamento	92
6.1.6. Controle informal da produção	93
6.1.7. Programação de recursos ineficiente	93

6.1.8.	Informações ou instruções insuficientes.....	95
6.2.	Ações necessárias para correção das deficiências	95
6.2.1.	Organizar o tempo de trabalho.....	95
6.2.2.	Adotar a integração vertical do planejamento	96
6.2.3.	Adotar um plano de médio prazo	96
6.2.4.	Adotar um plano de curto prazo e sistematizar a sua elaboração.	96
6.2.5.	Envolver os agentes da produção no processo de planejamento .	97
6.2.6.	Adotar ferramentas de controle da produção	97
6.2.7.	Sistematizar a programação de recursos.....	97
6.2.8.	Aumentar a transparência da produção	98
7.	Proposição de um Modelo do Processo de Planejamento Físico.....	99
7.1.	Proposição de Ferramentas.....	100
7.1.1.	<i>Lookahead</i>	101
7.1.2.	Plano da Produção Semanal.....	103
7.1.3.	Índice PPC	104
7.1.4.	Registro das interferências.....	105
7.1.5.	Desenho do Processo de Produção.....	107
7.2.	Modelo do Processo de Planejamento Físico.....	108
7.2.1.	Elaboração do plano de médio prazo.....	109
7.2.2.	Elaboração do plano de curto prazo.....	110
7.2.3.	Controle da produção.....	111
7.3.	Resultados esperados	112
8.	Conclusões	114
	REFERÊNCIAS	116
	ANEXO A.....	120

1. Introdução

1.1. Introdução

A etapa de construção de um empreendimento da construção civil é marcada tradicionalmente por tarefas artesanais e sequências produtivas complexas e dependentes. Paralelamente a isso, o conceito de “planejamento”, para a construção, envolve a produção de cronogramas e especificações detalhadas a serem seguidas no processo de execução do projeto, sem se atentar ao controle e ao acompanhamento progressivo da produção (BALLARD, 1998). Essas duas características em conjunto causam perdas de parte do valor agregado ao produto, em forma de desperdícios, perda de qualidade e extensão de prazos.

Ao mesmo tempo, o cenário da construção civil nacional sofreu grande impacto negativo nos últimos anos devido ao declínio da economia brasileira. Consequentemente, a competição no mercado da construção aumentou e as construtoras encontram a necessidade de aumentar sua produtividade e o valor do produto oferecido ao cliente.

Surge, então, a necessidade de melhor planejamento e maior controle do fluxo de produção na construção, percebida nos últimos anos por grande parte das construtoras que buscam inovar seus processos para aperfeiçoar sua gestão da produção e, consequentemente, aumentar a sua produtividade (DIEPENBRUCK, 2017; CHIRINÉA, 2018). Sendo assim, um ponto essencial para a execução adequada de um empreendimento é o seu planejamento físico, que permite controlar e organizar a produção, além de auxiliar na previsão e resolução de problemas durante a etapa de construção.

Nessas circunstâncias, a filosofia *Lean Construction*, traduzida para o português como Construção Enxuta, está cada vez mais presentes na realidade das construtoras. Os conceitos e princípios adotados pela *Lean Construction* buscam a otimização da produção por meio da redução de desperdício ao mesmo tempo em que o valor do produto oferecido é aumentado. Para isso, melhoria contínua, *pull planning*, *takt time* e mapeamento de valor são exemplos de ferramentas e

conceitos utilizados no sistema de produção de uma empresa que busca a modernização de sua gestão.

A *Lean Construction* surgiu como a adaptação da *Lean Production* às peculiaridades da construção civil. A *Lean Production*, por sua vez, surgiu da generalização do *Toyota Production System* (TPS), ou Sistema Toyota de Produção, durante a segunda metade do século 20 por Onho e Shingo para aplicação na indústria automotiva japonesa. O TPS foi desenvolvido a partir da necessidade de aumento da competitividade da indústria japonesa automobilística em relação à indústria norte-americana. Seu principal objetivo é a remoção de desperdícios e inconsistências do sistema de produção, com o intuito de reduzir custos e aumentar a produtividade, ao mesmo tempo que aumenta o valor agregado ao produto.

Para a adoção da *Lean Construction* por uma empresa construtora, várias técnicas e ferramentas foram desenvolvidas e apresentadas na extensa literatura sobre o assunto. Essas técnicas e ferramentas auxiliam na aplicação dos conceitos *Lean* na construção civil, envolvendo as diferentes dimensões presentes em um empreendimento, como negócios, projetos, obras, suprimentos e manutenção. Este trabalho está focado na aplicação da filosofia *Lean* no ambiente de obras, por meio do planejamento e controle da produção na construção. Para isso, analisa a técnica *Last Planner System*, que tem como objetivo repensar o planejamento da construção à luz da filosofia *Lean*.

Este trabalho está dividido em três blocos: revisão da literatura; estudo prático de referência da aplicação do *Last Planner System*, e estudo de caso. A revisão da literatura apresenta e analisa a *Lean Construction*, bem como seus conceitos e origem. O estudo de referência de aplicação do *Last Planner System* é composto por entrevista com um especialista em planejamento da construção, com grande atuação no cenário *Lean* do Brasil, e visita à uma obra de referência, onde essa técnica é aplicada.

A última fase deste trabalho constitui um Estudo de Caso, aplicado a uma construtora de porte médio da Região Metropolitana de São Paulo. A principal motivação para essa escolha foi o período de estágio cumprido pela autora na

empresa em questão. Sendo assim, o produto deste trabalho é a proposição de um modelo de processo planejamento físico, por meio da aplicação de ferramentas que incorporem os princípios *Lean*.

1.2. Justificativa

O mercado da construção civil sofreu grande impacto negativo devido ao cenário econômico do país em queda nos anos recentes. O volume de empreendimentos diminuiu, assim como o investimento público no setor, e os clientes passaram a exigir maior qualidade dos produtos entregues (DIEPENBRUCK, 2017). O mercado tornou-se, então, altamente competitivo para as empresas construtoras. Nesse ambiente, o aperfeiçoamento do modelo de gerenciamento das empresas e de sua produção é um requisito absoluto. Torna-se essencial o controle de custos e a redução de desperdícios e o aumento de produtividade, ao mesmo tempo em que qualidade e prazo não podem ser menosprezados, para que uma construtora mantenha sua capacidade de competir dentro do mercado.

Um ponto essencial no projeto e planejamento de qualquer empreendimento é o planejamento físico uma de obra, que não apenas expressa prazos e durações, como também guia a sequência da produção e suas atividades. A compatibilidade entre cronograma e execução pode resultar em redução de custo da produção, ganho de produtividade e redução de desperdícios. Assim, um planejamento físico bem desenvolvido contribui para o aumento de produtividade de uma construtora e, como consequência, para o ganho de competitividade.

Segundo a Associação Brasileira do Consumidor (ABC), os atrasos em obras cresceram 65% no estado de São Paulo entre 2005 e 2010 (DE FILIPPI e MELHADO, 2015). Segundo Moraes e Serra (apud DE FILIPPI e MELHADO, 2015), esses atrasos são causados principalmente pela falta de adequação dos processos de planejamento existentes às condições presentes nas empresas construtoras.

O planejamento físico limitado apenas à boa elaboração de um cronograma, então, não é suficiente. O cronograma precisa ser de fato aplicado e respeitado, o que depende de que as informações sejam recebidas por todos os agentes envolvidos no ciclo de produção, desde a engenharia de projeto até o setor de suprimentos e as equipes de obra, passando por uma série de agentes que direta ou indiretamente estão envolvidos no empreendimento e nos processos internos da construtora. Assim, os processos de comunicação dentro da empresa e dela com seus fornecedores precisam ser muito bem definidos e eficientes. Além disso, o cronograma de obra não pode ser interpretado como uma ferramenta estática. Ele deve ser acompanhado frequentemente e adaptado à realidade da obra para que sua aplicação seja eficiente.

Diante desses fatores, fica evidente que uma empresa construtora precisa de uma série de processos e procedimentos muito claros para que o desenvolvimento do planejamento físico e seu acompanhamento sejam eficientes, devido à complexidade do ambiente de projeto, da cadeia de produção e de suas interfaces.

Nessas circunstâncias, a aplicação da filosofia *Lean* a uma empresa surge como uma alternativa para a modernização e otimização de sua produção, visto que essa filosofia busca justamente o ganho de produtividade, redução de desperdícios e aumento da qualidade. No entanto, a adoção de conceitos *Lean* está além da aplicação de ferramentas de planejamento. Ela deve ser atingida por meio da mudança cultural da empresa e deve estar alinhada às suas estratégias.

Numa pesquisa realizada no mercado da construção norte-americano em 2013, 55% dos empreiteiros que não estavam familiarizados com as práticas de *Lean* julgavam a indústria da construção eficiente ou muito eficiente. Já entre aqueles que estavam familiarizados com o *Lean*, 62% julgaram a construção ineficiente (McGRAW HILL CONSTRUCTIONS, 2013).

Dessa forma, o trabalho a ser desenvolvido propõe diretrizes para a implementação de um modelo de processo de planejamento físico baseado na técnica *Last Planner System* pela empresa estudada. Para isso, o estudo dessa

técnica está aliado ao estudo da Empresa, sua cultura, suas práticas e duas obras de referência.

1.3. Objetivos

Este Trabalho de Conclusão de Curso tem como objetivo propor um modelo para a aplicação de conceitos *Lean* no planejamento físico de obras comerciais e industriais realizadas por uma empresa construtora de pequeno porte, localizada na região Metropolitana de São Paulo. Esse modelo deve ser desenvolvido com base nos conceitos da *Lean Construction*, em consonância com as peculiaridades, estratégias e limitações da empresa.

O modelo proposto procura agregar mais eficiência e precisão ao planejamento físico de obra dos projetos desenvolvidos pela empresa estudada. Dessa forma, o modelo inclui processos a serem realizados no canteiro de obras, considerando, também, a interface entre obra e escritório.

1.4. Estruturação do Trabalho

Este Trabalho foi desenvolvido em três fases: estudo bibliográfico, estudo prático de referência e estudo de caso. O estudo bibliográfico, por sua vez, está dividido em três blocos: Princípios de *Lean Construction*, conceitualização do Planejamento Físico de Obra, e apresentação do *Last Planner System*.

O Capítulo 2 discorre sobre os princípios de *Lean Construction*, suas origens, técnicas e conceitos. A conceitualização do Planejamento Físico de Obra está apresentada no Capítulo 3. O *Last Planner System*, que pode ser interpretado como a adoção dos princípios de *Lean Construction* no processo de planejamento físico de obra, é apresentado no Capítulo 4.

O estudo prático de referência trata da aplicação do *Last Planner System* em uma obra de um edifício residencial. O seu desenvolvimento aconteceu em dois momentos: consulta a um especialista de planejamento de obras com aplicação de técnicas *Lean* e visita a uma obra onde essas técnicas são aplicadas.

O estudo de caso refere-se à aplicação do *Last Planner System* como processo de planejamento físico de uma construtora de edifícios comerciais da Região

Metropolitana de São Paulo, onde a autora exerceu o período de estágio. Para isso, a Empresa é apresentada no Capítulo 5, onde suas características e peculiaridades são discutidas e as deficiências do processo de planejamento físico são analisadas. A análise das deficiências do planejamento surgiu do levantamento de opiniões de integrantes da empresa, obtidos com base em entrevistas guiadas por um roteiro previamente preparado, e das observações no ambiente do canteiro de obra feitas pela autora durante o período de estágio, como detalhado no Subcapítulo 1.5.

Por último, no Capítulo 6, as deficiências do planejamento são avaliadas e as ferramentas pertencentes a técnica *Last Planner System* são sugeridas para a correção dessas deficiências. A partir do estudo das ferramentas, propõe-se o modelo do processo de planejamento físico da Empresa.

1.5. Métodos de Pesquisa

Este Trabalho de Formatura parte da experiência em campo, durante o período de estágio na empresa construtora estudada. Assim, todas as informações, requisitos e critérios partem da observação por parte da autora, em conjunto com entrevistas com membros da empresa para o levantamento de necessidades e deficiências dos processos envolvidos no planejamento físico desenvolvido por ela.

Como embasamento conceitual, é realizada a revisão bibliográfica da filosofia *Lean* e sua aplicação à construção civil, na forma de *Lean Construction*. A técnica *Last Planner System* também é analisada com base no estudo bibliográfico e seu estudo é complementado com entrevista com um especialista em planejamento físico, ativamente envolvido no cenário *Lean* brasileiro e internacional. Para melhor compreensão da aplicação das ferramentas do *Last Planner System*, a autora realizou, também, visita a uma obra de referência, onde essa técnica é aplicada.

Portanto, o modelo a ser proposto leva em consideração não apenas as necessidades da empresa estudada, como também suas limitações, visando a aplicabilidade desse modelo dentro da empresa.

1.5.1. Roteiros e Entrevistas

Buscando aprofundar o conhecimento sobre as características da empresa foram realizadas entrevistas com funcionários de diferentes cargos e níveis hierárquicos. Para isso, foram elaborados roteiros, adotados durante as entrevistas individuais. As entrevistas foram feitas com os seguintes integrantes da empresa:

- 1) Diretor
- 2) Coordenador de obras
- 3) Supervisor de obra
- 4) Estagiário de obra

Os roteiros tinham como objetivo conhecer a história e cultura da empresa, entender o processo de elaboração do planejamento físico, identificar problemas e pontos críticos observados pelos integrantes e aferir o conhecimento dos conceitos *Lean* pelos integrantes. Roteiros com diferentes conteúdos foram aplicados aos diferentes cargos, como indicado no Quadro 1, totalizando quatro entrevistas no dia 24 de maio de 2018.

Quadro 1 - Conteúdo dos roteiros de entrevista adotados

Conteúdo dos roteiros

Cargo	História e cultura da empresa	Processo de elaboração de planejamento físico	Problemas e pontos críticos	Conhecimento de conceitos <i>Lean</i>
Diretor	X	X	X	X
Coordenador de obras	X	X	X	X
Supervisor de obra			X	X
Estagiário de obra			X	X

As perguntas aplicadas nos questionários estão no Anexo A. Algumas delas foram escritas para serem respondidas de forma objetiva, como “sim” ou “não”. Outras tinham a intenção de explorar a opinião do entrevistado.

1.6. Limitações do Trabalho

Este trabalho foi desenvolvido durante o período de estágio da autora na Empresa estudada, e, por isso, limita-se a um intervalo de tempo menor que um ano, o que impossibilita a compreensão plena da forma de atuação da empresa, bem como a aplicação e avaliação das ferramentas propostas ao final do trabalho.

A autora partiu da observação de dificuldades do planejamento físico da construção de um edifício de uma escola e de um pequeno centro comercial, obras nas quais a autora permaneceu em campo durante o estágio. Por isso, a observação de falhas e dificuldades estão limitadas a essas obras, de forma que essas falhas e dificuldade podem não refletir todas aquelas encontradas pela empresa.

2. Princípios de *Lean Construction*

Embasado pelo estudo das referências, este capítulo discorre sobre as origens e conceitos de *Lean Construction*, peculiaridades da indústria da construção civil e a interação entre eles, considerando os aspectos culturais empresariais implicados na sua implantação.

2.1. *Lean Production*

2.1.1. Origem

A filosofia *Lean Construction* baseia-se nos conceitos e princípios de uma filosofia mais abrangente dos modos de produção denominada *Lean Production*, termo popularizado por Womack e Jones na década de 1990. Esta, por sua vez, originou-se do Sistema Toyota de Produção (TPS, de acordo com a sigla inglesa). O TPS foi desenvolvido na década de 1950 pela Toyota, liderado pelo Engenheiro Taiichi Ohno, e busca a produção de bens com alta qualidade num fluxo contínuo. Os termos *Lean Construction* e *Lean Production* são usualmente referidos na língua portuguesa como construção e produção “enxuta”, respectivamente.

Ohno percebeu que, no modelo fabril norte-americano, os desperdícios eram inerentes ao sistema de produção. Isso acontecia porque as fábricas americanas eram segmentadas e sua força de trabalho era altamente especializada. O operador de uma determinada máquina só era capacitado para operar determinada máquina durante determinado processo. Os passos subsequentes da produção de um produto eram realizados por máquinas diferentes e, conseqüentemente, por operadores diferentes. Dessa forma, havia grande quantidade de máquinas e trabalhadores. Então, para diminuir o custo de produção, era necessário que mais produtos fossem produzidos, o que diluiria os custos de produção e depreciação. Nesse contexto, a produção em massa era a solução mais lógica. A partir dessa observação, Ohno concluiu que a forma mais eficiente de diminuir desperdícios e, conseqüentemente, custos, seria repensar o sistema de produção em si. A produção deveria ser pensada também

como fluxo e não mais como processos isolados de conversão de materiais em produtos.

A partir da necessidade da indústria japonesa automobilística em alcançar os níveis de produção norte-americanos, principalmente após a Segunda Guerra Mundial, Ohno replanejou o sistema de produção das fábricas da Toyota, aplicando ferramentas e conceitos desenvolvidos por ele que tomam como base a análise da produção como fluxo. O princípio mais relevante desenvolvido por ele, e aplicado até hoje em empresas enxutas, foi o *Just-In-Time*. Ohno (1988) define-o como um sistema ideal onde os itens necessários para certa etapa da produção chegam a essa etapa na quantidade e no tempo necessários. Esse sistema partiu da necessidade de redução de estoques e da tentativa da redução da superprodução, aspectos recorrentes na produção em massa.

Ohno aprofundou-se tanto na produção enxuta que chegou ao ponto de permitir que os trabalhadores parassem a linha de produção quando recebessem um produto defeituoso. Nos Estados Unidos, onde apenas o gerente da fábrica poderia parar a linha de produção, interromper os processos parece uma ideia no contrassenso da otimização. Ohno, no entanto, percebeu que esse procedimento era adequado, uma vez que acelerar a linha de produção e reduzir custo poderia gerar desperdícios devido a variabilidade que o grande volume de produtos poderia atribuir aos processos. Essa preocupação com a qualidade dos produtos levou a descentralização das tomadas de decisão (HOWELL, 1999). Ohno descentralizou o controle de inventário ao introduzir o uso de cartões de identificação que sinalizavam para cada estação a demanda de produtos da estação seguinte, conhecidos como "*kanban*". Ohno também descentralizou o gerenciamento das plantas fabris ao tornar visível para todos os envolvidos o sistema e a situação da produção em painéis. "Transparência" permitia que as pessoas tomassem decisões relacionadas à produção sem a necessidade da intervenção da gerência central (HOWELL, 1999). A descentralização das tomadas de decisão é essencial para o fluxo mais eficiente de informações e maior rapidez nas decisões, aspectos do pensamento enxuto.

Assim, o Sistema Toyota de Produção surgiu com base em dois pilares desenvolvidos por Ohno: a *Just In Time*, primeiramente implementado na indústria automobilística japonesa; e o *Total Quality Control* (TQC), ou Controle Total da Qualidade, que evoluiu simultaneamente na indústria japonesa como um todo (KOSKELA, 1992).

A partir desses dois pilares, os princípios básicos do TPS é a eliminação de inventários e de desperdícios por meio da produção de lotes pequenos, redução do tempo de ciclo, maquinário semi-automatizado, cooperação entre os fornecedores e outras técnicas, levando em consideração a qualidade no desenvolvimento da empresa (KOSKELA, 1992). Com isso, busca-se o aumento da eficiência da produção e o seu melhoramento contínuo.

Durante a década de 1990, a destacada capacidade competitiva que o TPS apresenta despertou interesse por parte de acadêmicos e empresas, que procuraram compreendê-lo e aplicá-lo (PICCHI, 2003). Buscando a generalização do TPS para outras indústrias, Womack e Jones (1998) criaram o termo *Lean Thinking*, traduzido como mentalidade enxuta, ampliando, para toda a empresa, os conceitos de *Lean Production* (PICCHI, 2003).

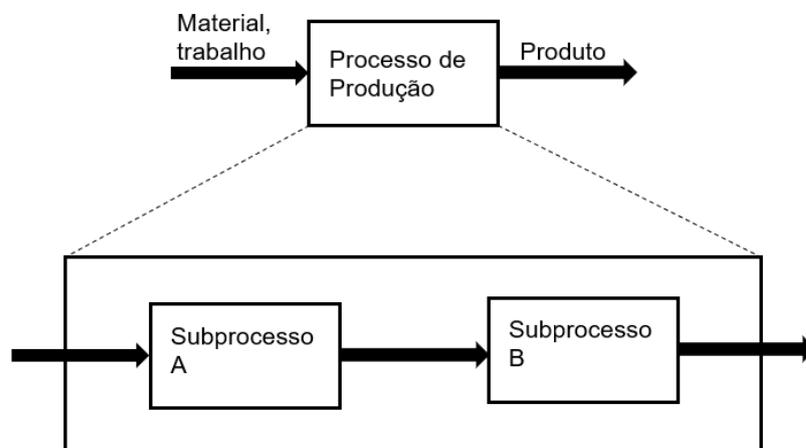
2.1.2.Princípios

Para se entender a mudança de paradigma proposta pela mentalidade *Lean*, é preciso, primeiramente, entender o que caracteriza o modelo de produção convencional. O modelo mais tradicional de produção é aquele relacionado com a Revolução Industrial e as origens da indústria automobilística norte-americana. Nesse modelo, a produção é interpretada como um processo de conversão de uma “entrada” em uma “saída”. Esse processo ainda pode ser dividido em subprocessos de conversão, de forma que o custo total de um processo pode ser minimizado ao se minimizar o custo de cada subprocesso e está associado com os custos das “entradas” e “saídas” (KOSKELA, 1992), como representado na Figura 1.

Sendo assim, a produção é tradicionalmente interpretada como a transformação de matéria prima em um produto com valor agregado a ele que corresponda aos

requisitos do cliente. No entanto, Koskela (1992) afirma que “o modelo de produção baseado puramente na conversão é falso”. As principais críticas a esse modelo que sustentam essa afirmativa surgiram das metodologias *Just In time* e TQC. A primeira argumenta que, ao focar em conversão, o modelo tradicional exclui as atividades de fluxo que ocorrem entre as conversões. Esse fluxo consiste em movimentação, inspeção, espera e outras atividades intermediárias. Essa exclusão é, de certa forma, justificável, uma vez que as atividades de fluxo não adicionam valor para o produto, do ponto de vista do cliente. Porém, essa característica das atividades de fluxo não é motivo para sua desconsideração no processo de produção. Em processos de produção mais complexos, parte majoritária dos custos é causada por atividades de fluxo e não de conversão (KOSKELA, 1992). Sendo assim, as atividades de fluxo devem ser cuidadosamente consideradas na produção.

Figura 1 - Esquema do sistema tradicional de produção como processo de conversão



Fonte: Adaptado de KOSKELA (1992).

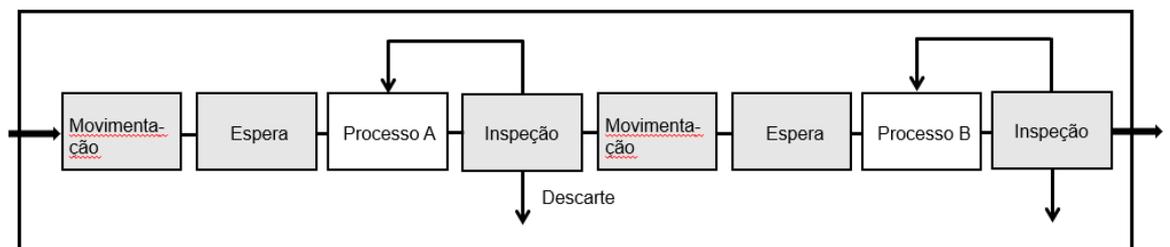
Do ponto de vista da qualidade, a crítica está na variabilidade das “saídas” do sistema de produção, que ocasionam que parcela da produção não atenda às especificações daquela produção e, por isso, tenha que ser refeita ou descartada. Além disso, as especificações de cada subprocesso de conversão são imperfeitas, refletindo apenas parcialmente os requisitos da conversão subsequente e do cliente final.

Dessa forma, a mentalidade *Lean* confronta os paradigmas da indústria tradicional ao interpretar todo processo de produção como sendo formado por atividades de conversão em conjunto com atividades de fluxo. A Figura 2 ilustra a produção como fluxo, onde as caixas cinzas representam atividades que não adicionam valor.

A filosofia básica do *Lean Production*, de acordo com a *NPS Research Association*, pode ser definida como (SHINOHARA, 1988):

- 1) Buscar tecnologias de produção que usem a mínima quantidade de equipamento e trabalho para produzir bens livres de defeitos no menor tempo possível com a menor quantidade de sobra de bens inacabados, e
- 2) Definir como desperdício qualquer elemento que não contribui com qualidade, preço e prazo de entrega requeridos pelo cliente, e empenhar-se para eliminar todo desperdício por meio de esforços em conjunto entre a administração, P&D, produção, distribuição, gerência e todos departamentos da empresa.

Figura 2 - Esquema da produção como um processo de fluxo.



Fonte: Adaptado de KOSKELA (1992).

O *Lean Institute* Brasil aprofunda a concepção de *Lean* como sendo “um corpo de conhecimento cuja essência é a capacidade de eliminar desperdícios continuamente e resolver problemas de maneira sistemática”, o que implica repensar a liderança, gerência e desenvolvimento de pessoas numa empresa.

Assim, percebe-se que a filosofia *Lean* não envolve apenas ferramentas e tecnologias para otimização da produção e redução de desperdício, mas enfatiza também a importância da cultura da empresa e de seus integrantes estar em

sintonia com os princípios *Lean* e o trabalho em conjunto entre todos os segmentos da empresa. Ohno (1988) aponta que “trabalho em equipe é tudo”. Para o autor, o ambiente de trabalho pode ser comparado com esportes de equipe, onde todos os integrantes devem agir em harmonia para que o resultado final seja o esperado.

Koskela (1992) aprofunda a filosofia *Lean* em 11 princípios para o desenho, controle e melhoria dos processos de fluxo. São eles:

- 1) Reduzir a parcela de atividades que não agregam valor.
- 2) Aumentar o valor do produto por meio da consideração sistemática dos requisitos do cliente.
- 3) Reduzir a variabilidade da produção.
- 4) Reduzir o tempo de ciclo.
- 5) Simplificar os processos ao diminuir o número de passos, partes e ligações.
- 6) Aumentar a flexibilidade de saída.
- 7) Aumentar a transparência do processo.
- 8) Focar o controle no processo global.
- 9) Agregar melhoria contínua no processo.
- 10) Equilibrar melhoria de fluxo com melhoria de conversão.
- 11) *Benchmarking*.

As atividades de conversão e fluxo podem ser classificadas como atividades que agregam valor e atividades que não agregam valor, respectivamente. Atividades de conversão agregam valor porque transformam material ou informação naquilo que é requisitado pelo cliente. Já as atividades de fluxo não agregam valor porque não são percebidas pelo cliente, ainda que consumam tempo, recursos e espaço. Esse tipo de atividade representa a maioria dos desperdícios identificados por Ohno, comentados mais adiante neste capítulo, o que demonstra que a redução de atividades que não agregam valor é uma diretriz essencial dos princípios *Lean*. Reduzir a parcela de atividades que não agregam valor significa essencialmente reduzir desperdícios.

O segundo princípio identificado por Koskela (1992) reflete a mudança de percepção da produção de acordo com *Lean Production*: os requisitos do cliente devem ser levados em consideração sistematicamente durante todo o processo de produção. Cliente, nesse caso, deve ser interpretado como o consumidor final e também como a próxima atividade do fluxo de produção. Ou seja, o fluxo da produção deve ser desenhado pensando-se nos clientes de cada estágio da sequência produtiva, e cada um de seus requisitos analisados e cumpridos.

A filosofia Toyota de produção orbita em volta dos três M's: *Muda* (desperdício), *Muri* (sobrecarga) e *Mura* (desigualdade). O conceito de variabilidade da produção está no cerne do redesenho de fluxo proposto por Ohno. Quando existe variabilidade na demanda e variabilidade na capacidade de produção, o acúmulo de trabalho pendente ou em espera torna-se inevitável (gera-se desperdício). Bicheno e Holweg (2009) afirmam em seu livro que, se a demanda está acima de 90% da capacidade de produção, haverá acúmulo de trabalho e prazos serão perdidos. Nos casos em que a variabilidade é maior essa taxa é ainda menor que 90%. Na situação hipotética em que a demanda é exatamente igual a capacidade de produção, não haveria acúmulo de trabalho. Esse fenômeno é conhecido como *Muri* ou sobrecarga. É notável que a taxa de utilização ideal, ou seja, a fração da capacidade de produção de fato em uso, é menor que 100% da capacidade total devido a variabilidade (BICHENO e HOLWEG, 2009). *Mura* representa o desnivelamento entre demanda e taxa de utilização. Fluxo contínuo não é possível nessa situação porque "filas de espera" e *lead time*¹ aumentarão. Logo, *Mura* e *Muri* levam a *Muda* (BICHENO e HOLWEG, 2009).

A variabilidade da produção na construção está principalmente relacionada a variabilidade do fluxo de trabalho. As equipes trabalham em ritmos diferentes alinhados a recursos fornecidos em taxas diferentes. A *Lean Construction* aceita as incertezas no fornecimento dos recursos e utiliza o planejamento da produção

¹ *Lead time* é o tempo total para o processamento de um produto, também denominado como tempo de ciclo.

para lidar com essas incertezas e deixar a finalização de tarefas mais previsível, trabalhando com as equipes para entender as causas da variabilidade.

A abordagem *Lean* garante que não haja aumento na variabilidade da construção devido a aspectos que não podem ser controlados (HOWELL, 1999). Em *Lean Construction*, planejamento e controle são atribuições recorrentes de um projeto. HOWELL (1999) define esses termos:

- Planejamento: definir critérios para o sucesso e criar estratégias para atingir objetivos.
- Controle: causar eventos que estejam em conformidade com um plano, estimulando aprendizado e replanejamento.

Controle é estabelecido por meio do monitoramento de medidas de variáveis relacionadas à produção e ao produto. Na abordagem tradicional da produção, as medidas são focadas em custo, produtividade e taxas de ocupação da capacidade produtiva. Essas medidas levam a otimização local e não global. Elas não fornecem justificativas suficientes para melhoria contínua e esclarecem pouco sobre fontes indiretas. As medidas aplicadas na produção enxuta devem acompanhar os novos princípios. Por exemplo, deve-se medir tempo de ciclo de produção no lugar de produtividade de uma máquina. Redução de desperdícios e adição de valor ao produto também devem ser mesurados (KOSKELA, 1992).

Outro ponto importante da filosofia *Lean* é a redução de tempo de ciclo, ou seja, o tempo que leva para um determinado produto percorrer o fluxo de produção. O tempo de ciclo pode ser representado como (KOSKELA, 1992):

$$\text{Tempo de ciclo} = \text{tempo de processamento} + \text{tempo de inspeção} + \text{tempo de espera} + \text{tempo de movimentação}$$

O tempo de ciclo pode, então, ser reduzido ao se reduzir o tempo das atividades de fluxo, como tempo de inspeção, tempo de espera e tempo de movimentação. A redução do tempo de ciclo está alinhada com a ideologia *Just In Time* e proporciona resposta rápida ao cliente e seus requisitos (SCHMENNER, 1988). De forma resumida, a filosofia *Lean* tem como objetivo atender às necessidades dos clientes usando menos de tudo (HOWELL, 1999).

O pensamento enxuto também prioriza a melhoria contínua dos processos produtivos e da cadeia de valor. Por melhoria, entende-se a redução constante dos desperdícios e o aperfeiçoamento do valor do produto. Ohno, ainda na implantação do Sistema Toyota de Produção, percebeu que a adoção da filosofia enxuta implica o acompanhamento contínuo da produção, buscando sua melhoria progressivamente até que a ideal ausência de desperdício seja alcançada, conceito chamado por Womack e Jones (2004) de perfeição. Já Koskela (1992) refere-se a esse conceito como melhoria contínua dos processos. Esse conceito requer naturalmente anos de desenvolvimento e está estreitamente ligado ao comprometimento da empresa na transformação para a filosofia enxuta, como é discutido no item 2.4. Para Womack e Jones (2004), a perfeição, o quinto princípio do *Lean Thinking*, só é alcançada caso os quatro primeiros princípios sejam aplicados no redesenho da cadeia de valor e de seu processo produtivo, sendo eles: especificação do valor, identificação do fluxo de valor, fluxo e puxar. Esses princípios serão discutidos nos subcapítulos seguintes.

Koskela (1992) também propõe aumentar a transparência dos processos produtivos, o que foi introduzido por Ohno (1988) como padronização do trabalho, alcançado principalmente por ferramentas de gerenciamento visual. Para o *Lean Thinking*, o trabalho padronizado vai além dos processos produtivos e deve abranger também a padronização do ritmo, inventário padrão e *lay-out* (PICCHI, 2003).

Diversas relações podem ser traçadas entre os princípios do *Lean Thinking* e as ferramentas utilizadas para aplicá-los (PICCHI, 2003). Diferentes autores categorizam esses princípios de maneiras distintas, como é o caso de Koskela (1992) com seus 11 princípios, e Womack e Jones (2004), que os sintetizaram em cinco. No entanto, ambas definições abrangem os três conceitos de Transformação/Valor/Fluxo, introduzidas por Koskela (2002). Para esclarecer a relação entre os princípios apresentados por Koskela (1992) e Womack e Jones (2004), Picchi (2003) comparou esses princípios, representados no Quadro 2.

Quadro 2 - Comparação entre os cinco princípios de Womack e Jones (2004) e os princípios de Koskela (1992)

Cinco Princípios do <i>Lean Thinking</i> (WOMACK e JONES, 2004)	Onze Princípios para desenho de processos (KOSKELA, 1992)
Valor	<ul style="list-style-type: none"> • Aumentar o valor do produto por meio da consideração sistemática dos requisitos do cliente; • Reduzir tempo de ciclo.
Fluxo de Valor	<ul style="list-style-type: none"> • Reduzir a parcela de atividades que não agregam valor; • Simplificar os processos ao diminuir o número de passos, partes e ligações; • Focar o controle no processo global; • Equilibrar melhoria de fluxo com melhoria de conversão.
Fluxo	<ul style="list-style-type: none"> • Reduzir a variabilidade da produção; • Aumentar a transparência do processo
Puxar	<ul style="list-style-type: none"> • Aumentar a flexibilidade de saída
Perfeição	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Benchmarking</i>

Fonte: Adaptado de PICCHI (2003)

2.1.3. Fluxo

A principal mudança conceitual na caracterização da produção trazida pelos ideais do *Lean Production* é a percepção de que um produto é gerado por uma sequência de atividades que podem agregar características ou não a uma matéria prima, analisando o caso mais clássico da produção de bens de consumo. Assim, a produção é descrita também como um fluxo e não apenas como um processo de conversão. Koskela (1992) define a produção como:

“Produção é um fluxo de material e/ou informação do material bruto ao produto final. Nesse fluxo, o material é processado (convertido), inspecionado, aguarda ou é movimentado. Essas atividades são inerentemente diferentes. Processamento representa o aspecto de conversão da produção; inspeção, movimentação e espera representam o aspecto de fluxo da produção.”

Então, a produção consiste essencialmente em conversões e fluxos. Todas essas atividades consomem tempo e recursos, mas apenas as atividades de conversão geram valor para o produto. Logo para a otimização da produção, as atividades de fluxo devem ser reduzidas ou eliminadas, enquanto as atividades de conversão devem ser aprimoradas. Essa visão trazida pela nova filosofia de produção não era possível de ser concluída a partir da interpretação clássica de produção, e, logo, inúmeros tipos de desperdícios eram desprezados. Encontra-se nisso a importância da atribuição de fluxo à produção.

Deixar o fluxo fluir é um dos principais objetivos de uma empresa enxuta, ignorando fronteiras tradicionais de tarefas, profissionais e funções, eliminando todos os obstáculos para alcançar o fluxo contínuo do produto (WOMACK e JONES, 2004). O fluxo contínuo é definido por Rother e Shook (apud BULHÕES e PICCHI, 2011) como a produção apenas do que é exigido pelo processo seguinte ou cliente final, sem geração de estoque. Womack e Jones (2004) usam essa definição para a técnica “puxar”, onde a produção de uma determinada estação de trabalho é requisitada pela estação seguinte de acordo com sua demanda. Além da redução ou eliminação de estoque, outros conceitos estão relacionados ao fluxo contínuo como velocidade de produção e estabilidade.

A velocidade de produção é a taxa com que os produtos devem ser entregues ao cliente, sincronizadas pelo tempo *takt*. O tempo *takt* é definido como a razão entre a quantidade de produtos necessária para atender a um cliente e o tempo disponível para sua produção. O tempo *takt* é flexível e adaptável às necessidades do cliente e do mercado e por isso estabelece o ritmo da produção e, conseqüentemente, seu fluxo.

A estabilidade de produção é a previsibilidade geral e disponibilidade constante em relação à mão de obra, aos materiais, às máquinas e aos métodos, definido por Smalley (apud BULHÕES e PICCHI, 2011) como os 4 M's. A estabilidade é o que garante ininterrupções ao fluxo da produção. Esse conceito está também relacionado ao nivelamento da produção introduzido por Ohno (1988).

O nivelamento da produção busca eliminar as flutuações do fluxo da produção e, principalmente, os picos de produção. Quando os picos de produção ocorrem, a linha de produção, os suprimentos e os trabalhadores devem estar dimensionados para a produção máxima necessário durante o pico. Esse dimensionamento conservador causa ociosidade de recursos nos momentos em que a demanda de produção está abaixo da demanda de pico, gerando desperdício.

2.1.4. Desperdício

Um dos objetivos principais da filosofia *Lean* é a redução de desperdícios. Para que uma empresa adote a *Lean Production* com sucesso, é essencial que os desperdícios sejam plenamente entendidos e identificados, principalmente pela sua gerência. Nessa filosofia, o significado de desperdício se amplifica em vários âmbitos do processo de produção, desde matéria-prima até mão de obra e tempo desperdiçados. Fujio Cho, ex-presidente da Toyota, definiu desperdício como “qualquer coisa além da quantidade mínima de equipamento, material, partes, espaço e tempo de trabalho, que sejam absolutamente essenciais para adicionar valor ao produto” (BICHENO e HOLWEG, 2009). Entender os processos que geram valor e identificar onde encontram-se desperdícios é fundamental para alcançar o aumento de produtividade da produção. A motivação por trás desse corte de desperdícios é reduzir custos e aumentar a produtividade. Para isso, OHNO (1988) aponta que, para a completa eliminação de desperdício, é essencial que se mantenha os seguintes pontos em foco:

- 1) Aumentar eficiência só faz sentido quando trazer redução de custo. Para isso, deve-se produzir apenas o necessário usando o mínimo de mão de obra.

- 2) Analisar a eficiência de cada operador em cada ponto da linha de produção. Então analisar os operadores como um todo, e só então, analisar a eficiência da fábrica como um todo.

No entanto, para Womack e Jones (2004), desperdício pode ser “um mal necessário”. Os autores definiram desperdício em dois tipos. O desperdício Tipo 1 é toda atividade que não cria valor, mas que seja necessária para manter as operações. Esse tipo de desperdício deve ser reduzido por simplificação. Ele é o tipo mais comum de ocorrer e o mais difícil de ser prevenido. O desperdício do Tipo 2 é o “desperdício puro”, ou seja, não cria valor para o cliente e nem para as operações envolvidas. A eliminação desse tipo de desperdício deve ser prioridade.

Ao definir-se trabalho como todas ações necessárias para a criação de valor de um determinado produto e todo o resto como desperdício, fica claro que o aumento da eficiência pode ser alcançado basicamente pela redução desses desperdícios. Ohno (1988) identifica e classifica desperdícios da seguinte maneira:

- Desperdício de superprodução;
- Desperdício de tempo em mãos (espera);
- Desperdício em transporte;
- Desperdício no próprio processamento;
- Desperdício de estoque;
- Desperdício de movimento;
- Desperdício de produtos defeituosos.

Ainda a partir dessa definição, Ohno (1988) afirma que movimentação não é necessariamente trabalho. Trabalho implica avançar de fato no processo buscando a finalização do produto.

Muito comum na indústria convencional, o desperdício de superprodução acontece devido a interpretação equivocada de que todo maquinário e todo trabalhador devem produzir à máxima capacidade a todo momento, gerando grandes lotes e, geralmente, grandes estoques. As justificativas para a

superprodução são duas: os enormes maquinários altamente eficientes e produtivos; e a acomodação à demanda variável.

Na lógica da produção em massa, as máquinas e equipamentos devem ser aperfeiçoadas para que sua produtividade sempre aumente. Assim, ao longo do tempo, o maquinário tornou-se grande e complexo, tornando a variação de suas especificações para atender às características dos diferentes produtos demorada e pouco prática. Por isso, a produção de grandes lotes de um mesmo produto a cada operação exclui os ajustes frequentes das máquinas e a perda de tempo hábil para a produção em si. O trabalhador, portanto, deve acompanhar esse ritmo acelerado, e o processo de produção resulta em grandes quantidades de produtos semelhantes que são, então, estocados até que exista a demanda para sua comercialização. Por outro lado, a variação da demanda não pode ser acomodada imediatamente pelos processos produtivos e, por isso, os grandes estoques suprem as necessidades das altas demandas. Na mentalidade enxuta, a produção de produtos que não são imediatamente requisitados pelo cliente e, portanto, são estocados, geram atividades de fluxo, que não agregam valor, gerando desperdício. A superprodução também leva a *lead times* excessivos. Como resultado, os produtos podem deteriorar, defeitos podem passar despercebidos e pressões artificiais podem surgir sobre a produção.

Um oitavo desperdício pode ser acrescentado a lista proposta por Ohno, o desperdício de potencial humano. Esse tipo de desperdício está relacionado com o envolvimento dos funcionários nas tomadas de decisão, apresentado por OHNO (1988), mas só recentemente incorporado aos princípios *Lean* (BICHENO e HOLWEG, 2009). Não aproveitar o conhecimento e a criatividade dos funcionários pode significar desperdiçar informações e conhecimentos importantes que, muitas vezes, não são percebidos ou considerados pela gerência. Aproveitar o potencial humano requer comprometimento e apoio. Requer a presença de uma cultura de confiança e de envolvimento no local do trabalho (BICHENO e HOLWEG, 2009), gerando pensamentos inovadores que podem contribuir tanto para o desenvolvimento da produção, como para o ambiente de trabalho.

2.1.5.O que é valor?

Os princípios *Muda*, *Muri* e *Mura* só tem completo significado para a filosofia *Lean* quando analisados pela perspectiva do valor. O valor deve ser maximizado ao mesmo tempo que desperdícios são minimizados. No entanto, para perfeita aplicação desses princípios, “valor” deve ser muito bem definido e compreendido por todos envolvidos no processo de produção. O valor, nos princípios de *Lean Production*, está além de custo baixo e entrega imediata. Ele deve ser percebido pelo cliente e satisfazer suas exigências. Logo as definições de valor de um produto devem partir do consumidor e serem interpretadas e atendidas pela empresa fornecedora do produto. Da mesma forma, desperdício é tudo aquilo que não agrega valor que seja percebido pelo cliente. Logo, não existem “desperdícios óbvios”, como citam BICHENO e HOLWEG (2009). Segundo esses autores, o que é e o que não é desperdício é unicamente definido pelo cliente e não pelo Gerente de Operações de uma fábrica. Por exemplo, estoque que aparenta ser desperdício para o Gerente pode significar entrega mais rápida para o cliente, que identifica isso como valor e está preparado para pagar por isso, deixando de caracterizar um desperdício.

Para WOMACK e JONES (2004), valor é significativo quando expresso em termos de um produto específico que atenda às necessidades específicas do cliente a um preço específico em um momento específico. O ponto de início é especificar valor do ponto de vista do consumidor (BICHENO e HOLWEG, 2009).

Ainda segundo esses autores, no pensamento enxuto, o valor deve ser visto para o produto em toda sua cadeia de produção e consumo, visto que o valor de um produto muitas vezes é agregado através de várias empresas. As empresas tendem a definir o valor da forma mais adequada às próprias necessidades, de forma que, quando essas definições são reunidas, o resultado não é satisfatório. Por isso, é vital que as empresas aceitem redefinir suas definições de valor quando procuram a aplicação da filosofia *Lean*. Surge a necessidade de se identificar toda a cadeia de valor (*value stream* na terminologia inglesa), em outras palavras, a sequência de processos desde a matéria prima bruta até o consumidor final (BICHENO e HOLWEG, 2009).

A última definição de valor está na ideia de “custo-alvo”. As empresas enxutas percebem os preços e características atuais que estão sendo oferecidos pelo mercado por um determinado produto. A partir desse preço, perguntam-se qual o custo deste produto livre de desperdícios, depois de eliminadas as etapas desnecessárias. Esse se torna o custo alvo da empresa (WOMACK e JONES, 2004).

Para Shingo (1989), as empresas enxutas devem deixar de enxergar preço da forma mais básica como sendo:

$$\text{custo} + \text{lucro} = \text{preço}$$

E devem equacionar os lucros em função do preço:

$$\text{preço} - \text{custo} = \text{lucro}$$

Dessa forma, a necessidade de redução de desperdícios e otimização dos processos torna-se clara e incentivada, pois maximiza o lucro.

Para Ballard (2001), maximizar o valor de um produto proporciona ao produtor maior poder sobre o preço. Maximizar valor e minimizar desperdícios gera maior lucro, que é a diferença entre preço e custo. Logo, qualquer produtor em busca de lucro, independentemente de sua estratégia de negócios específica, deve almejar o máximo valor e o menor desperdício.

2.2. Características da Construção Civil

O setor da construção civil é marcado por peculiaridades que o distanciam das definições clássicas de produção e indústria. Muitas dessas definições não se aplicam a construção civil, o que exige que os conceitos de *Lean Production* sejam revistos pela sua ótica, resultando na ideologia *Lean Construction*, que será detalhada na seção 2.3. Mas para entender a filosofia *Lean* aplicada à construção é preciso, primeiro, entender suas características e peculiaridades. A maior peculiaridade é provavelmente o produto produzido. Enquanto na manufatura as características do produto são bem estabelecidas e sua produção é repetitiva, o produto da construção civil é único e adaptado para cada cliente. Construção é uma indústria orientada a projeto (AHUJA, 1994).

A produção de obras de edificações no Brasil é caracterizada por processos artesanais e formas de gestão tradicionais, nos quais prevalecem a baixa produtividade e o alto índice de desperdícios (CHINIRÉA, 2018). O modelo clássico da produção na construção civil é aquele relacionado ao modelo tradicional de produção, discutido no subcapítulo 2.1.2., ou seja, a produção é vista como uma série de processos de conversão de uma “entrada” em uma “saída”. Além disso, a produção de obras de edificação possui peculiaridades, que não permitem que ela seja enquadrada dentro dos espectros das indústrias tradicionais. Koskela (1992) aponta algumas dessas peculiaridades:

- Projetos únicos;
- Produção em campo;
- Organizações temporárias;
- Intervenções regulatórias.

Segundo Warszawski (apud KOSKELA, 1992), as diferentes edificações possuem diferentes necessidades e prioridades apontadas pelos diferentes clientes, localizações e vizinhanças diferentes, além de diferentes visões da melhor solução de *design* pelos arquitetos. Essas características resultam em projetos únicos e complexos para cada edificação.

Esses projetos únicos são, então, produzidos *in loco*, no local final do produto construído e, muitas vezes, dentro do próprio empreendimento. Essa produção, por sua vez, é realizada por uma organização temporária, formada por equipes agrupadas para o desenvolvimento daquele projeto específico, diferentes empresas subcontratadas, que não necessariamente já haviam trabalhado em conjunto e uma força de trabalho temporária, que pode ser empregada apenas para um projeto particular (KOSKELA, 1992).

Todo esse sistema de produção ainda é submetido a intervenções regulatórias por parte de órgãos responsáveis pela fiscalização e aprovação de atividades ligadas à construção.

Essas peculiaridades causam problemas relacionados ao controle e melhoria de processos, continuidade do fluxo de produção, variabilidade do produto final,

comunicação e fluxo de informações, inconsistências e incertezas nos projetos entre outros.

Randolph Thomas e Sinha (apud DIEPENBRUCK, 2017) apontam outras diferenças da produção na construção civil ao compará-la com a manufatura. Na definição de Koskela, os principais diferenciais da construção encontram-se no produto. Para Randolph Thomas e Sinha, existem diferenças também na forma de organização da indústria da construção, com diferenças básicas na orientação, integração de atividades, medição de desempenho e ambiente de trabalho dessas duas indústrias:

- **Orientação:** A construção enfatiza a produção do produto, enquanto a manufatura prioriza gerenciar o processo.
- **Integração de atividades:** Na construção civil, as atividades de produção são integradas e concorrentes, de forma que equipes distintas podem ocupar a mesma área de trabalho no mesmo dia. Já na manufatura, a produção é altamente sequencial, no qual o produto transita por múltiplas estações de trabalho.
- **Medição de desempenho:** Na construção, o desempenho é medido na quantidade de “entradas” por unidade de “saídas” no processo produtivo, quantificando-se o aproveitamento dos recursos. Já na manufatura, o raciocínio é inverso. A quantidade de “entradas” e suprimentos é aproximadamente constante ao longo do tempo, e o desempenho pode ser medido pela quantidade de “saídas” produzidas.
- **Ambiente de trabalho:** Na construção, as atividades de produção não são constantes e os recursos estão, muitas vezes, desorganizados e desconexos de sua aplicação. Além disso, a estação de trabalho não é estática.

A construção civil é marcada pela fragmentação da cadeia de produção. Cada projeto requer enorme quantidade de componentes que variam de características e requisitos de acordo com suas especificidades. Os diferentes agentes envolvidos (construtoras, fabricantes, fornecedores, empreiteiros etc.) dificilmente trabalham em sincronia. É comum que um mesmo sistema dependa

de vários agentes para sua execução. Por exemplo, o sistema de vedação em alvenaria é executado a partir de vários componentes: blocos, argamassa de assentamento, argamassa de revestimento e telas de reforço. Dificilmente esses componentes são oferecidos pelo mesmo fabricante ou até mesmo pelo mesmo fornecedor. Isso dificulta ou até mesmo inviabiliza a análise sistêmica da cadeia produtiva na construção, dificultando a aplicação da máxima pregada pela filosofia *Lean*, ou seja, a otimização do todo.

Uma vez que a reorganização da produção proposta por Ohno foi bem-sucedida dentro dos processos produtivos da Toyota, seu próximo objetivo foi reorganizar a cadeia da produção como um todo. Ele buscou a colaboração de fornecedores e de distribuidores na adoção da mentalidade enxuta. A filosofia *Just in Time* deveria ser adotada desde o fornecimento das matérias primas, eliminando-se o estoque de suprimentos, até a compra dos produtos finais, amortizando a demanda. Para isso, os fornecedores teriam que despachar lotes de insumos menores mais rapidamente. Da mesma forma, os distribuidores deveriam encomendar lotes menores com maior frequência. Essa colaboração entre os múltiplos agentes da cadeia produtiva ainda está longe da realidade da construção civil, principalmente no mercado brasileiro, devido a fragmentação do setor e a distanciação entre os interesses dos fornecedores e das construtoras. Os fornecedores do mercado da construção brasileira dificilmente oferecem soluções para os sistemas construtivos de um edifício. O fornecedor de revestimento cerâmico não é necessariamente o mesmo que fornece argamassa de rejuntamento. Esses dois produtos são vendidos como componentes isolados e não como solução conjunta. Muitas vezes, esses fornecedores não estabelecem a comunicação necessária para a compatibilização dos produtos.

A questão da qualidade, presente nos diferentes mercados e indústrias atualmente, depara-se com uma grande falha na construção civil brasileira, a qualidade da mão de obra empregada. Grande parte da mão de obra envolvida na construção possui baixa ou nenhuma qualificação. O aprendizado dos trabalhadores acontece, muitas vezes, de forma prática, ou seja, por meio da observação de outros trabalhadores exercendo a mesma função. A partir disso, perpetuam-se erros e vícios, tornando o desperdício inevitável (LIMMER, 1997).

2.3. Lean Construction

Quando os conceitos de *Lean Production* são alinhados às peculiaridades da produção na construção civil, surge a filosofia *Lean Construction*. O seu precursor foi Lauri Koskela, que, em 1992, publicou um trabalho ressaltando a necessidade de se analisar a produção da construção como um fluxo e de se abandonar a conceitualização mais tradicional. Koskela percebeu que a mera aplicação de *Lean Production* à construção de edificação não atenderia a suas peculiaridades e, por isso, não teria sucesso. A produção na construção civil deveria ser analisada tendo-se em vista suas características únicas para que os conceitos de *Lean Production* fossem adaptados a ela. Ainda assim a *Lean Construction* aceita e apropria-se das ideologias do Sistema Toyota de Produção implementado por Ohno (HOWELL, 1999).

Então, o que é *Lean Construction*? O *Lean Construction Institute* (LCI) define os métodos *Lean* como aqueles que buscam desenvolver e gerenciar um projeto por meio de relações construídas, conhecimento compartilhado e objetivos em comum. Para o LCI, *Lean Construction* está apoiada em cinco pilares: otimização do todo, remoção de desperdício, foco em processo e fluxo, geração de valor e melhoria contínua. Todos esses pilares estão de encontro com as fundações do Sistema Toyota de Produção, como descrito por Ohno. Já para McGraw (2013), *Lean Construction* pode ser definida de forma simples como a eliminação de desperdícios dos processos de *design* e construção de edifícios.

Dessa forma, gerenciar a construção sob a filosofia *Lean* diferencia-se da forma tradicional pois (HOWELL, 1999):

- tem um conjunto claro de objetivos;
- está focado em maximizar performance para o cliente a nível de projeto;
- projeta produtos e processos; e
- aplica controle de produção ao longo da vida do projeto.

Essas proposições se diferenciam da maneira usual de gestão da produção de edifícios, que mira na otimização de atividade por atividade, pois assume que os

valores para o cliente já foram considerados durante o *design* do empreendimento (ARBULU, 2006).

Para ARBULU (2006), quando a filosofia *Lean* é aplicada a produção de edificações, sua abordagem torna-se voltada à entrega de projetos e à definição e entrega de valor para o cliente. Dessa forma, possui os seguintes atributos:

- entendimento do valor a partir da perspectiva do cliente;
- gerenciamento de produto e processo simultaneamente;
- integração funcional cruzada;
- melhoria contínua na cadeia de suprimentos, e
- liderança de projeto aprofundada.

No entanto, o conceito fundamental para a aplicação de *Lean Construction* continua sendo a interpretação da produção como fluxo. Na produção de edifícios tradicional, o gerenciamento parte da quebra de um projeto em atividades menores de produção, que são organizadas em uma sequência lógica para atingir o produto final. Os recursos e tempo são estimados para o projeto por meio da estimativa de recursos e tempo para cada atividade. O controle está voltado para cada atividade e busca a perfeição e o cumprimento de cada atividade individualizada. Se alguma atividade do caminho crítico atrasa, busca-se reduzir os custos e a duração dessa atividade específica ou, simplesmente, alterar a sequência de atividades. Essa abordagem tradicional direciona o pensamento da produção na construção para as atividades e negligencia o fluxo nelas envolvido (HOWELL, 1999).

As práticas de *Lean Construction* buscam reverter o pensamento reproduzido acima. Afinal, a produção na construção de edifícios também é formada por processos alinhados ao fluxo. Dessa forma, gerenciar a interação entre as atividades, o efeito da dependência entre elas, a variabilidade dos produtos gerados em cada atividade e o valor requerido por cada sequência de produção é essencial para que se diminua o tempo de entrega de projetos (HOWELL, 1999; KOSKELA, 1992). Essa nova abordagem traz novos desafios e aumenta a complexidade da produção na construção. Surge a necessidade de melhorar

a confiabilidade dos processos em circunstâncias rápidas e complexas. Logo, novas formas de planejamento e controle são requisitadas (HOWELL, 1999).

A partir dessa mudança de paradigmas, surge a necessidade de ferramentas que auxiliem na adoção e manutenção dos princípios *Lean* na construção. Algumas ferramentas aplicadas ao *Lean Construction* foram diretamente derivadas da indústria da manufatura, como o 5S. Algumas ferramentas foram adaptadas para uso na produção da construção, como o *Value Stream Mapping*. Algumas outras ferramentas, no entanto, foram criadas especificamente para a entrega de projetos baseada em conceitos *Lean*, com o *Last Planner System* (ARBULU, 2006). O último é abordado em detalhes no Capítulo 4.

Considerando as peculiaridades da construção civil, os conceitos fundamentais de *Lean Production* (fluxo, desperdício e valor) devem ser repensados a partir dessas peculiaridades e adaptados a elas. O fluxo, por exemplo, admite outras perspectivas, quando a unicidade dos projetos que “guiam” a produção é levada em consideração. De acordo com Koskela (1992), existem dois processos principais na construção, que são definidos como:

- Processo de *design*: é a etapa de identificação de requisitos e refinamento das especificações, que gera um *design* detalhado. Simultaneamente, é um processo de detecção e solução de problemas. Pode ser dividido em subprocessos individuais.
- Processo de construção: é composto por dois tipos diferentes de fluxo:
 - Processamento de material, que consiste no fluxo de materiais ao canteiro, processamento e montagem no canteiro.
 - Processos de construção de equipes de construção. O fluxo de equipes de produção no canteiro é normalmente associado com o processamento de materiais.

A intensa interdependência entre esses dois processos requer que o planejamento do fluxo envolva também as etapas de *design*, considerando-as como parte da produção, além do planejamento da construção propriamente dita. O projeto da produção tem que ser cuidadosamente considerado em

conjunto com o *design* do produto, ou o projeto da edificação no caso da construção civil.

Há, ainda, outros aspectos que diferenciam a produção na construção da manufatura e que influenciam o fluxo de materiais e de informação. De acordo com Kalsaas et al. (2010), o produto da construção civil é intrinsecamente diferente do produto da manufatura devido a seu tamanho e imobilidade. O produto da construção é fixo ao chão, logo, a produção deve mover-se para o local da produção (o canteiro), enquanto o produto move-se através da produção (fábrica) na manufatura. Devido a sua grande dimensão, o trabalho deve mover-se pelo produto, em vez de o produto ser movido por estações de trabalho. A manufatura é tipicamente conceituada como operações sendo executadas em sequência. Devido ao tamanho do produto, operações são executadas paralelamente na construção. Então, diferentes partes do produto da construção estarão em estágios de produção diferentes no mesmo momento. Na manufatura, o trabalhador trabalha na mesma fábrica. Quando um produto é finalizado, ele começa a trabalhar em outro produto ou espera. Já na construção, quando um trabalhador finaliza uma operação, ele começa uma nova operação dentro do projeto, espera, ou deixa o projeto e move-se para um novo.

Os processos na produção são mutuamente interdependentes, em oposição a interdependência sequencial da manufatura. Ou seja, muitas vezes a finalização de um determinado processo da construção é dependente da finalização de outro(s) processo(s), sendo que não existe linearidade temporal entre o término de uma atividade e o início de outra. O fluxo torna-se muito mais complexo.

Quando se fala em desperdício na construção civil, é natural relacionar o assunto ao desperdício de materiais, à geração de lixo e entulho e à baixa sustentabilidade da produção dessa atividade. Existem, porém, outras formas de desperdício na construção mais discretas e comumente negligenciadas.

Desperdício na construção surge do mesmo pensamento centrado em atividades da manufatura: “deve-se manter a produção intensa, pois diminuir o custo e a duração de cada processo é a chave para a melhoria” (HOWELL, 1999). Segundo Kalsaas (2010), entre os setes tipo de desperdício citados na literatura

Lean (superprodução, defeitos, estoque desnecessário, processamento inapropriado, transporte excessivo, espera e movimentação desnecessária), superprodução é o mais problemático na construção civil. No entanto, Koskela *et al.* (2013) afirmam que a análise dos desperdícios em qualquer indústria que não a automobilística necessita da reavaliação desse conceito a partir das peculiaridades dessa indústria. Por esse motivo, uma análise mais profunda dos desperdícios na construção mostra que a superprodução na construção não é o desperdício principal.

O desperdício de superprodução não é consistente com a unicidade dos projetos da construção civil (KOSKELA *et al.*, 2013). Construção é um processo que requer que a demanda do cliente já exista para seu desenvolvimento. Ao contrário da produção em massa, onde pode existir produção além da demanda existente. Além disso, nos empreendimentos da construção, a finalização da produção antes do prazo estipulado pode ser um aspecto positivo para o cliente. Dessa forma, o conceito de superprodução como na manufatura está presente em outras práticas comuns na construção: “*making-do*” e “*diminishment*” (KOSKELA, 2013).

“*Making-do*” refere-se a iniciar uma tarefa antes que todas as pré-condições sejam atendidas (KOSKELA, 2013). Isso ocorre para manter-se a alta utilização da capacidade e atender a exigências de cronograma. “*Diminishment*” refere-se a não realização de uma tarefa para atender a especificações, como manter-se dentro do cronograma, reduzir tempo de trabalho e custos de uma tarefa.

Há ainda outro desperdício importante na construção civil: o desperdício de tempo. O desperdício de tempo é entendido como o tempo percebido por trabalhadores habilitados como inútil ou desperdiçado (KALSAAS, 2010). Segundo esse autor, ele acontece devido a duas causas: fragmentação desnecessária do trabalho e execução defeituosa. Quando um trabalhador não consegue finalizar a tarefa em uma sequência lógica e natural, ele deve retornar mais tarde à mesma tarefa para finalizá-la. Dessa forma, tempo é despendido em movimentação, como de materiais e ferramentas. Em um estudo realizado por Kalsaas (2010) em empresas norueguesas, o autor chegou à conclusão de

que a principal causa da fragmentação do trabalho é a falta de materiais e ferramentas.

2.4. Aspectos culturais na implementação de *Lean Construction*

Como visto anteriormente, *Lean Construction* está além de um conjunto de ferramentas, é uma filosofia e um modo de pensar de uma empresa e seus integrantes. A verdadeira adoção da filosofia *Lean* demanda mudanças na cultura da organização e a adoção de uma abordagem colaborativa (MCGRAW, 2013). O verdadeiro desafio da implementação do *Lean* é ser uma diferente filosofia de negócios (ARBULU e ZABELLE, 2006).

Essa colaboração não envolve apenas os integrantes de uma empresa e os funcionários vinculados a um projeto específico, mas envolve também os fornecedores e proprietários tanto no processo de desenvolvimento do projeto quanto durante o seu ciclo de vida. Nesse contexto, a colaboração torna-se, também, uma solução para as deficiências do controle centralizado para gerenciar a produção, que envolve alta complexidade e incerteza. Para a completa adoção da filosofia *Lean* por uma empresa, todos os seus funcionários devem ter conhecimento das atividades desenvolvidas como um todo e do fluxo de valor gerado, entender a importância de cada processo e, principalmente, reconhecer os benefícios da filosofia enxuta. Ohno (1988) enfatiza que a mudança deve começar a partir de um esforço em conjunto daqueles envolvidos mais diretamente com a produção.

Para Arbulu e Zabelle (2006), a implementação do *Lean Construction* é o processo de “transformação” de um estado atual (a forma como a organização opera no presente) para um estado futuro, onde as características da organização são redefinidas para permitir a entrega de projeto enxuta e aumentar sua vantagem competitiva.

As mudanças pelas quais uma organização que busca a implementação do *Lean* deve passar, envolve toda a esfera da organização, desde altos cargos até cada colaborados presente na linha de produção, tanto nos aspectos culturais como

nas práticas de trabalho. Para Franco e Picchi (2016) algumas práticas levam à boa implementação de Lean:

- 1) Foco em valor: identificar o valor do produto que é demandado pelo cliente e, a partir desse valor, delimitar metas;
- 2) Liderança forte: selecionar líderes que possam incorporar as necessidades do cliente;
- 3) Time especialista: trabalhar com especialistas para definições durante o desenvolvimento do projeto, em conjunto com um time multidisciplinar;
- 4) Nivelamento da carga de trabalho: desenvolver profissionais flexíveis para trabalhar em diferentes tipos de projetos e departamentos, e compartilhar o conhecimento adquirido dentro e fora da empresa;
- 5) Planejamento e controle baseado em responsabilidade: o planejamento deve ser guiado pela demanda do cliente;
- 6) Transferência de conhecimento entre projetos: manter banco de dados com informações e lições aprendidas em cada empreendimento e promover o compartilhamento e discussão dessas informações;
- 7) Projeto baseado em conjunto: procurar o envolvimento de consultores, fornecedores e empreiteiros desde o começo do desenvolvimento do projeto;
- 8) Integração dos fornecedores: desafiar os fornecedores a desenvolverem soluções para atingir um custo-alvo;
- 9) Prototipação, simulação e testes eficientes: utilizar tecnologias que permitam simulação e a coordenação entre várias áreas envolvidas no projeto, como o BIM (*Building Information Modeling*);
- 10) Padronização dos processos: padronizar as atividades e processos visando seu controle e sua melhoria contínua.

Percebe-se que a implementação dos conceitos *Lean* em uma organização envolve toda a sua estrutura. Por isso, é essencial para o sucesso dessa implementação que todos os envolvidos estejam familiarizados com os conceitos e entendam sua importância. Assim, a implementação da filosofia enxuta na construção tem que partir “de baixo para cima”, ou seja, dos projetos para o escritório principal. Para ARBULU e ZABELLE (2006), a implementação do *Lean*

Construction partindo como uma demanda da alta gerência que deve ser aplicada à toda organização gera uma abordagem “larga e rasa”, uma vez que ocorre pela aplicação dos conceitos em todos os projetos em desenvolvimento. Essa abordagem causa grande pressão na organização, o que resulta em maior resistência à mudança por parte dos envolvidos.

Arbulu e Zabelle (2006) recomendam que a adoção da mentalidade enxuta por uma empresa ocorra de forma gradual e controlada. Dessa forma é mais fácil acompanhar seu progresso e avaliá-lo, e visualizar quais estratégias e ferramentas estão sendo eficazes e quais adaptações podem ser feitas para que a adoção da nova filosofia seja bem-sucedida. Nesse âmbito, os empreendimentos desenvolvidos na construção civil possuem uma peculiaridade que se torna uma vantagem estratégica na implementação da filosofia enxuta em uma empresa desse ramo: projetos (ARBULU e ZABELLE, 2006). A unicidade dos empreendimentos e seus projetos específicos permitem que a empresa introduza a nova filosofia de produção de forma gradual e concentrada.

O sucesso da transformação *Lean* também depende de cinco fatores-chave, que devem ser tomados como requisitos para o início da implantação: visão; habilidades; incentivos; recursos; e plano de ação (ARBULU e ZABELLE, 2006). Se um desses fatores não estão presentes, a implantação provavelmente será falha.

A visão é uma ideia que guie a adoção dos princípios *Lean* e possa ser expressa como uma frase, declaração ou discurso. Ela deve ser facilmente entendida e conhecida por todos os *stakeholders* envolvidos no processo e deve sintetizar a missão, objetivos e estratégias para a implementação da nova filosofia. A partir da visão, parte-se para a mudança da mentalidade dos *stakeholders* e para sua motivação, dois fatores de sucesso para a implementação da mentalidade enxuta (CANO et al., 2015).

Isso leva a outro aspecto importante para o sucesso da aplicação dos conceitos *Lean*: os valores, estratégias e metas da empresa devem estar alinhados com essa nova mentalidade. De acordo com Porter (apud BALLARD, 2001), apesar

de maximizar valor e minimizar desperdícios serem objetivos universais para as empresas, é vital que elas resolvam as estratégias e objetivos de negócios.

É interessante notar que os primeiros fatores de sucesso para a implementação da mentalidade enxuta, de acordo com Arbulu e Zabelle (2006) e citados anteriormente, estão ligados às pessoas envolvidas direta ou indiretamente na transformação causada pela adoção da mentalidade enxuta pela empresa, os *stakeholders*. O aspecto humano mostra-se fundamental para o sucesso dessa implementação e é apontado como fator crítico por Cano et al. (2015). Ele inclui treinamento e educação apropriados, profundo entendimento da filosofia *Lean*, suporte e comprometimento da alta gerência, liderança efetiva, seleção e desenvolvimento das pessoas mais capacitadas, colaboração, inclusão, motivação, disciplina e transparência.

Devido ao alto envolvimento e dependência dos participantes no processo de transformação, as habilidades individuais tornam-se essências para seu sucesso. A ausência de habilidades compatíveis com a nova filosofia causa instabilidade e insegurança tanto nas equipes de projeto responsáveis por sua adoção, quanto na alta gerência e qualquer um que faça parte da implementação. A gerência pode interpretar a falta de habilidades como um fator para o insucesso e, logo, desperdício de tempo e recursos por parte da empresa (ARBULU e ZABELLE, 2006). Além disso, uma equipe sem as habilidades necessárias está mais propensa a falta de motivação e comprometimento com o processo de implantação da nova filosofia.

Durante a implementação da filosofia *Lean* é natural que a empresa enfrente resistência por parte dos diretores, gerentes, funcionário, ou seja, aqueles envolvidos em seus processos. Como citado anteriormente, essa implementação acontece pela transformação da forma de negócios da empresa e, como toda transformação, demanda gasto de energia e recursos, que não são facilmente aceitos. Para contornar essa situação, não é suficiente que todos compreendam a vantagem da adoção da filosofia *Lean*. Também é interessante que haja incentivos que ajam como fator de motivação para que a transformação ocorra no ritmo desejado (ARBULU e ZABELE, 2006).

Treinamento de trabalhadores, gerentes e líderes são tarefas que demandam tempo e recursos financeiros. Logo, um processo de transformação *Lean* eficiente requer recursos suficientes que sustentem suas atividades. No entanto, disponibilidade de recursos não é condição absoluta para o sucesso. Um plano de ação sólido é essencial para que a implementação ocorra da forma esperada, sob condições controladas e que possam ser facilmente monitoradas. Esse plano deve conter principalmente: o diagnóstico da situação atual da empresa e de seus processos de produção; as condições mínimas necessárias para que o pensamento enxuto seja aplicado nos projetos e, no caso da construção civil, nas obras; a identificação do fluxo de valor e o planejamento para sua otimização; e controle e monitoramento das ações.

2.5. Implementando o fluxo contínuo

Especificamente em obras de edificações, implementação do fluxo contínuo em pode ser guiada por quatro diretrizes essenciais (BULHÕES e PICCHI, 2011):

- a) Diagnóstico;
- b) Estabelecimento de condições iniciais;
- c) Planejamento do fluxo de valor;
- d) Controle.

Os dois primeiros passos constituem o estudo da situação atual dos processos produção e planejamento da empresa. A partir disso, identifica-se os principais problemas impeditivos do fluxo contínuo e os pontos críticos da empresa. Simultaneamente, as condições iniciais para que a implementação do fluxo contínuo ocorra, ou seja, melhorias no sistema de planejamento e controle são estabelecidas. Minimização de estoques, sincronização com fornecedores, capacitação dos envolvidos e ferramentas auxiliares para a adoção da filosofia enxuta são exemplos de condições iniciais para a implementação.

3. Planejamento Físico de Obra

Neste capítulo, são discutidos os principais aspectos do planejamento de obras, assim como as ferramentas mais comumente utilizadas no planejamento convencional.

Esse capítulo oferece a base conceitual do planejamento, que será rediscutida a partir do pensamento enxuto no capítulo seguinte.

3.1. Conceitos de Planejamento

O planejamento físico de uma obra é apenas uma etapa dentre as inúmeras existentes ao longo de um projeto. Ele parte de informações estabelecidas em etapas anteriores a ele e guia as etapas posteriores relacionadas à produção da obra. Sendo assim, antes do aprofundamento na disciplina específica do planejamento físico de uma obra, é necessário que se compreenda o panorama geral de um projeto e o papel fundamental que o planejamento desempenha dentro dele.

Segundo Ahuja et al. (1994), planejamento significa selecionar objetivos e, então, estabelecer programas e procedimentos para atingi-los. Planejar é uma decisão para o futuro tomada no presente. Ackoff (1970) ressalta que planejamento é algo que se faz anteriormente a uma ação, ou seja, é tomada de decisão antecipada. Em outras palavras, planejamento é um processo de decidir o que fazer e como fazê-lo antes da ação ser requerida. Segundo o autor, se um estado futuro de assuntos precisa ser definido e as decisões tomadas relativas a ele tomam tempo e recursos, as decisões necessárias precisam ser tomadas antes da ação em si. Caso as decisões fossem tomadas rapidamente sem perda de eficiência e de resultados, o planejamento não seria requisitado. Da mesma forma, o planejamento é fundamentalmente necessário quando o estado futuro que se pretende alcançar depende de variáveis interdependentes, logo, de um sistema de decisões (ACKOFF, 1970). Nesse sistema, cada decisão interfere em outra e são dependentes entre si. A complexidade desse sistema encontra-se nessas interrelações. Como exemplo, Ackoff (1970) cita o planejamento de uma

casa: a decisão do lugar em que se localizará a sala de estar interfere no posicionamento de todos os outros cômodos.

O planejamento atinge três diferentes dimensões dentro do cenário em que é aplicado, seja ele corporativo, de negócio ou de um projeto. O planejamento pode ser tático, estratégico ou operacional, sendo que a distinção entre eles é a extensão da influência das decisões tomadas durante o processo. Segundo Ackoff (1970), quando maior o efeito do planejamento e quanto mais difícil reverter seus resultados, mais estratégico ele é. Quanto mais estratégico, mais atividades de uma organização são atingidas e mais amplos e difundidos são seus efeitos. Pelo contrário, o planejamento tático é mais restringido e seus efeitos são de curto a médio prazo. Essencialmente, o planejamento tático ocupa-se com os meios pelos quais os resultados esperados pelo planejamento estratégico serão atingidos. Dessa forma, esses dois tipos são complementares e indissociáveis. Para esclarecer essa definição, Ackoff (1970) toma como exemplo o planejamento da produção de uma fábrica: o planejamento para a produção da próxima semana é mais tático, enquanto planejar a construção de uma nova fábrica significa planejar estrategicamente.

Por último, o planejamento operacional está encarregado das funções e atividades que ocorrem no curto prazo, com menor alcance e concentrado em certas ações e atividades. Por exemplo, o planejamento de onde partirá a execução da alvenaria em um edifício e qual sequência percorrerá. O planejamento operacional está sincronizado com o planejamento tático e busca atender às suas expectativas e exigências. Resumidamente, o planejamento operacional é o meio pelo qual o planejamento tático é posto em prática, que por sua vez é o meio pelo qual os objetivos do planejamento estratégico são atingidos.

O planejamento físico de obra pode ser interpretado como tático e também operacional. Inserido dentro do ambiente de negócios da construtora, ele é tático, pois expressa os meios pelo qual a empresa atingirá os produtos finais de sua produção, as construções, estabelecidos pelo plano de negócios da empresa, que envolve o nicho de mercado a ser atingido e as metas de produção. Já dentro

do canteiro de obras, o planejamento físico torna-se operacional, uma vez que ele dita as sequências e os processos a serem desempenhados na produção.

O planejamento não é absoluto, no sentido de que suas atividades não acontecem de forma linear, elas são interdependentes e devem ser analisadas em conjunto. Não existem sequências claras ou partições específicas que guiem o processo de planejamento, mas algumas questões mostram-se naturais de serem analisadas em certa ordem no momento em que o planejamento começa a ser pensado. Ackoff (1970) sugere que o início da elaboração de um plano siga a seguinte cadeia de raciocínio:

1. Fins: especificar os objetivos e resultados;
2. Meios: selecionar políticas, programas, procedimentos e práticas por meio dos quais os fins serão alcançados;
3. Recursos: definir quais recursos serão aplicados em quais quantidades, determinar por onde serão obtidos e de que forma serão distribuídos entre os meios;
4. Implementação: delinear os processos de tomada de decisão e um modo de organizá-los para que o plano seja executado;
5. Controle: criar procedimentos para detectar erros e falhas e como preveni-los ou corrigi-los.

A quinta etapa mostra-se fundamental para um planejamento bem-sucedido. Segundo Limmer (1997), planejar e controlar são atividades mutuamente exclusivas. Uma vez que o planejamento definiu os resultados que devem ser atingidos, os parâmetros definidos para sua execução devem ser medidos para assegurar que esses resultados sejam alcançados. Logo, a principal função do controle é detectar anomalias ou desvios que levem ao não cumprimento das expectativas. Ahuja et al. (1994) apelidam os procedimentos de controle como “gerenciar pela exceção”. Isso implica que, quando os padrões definidos pelo planejamento são alcançados, não há a necessidade de intervenções e, logo, nenhum parâmetro precisa ser reportado para a gerência. Apenas aqueles parâmetros que não atingiram os resultados esperados devem ser reportados,

para que a partir deles, novas decisões e ações sejam tomadas para que o planejamento seja respeitado.

Os processos de controle de um projeto buscam avaliar decisões tomadas e envolvem fundamentalmente quatro passos, segundo Ackoff (1970):

1. Prever os resultados de uma decisão na forma de medidas de desempenho;
2. Coletar informações sobre o desempenho real;
3. Comparar o desempenho real com o esperado;
4. Quando uma decisão mostra-se defeituosa, corrigir os procedimentos que levaram a ela e os suas consequências, quando possível.

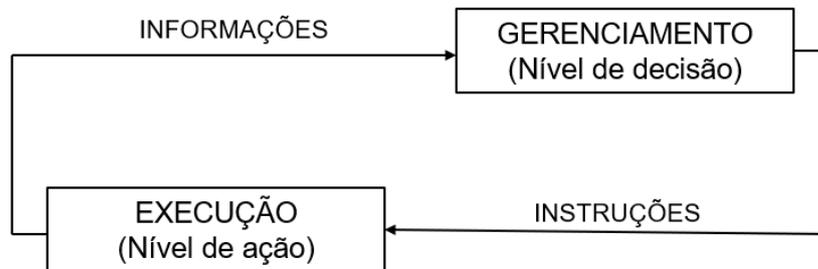
Os projetos na construção são caracterizados pela sua crescente magnitude e complexidade. Tal complexidade se reflete nos parâmetros e componentes que devem ser medidos e controlados. Logo, o controle de um projeto não é algo trivial e por isso deve ser considerado e desenvolvido durante as fases preliminares do planejamento. Da mesma forma, o controle de um projeto requer um sistema que leve em consideração as particularidades do mesmo (LIMMER, 1997), devendo:

- Estar relacionado com as demais funções do projeto;
- Ser econômico, para justificar seu custo operacional;
- Antecipar e permitir que a gerência seja informada em prazo oportuno sobre desvios, de modo que as ações corretivas possam ser iniciadas tempestivamente;
- Ser acessível e do conhecimento de todos os envolvidos no processo;
- Ter flexibilidade para ajustar-se rapidamente às mudanças do ambiente organizacional.

O controle é o acompanhamento contínuo da execução e a contínua comparação do realizado com o previsto no planejamento, apontando-se discrepâncias para os responsáveis pelas ações corretivas, caracterizando um ciclo de retroalimentação (LIMMER, 1997). Sendo assim, o controle representa o

fechamento do ciclo lógico do gerenciamento de um projeto, como representado na Figura 3.

Figura 3 - Ciclo de retroalimentação do controle do projeto



Fonte: LIMMER (1997).

Dentro do contexto deste texto, projeto é tomado como sinônimo de empreendimento. Segundo o *Project Management Institute* (PMI) (2013), projeto é um esforço temporário para criar um produto, serviço ou resultado único. Um projeto é temporário no sentido que possui começo e fim definidos e conseqüentemente escopo e recursos delimitados. O PMI acrescenta que, diferentemente de outras atividades que ocorrem em uma organização, um projeto é único, pois não se trata de uma operação rotineira e repetitiva, mas de um conjunto de operações pensadas para atingir um objetivo em comum. Sendo assim, um projeto usualmente inclui um grupo de pessoas de diversas especialidades, com conhecimentos diferentes e métodos de trabalho distintos. Para que o objetivo de um projeto seja atingido dentro do prazo, custo, qualidade e risco desejados é preciso a coordenação entre todos os envolvidos e os recursos disponíveis. Essa coordenação é a função do gerenciamento do projeto.

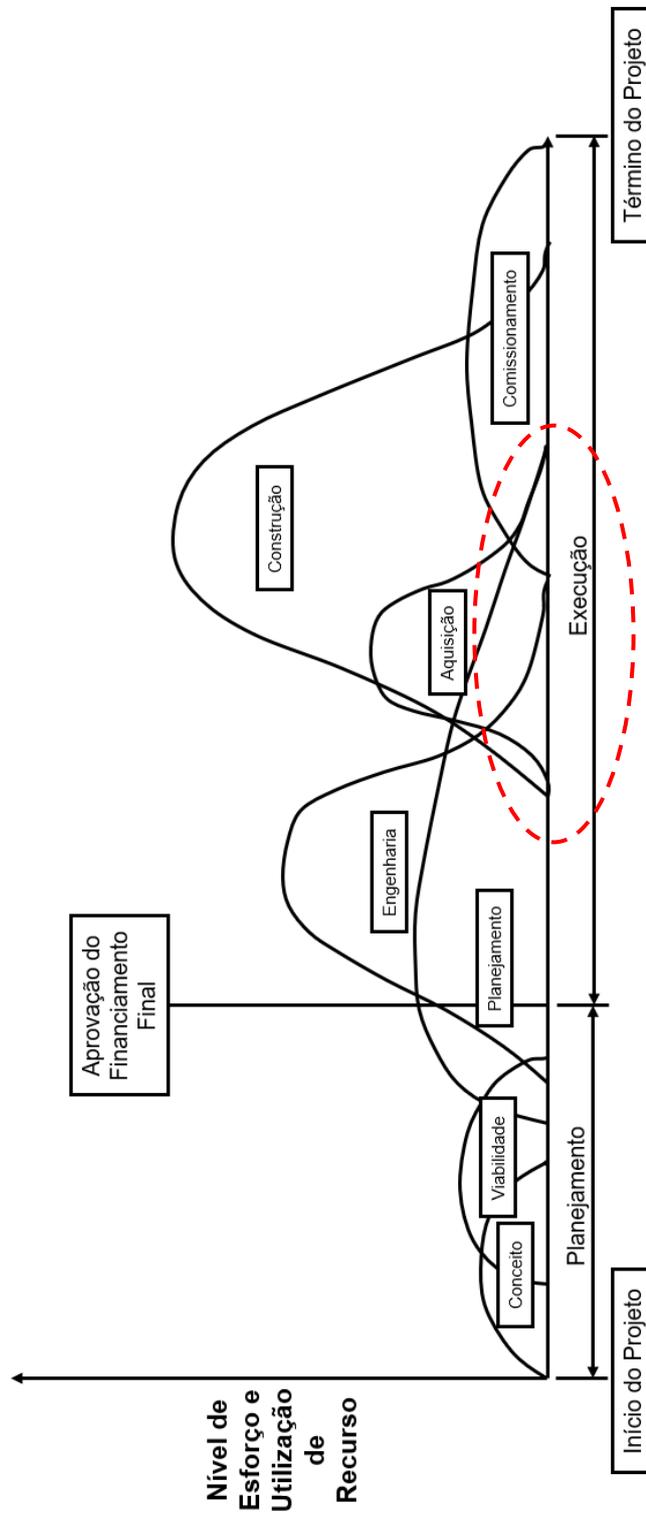
O *Project Management Institute* divide os processos envolvidos no gerenciamento de um projeto em cinco grupos: iniciação, planejamento, execução, monitoramento e controle, encerramento. Já Ahuja et al. (1994) definem o ciclo de vida de um projeto em sete fases: conceito, viabilidade, planejamento, engenharia, aquisição, construção e comissionamento. No entanto, os dois conceitos reforçam a importância do planejamento ao separar

um grupo ou uma fase destinada ele. A Figura 4 representa essas fases, relacionando-as com a quantidade de esforço necessário e recursos despendidos em cada uma ao longo do ciclo de vida do projeto. No eixo temporal, estão delimitadas duas fases: planejamento e execução, esta sendo precedida por aquela. A transição entre essas duas fases é demarcada pela aprovação do financiamento do projeto, ou seja, quando a conceitualização do projeto foi finalizada, sua viabilidade foi comprovada e os recursos serão liberados para a efetiva execução do projeto. Na fase inicial de planejamento, a necessidade a qual o projeto deve suprir foi identificada e analisada. A partir dessa necessidade, coleta-se e analisa-se informações das quais são extraídas as expectativas, os requisitos e as características que proporcionam a definição do escopo do projeto. Uma vez que o escopo está definido, a viabilidade econômica, técnica e ambiental são analisadas e, caso o resultado dessa análise seja positivo, os recursos financeiros são liberados para a execução do empreendimento.

Apesar dessas duas etapas iniciais ocuparem a menor fração de tempo do ciclo de vida do projeto e de o nível de esforço envolvido ser baixo, o planejamento deve surgir já nessas etapas. Isso porque o planejamento é mais eficiente o quanto antes seja iniciado. O planejamento é um processo de tomada de decisão e seu início antecipado durante a concepção e o desenvolvimento do projeto estabelece o andamento de todo o projeto (AHUJA et al., 1994). A Figura 5 ilustra a capacidade do planejamento de influenciar no projeto quando tomado em momentos diferentes. Ela representa especificamente a influência do planejamento sobre o custo, mas esse comportamento pode ser refletido para todos os aspectos do projeto. O impacto de uma decisão tomada antecipadamente é muito maior de que de uma decisão tomada nos estágios finais do projeto. É importante tomar decisões ao longo do projeto, mas aquelas tomadas no início são as de maior impacto (AHUJA et al., 1994).

Neste trabalho, fala-se de planejamento da produção, ou seja, aquele planejamento que intercepta as fases de engenharia e construção. A elipse vermelha presente na Figura 4, identifica essa parcela do planejamento.

Figura 4 - Representação do ciclo de vida de um projeto



Fonte: Adaptado de AHUJA et al. 1994.

Os conceitos desenvolvidos por Ohno no Sistema Toyota de Produção estão diretamente relacionados com os processos de produção. Essa foi a intenção inicial de Ohno. No entanto, ele também percebia que esses conceitos deveriam ser aplicados à empresa como um todo. A partir disso, os conceitos de *Lean Production* foram generalizados para todos os aspectos da empresa, gerando a filosofia *Lean Thinking*, apresentada por Womack e Jones (2004). Logo, para total adoção do pensamento *Lean* por uma empresa, ele deve estar presente em todas as etapas de um projeto, representadas na Figura 4, e ir além delas. No entanto, o ponto inicial para a adoção desse pensamento ainda é a fase de produção, assim como adotado por Ohno em sua experiência inovadora. Essa fase, onde se encontra o planejamento físico de obra, é, portanto, o foco deste trabalho.

A complexidade dos projetos de engenharia leva à complexidade de seu planejamento. Em um empreendimento estão envolvidos fatores humanos, econômicos, técnicos e até mesmo ambientais. O planejamento operacional deve se encarregar da dinâmica da mão de obra, da logística dos insumos, da distribuição dos recursos, e principalmente do tempo. Tudo deve ser considerado de acordo com suas especificidades e, ao mesmo tempo, em conjunto. A disponibilidade de mão de obra pode se tornar inútil caso os insumos necessários para as atividades não estejam disponíveis. A decisão de prolongar uma atividade ou adiá-la, pode interferir em toda uma cadeia de atividades é ser adversa para o resultado final. Além da clara vantagem produtiva do planejamento, ela também é competitiva. Em vista da limitação dos recursos atualmente, principalmente aqueles utilizados na construção civil, um projeto deve ser suficientemente planejado para que o uso de seus recursos seja eficiente (AHUJA et al. 1994). O custo do capital é outro fator que enfatiza a importância de um cronograma e de cumpri-lo. Ninguém pode custear a perda de investimentos enquanto um projeto é improdutivo. É importante tornar um projeto produtivo o mais rápido possível (AHUJA et al., 1994).

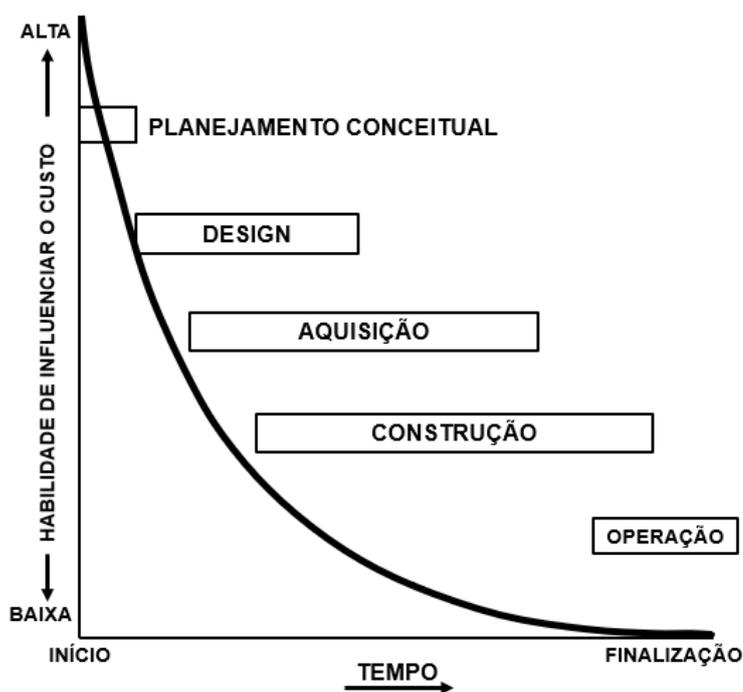
Ainda assim, é muito comum encontrar projetos sendo desenvolvidos sem planejamento bem estabelecido. Isso é ainda mais recorrente quando se trata da produção da construção civil. Principalmente porque não há a integração

mínima entre as várias equipes participantes dos processos de construção, inviabilizando a racionalização dos procedimentos (LIMMER, 1997) e o diálogo necessário para o atendimento ao cronograma e ao seu processo de retroalimentação das informações. Um planejamento eficaz requer a participação de todos os envolvidos no projeto.

De acordo com Limmer (1997), os fracassos mais comuns do planejamento são atribuídos a:

- Ausência de planos formais;
- Abandono prematuro do plano elaborado;
- Falta de confiança no plano;
- Plano elaborado para atender o cliente;
- Visão de curto prazo do gerente;
- Visão limitada do gerente;
- Modismo.

Figura 5 - Habilidade do planejamento de influenciar no custo



Fonte: Adaptado de AHUJA et al. (1994).

3.2. As dimensões do Planejamento

3.2.1.A dimensão vertical do Planejamento

O gerenciamento de um projeto de engenharia envolve diferentes pessoas pertencentes a diferentes níveis e funções dentro da estrutura de gestão de um projeto. Os diferentes níveis de gestão para os quais os planos são produzidos definem a dimensão vertical do processo de planejamento (FORMOSO, 1999).

Cada nível de gestão requer o detalhamento dos planos em graus diferentes. A alta gerência, por exemplo, como diretores e coordenadores estão geralmente mais envolvidos com o planejamento estratégico e tático de um projeto ou um conjunto de projetos. Nesse nível, são desenvolvidos planos de longo prazo, incluindo as fases do projeto com a dimensão de tempo em meses.

Já os gerentes de obras ocupam-se do planejamento de médio prazo, onde são programados os diferentes serviços com o detalhamento em semanas. Por outro lado, para o engenheiro da obra ou o empreiteiro, um cronograma dimensionado em semanas não possui o grau de detalhamento necessário para o acompanhamento da produção. Para esses agentes, os pacotes de atividades devem ser decompostos de forma que ações de cada unidade de produção seja controlada no curto prazo, com cronogramas dimensionado em dias e planos que cubram um curto horizonte de tempo.

Outro aspecto que influencia no grau de detalhamento dos planos é o nível de incertezas do projeto. Como já comentado, a variabilidade da produção na construção civil é alta. Logo, existe a necessidade da atualização dos planos frequentemente para que eles reflitam a realidade e se mantenham confiáveis. Planos muito detalhados precisariam de muito tempo e recursos despendidos para a sua atualização, tornando-se pouco eficiente para a tomada de decisão (FORMOSO, 1999).

Por outro lado, se atividades são planejadas sem o detalhamento adequado, o plano deixa de exercer sua função de execução, coordenação e controle, já que dependências importantes entre as atividades podem ser perdidas, e grandes

desvios no andamento do projeto deixam de ser percebidos pelo sistema de controle (FORMOSO, 1999).

Sendo assim, os planos podem ser caracterizados como de longo, médio ou curto prazo, dependendo do horizonte temporal que abrangem e o grau de detalhamento em fases, serviços ou atividades.

De forma resumida, planejamento da construção pode ser descrito como um processo com múltiplos estágios, desenvolvido por pessoas situadas em diferentes níveis dentro da hierarquia da gerência. Quanto mais alto o nível de gerência, o plano torna-se mais compreensivo e abstrato e envolve maior incerteza (FORMOSO, 1999).

3.2.2.A dimensão horizontal do Planejamento

O processo de planejamento do projeto é contínuo e desenvolvido ao longo de suas várias fases, desde a conceitualização do projeto até o seu estado pretendido. A dimensão horizontal do planejamento está relacionada com as diferentes fases envolvidas nesse processo contínuo, bem como sua temporalidade (FORMOSO, 1999).

O modelo do processo de planejamento pode ser descrito em cinco fases (FORMOSO, 1999):

- Planejamento do processo de planejamento: decisões sobre o processo de planejamento como quais planos serão desenvolvidos e em qual detalhamento, quando eles serão preparados e utilizados etc.
- Coleta de informação: as diferentes fontes de informação necessárias para o desenvolvimento do projeto são consultadas, como requisitos, *design*, condições de solo e terreno. Os dados são, então, coletados e analisados.
- Preparação dos planos formais: os planos são elaborados, utilizando técnicas e ferramentas de planejamento definidas.
- Difusão da informação: as informações coletadas e os planos elaborados são difundidas para as partes envolvidas no projeto, tais como os diferentes níveis de gerência, empreiteiros, clientes etc.

- Avaliação do processo de planejamento: o próprio processo de planejamento é periodicamente avaliado, como base de melhoria dos processos para projetos futuros.

Apesar de haver essa distinção na literatura, na prática essas fases são indistinguíveis, sendo que algumas são virtualmente inexistentes, como “planejamento do processo de planejamento”, “avaliação do processo de planejamento”. As outras fases sofrem de deficiências consideráveis na aplicação do planejamento tradicional (FORMOSO, 1999).

3.3. Planejamento Físico de Obra

Como visto anteriormente, o planejamento de obra é um dos principais aspectos do gerenciamento, que envolve também orçamento, compras, gestão de pessoas, comunicações etc. (MATTOS, 2010). Segundo Mattos (2010), o bom planejamento possibilita que o gerente de obra priorize suas ações, acompanhe o andamento dos serviços, compare o estágio da obra com o referencial e tome providências em tempo hábil, impactando positivamente no desempenho da produção e aumentando a produtividade.

O planejamento físico bem elaborado traz uma série de benefícios para o desenvolvimento da obra e gera facilidades para a sua administração. Mattos (2010) cita esses benefícios:

- Conhecimento pleno da obra;
- Detecção de situações desfavoráveis;
- Agilidade de decisões;
- Compatibilidade com orçamento;
- Otimização da locação de custos;
- Referência para acompanhamento;
- Padronização;
- Referência para metas;
- Documentação e rastreabilidade;
- Criação de dados históricos;
- Profissionalismo.

A elaboração do planejamento físico exige que o profissional responsável tenha grande conhecimento do projeto e dos métodos construtivos empregados. O planejamento ainda permite uma visão geral da obra, permitindo que decisões sejam tomadas a tempo de permitir mudanças sem grandes prejuízos financeiros. É ainda a partir dele que se organiza e programa as equipes, suprimentos, ferramentas e recursos. Os seus principais produtos são redes de precedência e cronogramas, além de parâmetros e métodos de controle.

Mattos (2010) propõe um roteiro básico para o desenvolvimento do planejamento físico de uma obra:

- Identificação das atividades;
- Definição das durações;
- Definição da precedência;
- Montagem do diagrama de rede;
- Identificação do caminho crítico;
- Geração do cronograma e cálculo das folgas.

A primeira atividade proposta por Mattos (2010) é a identificação das atividades que comporão o cronograma, ou seja, aquelas que serão desenvolvidas ao longo da execução da obra. A identificação correta e completa das atividades é de extrema importância, pois a desconsideração de atividades na montagem do cronograma pode causar atrasos posteriormente quando surgir a necessidade de execução dessas atividades. Nisto encontra-se a o requisito de que o planejador tenha grande conhecimento dos processos e das atividades pertencentes à execução de uma obra e do projeto específico para o qual o planejamento está sendo desenvolvido. Segundo Mattos (2010), a maneira mais prática de identificação das atividades é por meio da elaboração da Estrutura Analítica do Projeto (EAP), que será brevemente discutida mais adiante.

Uma vez que todas as atividades foram identificadas, são associadas a elas suas respectivas durações. As durações podem ser obtidas por meio de dados de produtividade relacionados com a quantidade de serviço requerida para a atividade, como indica a fórmula abaixo, onde Q_i é a quantidade de serviço e p_i

é a produtividade da mão de obra que a executa, resultando na sua duração t_i (LIMMER, 1997).

$$t_i = \frac{Q_i}{p_i}$$

As durações das atividades também podem ser obtidas por meio de dados coletados pelas construtoras em obras semelhantes executadas anteriormente ou por meio da experiência de profissionais. No entanto, é importante lembrar que “cada projeto é um projeto”, no sentido de que cada um apresenta características particulares, além das variações causadas por fatores externos ao projeto (LIMMER, 1997).

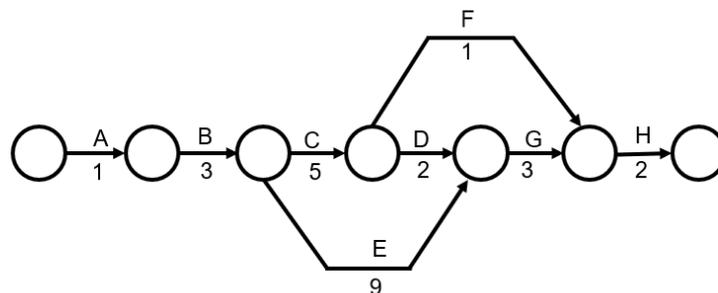
A sequência de execução das atividades é determinada pela precedência de cada atividade. A precedência é a dependência entre as atividades, com base na metodologia construtiva da obra (MATTOS, 2010). Ou seja, determinada atividade só pode ser executada quando sua predecessora tiver sido concluída.

Uma vez determinadas as durações das atividades e suas respectivas precedências, pode ser elaborado o diagrama de rede, que representa graficamente as atividades e suas dependências. Em um diagrama de rede, as atividades são representadas por setas e nós. No método das flechas (*ADM – Arrow Diagramming Method*), exemplificado na Figura 6, as atividades são representadas por setas orientadas entre dois eventos, que são pontos de convergência e divergência de atividades (MATTOS, 2010). No método dos nós ou blocos (*PDM – Precedence Diagramming Method*), exemplificado na Figura 7, as atividades são representadas por blocos ligados entre si por setas que representam a relação de dependência entre elas (MATTOS, 2010). A partir do diagrama de rede, originam-se o caminho crítico, e a rede PERT/CPM, ferramentas discutidas nos itens seguintes.

Após a elaboração do diagrama rede, extrai-se o caminho crítico do projeto. A sequência de atividades que possui o tempo de execução mais longo é aquela que determina o prazo total do projeto. Tais atividades são denominadas atividades críticas e o caminho que as une constitui o caminho crítico (MATTOS, 2010). Devido à sua característica de determinar a duração total do projeto, as

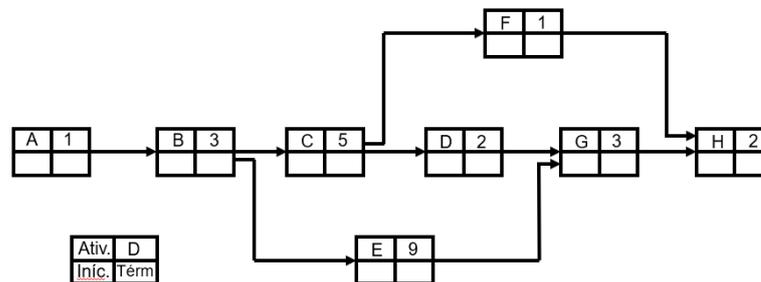
atividades críticas devem ser tomadas com maior atenção, sendo que qualquer atraso em uma dessas atividades resulta no atraso do prazo da obra. Além disso, o prazo do projeto não é reduzido quando se reduz alguma atividade não crítica.

Figura 6 - Representação do Diagrama de flechas



Fonte: MATTOS, 2010.

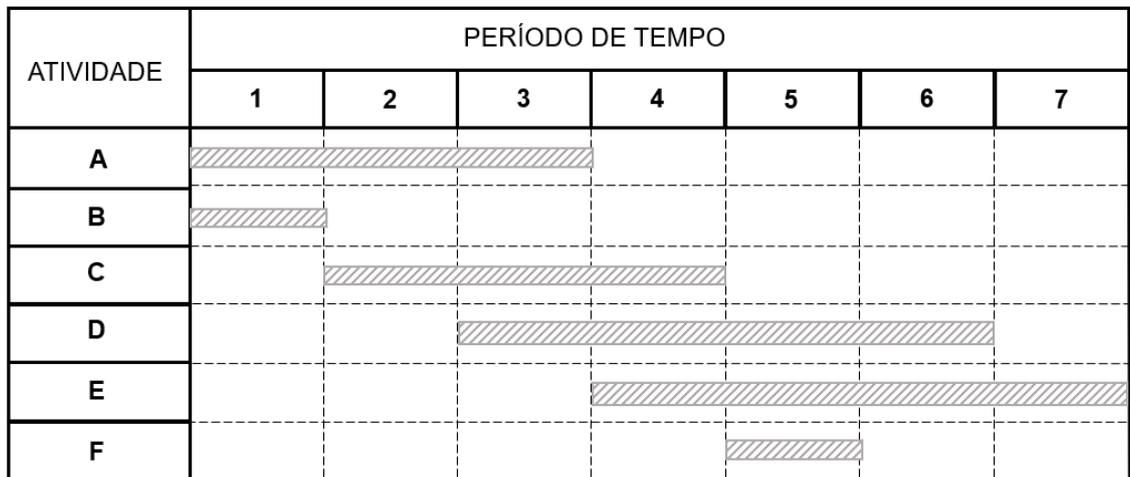
Figura 7 – Representação do Diagrama de blocos



Fonte: MATTOS (2010).

Assim que todas as etapas citadas anteriormente foram realizadas, o resultado final do planejamento físico é gerado: o cronograma. A forma mais usual de apresentação de um cronograma é o gráfico de Gantt, também denominado cronograma de barras. O cronograma de barras é formado pelas atividades de um projeto, enumeradas em uma coluna. Suas respectivas durações são representadas por barras horizontais nas linhas correspondentes a cada atividade. O comprimento de cada barra é proporcional a sua duração na unidade de tempo considerada no gráfico. A Figura 8 representa um cronograma de barras simplificado e genérico.

Figura 8 - Cronograma de barras ou gráfico de Gantt



Fonte: Adaptado de LIMMER (1997).

A principal vantagem do gráfico de Gantt é a forma como é representado graficamente, que permite fácil compreensão do cronograma e apreensão das atividades e suas durações. No entanto, esse tipo de representação não mostra com clareza a interdependências entre as atividades (LIMMER, 1997). As precedências podem ser representadas por setas pontilhadas, mas essa aplicação torna complexa uma figura que se pretende ser simples (LIMMER, 1997).

O planejamento exerce função importante ao sincronizar e disciplinar os trabalhos das diferentes equipes. O cronograma referencial torna consensual o plano de ataque da obra, o que inibe desentendimentos e melhora a comunicação. Além disso, uma obra bem planejada inspira a confiança dos clientes e pode ser um diferencial na hora de fechar negócios.

O planejamento não é um processo único e imutável. A inerente mutabilidade do projeto, principalmente na construção civil, e do ambiente que ele está inserido requerem certa flexibilidade do planejamento (ACKOFF, 1970). Disto surge a necessidade de atualizar um plano para mantê-lo. A complexidade do processo de gestão de uma obra também exige sua retroalimentação periódica (DE FILLIPI, 2017). Assim, conforme novas informações e características são conhecidas, o planejamento é atualizado e adaptado.

3.3.1. Estrutura Analítica do Projeto (EAP)

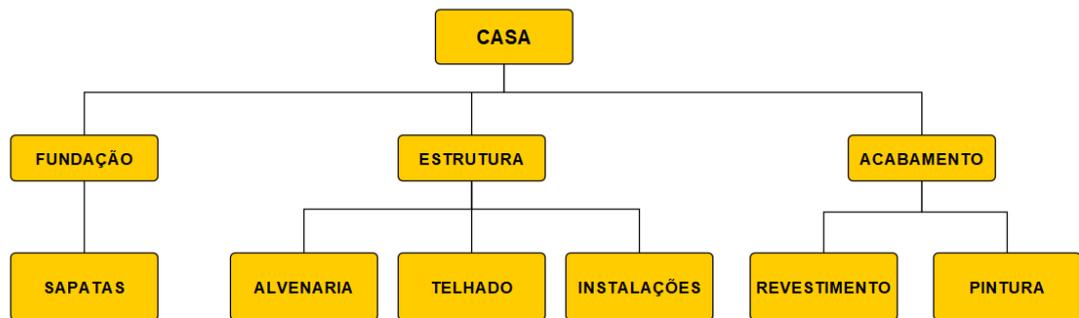
A identificação das atividades envolvidas em projeto é a etapa inicial do processo de planejamento físico. Uma vez que todas as atividades foram identificadas, a sequência em que elas ocorrem, suas restrições e dependências, informações de duração, identificação de equipes e mão de obra e quantificação de suprimentos podem ser apreendidas. Quando se trata do planejamento do tempo, o projeto precisa ser decomposto em parcelas que sirvam de base para a definição do trabalho a ser realizado, com início e término claramente delimitados, na forma de “pacotes de entregáveis” ou “pacotes de trabalho” que atuem como marcos atingíveis para a continuidade do projeto. A estrutura hierarquizada que essa decomposição gera é chamada de Estrutura Analítica do Projeto (EAP) (MATTOS, 2010), também conhecida como WBS (*Work Breakdown Structure*).

O primeiro nível da EAP é único e representa a totalidade do projeto. Abaixo dele, no segundo nível, são alocados componentes que caracterizam o projeto. Imediatamente abaixo desses componentes, encontra-se componentes menores de terceiro nível, encontrados por meio da decomposição de cada unidade do segundo nível e assim sucessivamente. Logo a EAP é subdividida em tantos níveis quanto necessários, que representam o aprimoramento do detalhamento do nível imediatamente superior (MATTOS, 2010). A Figura 9 exemplifica a estrutura de uma EAP básica aplicada ao projeto de uma casa. À medida em que a EAP é aprofundada, os pacotes de trabalho se tornam menores e mais bem definidos (MATTOS, 2010). No entanto, Limmer (1997) aconselha que a EAP seja limitada a seis níveis, sendo quatro o número recomendável de níveis. Segundo o autor, a decomposição em muitos níveis gera um grau de detalhamento muito grande, o que pode dificultar o acompanhamento de cada atividade, perdendo-se a visão geral do projeto. Limmer (1997) ainda propõe que a partição do projeto respeite a sequência ilustrada no Quadro 3.

A EAP também pode ser representada de forma analítica. Nessa representação, cada “pacote” é representado em uma linha de uma lista indexada. Cada nível possui uma numeração e um alinhamento dentro da lista. Quanto mais baixo o

nível da atividade, mais recuada ela se encontra em relação aos níveis superiores e mais dígitos são atribuídos a sua numeração. Dessa forma, produz-se uma lista com itens e subitens subordinados a eles.

Figura 9 - Exemplo de EAP de uma casa



Fonte: MATTOS (2010).

Quadro 3 - Componentes de uma EAP

Nível	Partição	Elementos Usuais
I	O projeto todo	Projeto, produto, processo, serviço
II	Subdivisão maior	Sistema ou atividade primária
II	Subdivisão menor	Subsistema ou atividade secundária
IV	Componentes ou tarefas	Componentes maiores ou tarefas
V	Subcomponentes ou subtarefas	Componentes menores, partes ou subtarefas

Fonte: LIMMER (1997).

3.3.2. Rede PERT/CPM

As redes PERT/CPM são diagramas de rede que permitem que sejam indicadas as relações lógicas de precedência entre as inúmeras atividades do projeto e a partir das quais é determinado o caminho crítico do projeto (MATTOS, 2010).

Elas podem ser elaboradas pelo método das flechas ou pelo método dos blocos. O caminho crítico é a sequência de atividades principais que, se sofrerem atrasos, refletirão na duração do projeto e, conseqüentemente, no seu prazo. O caminho crítico é a base do *Critical Path Method* (CPM), ou Método do Caminho Crítico. Esse método surgiu na indústria norte-americana na década de 1950. O *Program Evaluation and Review Technique* (PERT), ou Técnica de Avaliação e Revisão de Programas, foi desenvolvido pela a marinha norte-americana na mesma década. Apesar dos dois métodos terem origens distintas e algumas diferenças conceituais, suas semelhanças de aplicação levaram-nos a serem aplicados em conjunto atualmente, levando o nome de rede PERT/CPM.

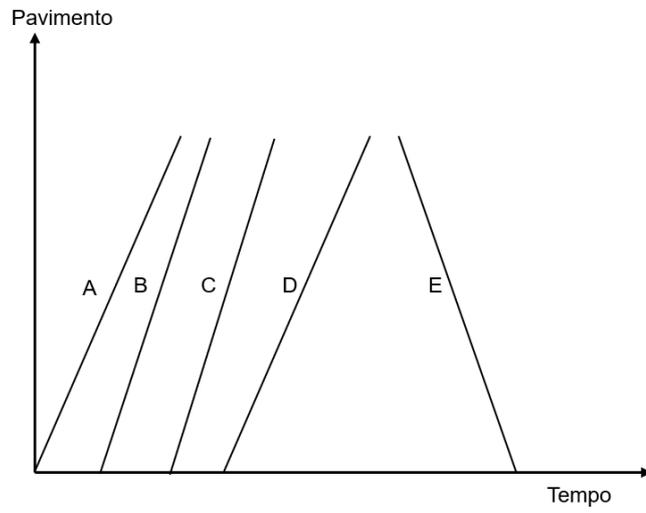
As redes PERT/CPM contém as seguintes informações de projeto:

- Todas atividades envolvidas no projeto;
- Ordem de execução das atividades;
- Duração de cada atividade;
- Precedência de cada atividade;
- Determinação das atividades que podem ser executadas em paralelo;
- Datas inicial e final dos eventos.

3.3.3.Linha de Balanço

As linhas de balanço são uma ferramenta de planejamento em que as atividades são representadas por retas referenciadas em um plano cartesiano. As inclinações das retas indicam os ritmos de progresso das atividades. Sua aplicação é muito comum em obras com alta repetitividade de atividades (LIMMER, 1997), sendo mais eficiente que as redes PERT/CPM nesses casos. Por haver ciclos de produção, os serviços repetitivos podem ser representados por uma reta traçada em um gráfico tempo-progresso, como representado na Figura 10, onde cada reta é representativa de um tipo de serviço a ser executado em cada pavimento, como, por exemplo, alvenaria, revestimento e impermeabilização. Essa figura representa uma linha de balanço hipotética de um edifício residencial com vários pavimentos tipo. Nesse caso, o eixo das ordenadas indica os pavimentos e o das abcissas, o tempo em dias.

Figura 10 – Exemplo de Linha de Balanço de um edifício



Fonte: Adaptado de LIMMER (1997).

4. Last Planner System

Este capítulo parte da crítica ao processo de planejamento tradicional, para, a partir dela, apresentar os conceitos *lean* incorporados ao planejamento. A técnica responsável pela junção desses conceitos e estudada neste capítulo é denominada *Last Planner System*.

4.1. Crítica ao Planejamento Tradicional

Como discutido anteriormente, a visão mais tradicional aplicada à produção na construção civil é aquela voltada aos processos de conversão. Muitas das ferramentas para planejamento físico de obra mais tradicionais refletem essa concepção e desmembram a construção em atividades que devem ser cumpridas e otimizadas isoladamente. A gestão do tempo torna-se focada nas atividades de conversão, de forma que consiste em definir e sequenciar atividades, determinar suas durações, desenvolver e controlar cronogramas (BALLARD, 2000). No entanto, essa concepção mostra-se inadequada à resolução de problemas gerenciais que ocorrem na indústria orientada por projeto, como é o caso da construção civil (BALLARD, 2000). Principalmente porque, em projetos de engenharia, *tradeoffs* ocorrem durante os processos, geralmente com informações incompletas e sob despesas limitadas e prazos impostos.

A EAP, como exemplificado por Ballard (2000), tem como objetivo dividir o trabalho a ser executado em partes, ou “pacotes”, que podem ser monitoradas e controladas, mas não faz referência aos processos de produção envolvidos. Essa ferramenta retrata a preocupação usual do planejamento em projetos de engenharia: fragmentar o projeto em atividades que possam ser limitadas por despesas, às quais são atribuídos prazos e que em conjunto representam a completude do projeto. Nessa perspectiva, o controle da produção limita-se a avaliar se cada atividade foi executada dentro do orçamento e dos prazos previstos. E, caso isso não aconteça, procura tomar ações corretivas e adaptar o planejamento à realidade. Ballard (2000), na tese que apresenta e analisa o sistema *Last Planner*, critica essa atitude reativa do controle tradicional, onde as ações tomadas buscam corrigir desvios que já aconteceram. Em contraste, o

Last Planner System (LPS) possui postura mais proativa, onde as ações são tomadas para que não haja desvios em relação ao planejamento (KALSAAS et al., 2015) e, caso eventos não respeitem o plano, replanejá-los (BALLARD, 2000). O autor ainda aponta inconsistência na filosofia do planejamento tradicional, onde o controle busca a eficiência de utilização dos recursos, ou seja, o aumento da produtividade.

No entanto, o controle do tempo ocorre por meio da identificação de produção e de progresso das tarefas, não da produtividade em si (KALSAAS et al., 2015). Segundo Ballard (2000), a maior fraqueza desse sistema de controle é que a produção pode respeitar os prazos e custos planejados, mas isso não implica que “o trabalho certo está sendo feito da maneira certa no momento certo”. De acordo com Koskela et al. (2002), aspectos importantes de um projeto como tempo e o cliente não são considerados na conceitualização de planejamento tradicional, ou seja, as visões de fluxo e valor são negligenciadas. Para esses autores, engenharia gerenciada pelo método convencional “tende a ser ineficiente e ineficaz”.

Outra particularidade do planejamento da construção, quando comparado à manufatura, está na forma de controle da produção. Ballard et al. (1997) comentam que o modelo de controle tradicional na construção é um modelo de controle de projeto, não de controle da produção. Isso porque, segundo esses autores, “como o empreiteiro, subempreiteiro, ou departamento realiza o trabalho é apenas de interesse deles e é irrelevante, desde que eles cumpram com seus comprometermentos ‘contratuais’”.

O planejamento tradicional também é caracterizado pela centralização das tomadas de decisões. O planejamento é pensado e elaborado por uma pessoa ou um grupo de pessoas especialistas, geralmente dentro de níveis superiores da estrutura hierárquica envolvida no projeto, e que deve ser respeitada pelos agentes dos níveis inferiores. Dessa forma, toda perturbação do planejamento deve ser repassada para os responsáveis pelo planejamento, que então tomam as decisões corretivas. Essa centralização traz duas consequências contrárias a otimização do fluxo: o planejamento é realizado em momentos muito distantes

da produção e não envolve os agentes que estão em contato direto com ela. O planejamento centralizado é elaborado muito anteriormente a execução das atividades, geralmente em fases iniciais do projeto. Dessa forma, as possíveis restrições que surgem durante o seu andamento, como alterações de características, falta de informação ou insumos e atraso de atividades predecessoras, não são consideradas. Assim, qualquer desvio causado por essas restrições é considerado como atraso e as ações a serem tomadas são corretivas e posteriores ao aparecimento dos problemas. Isso é agravado pela falta de envolvimento dos agentes que estão em contato direto com a produção, pois a partir deles podem surgir as observações das potenciais restrições que podem afetar uma atividade.

Ao descentralizar os processos de planejamento, *Last Planner System* aplica a ideia desenvolvida por Ohno de descentralização das tomadas de decisão. Assim o fluxo de informações torna-se mais eficiente, uma vez que problemas de pequena importância podem ser resolvidos localmente e não dependem de instâncias superiores da hierarquia do projeto. Além disso, quando os agentes da produção participam ativamente dos processos de planejamento, há melhoria no fluxo da produção, uma vez que as restrições são percebidas, a carga de trabalho é compatibilizada com a capacidade, os diversos agentes estão em concordância e impedimentos são resolvidos com maior agilidade.

4.2. O *Last Planner System*

Considerando-se as críticas ao planejamento tradicional, a adoção da filosofia *Lean* pela indústria orientada por projetos requer a reformulação da maneira como o planejamento é concebido. A produção pensada como fluxo deve ser refletida no seu planejamento. Segundo Ballard (2000), o trabalho deve ser estruturado em “fluxo e montagem, não apenas orçamentação e monitoramento”. O *Last Planner System* busca exercer essa função, estruturando o planejamento de forma que os conceitos principais da mentalidade enxuta sejam de fato aplicados à produção na construção civil. O *Last Planner System* está em desenvolvimento desde de 1992 e é descrito por Ballard (2000) como “uma filosofia, regras e procedimentos, e um conjunto de

ferramentas que facilitam a implementação” dos conceitos de construção enxuta. Seus princípios centrais são (KALSAAS et al., 2015):

- 1) Redução de desperdício;
- 2) Redução do *Lead Time*;
- 3) Redução de variabilidade;
- 4) Simplificação da cadeia de valor;
- 5) Aumento da flexibilidade;
- 6) Aumento da transparência;
- 7) Produção de valor para o cliente;
- 8) Envolvimento de trabalhadores e empreiteiros no planejamento e na melhoria do trabalho.

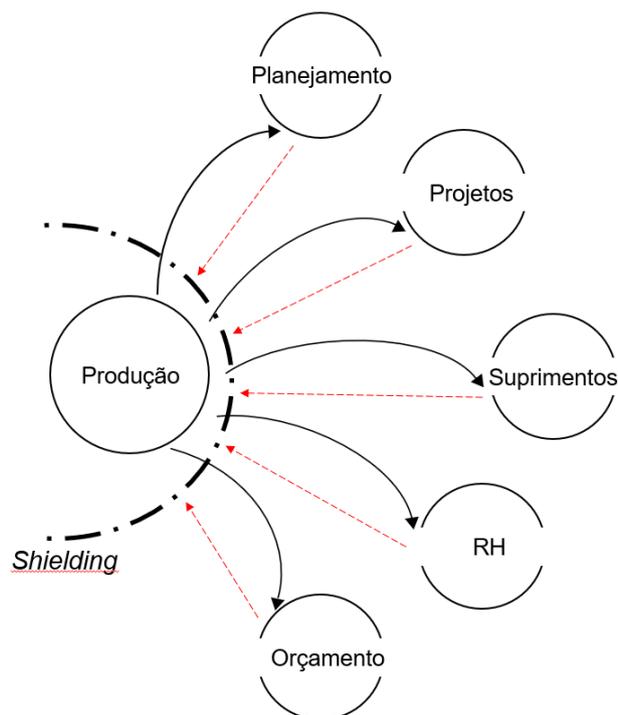
Em um projeto de engenharia, a produção assume posição central em um ciclo que envolve diversos setores, dos quais ela depende e para os quais ela responde. Para a implantação de um empreendimento, setores como planejamento, projetos e suprimentos, citado apenas alguns exemplos, devem trabalhar em consonância com a produção, enviando e recebendo informações e insumos para ela. A Figura 11 ilustra esse ciclo. As setas pontilhadas representam o fluxo de informação e insumos adotados no planejamento tradicional. Nesse caso, o fluxo parte dos setores externos à produção em direção a ela, sujeitando-a a ineficiências desses setores externos. Dessa forma, a produção fica sujeita a incertezas, que foram identificadas por Ballard e Howell (1997) como: i) incerteza dos objetivos do projeto; ii) incerteza dos meios para atingir esses objetivos; iii) incerteza ligada ao fluxo de trabalho nas unidades de produção dentro do projeto; iv) incerteza ligada a disponibilidade de mão de obra e de insumos.

Para proteger a produção das incertezas dos setores externos e conseqüentemente diminuir a variabilidade do fluxo de trabalho, Ballard e Howell (1997) propuseram um “escudo de proteção” à produção, denominada pelos autores como “*shielding production*”. A ideia que baseia esse “escudo” é a inversão do fluxo de informações, indicado na Figura 11 pelas linhas contínuas. Dessa forma, a demanda de insumos e informações parte da produção e deve

ser atendida pelos setores externos de acordo com suas especificações. Dessa forma, o *Last Planner* é um sistema que “puxa”, ou seja, um sistema *pull* (BALLARD, 2000).

Sendo assim, *shielding production* é uma estratégia para condições de incerteza do fluxo de trabalho (BALLARD e HOWELL, 1997). Para atingir essa proteção, os autores aplicam o que é chamado por eles de “planos de comprometimento” ou “planos de atribuições”, normalmente expressos na forma de planos de atividades semanais. Esses planos são elaborados pelo agente ou grupo de agentes em contato direto com a produção, ou o “último planejador”, origem da denominação “*last planner*”. O plano de atividades é único, ao ser um plano da produção que direciona diretamente o trabalho, não a produção de outros planos (KALSAAS et al., 2015).

Figura 11 - Ciclo da construção e fluxo de informações



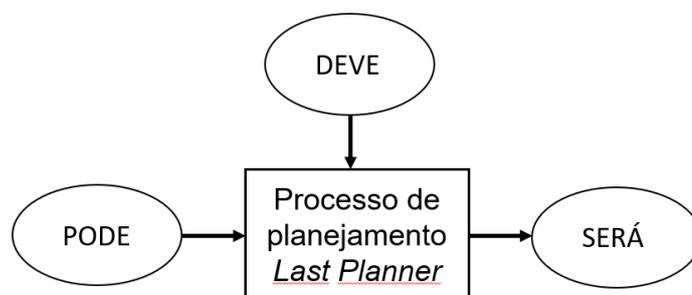
Fonte: Elaborado por Antonio Sérgio Itri Conte e reproduzido pela autora

Para que sejam eficientes, esses planos devem atender certos requisitos de qualidade, colocados por Ballard e Howell (1997) da seguinte forma:

- 1) Definição: as atividades são específicas o suficiente para que a quantidade e o tipo de materiais possam ser claramente disponibilizados, o trabalho possa ser coordenado, e para que seja possível descrever, ao final da semana, se a atribuição foi finalizada?
- 2) Solidez: as atividades são sólidas? Ou seja, todas as matérias estão disponíveis? O *design* está completo? As atividades predecessoras estão finalizadas? A intenção é fazer tudo que seja possível para preparar o trabalho a ser executado na semana correspondente.
- 3) Sequência: as atividades selecionadas estão coerentes com a ordem de construtibilidade requisitada pela própria unidade de produção e na ordem necessária pelos processos de clientes? Atividades adicionais de menor prioridade são identificadas como reserva de trabalho, em caso de falha das atividades ou de a produtividade exceder as expectativas?
- 4) Tamanho: as atividades estão dimensionadas de acordo com a capacidade de produção de cada equipe ou subequipe, de forma a ser atingida no período planejado? As atividades produzem trabalho para a próxima unidade de produção em tamanho e forma requeridos?
- 5) Aprendizagem: As atividades que não foram cumpridas dentro da semana são monitoradas e as razões identificadas?

De forma sucinta, esses planos devem mostrar o que será feito, baseando-se no que deve ser feito, mas considerando o que pode ser feito devido às restrições existentes. Esse é o conceito de “*should*” (deve), “*can*” (pode), “*will*” (será), introduzido por Ballard (2000), e esquematizado na Figura 12. É comum a presunção de que o que será feito é exatamente o que deve ser feito. Essa concepção desconsidera as restrições que podem aparecer ao longo da produção. A supervisão do planejamento torna-se manter a pressão na produção, ignorando-se os obstáculos (BALLARD, 2000). Essa postura frequente no planejamento comum não soluciona os problemas da produção. O *Last Planner* procura mudar esse paradigma ao incluir as restrições existentes na análise do planejamento de curto prazo. Essa técnica muda o foco do controle nos trabalhadores para o controle do fluxo de trabalho que os une (BALLARD, 2000).

Figura 12 - A formação de atribuições no processo de planejamento do Last Planner



Fonte: Adaptado de BALLARD (2000).

O *Last Planner System* é, então, voltado para dois componentes: controle de unidades de produção e controle do fluxo de trabalho (KALSAAS et al., 2015). Controle de unidade de produção refere-se à organização do trabalho como um processo de aprendizado contínuo. O controle de fluxo de trabalho refere-se à melhoria do fluxo de trabalho entre as unidades de produção da forma mais eficiente possível em relação a sequenciamento e ritmo. O *Last Planner System* pode ser resumido em dois conceitos (KALSAAS et al., 2015):

1. O Plano de Produção Semanal (PPS), ou “*weekly assignment plan*”, composto da seleção, sequenciamento e dimensionamento das atividades que o último planejador julga como executáveis, desposta na forma de reserva de atividades de produção. O controle desse plano é avaliado semanalmente medindo-se o *Percent Plan Completed* (PPC), ou Porcentagem do Plano Completada. O PPC fornece o *feedback* que permite o aprendizado contínuo, uma vez que vem acompanhada dos motivos pelos quais o plano não foi completamente executado. O PPS é atualizado para um período de uma a três semanas, sendo a primeira semana referente ao plano de produção.
2. O plano *lookahead*, que se refere a um cronograma cobrindo de três a doze semanas além do PPS. O objetivo do *lookahead* é a manutenção do plano semanal por meio de uma reserva de atividades a serem incluídas no PPS. É baseado na decomposição do plano de ataque em pacotes de atividades e operações, de forma a determinar a sequência do fluxo e seu

ritmo, o planejamento da capacidade e desenvolver de forma detalhada os métodos de execução do trabalho. Cada atividade do *lookahead* está sujeita a análise de restrições, visando a identificação do que precisa ser feito para preparação para a execução das atividades.

O processo de “proteção” da produção começa com a elaboração do *lookahead*, a partir da seleção de atividades potenciais para as próximas três a doze semanas, que estejam previstas no plano de ataque ou no plano de fases. Para isso, o plano de ataque ou o plano de fases é decomposto em atividades em um nível suficiente para sua atribuição no PPS. O número de semanas incluídas é baseado nas características do projeto, na confiabilidade do sistema de planejamento, e os tempos de ciclo para adquirir informações, materiais, mão de obra e equipamentos (BALLARD, 2000). Cada atribuição é sujeita à análise de restrições. As atividades cujas restrições podem ser removidas são adicionadas no *lookahead*. Caso o planejador não tenha certeza da eliminação das restrições de uma atividade, ela é retardada para datas posteriores. O seu produto é uma reserva, ou *backlog*, de atividades sólidas que podem ser executadas no médio prazo. As funções do *lookahead* são (BALLARD, 2000):

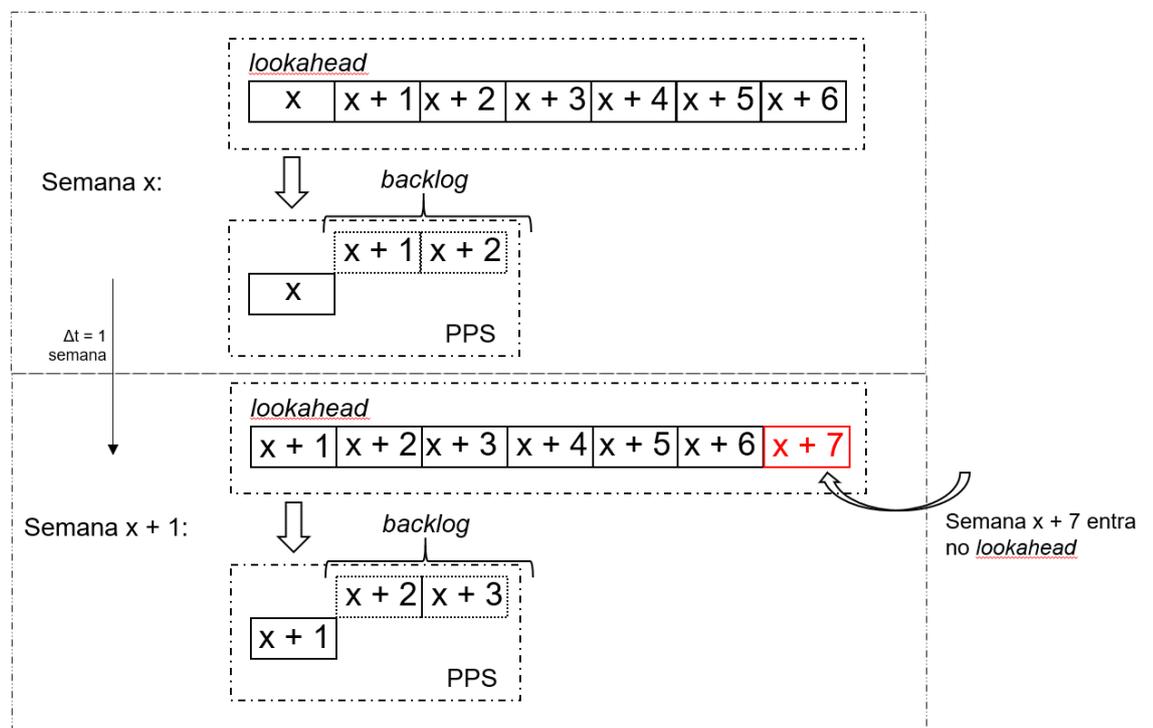
- Moldar a sequência e o ritmo do fluxo de trabalho;
- Igualar fluxo de trabalho com capacidade;
- Decompor o plano de ataque em pacotes de atividades e operações;
- Manter uma espera de atividades;
- Atualizar e revisar cronogramas em níveis superiores quando necessário.

A Figura 13 representa o processo de criação do *lookahead*. Atividades potenciais são incluídas no *lookahead* com seis semanas de antecedência (semana $[x + 6]$), e então são movidas para frente a cada semana até serem incluídas no *backlog* (reserva), o que indica que todas as restrições dessas atribuições foram removidas. Caso o planejador descubra alguma restrição que não possa ser removida a tempo, a atividade não é movida para frente. O objetivo é manter um *backlog* de trabalho sólido, pronto para ser executado, com a certeza de que tudo que está no *backlog* é de fato trabalhável (BALLARD, 2000). As restrições variam de acordo com as diferentes atividades e podem

incluir: contratos, *design*, materiais, tarefas predecessoras, espaço, equipamento, mão de obra etc.

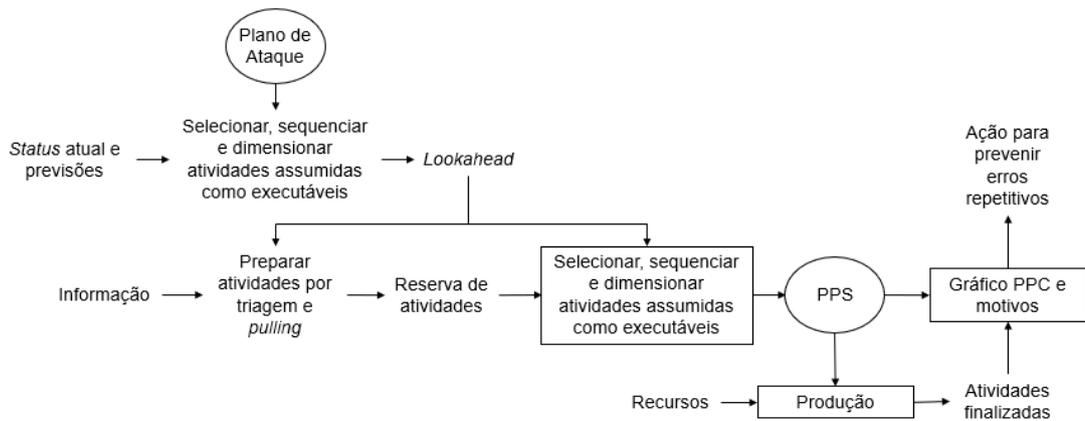
Planos de Produção Semanais são formados a partir do *backlog*, aprimorando a produtividade das equipes que os recebem e aumentando a confiabilidade do fluxo de trabalho para a próxima unidade de produção (BALLARD, 2000). O PPS deve ser analisado para definição, solidez, sequência e tamanho antes de ser adotado. A cada semana, o PPS é puxado do *lookahead*, ao qual adiciona-se uma semana. O PPS consiste em uma lista de tarefas a serem executadas na semana em questão, atribuindo-as às respectivas equipes de trabalho e aos dias. Ao final da semana, caso a atividade não tenha sido finalizada, o motivo deve ser escrito na linha referente a atividade em uma coluna a parte. O registro dos motivos para a inconformidade das tarefas com o plano é analisado e levado em conta no planejamento de atividades futuras, em um processo de aprendizado contínuo. A Figura 14 ilustra o processo de planejamento adotado no *Last Planner System*.

Figura 13 - Esquema do processo de *lookahead*



Fonte: adaptado de KALSAAS (2015).

Figura 14 - O processo do *Last Planner System*



Fonte: Adaptado de BALLARD (2000).

Ao final da semana, as atividades executadas são contabilizadas. A relação entre o número de atividades executadas e o número de atividades planejadas fornece o índice *Percent Plan Complete* (PPC), ou Porcentagem do Plano Completada. O PPC é expresso em porcentagem e reflete a aderência da produção ao plano. Os PPC calculados ao longo das semanas são então representadas em um gráfico, a partir do qual é possível extrair a qualidade do planejamento, rastrear os motivos da ineficiência e corrigi-los nos planos futuros. A vantagem do PPC é sua simplicidade (KALSAAS, 2015). Porém, ele também está sujeito a limitações. Apesar da finalização de atividades ser crucial para a manutenção do fluxo, algumas atividades possuem importância maior que outras. As atividades que pertencem ao caminho crítico, por exemplo, têm peso maior para execução. O PPC não considera essa diferenciação. Além disso, da forma como o *lookahead* é planejado, atividades podem ser adiadas por períodos diferentes devido a restrições diferentes. Atividades que foram adiadas por maiores períodos de tempo tem mesmo peso que atividades que não foram adiadas para o cálculo da PPC.

Ballard (2000) resume o *Last Planner System* como um sistema para transformar o que DEVE ser feito no que PODE ser feito, formando um inventário de trabalho, a partir do qual o Plano de Produção Semanal é formado. Incluir atribuições no

PPS é compromisso do “último planejador” (“*Last Planner*”) com o que SERÁ de fato feito.

4.3. Consulta com especialista e estudo de referência

Para um embasamento prático deste trabalho, a autora realizou duas visitas: uma a *Logical Systems* Consultoria e a segunda a uma obra onde os princípios *Lean* são aplicados no planejamento físico. A *Logical Systems* é uma empresa que presta serviços de consultoria para o gerenciamento de obras, atuante no mercado desde 1987. Na primeira visita, em conversa com o CEO da *Logical Systems* Consultoria, Antônio Sérgio Itri Conte, também presidente do *Lean Construction Institute* do Brasil e ex-membro do *International Group for Lean Construction (IGLC)*, foi possível a apreensão de conceitos do *Last Planner System*, de críticas a ele e de sua aplicação no ambiente de obra. Em visita a uma obra em novembro de 2018, onde *Logical Systems* Consultoria atua e os conceitos *Lean* são aplicados, foi possível a apreensão da dinâmica do planejamento físico, das ferramentas de controle utilizadas e do envolvimento da equipe.

4.3.1. Consulta com especialista

Em conversa com o engenheiro Antônio Sérgio Itri Conte, ele destacou que “em uma obra *Lean*, o importante não é correr muito. O importante é parar pouco”. Para que isso aconteça, é importante dominar o fluxo da obra. Nesse aspecto, o “escudo” da produção sugerido por BALLARD e HOWELL (1997) tem como objetivo proteger a produção contra a variabilidade. Dessa forma é preciso garantir, antes do início da produção, que a obra terá aderência ao plano. Para que isso aconteça, é preciso executar na semana tudo aquilo que foi planejado na semana anterior, o princípio do PPS. Logo, partindo da premissa de que a obra foi bem planejada, a sua execução de acordo com os PPS leva à execução completa da obra sem grandes desvios ou problemas.

Uma vez que o planejamento é executado pelo engenheiro da obra em conjunto com sua equipe, ele passa a ser “dono do planejamento”, e o seu comprometimento com o plano se torna muito maior. O planejamento

centralizado e repassado para a obra, o qual deve ser apenas adotado pelo o engenheiro, distancia-o das tomadas de decisão, tornando-se uma obrigação, não um comprometimento.

Apesar das vantagens apresentadas pelo *Last Planner System*, a principal crítica voltada a ele, e destacada pelo Engenheiro Antônio Sérgio, refere-se ao foco à remoção das restrições. “A inteligência está na forma como você elimina restrições” e não na forma como o PPS é elaborado. O PPC avalia a eficiência da produção diante dos planos elaborados e não necessariamente a eficiência dos planos. Dessa forma, o processo do planejamento volta a ser reativo diante de planos ineficientes, pois o processo se torna a reconsideração dos desvios passados nos planos futuros. Então, o modelo torna-se insustentável para a aplicação.

Para contornar essa insustentabilidade, a visão do planejamento deve ser “desenhar o futuro, ao invés de medir o passado”, como apontado pelo Sr. Antônio Sérgio. O *lookahead* e o PPS são ferramentas focadas na adaptação do planejamento futuro da produção considerando os desvios já ocorridos. Seria mais eficiente, então, garantir a não ocorrências desses desvios. Isso pode ser alcançado pela “ilustração” da produção por meio do que pode ser considerado como planejamento executivo. A partir desse foco, surge o Desenho do Processo de Produção (DPP), sendo ele o detalhamento da unidade de repetição da linha de balanço. Essa ferramenta é detalhada no Capítulo 6.

4.3.2. Visita a obra com aplicação dos conceitos *Lean*

A obra visitada refere-se à construção de um edifício residencial com treze andares, sendo doze pavimentos tipo e uma cobertura, com fachada térrea possuindo salas para uso comercial. O edifício é executado com fundações de concreto moldado *in loco* e alvenaria estrutural. Está localizado na região central de São Paulo, onde o tráfego de caminhões é limitado ao período noturno. O prazo de término previsto no planejamento físico é 15 de maio de 2019. No momento da visita, estavam sendo executados o sistema de formas para o pavimento térreo e algumas vigas de fundação por uma subempreiteira responsável pela execução da estrutura do edifício.

Durante a visita à obra, a autora participou de uma reunião semanal de planejamento, onde estavam presentes:

- Engenheiro da obra;
- Diretor da construtora;
- Antônio Sérgio Conti, consultor de planejamento;
- Engenheira de planejamento;
- Empreiteiro da subempreiteira;
- Engenheira da subempreiteira;
- Estagiário da obra.

Os objetivos principais da reunião foram:

- Verificação do andamento da obra em comparação com o PPS;
- Levantamento das causas para não aderência ao plano;
- Atualização do PPS;
- Decisão sobre alteração da resistência característica do concreto utilizado nas lajes.

O PPS elaborado anteriormente, e representado na Figura 15, previa o enchimento da laje do térreo no dia 22/11/2018. No entanto, foi constatado que essa data não seria mais cumprida devido a um atraso na execução das formas de alguns pilares e realocação da mão de obra, a existência de um feriado prolongado na mesma semana e o prazo de entrega do aço para armação da laje estar conflitante com o feriado e não permitir que a laje fosse armada antes dele. A partir dessas informações, concluiu-se que o enchimento da primeira laje seria adiado em dois dias, o que não foi considerado como um atraso crítico, mas que é, de qualquer forma, considerável. Isso porque o plano de ataque prevê a finalização da estrutura do pavimento térreo como prioridade, uma vez que a partir desse pavimento, serão executados os pavimentos tipo, para os quais a produtividade da equipe é maior devido a sua repetitividade ao longo do edifício. As outras atividades previstas no PPS foram realizadas como o esperado.

Outra questão presente durante a reunião foi a alteração da resistência característica do concreto (fck) de 20 para 25 MPa. Isso permitiria que as lajes fossem desenhadas em três semanas, ao contrário das quatro semanas previstas para o concreto com fck de 20 MPa. O custo adicional por laje devido à mudança da especificação do concreto foi estimado em R\$ 16 mil, o que foi julgado aceitável diante da redução de uma semana para a desforma de cada laje. É interessante notar que essa decisão foi tomada na própria obra, posterior a consulta com o projetista de estrutura, envolvendo os agentes em contato direto com a produção e a autorização do diretor da construtora. Dessa forma, a decisão partiu da obra para o setor de suprimentos, não sendo necessário aguardar a aprovação do escritório. Isso representa a descentralização da tomada de decisão, conceito apresentado por Ohno e presente na mentalidade *Lean Construction* e no *Last Planner System*.

Figura 15 - Planilha com o Plano de Produção Semanal da obra visitada

Plano de Produção Semanal - República A - Q 75									
ATIVIDADE		12/11	13/11	14/11	15/11	16/11	17/11	Status	Motivo
Serviço	Executado por	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª	Sáb		
6 Arrasamento de estacas - Etapa C	Engecap	x							
7 Execução de Blocos e Vigas Baldrame - Etapa C	Engecap	x							
8 Montagem da Armação de Blocos e Vigas Baldrame - Etapa C	Engecap	x	x						
9 Concretagem de Blocos e Vigas Baldrame - Etapa C	Engecap	x	x						
10 Montagem do Barracão Definitivo	Barna Engenharia	x	x						x x x
11 Drenagem, esgoto, gás, elétrica	4G	x	x						x x x
12 Montagem da Forma das Lajes e Vigas Transição - Etapa A	Engecap	x	x						
13 Montagem da Forma dos Pilares - Etapa B	Engecap	x	x						
14 Montagem da Armação de Pilares - Etapa B	Engecap	x	x						
15 Concretagem de Pilares - Etapa B	Engecap								
16 Montagem da Forma dos Pilares - Etapa C	Engecap			x	x				
17 Montagem da Armação de Pilares - Etapa C	Engecap			x	x				
18 Concretagem de Pilares - Etapa C	Engecap			x					
19						Nº Prev.:	0		
20						Nº Real:	0		
21							0,00		
22									

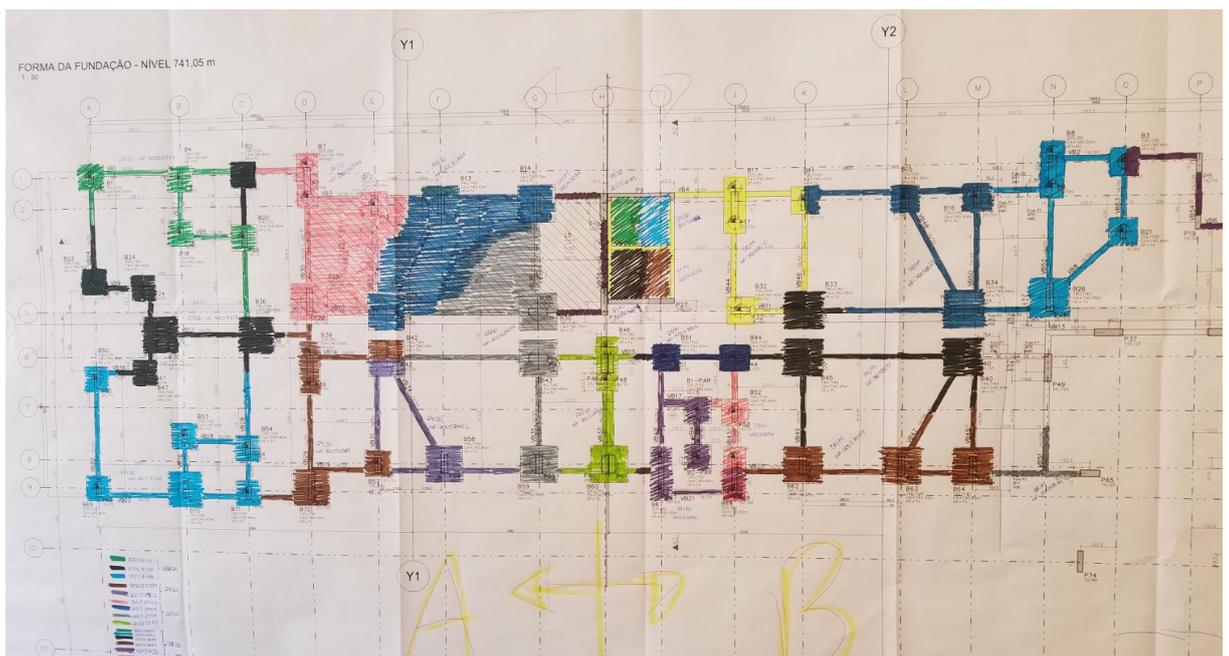
Fonte: Fotografado dos documentos de planejamento da Obra

Outra ferramenta empregada pela filosofia *Lean* e presente no escritório de engenharia do canteiro de obras é o gerenciamento visual, nesse caso como forma de controle do planejamento. A Figura 16 é a fotografia do projeto de fundações fixado na parede do escritório. Nele, as diferentes cores identificam os blocos concretados em momentos diferentes, relacionando-as com os lotes de concretagem especificados na legenda no canto inferior esquerdo. A separação da planta em lados A e B reflete a decisão tomada no plano de ataque da obra de dividi-la em duas frentes de trabalho. Essa ferramenta permite que

todos os envolvidos estejam familiarizados com o desenvolvimento da obra de forma simples e direta.

Outro aspecto identificado na reunião foi o envolvimento de toda equipe de administração da obra. A presença do encarregado da subempreiteira promoveu o comprometimento de sua equipe, uma vez que as decisões foram tomadas com a sua participação e aceitação. Além disso, em vários momentos, ele trouxe questões importantes a serem consideradas nas atividades futuras e baseadas na sua experiência, como disponibilidade de mão de obra e materiais, praticidade da execução na sequência proposta e desempenho dos materiais constituintes dos sistemas construtivos. Suas observações foram consideradas durante o planejamento da produção de curto prazo, o que promove a sua real aplicabilidade no canteiro. A presença do diretor da construtora também trouxe pontos importantes que foram considerados ao longo da discussão. Conhecimento adquirido em obras realizadas pela empresa anteriormente foram utilizados para a tomada de decisão. Questões financeiras também foram consideradas. A reunião teve duração aproximada de 30 minutos e foi possível a identificação do comprometimento de toda equipe com relação a sua importância e a aplicabilidade dos assuntos discutidos.

Figura 16 - Gerenciamento visual da execução dos blocos de fundação do edifício



Fonte: Fotografado dos documentos de planejamento da obra

Um ponto essencial para que a aplicação do *Lean* seja bem-sucedida nessa obra é a participação do setor de suprimentos da construtora. Antes do início das obras e durante a fase de planejamento preliminar, foi repassado para o setor de suprimentos as necessidades de recebimento de insumos pela obra, com as respectivas quantidades e as datas que os materiais deveriam ser entregues na obra para que a produção pudesse cumprir o planejado. A viabilidade da adoção desse plano para a logística dos materiais foi confirmada pelo setor de suprimentos, e, portanto, aceita por ele. Sendo assim, esse setor tem conhecimento prévio do andamento da obra e não precisa se basear apenas em informações pontuais fornecidas pela administração da obra em relação a necessidade de insumos. Esta é a aplicação do princípio de *shielding production* desenvolvido por Ballard e Howell (1997).

Para a execução do revestimento com argamassa de alguns ambientes do edifício, previsto no *lookahead* da obra, seria necessário a ampliação da equipe de pedreiros e serventes da subempreiteira presente na obra. Então, o setor de recursos humanos (RH) foi consultado sobre o prazo necessário para a contratação e documentação dos novos funcionários. O processo de integração desses funcionários precisaria ser efetuado em um curto prazo, devido a necessidade de mão de obra para executar as atividades de acordo com o plano. O RH, de posse dessas informações, confirmou que seria possível a contratação dos novos funcionários dentro do prazo solicitado.

Percebe-se a coordenação entre vários setores da empresa construtora para que a produção ocorra de acordo com o plano. O fluxo de informações entre setores pareceu eficiente e de grande importância para a solidez do planejamento da obra. Esses setores externos, por sua vez, devem desenvolver planejamentos próprios para responder a demanda dessa e de todas as outras obras de responsabilidade da construtora. O planejamento está, então, presente em todas as esferas da empresa, estando todas elas sujeitas a aplicação da mentalidade *Lean*, como é almejado pelo *Lean Thinking*, proposto por WOMACK e JONES (2004).

5. A Empresa estudada

Este capítulo tem como objetivo apresentar a Empresa estudada, seu histórico e características. Também apresenta como ocorre o processo de planejamento físico das obras em que atua e as opiniões dos funcionários da Empresa sobre problemas e dificuldades percebidas, que foram aferidas por questionários aplicados a cada funcionário.

5.1. Apresentação da empresa

A Empresa estudada atua no mercado da construção civil nacional há mais de 40 anos no gerenciamento de obras de edificações comerciais, industriais e logística, tendo construído mais de três milhões de metros quadrados. Oferece serviços que abrangem todo o ciclo de projeto e construção da obra como pré-projeto, projeto arquitetônico, gerenciamento da obra e acompanhamento de trâmites legais, e estendem-se à assistência técnica pós-obra.

No segmento comercial, a Empresa atua na construção de escolas, *malls*, centros comerciais, edifícios corporativos e restaurantes. Já nos segmentos industrial e logística, atua na construção de centros logísticos, plantas industriais e galpões industriais.

O escritório da empresa está localizado na região metropolitana de São Paulo, a 25 km da capital. Possui 22 funcionários diretos, aproximadamente 30 empreiteiros subcontratados, totalizando, em média, 300 funcionários terceirizados. Atualmente possui cinco obras em andamento na região metropolitana de São Paulo. O portfólio da empresa inclui a construção de empreendimentos que possuem a certificação LEED e ela já recebeu prêmios de referência empresarial e Prêmio Quality. A visão da empresa prioriza a inovação e a criação de valores, o que está representado no *slogan* que acompanha sua marca e é visto como um diferencial competitivo pela diretoria.

A principal característica da Empresa estudada é a utilização de métodos construtivos mais industrializados do que ocorre normalmente no mercado da construção civil. Os empreendimentos desenvolvidos pela empresa são, em sua grande maioria, constituídos de sistema estrutural pré-fabricado, como pré-

moldados de concreto e estruturas metálicas, sistemas de fechamento em *steel frame*, como *drywall* e placas cimentícias, pisos industriais de concreto e alta aplicação de concreto usinado. Esses métodos construtivos permitem o encurtamento do período de obras e entrega mais rápida ao cliente, o que é uma vantagem competitiva considerável, principalmente devido aos segmentos comercial e industrial em que atua. Por estar inserida nesses segmentos, os clientes são outra peculiaridade da empresa. Eles são, na maioria das vezes, investidores proprietários dos empreendimentos, e suas demandas e necessidades são diferentes do setor de edificações, assunto que é aprofundado no item 5.4.

5.2. Estrutura organizacional

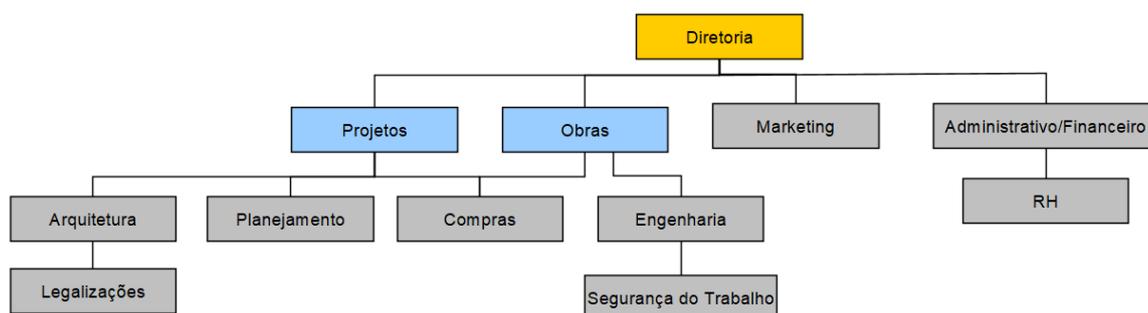
A estrutura organizacional da Empresa está indicada na Figura 17. As áreas de Projetos e Obras, identificadas em azul na Figura 17, são as que estão em contato direto com o desenvolvimento das obras. Elas são responsáveis por projetos; planejamento físico; soluções técnicas; aspectos legais; e suprimentos.

A estrutura da Empresa é funcional, ou seja, todas as áreas são responsáveis por todos os aspectos envolvidos em todos os projetos em desenvolvimento. As únicas equipes focadas em um único projeto são as residentes em obras, formadas por engenheiro residente, estagiário(s) de obra e técnico de segurança. Ainda assim, algumas obras não possuem engenheiros residentes, sendo que o engenheiro é responsável por mais de uma obra em andamento, tendo uma rotina rotativa de visita às obras pelas quais é responsável. Nesse caso, as atividades rotineiras de obra são de responsabilidade do(s) estagiário(s) de obra e são acompanhadas por um supervisor de obra.

A Empresa não possui um Sistema de Gestão da Produção (SGP) bem definido. Apesar de haver delimitação de funções para o gerenciamento da produção, tais como elaboração e atualização de cronograma e acompanhamento das frentes de serviços, essas funções nem sempre são exercidas de forma coordenada, muitas vezes devido à sobrecarga de atividades. As obras em andamento são planejadas e gerenciadas pelas áreas de Projetos e Obras, sendo maior a responsabilidade da área de Obras. Ou seja, não existe uma área específica

para planejamento. Ele é executado em conjunto por funcionários da área de Projetos e Obras, que formam a Equipe de Planejamento. Essas duas áreas ainda são responsáveis pelo setor de Compras, que é subordinado a elas. Dessa forma, suprimentos também são gerenciados por Projeto e Obras, sendo que o setor de Compras é responsável apenas pela aquisição dos insumos.

Figura 17 - Estrutura organizacional da Empresa estudada



Fonte: Elaborada pela autora com base em dados fornecidos pela Empresa.

Dentro da área de Projetos, existe a função de Planejamento, exercida por um(a) arquiteto(a), que trabalha em conjunto com o Coordenador de Obra em cada empreendimento desenvolvido. As informações e atualizações que a eles chegam partem das equipes de obra, por parte dos engenheiros e estagiários de obra, que são responsáveis também pela compatibilização do andamento da obra como o planejamento físico.

5.3. Desenvolvimento do planejamento físico

O planejamento físico de um empreendimento é definido por duas fases, com diferentes interesses para a Empresa. No primeiro momento, quando surge a oportunidade de desenvolvimento de um empreendimento, há a elaboração de um cronograma preliminar que é apresentado para o potencial cliente ainda na fase de apresentação da proposta. Esse cronograma preliminar é pouco detalhado, mas é coerente com o desenvolvimento do projeto e é utilizado, principalmente, para enriquecer a proposta feita ao cliente como um diferencial competitivo. Uma vez que o empreendimento foi atribuído à Empresa e a

contratação é firmada, o cronograma preliminar é utilizado como base para o planejamento físico do empreendimento a ser desenvolvido, sendo calibrado e detalhado pela Equipe de Planejamento e transforma-se no cronograma inicial da obra.

Os cronogramas são elaborados em um *software* desenvolvido especificamente para a Empresa. Nesse *software*, a análise financeira é automaticamente ligada com o planejamento físico, sendo gerados o cronograma físico, o cronograma físico-financeiro e o orçamento. Esse *software* permite o detalhamento do cronograma em vários níveis, bem como sua segmentação em períodos menores, sendo, assim, possível gerar os cronogramas trimestrais, mensais e semanais da obra.

O cronograma preliminar é elaborado pelo Diretor e Coordenador administrativo no momento da elaboração da proposta comercial. Esse cronograma é baseado no histórico das obras anteriores e na experiência do Diretor. Devido a padronização das obras executadas pela Empresa – edifícios comerciais com estrutura pré-moldada, fechamentos em *steel frame* etc. – já existe um cronograma base, a partir do qual o cronograma preliminar é elaborado. Além disso, informações como produtividade e *lead time* dos fornecedores são conhecidas.

O cronograma inicial, elaborado após o fechamento do contrato e antes do início da obra, é elaborado pelo Coordenador de Obras em conjunto com uma arquiteta da área de Projetos. Esse cronograma parte do cronograma preliminar e é calibrado, corrigido e detalhado, chegando ao número de níveis necessários a cada projeto específico. Diferentemente do cronograma preliminar, o cronograma inicial leva em consideração a disponibilidade financeira do cliente e suas demandas para a execução da obra. As atividades do cronograma inicial são enumeradas por elementos pertencentes a estruturação da edificação, como cercamentos provisórios, fundações, infraestrutura, alvenaria, divisórias, cobertura, esquadrias. O cronograma inicial não especifica os serviços a serem executados para que se atinja os elementos da edificação, por exemplo, escavação dos blocos de fundação, montagem das formas, montagem da

Figura 18 - Cronograma inicial de uma obra da Empresa

CRONOGRAMA DSM - REVISÃO 6

Id	% concluída	EDT	Modo da tarefa	Nome da tarefa	Duração	Início	Término	Predecessoras
1	48%	1	Tarefa	DSM	57 dias	Ter 04/10/16	Qua 21/12/16	
2	61%	1.1	Tarefa	PROJETOS	39 dias	Seg 10/10/16	Qui 01/12/16	
3	100%	1.1.1	Tarefa	ARQUITETÔNICO	37 dias	Seg 10/10/16	Ter 29/11/16	
4	100%	1.1.1.1	Tarefa	Pendências de Projeto OFFICEFLEX	37 dias	Seg 10/10/16	Ter 29/11/16	
5	100%	1.1.1.1.1	Tarefa	1) Guiçê (Divisória x Pano do Vidro) - Validada por Eduardo na Obra	36 dias	Seg 10/10/16	Seg 28/11/16	
6	100%	1.1.1.1.1.1	Tarefa	1) E-mail do Eduardo Destefane Liberando Guiçê (Eucaplaç x Pano do Vidro)	1 dia	Seg 28/11/16	Seg 28/11/16	6TT
7	100%	1.1.1.1.1.1.1	Tarefa	2) E-mail do Eduardo Destefane Liberando Vidro / Comunicador	2 dias	Seg 28/11/16	Ter 29/11/16	
8	100%	1.1.1.1.1.1.3	Tarefa	2) Vidro / Comunicador do 1º Pavimento - Validar	2 dias	Seg 28/11/16	Ter 29/11/16	8
9	100%	1.1.1.1.1.4	Tarefa	ELÉTRICA	39 dias	Seg 10/10/16	Qui 01/12/16	
10	35%	1.1.2	Tarefa	Layout Iluminação do Galpão e Docas - Falta Formalizar	3 dias	Ter 29/11/16	Qui 01/12/16	
11	70%	1.1.2.1	Tarefa	Layout Iluminação do Administrativo e Áreas Comuns - Falta Formalizar	3 dias	Ter 29/11/16	Qui 01/12/16	
12	70%	1.1.2.2	Tarefa	Tomadas - Falta Formalizar	18 dias	Qui 03/11/16	Seg 28/11/16	
13	90%	1.1.2.3	Tarefa	"REVISÃO"	0 dias	Seg 28/11/16	Seg 28/11/16	13
14	0%	1.1.2.4	Tarefa	Quadros de Iluminação - Alteração	4 dias	Ter 22/11/16	Sex 25/11/16	
15	0%	1.1.2.5	Tarefa	Orçamento	7 dias	Ter 22/11/16	Qua 30/11/16	
16	0%	1.1.2.6	Tarefa	Execução	24 dias	Seg 10/10/16	Qui 10/11/16	
17	0%	1.1.2.7	Tarefa	PROJETO LEGAL	28 dias	Seg 14/11/16	Qua 21/12/16	
18	41%	1.2	Tarefa	CORPO DE BOMBEIROS	28 dias	Seg 14/11/16	Qua 21/12/16	
19	41%	1.2.1	Tarefa	VISTORIA	1 dia	Seg 14/11/16	Seg 14/11/16	
20	100%	1.2.1.1	Tarefa					

Projeto: DSM - 30/11/16 - Rev. 6
Redigida: Arq. Claudia Vale
Validação: Eng. Roberto

Acúmulo de Resumo Manual
Resumo Manual
Somente início
Somente término
Data limite
Andamento

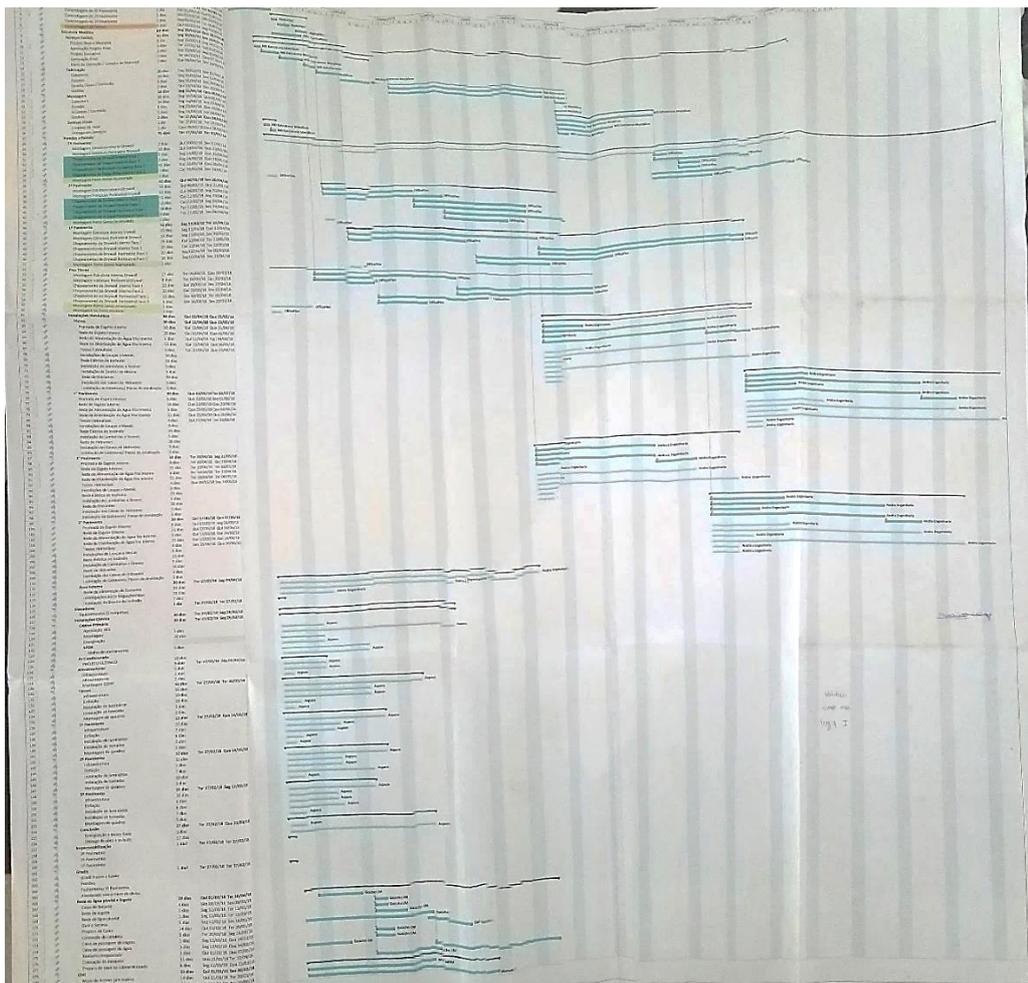
Página 1

Fonte: Empresa estudada.

armação etc. A Figura 18 exemplifica um cronograma inicial gerado pelo *software* relativo ao processo de desenvolvimento do projeto arquitetônico.

Apesar de o *software* permitir a “abertura” do cronograma em vários níveis, nem todas as informações chegam na obra. O cronograma físico enviado para a equipe de obra é um “cronograma macro” que, normalmente, inclui apenas um nível de detalhamento. A Figura 19 apresenta um cronograma típico utilizado na obra. Nele, as atividades estão restritas ao primeiro nível. Por exemplo, as atividades relacionadas às instalações hidráulicas no pavimento térreo estão descritas como “prumada de esgoto interno”, “rede de esgoto interno”, “instalações de louças e metais”, sem maior segmentação das atividades que permitam a sequenciação dos serviços.

Figura 19 - Foto de cronograma utilizado em uma obra da Empresa



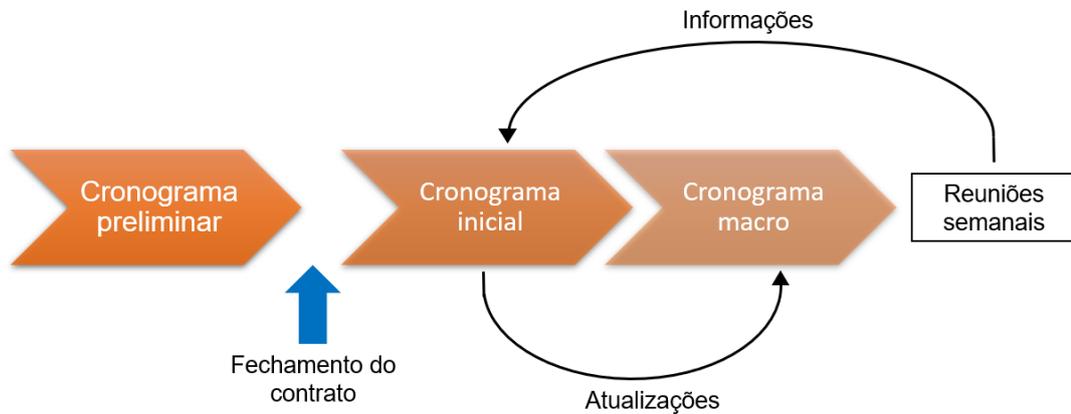
Fonte: foto capturada pela autora

Isso ocorre porque é de percepção da Direção que um cronograma detalhado pode atrapalhar o desenvolvimento da obra. Durante a entrevista com o Diretor da Empresa, ele pontuou que o detalhamento do cronograma pode ser um impeditivo para o fluxo de obra, uma vez que a atenção da equipe de obra volta-se ao cumprimento das atividades de acordo com o cronograma e não diretamente com a finalização dos serviços, o que pode causar que cada entrave na sequência dos serviços seja um impedimento para a sua finalização.

No entanto, em obras que são executadas paralelamente a atividades que não são de responsabilidade da Empresa, como atividades industriais em uma fábrica em ampliação, existe a necessidade de um cronograma detalhado para compatibilizar os serviços de construção com as atividades regulares em andamento. O cronograma físico enviado a obra é dividido em níveis referentes a cada empreiteiro e não, necessariamente, aos elementos da edificação, como o cronograma inicial. Ainda é de costume da empresa reduzir a extensão do cronograma que chega à obra em dois meses, em relação ao cronograma inicialmente planejado. Essa “folga” é utilizada para amortecer eventuais atrasos da produção, sem que sejam percebidos pelo cliente.

Uma vez iniciada a obra, surge a necessidade de atualização do cronograma físico. Essa atualização parte de reuniões semanais no canteiro, envolvendo a equipe de obra, a equipe de planejamento e, quando necessário, os empreiteiros. As informações e a situação da obra no momento são passadas para a equipe de planejamento, que, então, atualiza o cronograma no *software*. Esse ciclo está representado na Figura 20. Esse cronograma atualizado, no entanto, não é repassado para a equipe de obras, sendo de conhecimento apenas das equipes do escritório administrativo. Então, a equipe de obra continua a acompanhar o andamento da obra a partir do cronograma macro inicial.

Figura 20 - Fluxo do planejamento físico



Fonte: Elaborado pela autora.

5.4. Caracterização das obras estudadas

O escopo deste trabalho está limitado a duas obras nas quais a autora exerceu o período de estágio a partir de março de 2018. Ambas as obras são edifícios comerciais localizados em um bairro nobre da região metropolitana de São Paulo. A Empresa estudada foi contratada pela mesma incorporadora para executar as duas obras.

A Obra 1 é um edifício onde será operada uma escola particular. O projeto arquitetônico foi desenvolvido especificamente para esse uso. O edifício possui quatro andares (um térreo e três pavimentos), totalizando aproximadamente 6 mil metros quadrados de área construída. Sua estrutura foi do tipo pré-moldada de concreto, com fundações em estacas também pré-moldadas. Ao todo, o edifício possui 24 salas de aula, duas cozinhas, refeitório, sanitários, vestiários, quadra poliesportiva, terraço e outros cômodos destinados a professores e funcionários. A cobertura da quadra é de telhas pré-moldadas de concreto intercaladas com domos de acrílico. Nos demais ambientes do terceiro pavimento, a cobertura é composta por telhas metálicas do tipo sanduíche. O vão central é coberto por telhas de policarbonato transparente. A vedação externa é composta por placas pré-moldadas de concreto e placas cimentícias. As vedações internas são de *drywall*. Tanto a vedação em *drywall* quanto a em placas cimentícias foram executadas com montantes e guias de aço

galvanizado. Devido ao uso destinado a uma escola, houve grande preocupação com o desempenho acústico do sistema de vedação. Dessa forma, todas as vedações em *steel frame* são preenchidas com lã de rocha.

O início da Obra 1 ocorreu em novembro de 2017. A entrega do edifício para o cliente está prevista para o início de janeiro de 2019, apesar da obra estar em estágio bem avançado. As Figuras Figura 21 e Figura 22 ilustram os estágios da Obra 1 em janeiro de 2018 e novembro de 2018, respectivamente.

Figura 21 - Foto da Obra 1 em janeiro de 2018



Fonte: Fornecida por Daniel Leal

Figura 22 - Foto da Obra 1 em novembro de 2018



Fonte: capturada pela autora

Figura 23 - Foto da Obra 2 em março de 2018



Fonte: Fornecida por Daniel Leal.

Figura 24 - Foto da Obra 2 em novembro de 2018



Fonte: Fornecida por Daniel Leal

A Obra 2 é constituída basicamente pelas mesmas tipologias tecnológicas: estrutura pré-moldada de concreto, fundações em estaca pré-moldada, e vedações em *steel frame*. A cobertura também é formada por telhas pré-moldas de concreto em conjunto com domos acrílicos. Essa edificação é destinada para

o funcionamento de um *mall*, formado por 13 lojas e com área construída de aproximadamente 16 mil metros quadrados. Assim como a primeira obra, teve início em novembro de 2017. O término está previsto para novembro de 2019. Essa grande discrepância entre os prazos das duas obras ocorreu devido a disponibilidade da incorporadora e da prioridade dada à escola. Esse empreendimento foi executado em parceria com a empresa administradora da escola, portanto existe um prazo contratual estipulado pela administradora e que deve ser cumprido pela incorporadora. As Figuras Figura 23 e 24 mostram os estágios da Obra 2 em março de 2018 e novembro de 2018, respectivamente.

5.5. Resultado e Análise das Entrevistas

Os roteiros aplicados em entrevistas individuais tiveram como foco identificar os principais pontos problemáticos presentes nos processos de planejamento desenvolvido pela Empresa, os motivos para esses problemas, sua recorrência e o ponto de vista dos entrevistados sobre o ciclo da produção. Apesar dos entrevistados estarem inseridos em níveis hierárquicos e ambientes distintos dentro da Empresa, muitas respostas convergiram para as mesmas problemáticas e alguns pontos críticos foram apontados mais de uma vez. Existe a visão em comum de que o planejamento das obras não é eficiente.

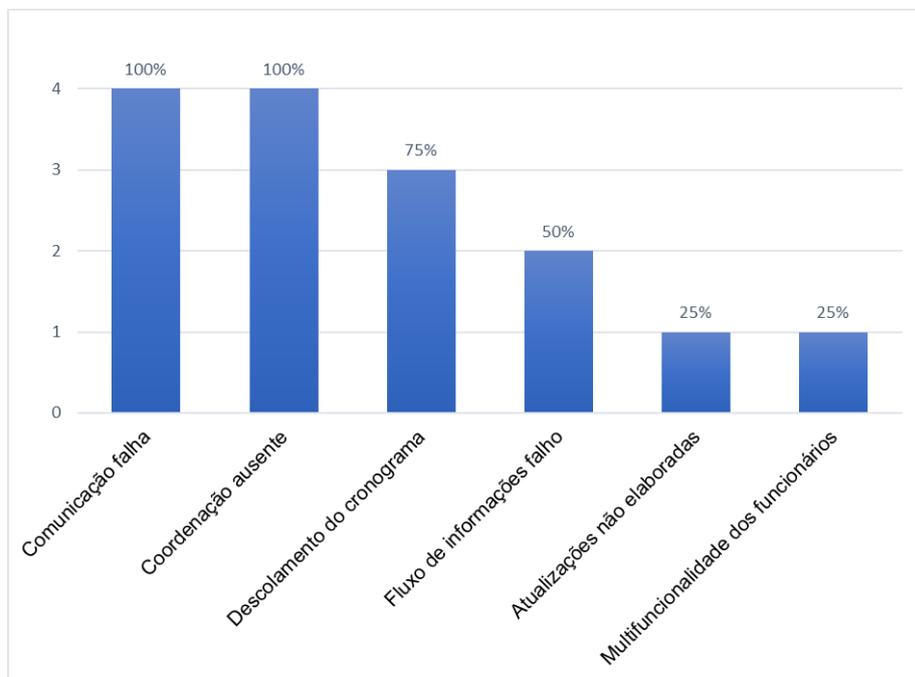
O Gráfico 1 exibe a frequência das respostas dadas como motivo para essa ineficiência. Os motivos indicados incluem:

- Comunicação falha;
- Falta de coordenação entre empreiteiros;
- Falha no fluxo de informação entre Obra e Compras;
- Multifuncionalidade dos funcionários;
- Descolamento entre cronograma e execução;
- Atualização do cronograma não é elaborada.

As respostas dadas como motivo para a ineficiência do planejamento por todos os entrevistados foram a comunicação falha entre os agentes envolvidos e a falta de coordenação entre os empreiteiros da obra. A comunicação falha envolve, principalmente, o fluxo de informações entre

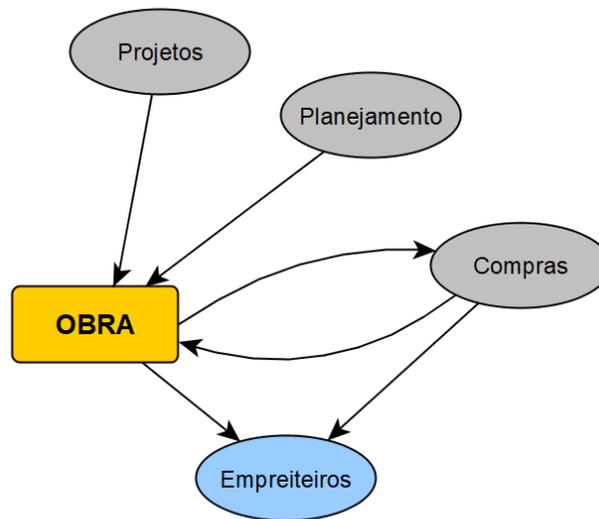
Obra e Compras. Os pedidos de materiais são muitas vezes passados para o setor de Compras com antecedência incompatível com o *lead time* dos fornecedores e o tempo de processamento pelo setor. Isso geralmente acontece por não haver um processo de previsão das atividades futuras a serem realizadas na obra no curto prazo. Assim, a necessidade de materiais e equipamentos para a execução dos serviços surgem com pouca antecedência. Dessa forma, muitas vezes a execução das atividades ficam dependentes do recebimento do material, gerando atrasos que podem afetar outras atividades e refletir no cronograma macro.

Gráfico 1 - Frequência das respostas à ineficiência do planejamento



Os fluxos de informações no ciclo de produção envolvem vários agentes, como representado na Figura 25. A obra recebe informações do setore de Projetos e da Equipe de Planejamento, tais como projetos dos diferentes sistemas, alterações no *design*, atividades previstas e prazos para execução. O fluxo entre Obra e Planejamento se inverte apenas para relatar os atrasos e as desconformidades para que os cronogramas sejam atualizados.

Figura 25 - Fluxos de informação no ciclo da produção



Fonte: elaborado pela autora.

A obra fornece informações para o setor de Compras quando surge a demanda por materiais, equipamento e mão de obra, informando as especificações e quantidades. O setor de Compras informa à Obra prazos para entrega dos insumos e contratação dos serviços. Existe uma estimativa de *lead time* de grande parte dos materiais devido à familiaridade dos fornecedores. Muitos fornecem materiais para a Empresa com frequência. Há ainda o fluxo de informações entre Compras e empreiteiros para contratação de equipes. A Obra também informa os empreiteiros quanto aos serviços, datas e dimensionamento das equipes. No entanto, não existem manuais de execução para a padronização dos serviços e parâmetros de qualidade.

A segunda resposta fornecida com maior frequência por todos os participantes foi a ausência de coordenação entre os empreiteiros atuantes nas obras. Muitas das equipes não trocam informações e os serviços são levados como processos independentes, e não como pertencentes a um fluxo de produção. Logo, cada empreiteiro não considera os clientes internos das atividades, gerando um desalinhamento entre as equipes. O principal motivo para esse desalinhamento é a falta de instruções, metas e prazos claros para os empreiteiros. Outro motivo provável é a forma de contratação dos funcionários. Muitos são remunerados por produção, tornando o ritmo de trabalho dessas equipes mais acelerado do que

ritmo das equipes cujos funcionários são pagos por hora de serviço, o que gera desarmonia na sequência das atividades.

Outra falha significativa no sistema de planejamento é o descolamento entre o que é previsto pelo cronograma e o que é executado em obra, como apontado por 75% dos participantes. O descolamento pode ocorrer por motivos diversos como a falta de materiais, equipamentos ou mão de obra, falta de informações ou projetos, atrasos nas atividades predecessoras, imprevistos e condições climáticas. Não existe uma ferramenta para registro de restrições e interferências, o que impossibilita averiguar os motivos mais recorrentes.

O cronograma da obra não é atualizado com a mesma frequência com que as desconformidades ocorrem, como apontado pelo Supervisor de Obra. Por isso, existem períodos em que não existe um planejamento do tempo coerente com a realidade e que pode ser seguido pela produção. O fluxo da produção torna-se pouco definido, encadeando novos atrasos e desconformidades. Uma das razões para não haver a atualização do cronograma com a frequência necessária é a multifuncionalidade dos funcionários, apontada pelo Coordenador de Obras. A equipe alocada no escritório da Empresa e destinada para o planejamento de obras é pequena, composta de três funcionários permanentes. No primeiro semestre de 2018, a Assistente de Orçamento e Planejamento retirou-se da empresa e, até o momento da elaboração deste Trabalho, não houve contratação para assumir esse cargo. Dessa forma, diante da quantidade de obras realizadas simultaneamente pela Empresa, a Equipe de Planejamento fica sobrecarregada de tarefas, mesmo quando o cargo de Assistente ainda era ocupado.

O Diretor e o Coordenador de Obras percebem a repetição dos problemas em todas as obras desenvolvidas pela Empresa. Não se percebe, no entanto, nenhum esforço para a correção desses problemas e eles são enxergados como característicos da construção civil.

Devido à característica comercial das obras, os clientes da Empresa são, em sua maioria, incorporadores e investidores. Por isso, de acordo com o Diretor e o Coordenador de Obras, não há a necessidade de alta qualidade. Uma obra

barata é prioridade, deixando a qualidade como aspecto secundário do valor agregado ao produto. A priorização do preço é ainda mais acentuada no cenário atual desacelerado da economia nacional. Em terceiro lugar, os clientes consideram o prazo como relevante.

Por último, quando questionados sobre os conhecimentos de *Lean Construction*, os quatro entrevistados responderam não estarem familiarizados com o termo.

6. Estudo das deficiências do processo de planejamento físico

Esse capítulo analisa as deficiências do processo de planejamento físico conduzido pela Empresa estudada e propõe ações corretivas para elas. Com base nessas ações, são propostas ferramentas que podem ser aplicadas ao processo de planejamento, a partir das quais se desenvolve o Modelo do Processo de Planejamento Físico no Capítulo 7.

6.1. Identificação das deficiências

Como diagnosticado por meio das entrevistas e percebido pela autora durante o período de estágio, o sistema de planejamento da Empresa não é eficiente, especificamente o planejamento físico. Essa ineficiência é resultado de uma série de deficiências dos processos de planejamento, que podem ser categorizadas como:

- Indisponibilidade de tempo de trabalho;
- Ausência de integração vertical do planejamento;
- Inexistência de um plano de médio prazo;
- Inexistência de um plano de curto prazo;
- Falta de envolvimento dos agentes da produção no planejamento;
- Controle informal da produção;
- Programação de insumos ineficiente;
- Informações ou instruções insuficientes.

6.1.1. Indisponibilidade de tempo de trabalho

Como comentado no Subcapítulo 5.5, o número de funcionários alocados no escritório da Empresa é pequeno, o que acarreta a multifuncionalidade desses funcionários. A Equipe de Planejamento, além de ser formada por apenas três pessoas em média (Arquiteta, Assistente de Planejamento e Orçamento e Coordenador de Obras), possui outras funções além de planejamento. A arquiteta, por exemplo, também ocupa função no setor de Projetos. A Assistente de Planejamento e Orçamento também se ocupa de atividades relacionadas à orçamentação. E o Coordenador de Obras é encarregado de visitar todas as obras semanalmente. Além disso, essa Equipe é responsável pelo planejamento

de todas as obras da Empresa. Dessa forma, esses funcionários não dispõem de tempo adequado para o desenvolvimento de um planejamento de qualidade, ou até mesmo para a manutenção dos processos de planejamento, como atualizações.

O Coordenador de Obras é responsável, em média, por cinco obras, além de algumas atividades administrativas. Devido à localização e a magnitude dessas obras, dificilmente existe tempo hábil para se dedicar a cada obra com frequência e em quantidade ideais. Pode ocorrer de o Coordenador não visitar determinada obra por mais de uma semana devido a complicações em outras obras. Nessa circunstância, a reunião semanal na obra não ocorre.

6.1.2. Ausência de integração vertical do planejamento

O processo de planejamento da Empresa não possui integração vertical devido à ausência de hierarquização dos planos. Os cronogramas desenvolvidos incluem apenas o nível de longo prazo. O cronograma enviado para obra abrange um longo período com atividades pouco detalhadas. No entanto, ele não é em nenhum momento fragmentado em planos menores de médio e curto prazo. Logo, torna-se difícil o detalhamento e o encadeamento das atividades e a percepção de restrições ou insumos necessários. Isso impede que as decisões operacionais se aproximem daquelas de longo prazo, causando frequente falta de aderência entre plano e produção. Essa frequência desmotiva a atualização do cronograma, principalmente devido a indisponibilidade de tempo dos responsáveis, levando até ao abandono do plano. Nesse caso, o detalhamento da produção futura torna-se difícil e o controle torna-se informal.

Além disso, a ausência de hierarquização do plano impede o planejamento adequado da produção. Como as metas das atividades delimitam períodos longos, a organização das equipes é difusa, e o empreiteiro encontra dificuldade para encadear e delimitar os trabalhos.

6.1.3. Inexistência de um plano de médio prazo

A inexistência de um plano de médio prazo acontece devido ao desconhecimento da importância desse tipo de plano pelos responsáveis pelo planejamento.

Devido a essa inexistência, torna-se difícil a identificação e remoção de restrições da produção, em tempo suficiente para evitar ou minimizar interferências no fluxo de trabalho, causando, muitas vezes, atrasos na execução dos serviços.

Além disso, a inexistência desse plano impossibilita a identificação da necessidade de materiais, equipamentos ou mão de obra em tempo compatível com o *lead time* dos fornecedores ou os processos do setor de Compras. Assim, é comum a interrupção do fluxo da produção devido a indisponibilidade de recursos. Essa situação ainda causa a necessidade de ações emergenciais para retomar o fluxo da produção, como o pedido de materiais com urgência ou a compra de materiais de distribuidores que possuam disponibilidade de pronta entrega, elevando o custo dos insumos.

6.1.4. Inexistência de um plano de curto prazo

Assim como acontece com o plano de médio prazo, não existe um plano de curto prazo, com horizonte de algumas semanas ou de uma única semana. Isso ocorre tanto pela ausência de hierarquização no processo de planejamento, quanto pela falta de disponibilização de tempo dedicado a isso. Apesar de, a princípio, ocorrerem reuniões semanais nas obras, elas são voltadas para o controle da produção e o levantamento das desconformidades, e não necessariamente para o planejamento do futuro da produção. Não existe, portanto, um cronograma que permita a identificação da interrelação entre as atividades e a sequenciação do fluxo de trabalho e que delimite metas de curto prazo.

Essa é a principal causa para a inexistência de coordenação entre os empreiteiros, citada pelos participantes das entrevistas. Como não há o “mapeamento” da produção, os serviços não são distribuídos e sequenciados dentro do canteiro de forma organizada e harmônica. Disso surge a incompatibilidade entre a execução dos serviços pelas diferentes equipes e a ausência de vínculo temporal entre atividades e suas predecessoras.

A ausência de metas de curto prazo também dificulta que cada empreiteiro programe a produção de sua equipe de forma compatível com os planos de longo

prazo. Quando a meta não é delimitada para um futuro próximo, a decisão tomada pelo empreiteiro pode interferir em outros serviços, impedindo a execução das atividades na sequência determinada pelo plano de longo prazo.

6.1.5.Falta de envolvimento dos agentes da produção no planejamento

O processo de planejamento da Empresa envolve apenas a equipe de Planejamento, que está alocada no escritório. Como comentado anteriormente, apesar de serem realizadas reuniões semanais nas obras, elas têm caráter de levantamento do trabalho realizado na semana anterior e das desconformidades com o plano. Não há, portanto, um momento destinado ao planejamento da construção que envolva os agentes da obra, como Engenheiros de Obra, Empreiteiros, Encarregados e Estagiário. Normalmente, as obras da Empresa não possuem mestre de obras, sendo essa função direcionada para o Engenheiro de Obra.

Dessa forma, é muito comum os planos se distanciarem da realidade da produção. Como não há interação com os empreiteiros, torna-se difícil a estimativa de ritmos de trabalho compatíveis com os ritmos reais da equipe.

Além disso, o conhecimento desses agentes alocados em campo deixa de ser trazido para o processo de planejamento. Logo, pode haver interdependência entre serviços, requisitos, métodos alternativos, entre outros aspectos que não são conhecidos pelos Planejadores e que poderiam ser apontados pelo empreiteiro responsável, por exemplo, trazendo maior confiabilidade para o plano.

Não envolver os agentes da produção no processo de planejamento também afeta o comprometimento deles com o plano. Quando as opiniões e os conhecimentos desses agentes não são agregados ao planejamento, podem surgir incoerências ou metas impossíveis de serem alcançadas. Dessa forma, a responsabilidade de respeitar o plano distancia-se desses agentes, pois em nenhum momento eles concordaram com o que é exigido pelos planos, que foram apenas repassados para eles.

6.1.6. Controle informal da produção

O controle informal é aquele que não utiliza indicadores referentes à produção no processo de planejamento, visando a realização de ações corretivas (BERNARDES, 2001). O processo de controle desenvolvido na empresa é baseado na troca de informações verbais entre os agentes da produção e a equipe de planejamento, geralmente, o Coordenador de Obras. Dessa forma, o controle limita-se a identificação da finalização das tarefas e do alcance de metas. Não existe o registro de índices relativos à produção. Também não existe um processo de registro de interferências ou restrições, que permitam a análise dos motivos para interrupção da produção.

Essa informalidade do controle traz as seguintes consequências ao processo de planejamento da Empresa:

- Dificuldade para o desenvolvimento de um processo de aprendizagem contínua para o planejamento, que possibilite a avaliação dos efeitos das decisões tomadas;
- Inexistência de uma base de dados para preparação de planos futuros e atualizações dos planos, como dados de produtividade, motivos mais comuns para interrupção do fluxo etc.;
- Dificuldade de se estabelecer metas mais realistas, já que não existem dados de referência das reais capacidades da produção;
- Uma vez que não existe o registro de causas para a interrupção do fluxo de trabalho ou para a desconformidade da produção, torna-se difícil o estudo dessas causas para a tomada de ações corretivas e como aprendizado para o planejamento futuro;
- Dificuldade da avaliação adequada da qualidade dos planos desenvolvidos.

6.1.7. Programação de recursos ineficiente

A ineficiência da programação de insumos necessários para a produção é uma deficiência percebida pelo Diretor e Coordenador de Obras, que também pode

ser claramente percebida nas obras devido às consequências significativas dessa deficiência. É comum a interrupção do fluxo da produção devido a indisponibilidade de insumos, gerando atraso dos serviços. A ineficiência dessa programação está relacionada a dois fatores: o fluxo de informações entre Obra e Compras é falho e não existe uma metodologia de previsão de insumos necessários.

Devido a inexistência de planos de médio prazo que possibilitem o estudo de restrições, torna-se difícil a percepção da necessidade de insumos com antecedência compatível com o tempo necessário para o processo de compra e entrega de materiais ou aluguel de equipamentos. Dessa forma, os serviços podem ser interrompidos ou não executados na sequência mais eficiente. Em casos extremos, existe a necessidade de adquirir os insumos de forma emergencial, como contratar fretes especiais ou comprar materiais de fornecedores com preços maiores, o que acarreta maior custo à produção sem agregar maior valor ao produto.

Quando se trata de equipes para a execução de serviços, não planejar a contratação com antecedência deixa a produção sujeita à disponibilidade dessas equipes, trazendo grande imprevisibilidade ao fluxo.

A troca de informações entre Obra e Compras também acontece de forma pouco eficiente. A obra faz o pedido dos insumos para o setor de Compras assim que a necessidade é percebida. Uma vez que os insumos são adquiridos, o setor de Compras passa para a Obra os prazos de entrega. Logo, não existe a programação de insumos que coincida com o fluxo a produção. Alguns materiais podem ser entregues com muita antecedência em relação a sua utilização, gerando a necessidade de estocagem. Também pode ocorrer que o prazo para as entregas ultrapasse a data programada para a execução dos serviços, sendo necessário o replanejamento desses serviços.

Outro ponto que é afetado pela ausência de previsão dos insumos necessários em tempo hábil é a quantidade de produtos solicitados para o setor de Compras. Por exemplo, o mesmo material pode ser solicitado em momentos diferentes porque não houve a previsão da necessidade ou da quantidade adequada.

Dessa forma, materiais que poderiam ser adquiridos em lotes maiores, diminuindo o preço unitário, são solicitados em momentos separados.

6.1.8. Informações ou instruções insuficientes

A insuficiência de informações ou instruções, algumas vezes, só é percebida no momento de execução dos serviços. Isso acontece porque, devido à inexistência de um processo de levantamento de restrições, não se percebe com antecedência que determinado projeto não foi enviado para a obra, ou que um projeto não contém todas as informações necessárias.

Nesse caso, a Obra entra em contato com o setor de Projetos para solicitar plantas, detalhes, esquemas, informações etc. Muitas vezes, é necessário aguardar o envio dos documentos impressos para a Obra, já que não existem impressoras ou computadores no canteiro.

6.2. Ações necessárias para correção das deficiências

Com o objetivo de suprir as deficiências comentadas anteriormente, certas ações e processos podem ser implementados nas obras da Empresa de forma sistemática, por meio da aplicação de métodos e ferramentas, que serão estudadas no Capítulo 7. Essas ações foram tomadas como diretrizes básicas para o desenvolvimento de um Modelo de Processo de Planejamento Físico.

6.2.1. Organizar o tempo de trabalho

A melhor organização do tempo do trabalho é proposta para possibilitar a elaboração de um planejamento de qualidade, por meio da reserva de horários pré-definidos para esse processo. Sugere-se que sejam agendados semanalmente horários exclusivos para o desenvolvimento do planejamento das obras, tanto pela Equipe de Planejamento, quando pela Equipe de Obra.

Sugere-se que se estipule um horário fixo para reuniões semanais na obra, que envolvam a equipe e o Coordenador de Obras. Para isso, é preciso identificar períodos da semana e do dia menos atarefados. Dessa forma, todos os envolvidos desenvolveriam maior compromisso com o processo de

planejamento. Além disso, um horário destinado para reuniões semanais evitaria que elas fossem substituídas por outras tarefas.

6.2.2. Adotar a integração vertical do planejamento

Propõe-se a integração do planejamento por meio do estabelecimento de planos que abranjam diferentes horizontes de tempo, com níveis de detalhamento adequados para os diferentes horizontes. Cronogramas detalhados já são elaborados pela empresa, mas não são repassados para as Obras. Então, sugere-se que o cronograma repassado para a Obra possua nível detalhamento suficiente para que, a partir dele, elaborem-se os planos de médio e curto prazo. Um cronograma de fases com mais de um nível de hierarquização seria o mais adequado, limitando-se ao detalhamento adequado a um plano de longo prazo, no tangente às incertezas da produção. Uma vez que a Equipe de Obra tenha acesso ao plano de longo prazo detalhado, ela poderia elaborar os planos de médio e curto prazo

6.2.3. Adotar um plano de médio prazo

O plano de médio prazo auxilia na eliminação de restrições e no levantamento de insumos em tempo adequado. Ele também permite a identificação das informações necessárias para a execução dos serviços, como projetos. Além disso, permite a identificação da dependência entre as atividades. É a partir do plano de médio prazo que se elabora o plano de curto prazo, pois ele permite identificar as tarefas que podem ser executadas no futuro próximo.

O plano de médio prazo deve se estender por um período de tempo em que ainda seja possível garantir um baixo nível de incerteza da produção, com o horizonte limitado a algumas semanas. No entanto, deve abranger horizonte maior e detalhamento menor que o plano de curto prazo.

6.2.4. Adotar um plano de curto prazo e sistematizar a sua elaboração

A adoção de um plano de curto prazo que abranja a produção imediata permite a coordenação dos empreiteiros na obra, destaca a interrelação das atividades e permite que o controle da produção seja mais preciso. Por meio de um plano

de curto prazo, é possível orientar a produção de forma que o fluxo de trabalho seja mais eficiente.

A elaboração do plano de curto prazo deve envolver os agentes da produção, em conjunto com o Coordenador de Obras. Seu desenvolvimento deve ser sistematizado por meio de ferramentas que serão estudadas no Capítulo 7. A sua elaboração deve ser frequente e coerente com a capacidade da produção.

6.2.5. Envolver os agentes da produção no processo de planejamento

O envolvimento dos agentes da produção (Engenheiro de Obra, Supervisor de Obra, Empreiteiros, Estagiário) na elaboração dos planos de médio e curto prazo é importante, pois esses agentes detêm informações de grande proveito para um plano coerente com a produção. Além disso, como já discutido, esse envolvimento acarreta maior comprometimento desses agentes com o plano.

6.2.6. Adotar ferramentas de controle da produção

O controle da produção deve evoluir para o uso de ferramentas e índices que permitam a efetiva avaliação do desempenho da produção e da qualidade do planejamento, como, por exemplo, avaliações semanais da aderência da produção ao plano. Registro de interferências também auxiliam na avaliação do desempenho da produção e são base para o aprendizado contínuo do planejamento.

6.2.7. Sistematizar a programação de recursos

Visto que as obras solicitam recursos conforme suas necessidades de curto prazo, a ineficiência da programação dos recursos pode ser corrigida por meio da sua sistematização. Para isso, a programação deve estar integrada ao processo de planejamento, de forma que seja possível solicitar recursos de acordo com as metas de produção.

A elaboração de planos de médio prazo permite que a identificação dos recursos necessários seja feita com o tempo suficiente para o processamento pelo setor de Compras e pelos fornecedores. Uma vez que os recursos sejam identificados,

sua solicitação é enviada para o setor de Compras juntamente com as datas nas quais os recursos seriam necessários. A partir disso, o setor de Compras pode programar a aquisição dos insumos para que eles sejam entregues na obra em tempo hábil para sua utilização e sem que fiquem estocados por longos períodos. Isso é possível, pois o setor de Compras já possui certo conhecimento do *lead time* dos fornecedores e o sistema informatizado utilizado para as aquisições fornece estimativas de prazos de entrega com certo grau de confiança.

6.2.8. Aumentar a transparência da produção

Aumentar a transparência da produção significa disponibilizar informações (projetos, planos, índices etc.) de forma acessível por todos os envolvidos no projeto, especialmente os agentes da produção. Quando o empreiteiro, por exemplo, tem fácil acesso às informações, os serviços ficam menos sujeitos a erros de execução e retrabalhos. Além disso, disponibilizar informações como desenhos e planos pode ajudar na padronização dos trabalhos.

Quando todos os agentes têm acesso a dados de avaliação da produção, o processo de aprendizado tem um alcance maior dentro do ciclo de produção, e a melhoria contínua estende-se a todos os envolvidos. As equipes que têm acesso a dados de produtividade, por exemplo, possuem meios para implantar e avaliar os próprios processos e, dessa forma, desenvolvê-los.

7. Proposição de um Modelo do Processo de Planejamento

Físico

As ações propostas para a correção das deficiências do processo de planejamento físico podem ser tomadas a partir da adoção de ferramentas e métodos que sistematizem esse processo. Essa sistematização resulta em um modelo de planejamento que deve ser respeitado pela Equipe de Obra. As ferramentas propostas são:

- *Lookahead*;
- Planejamento da Produção Semanal (PPS);
- Índice PPC;
- Registro de interferências;
- Desenho do Processo de Produção (DPP).

O modelo proposto por este trabalho envolve apenas os processos a serem desenvolvidos nas obras, ou seja, o planejamento direto da produção e a interação entre os setores Obras e Planejamento. Logo, ele exclui da análise os processos adotados exclusivamente dentro dos setores de Planejamento e Compras, alocados no escritório da Empresa. No entanto, isso não significa que esses processos não sejam passíveis de melhoria, eles apenas não são parte do escopo deste trabalho.

O principal objetivo da adoção desse modelo é a aplicação dos conceitos de *Lean Construction* ao processo de planejamento físico da Empresa. Por isso, ele é baseado no *Last Planner System*, com exceção da ferramenta Desenho do Processo de Produção, que não pertence a essa técnica como desenvolvida por BALLARD (2000). Ele permite que princípios como fluxo de valor, fluxo da produção, puxar e perfeição sejam incorporados ao processo de planejamento e à produção. O Quadro 4 mostra as ações tomadas para a correção de cada deficiência, quais ferramentas serão aplicadas para cada ação e quais princípios de *Lean Construction* estão envolvidos.

De acordo com Formoso (apud KALSAAS, 2015), múltiplas publicações focam no sucesso do LPS e é indicado que o sucesso da aplicação desse método está relacionado com a forma com que ele gerencia o comprometimento. No entanto, aconselha-se contra a tendência de igualar *Lean Construction* a implementação do LPS unicamente.

Quadro 4 - Relação entre deficiências, ações, ferramentas e princípios adotados no Modelo proposto

Deficiência	Ação	Ferramenta	Princípio
Indisponibilidade de tempo de trabalho	<ul style="list-style-type: none"> Organizar o tempo de trabalho Reuniões semanais 	--	--
Ausência de integração vertical do planejamento	Adotar integração vertical do planejamento	--	--
Inexistência de um plano de médio prazo	Adotar um plano de médio prazo	<i>Lookahead</i>	Fluxo
Inexistência de um plano de curto prazo	Adotar um plano de curto prazo sistematizado	Planejamento da Produção Semanal	Fluxo
Falta de envolvimento dos agentes da produção no planejamento	Reuniões semanais nas obras com a participação dos agentes da produção	<i>Lookahead</i> ; Planejamento da Produção Semanal	Perfeição
Controle informal	Adotar ferramentas de controle da produção	Índice PPC; Registro das interferências	Perfeição
Programação de recursos ineficiente	Sistematizar a programação de recursos	<i>Lookahead</i>	Puxar
Informações ou instruções insuficientes	Aumentar a transparência da produção	Desenho do Processo de Produção	Fluxo de valor Transparência

Fonte: elaborado pela autora.

7.1. Proposição de Ferramentas

A adoção do *Last Planner System* como técnica para o processo do planejamento físico pode ser resumida em quatro componentes principais (FOSSE e BALLARD, 2016):

- Planejamento: seções de planejamento puxado envolvendo participantes relevantes do projeto para criar um plano baseado em necessidades das equipes.

- *Lookahead*: foco em preparar tarefas para execução nas semanas seguintes e na resolução proativa de problemas.
- Checagem: avaliar a aderência da produção ao plano e identificar as causas das desconformidades, comparando o que foi executado com o que foi planejado.
- Aprendizado: análise da aderência e das causas promove a interpretação da confiabilidade dos planos e permite a implementação de medidas contra os problemas sistemáticos que levam a não finalização das tarefas.

Esses componentes são aplicados por meio de ferramentas que sistematizam o processo de planejamento. Essas ferramentas são apresentadas neste Capítulo.

As ferramentas propostas são para aplicação no ambiente das obras. No entanto, o primeiro componente, “planejamento”, como descrito por Fosse e Ballard (2016), está relacionado os processos que são desenvolvidos no escritório da Empresa pela Equipe de Planejamento para a elaboração dos planos de longo prazo, como o cronograma de fases. Dessa forma, as ferramentas propostas englobam majoritariamente os outros três componentes citados.

7.1.1. *Lookahead*

O processo de *lookahead* envolve a elaboração de um plano de médio prazo, abrangendo um horizonte de, geralmente, cinco semanas, além da semana em curso. Sua principal função é modelar o fluxo e ritmo de trabalho, igualando fluxo à capacidade, por meio do gerenciamento de restrições. Um plano *lookahead* inclui: lista de atividades, períodos de execução das atividades e necessidades.

O Quadro 5 exemplifica um quadro de *lookahead*. A coluna de atividades lista todas as atividades previstas para as semanas subsequentes que foram selecionadas do plano de longo prazo durante a reunião semanal na obra. Acima de cada atividade, identifica-se a equipe responsável pela sua execução. A cada reunião, uma semana é adicionada à linha do tempo. As atividades que não possuem restrições e podem ser executadas na semana seguinte são movidas para o PPS. Caso alguma atividade que tenha sido inicialmente planejada para

execução na semana seguinte ainda possua restrições, ela é mantida no quadro de *lookahead*.

As colunas referentes às cinco semanas são divididas em dias trabalháveis da semana e identificadas pela data correspondente à segunda-feira ou ao primeiro dia útil da semana. Cada atividade é relacionada a um período de execução marcando-se um X nos espaços correspondentes aos dias.

Quadro 5 - Exemplo de um cronograma *lookahead*

Nome do Projeto		5 SEMANAS LOOKAHEAD															NECESSIDADES									
ATIVIDADE	19/11/18					26/11/18					3/12/18					10/12/18					17/12/18					
	S	T	Q	Q	S	S	T	Q	Q	S	S	T	Q	Q	S	S		T	Q	Q	S	S	T	Q	Q	S
<i>Equipe:</i>																										
Atividade 1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X											Materiais na obra	
Atividade 2											X	X	X											Projeto do sistema		
Atividade 3															X	X	X						Materiais na obra			
<i>Equipe:</i>																										
Atividade 1	X	X	X																						Materiais na obra	
Atividade 2						X	X	X	X	X	X															Atividade X finalizada
Atividade 3											X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				Escolha do acabamento	
<i>Equipe:</i>																										
Atividade 1															X	X	X	X	X	X					Contratação de empreiteiro	
Atividade 2																X	X	X	X	X					Contratação de empreiteiro	
Atividade 3																				X	X	X	X	Contratação de empreiteiro		

Fonte: adaptado de BALLARD (2000).

A última coluna lista as necessidades para a execução de cada atividade levantadas durante a análise de restrições, como os insumos e informações necessários e finalização de atividades predecessoras.

Após serem selecionadas no plano de longo prazo, as atividades são sujeitas à análise de restrições. Essa ferramenta envolve listar todas as restrições de uma atividade e atribuir *status* a elas. As restrições podem ser de diferentes tipos, como contrato, *design*, materiais, pré-requisitos, espaço, equipamentos, mão de obra e outras restrições específicas. O Quadro 6 exemplifica um quadro de análises de restrições. As restrições que foram removidas são atribuídas com o

status “OK” e sua célula correspondente é preenchida com a cor verde. As células referentes as restrições pendentes são preenchidas com a cor vermelha. Esse processo permite o controle visual das restrições. As restrições com *status* negativo são mostradas na coluna de necessidades do *lookahead*, e devem ser eliminadas em tempo para a execução da atividade. Se o planejador não tiver certeza de que isso pode ser feito, essa atividade é retardada para outra semana.

Quando todas as restrições forem removidas, a atividade pode ser movida para o PPS. Esse processo permite a triagem das atividades que podem ser de fato executadas na semana seguinte, atribuindo maior confiabilidade ao plano da produção. De forma resumida, o *lookahead* gera uma reserva de atividades para o Plano de Produção Semanal.

Quadro 6 – Quadro de análise de restrições

ATIVIDADE	Início	Contrato	Design	Materiais	Pré-requisitos	Espaço	Mão de obra	Outros
Atividade 1	DD/MM/AA	OK	ARQ – 01	PENDENTE	OK	OK	PENDENTE	--
Atividade 2	DD/MM/AA							
Atividade 3	DD/MM/AA							
Atividade 4	DD/MM/AA							

Fonte: adaptado de BALLARD (2000).

7.1.2.Plano da Produção Semanal

A partir do *lookahead*, elabora-se o Plano de Produção Semanal (PPS), selecionando as atividades que estão livres de restrições e, portanto, podem ser executadas na semana seguinte. Esse processo é repetido nas reuniões semanais na obra.

A primeira semana apresentada no quadro do *lookahead* é adotada no PPS. Para isso, todas as restrições dessa semana devem ter sido removidas. Caso alguma atividade ainda possua restrições, atividades alternativas podem ser selecionadas de outras semanas do *lookahead*, dependendo do julgamento da equipe planejadora.

O PPS é ilustrado em um quadro semelhante ao *lookahead*, abrangendo apenas uma semana. Nele, são identificadas as atividades, os respectivos responsáveis e os dias das semanas em que serão executadas. O Quadro 7 exemplifica a apresentação de um PPS.

Quadro 7 - Plano da Produção Semanal

ATIVIDADE	RESPONSÁVEL	dd/mm	dd/mm	dd/mm	dd/mm	dd/mm	Status	Motivo
		S	T	Q	Q	S		
Atividade 1	Empreiteiro 1	X	X					
Atividade 2	Empreiteiro 1			X	X	X		
Atividade 3	Empreiteiro 2	X	X	X	X	X		
Atividade 4	Empreiteiro 3	X	X	X				
Atividade 5	Empreiteiro 3		X	X	X	X		

Fonte: elaborado pela autora.

No PPS, acrescenta-se duas colunas referente ao *status* da atividade e aos motivos. Durante a reunião semanal, as atividades realizadas na semana anterior são analisadas. Se a atividade tiver sido cumprida de acordo com o plano, ela recebe o *status* de “cumprida”. Caso alguma atividade não tenha seguido o plano, o motivo para esse desvio é escrito na coluna de motivos.

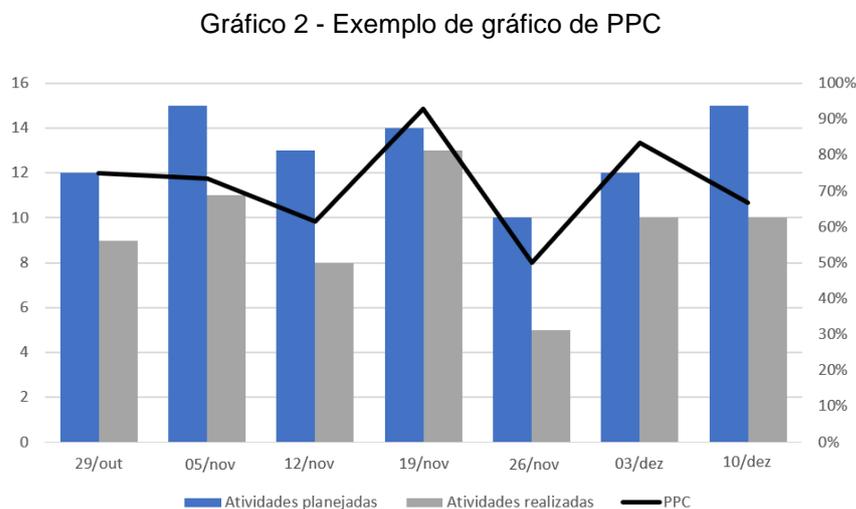
O PPS deve ser exposto em local que possa ser facilmente acessado por todos os funcionários, de preferência em um quadro localizado em algum ponto do canteiro de obra. Isso permite que as equipes se mantenham atualizadas em relação ao plano.

7.1.3.Índice PPC

O *Percent Plan Complete* (PPC) é um indicador da confiabilidade do plano da produção. Ele é calculado pela razão entre o número de atividades cumpridas e o número total de atividades programadas no PPS, expresso em porcentagem. Esse índice é calculado semanalmente para cada semana anterior.

Os PPC coletados para cada semana são plotados em um gráfico. Isso permite melhor visualização da confiabilidade do plano. A partir do histórico de PPC, é possível calcular o PPC médio para a avaliação do grau de aderência da produção aos planos. O Gráfico 2 apresenta um exemplo genérico de uma série

de PPC plotada em um gráfico de barras, onde as barras expressam as quantidades de atividades e a linha indica a tendência do PPC.



Fonte: elaborado pela autora.

7.1.4.Registro das interferências

As desconformidades da produção com o plano são quantificadas pelo índice PPC. No entanto, essa quantificação não é suficiente para um processo de aprendizado contínuo de qualidade. A análise de aderência da produção é complementada pelo registro de interferências, que destacam os motivos mais comuns de falhas na produção. A partir disso, é possível formular soluções para a redução da frequência de ocorrência dessas causas.

Os motivos para que as atividades não tenham sido completadas apontados no quadro do PPS são compilados em um quadro contendo a quantidade de ocorrências e sua frequência, como exemplificado genericamente no Quadro 8. Assim como no gráfico de PPC, as informações das diferentes semanas são armazenadas em uma única tabela para que a análise dos motivos seja feita com base em uma amostra significativa.

Apesar de os motivos apontados no PPS durante as reuniões semanais serem de diversas naturezas, ao serem transportados para a tabela de motivos, eles devem ser classificados em uma categoria. Os motivos podem ser classificados como mão de obra, plano, empreiteiros, materiais, projetos, condições

climáticas, equipamentos e pré-requisitos. Motivos relacionados à mão de obra incluem ausência de funcionários e produtividade abaixo do esperado. Deficiências do plano, como metas incoerentes e sequenciamento inadequado, são exemplos de motivos relacionados ao plano. Quantificação insuficiente de materiais, defeitos em equipamentos, erros ou incompatibilidades de projetos e chuva são outros exemplos de motivos a serem contabilizados na tabela.

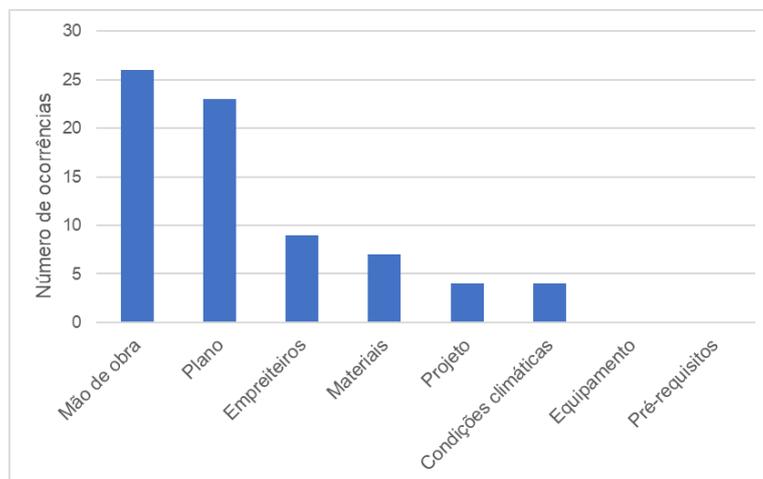
Quadro 8 - Quadro de motivos para desconformidades da produção

Motivo	Qtde.	%
Mão de obra	26	36%
Plano	23	32%
Empreiteiros	9	12%
Materiais	7	10%
Projeto	4	5%
Condições climáticas	4	5%
Equipamento	0	0%
Pré-requisitos	0	0%
TOTAL	73	100%

Fonte: adaptado de KALSAAS (2015).

Os valores apresentados na tabela são ordenados de forma decrescente. A partir desses dados, gera-se um diagrama de Pareto dos motivos, como ilustrado na Figura 26. Os motivos mais frequentes são aqueles que necessitam maior atenção durante o processo de planejamento. No exemplo do Quadro 8, mão de obra foi apontado como o principal motivo para a desconformidade da produção. Logo, na elaboração de planos futuros, aspectos que tangem a mão de obra, como número de funcionários, frequência de ausências, entre outros, devem ser cuidadosamente considerados.

Figura 26 - Diagrama de motivos para desconformidade da produção



Fonte: elaborado pela autora

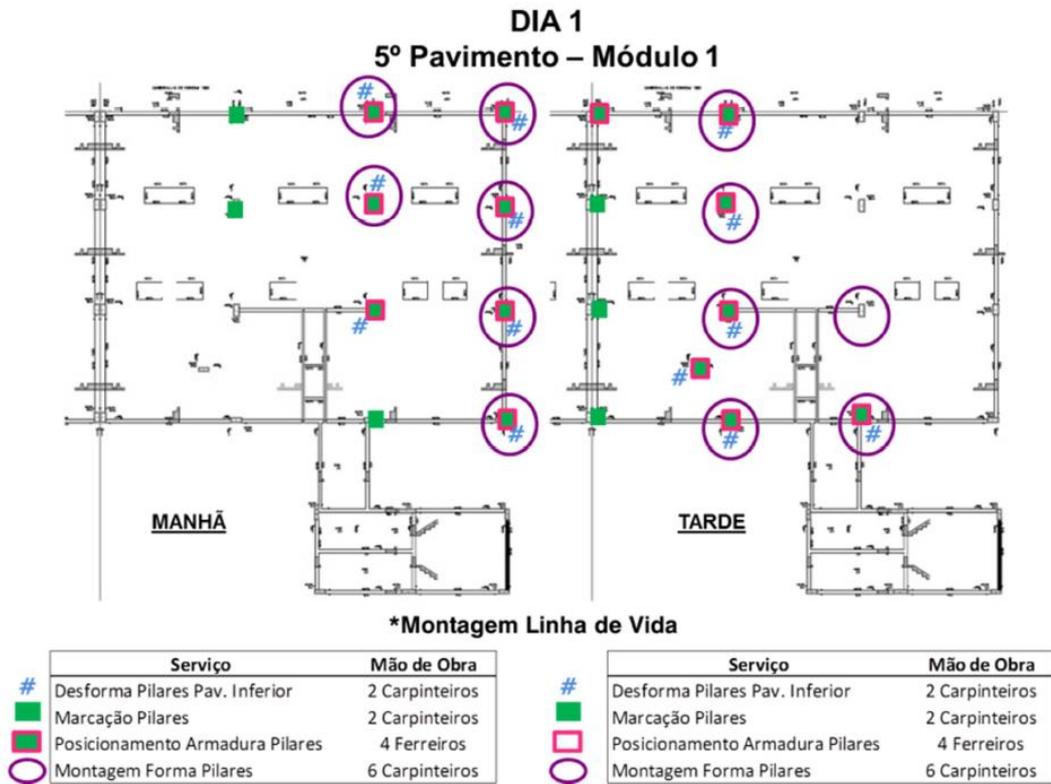
7.1.5. Desenho do Processo de Produção

O Desenho do Processo da Produção (DPP) é uma ferramenta de caráter visual. Seu objetivo é detalhar a execução das atividades e proporcionar maior compreensão por parte dos empreiteiros e funcionários. O DPP permite identificar as atividades que serão executadas em cada local do canteiro de obras. A sua elaboração exige que o fluxo da produção seja desenhado, levando a soluções mais eficientes.

Com a utilização do DPP, é possível identificar o que deve ser executado, quantos e quais funcionários devem estar trabalhando em determinada área, além de permitir a tomada de ação dia-a-dia (CHIRINÉA, 2018). A Figura 27 exemplifica um DPP utilizado para o planejamento da execução da estrutura de um edifício. Ao contrário das ferramentas PPC e análise de interferências, o DPP é uma ferramenta que se encarrega do controle futuro da produção, atribuindo proatividade ao processo de planejamento.

O DPP é elaborado a partir da locação dos serviços na planta do edifício por meio de formas geométricas que são identificadas em uma legenda. Ele deve ser exposto de forma que todos os envolvidos na produção tenham fácil acesso para sua visualização.

Figura 27 - Exemplo de DPP

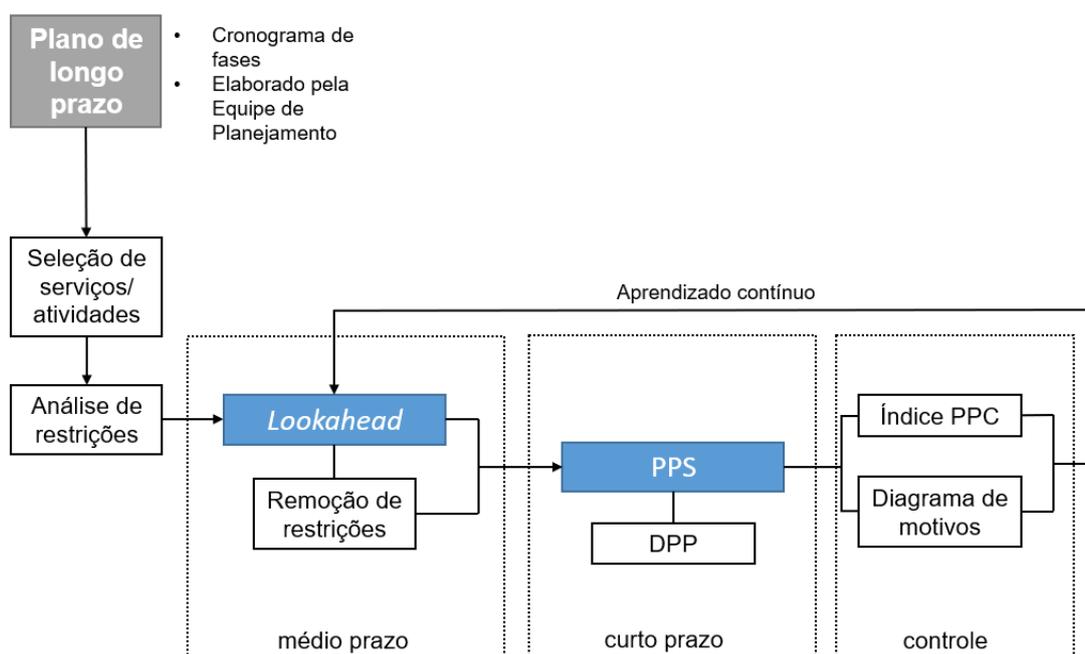


Fonte: CHIRINÉA (2018).

7.2. Modelo do Processo de Planejamento Físico

O Modelo do Processo de Planejamento Físico obtido por meio da implantação das ferramentas sugeridas está representado na Figura 28. Ele está dividido nas etapas de planejamento de longo, médio e curto prazo e controle. O planejamento de longo prazo é elaborado pela Equipe de Planejamento, que fica alocada no escritório da Empresa. Essa equipe é formada pelo Coordenador de Obras, uma Arquiteta e um Assistente de Planejamento e Orçamento. Eventualmente, o Diretor participa da elaboração desse planejamento. Os processos envolvidos nessa etapa não são discutidos neste trabalho, mas também são passíveis de melhoria, como observado durante as entrevistas. O produto do planejamento de longo prazo é um plano de fases, que é enviado para Obra.

Figura 28 - Modelo de Processo de Planejamento Físico



Fonte: elaborado pela autora.

7.2.1. Elaboração do plano de médio prazo

A partir do plano de fases, o plano de médio prazo é elaborado pelos agentes da produção em conjunto com o Coordenador de Obras, durante reuniões semanais realizadas nas obras. Esse plano tem horizonte de cinco semanas e exerce a função de vincular as metas estabelecidas no plano de fases às tarefas do plano de curto prazo. O seu produto é o cronograma *lookahead* (Quadro 5).

As etapas envolvidas na elaboração do plano de médio prazo são:

- (a) **Seleção de atividades:** as metas fixadas no plano de fases são detalhadas ao nível de pacotes de atividades, resultando em atividades. A equipe seleciona as atividades correspondentes às próximas cinco semanas que têm potencial para execução. Uma vez que o *lookahead* já foi elaborado, essa etapa engloba apenas a última semana a ser adicionada a ele.
- (b) **Coleta de informações:** as informações necessárias para a elaboração do quadro de *lookahead*, como recursos necessários, responsabilidades,

informações e projetos necessários são coletadas. No ciclo de elaboração do *lookahead*, essa etapa também envolve as informações coletadas pelas ferramentas de controle, que são analisadas e consideradas, em um processo de aprendizado contínuo.

- (c) Análise de restrições:** após a seleção de atividades, essas são sujeitas a análise de restrições, por meio do preenchimento do quadro de restrições (Quadro 6). As atividades livres de restrições, ou cujas restrições podem ser removidas a tempo para sua execução, de acordo com o julgamento da equipe, são adicionadas ao quadro de *lookahead*.
- (d) Análise do fluxo de trabalho:** as atividades selecionadas para o plano de médio prazo são analisadas em relação as suas interdependências e possíveis conflitos entre atividades. Ao serem adicionadas ao *lookahead*, elas devem promover o fluxo de trabalho da forma mais eficiente possível.
- (e) Difusão do plano de médio prazo:** após sua elaboração, o *lookahead* deve ser difundido para todos os envolvidos na produção, como a equipe administrativa da obra e empreiteiros. Aconselha-se que todos os envolvidos na produção participem da elaboração do *lookahead*, mas na impossibilidade dessa participação, o plano deve ser repassado a todos. Além disso, o *lookahead* deve ser enviado ao setor de Compras, constando dos devidos recursos necessários para as atividades planejadas, para que esse setor possa programar a aquisição dos recursos.
- (f) Remoção de restrições:** as restrições ainda existentes e indicadas no *lookahead* devem ser removidas para que as atividades possam ser transportadas para o PPS. Essa etapa inclui, contratação de mão de obra, coleta de informação, recebimento de materiais e projetos, finalização de atividades predecessoras, entre outras restrições.

7.2.2. Elaboração do plano de curto prazo

O planejamento de curto prazo visa orientar diretamente a execução da obra, por meio da seleção de atividades que serão executadas na semana seguinte e da atribuição dessas atividades às equipes responsáveis. O principal produto do planejamento de curto prazo é o Plano da Produção Semanal (Quadro 7), que é

acompanhado do Desenho do Processo de Produção (Figura 27). Esse planejamento também é desenvolvido semanalmente durante as reuniões na obra.

O seu desenvolvimento inclui as seguintes etapas:

- (a) Seleção de atividades:** as atividades a serem executadas na semana seguinte são selecionadas do *lookahead*. As restrições dessas atividades devem ter sido completamente removidas para a sua seleção. Essas atividades são alocadas no quadro do PPS, junto com os responsáveis pelas atividades.
- (b) Elaboração do DPP:** uma vez que as atividades para a produção da semana seguinte foram selecionadas, essas são ilustradas no DPP, por meio da sua alocação na planta do edifício e da distribuição dos funcionários. O DPP deve ser elaborado com base no fluxo da produção, considerando alocação de materiais, plano de ataque dos serviços e interferências entre as atividades.
- (c) Difusão do PPS e do DPP:** O PPS e DPP elaborados são difundidos para os agentes da produção, principalmente os empreiteiros. Aconselha-se que eles sejam expostos em um quadro que possa ser visualizado por todos os funcionários.
- (d) Registro das interferências:** as atividades que não puderam ser executadas de acordo com o PPS devem ser registradas, bem como os seus motivos, nas devidas colunas do PPS.

7.2.3. Controle da produção

O controle da produção tem a função de avaliar a aderência da produção aos planos de curto prazo. Ele permite a identificação da qualidade dos planos elaborados e retroalimenta o processo de planejamento, fornecendo informações que servirão de base para a melhoria contínua do planejamento e da produção.

As etapas do controle da produção envolvem:

- (a) Avaliação semanal da produção:** durante as reuniões semanais, a produção da semana anterior é avaliada por meio do estudo do PPS correspondente. Esse processo coleta informações, como:
- a. quantidade de tarefas planejadas;
 - b. quantidade de tarefas não realizadas;
 - c. motivos para a não realização das tarefas.
- (b) Cálculo do PPC:** a razão entre o número de tarefas não cumpridas e o número de tarefas planejadas resulta no PPC daquela semana. Esse valor é adicionado ao histórico de PPC, a partir do qual o gráfico de PPC é elaborado.
- (c) Análise das interferências:** os motivos para não realização das tarefas registrados no PPS são atribuídos a uma categoria de motivos, como citado no Item 7.1.4. A ocorrência desses motivos são contabilizadas e adicionadas ao Quadro de Motivos (Quadro 8). A partir desse quadro, é gerado o Diagrama de Motivos.
- (d) Difusão dos resultados:** as informações e dados coletados nessa etapa devem ser difundidos para todos os envolvidos. Esses resultados serão utilizados durante a elaboração do *lookahead*, como base para a realização de ações que visem diminuir a frequência das interferências na produção. No caso da ocorrência de desconformidades consideráveis que atinjam o plano de fases, elas devem ser repassadas para o setor de Planejamento, para que o plano de fases seja atualizado e reenviado para a Obra.

7.3. Resultados esperados

A implementação do Modelo do Processo de Planejamento Físico sugerido tem como objetivo sistematizar o planejamento da produção e, ao mesmo tempo, incorporar os princípios de *Lean Construction*. Esse modelo tem como principais produtos o plano de médio prazo, o plano de curto prazo e o controle da produção. A sua implantação pretende gerar os seguintes resultados:

- Produção de planos de médio e curto prazo sistematizada;
- Fluxo de informações otimizado entre os setores de Obra e Compras;

- Melhoria contínua do fluxo da produção, por meio das ferramentas de controle e aprendizado contínuo;
- Maior transparência do processo de planejamento;
- Maior envolvimento dos agentes da produção no processo de planejamento.

Os fundamentos para aplicação desse modelo são a redução de desperdícios e o aumento do valor do produto, conceitos principais na filosofia *Lean*. Logo, espera-se que sua incorporação promova os mesmos resultados gerados por essa filosofia: aumento da produtividade e redução de custos. Tais resultados devem trazer grande vantagem competitiva para a Empresa estudada, capacitando-a para a acirrada competição do mercado da construção civil atual.

Também se espera que a adoção desse modelo leve ao reconhecimento das vantagens da adoção da filosofia *Lean*, incentivando a expansão da adoção dessa filosofia para todos os âmbitos da Empresa.

8. Conclusões

O trabalho desenvolvido partiu do diagnóstico do processo de planejamento atualmente desenvolvido pela Empresa estudada. Como constatado pela autora durante o período de estágio, esse processo não era eficiente, pois diversas falhas no fluxo da produção foram causadas por planejamento insuficiente e falta de informações e recursos. Esse cenário foi comprovado durante as entrevistas com os integrantes da Empresa. É notável que até mesmo o Diretor julgou o processo de planejamento ineficiente. Notou-se também que essa ineficiência era interpretada como natural da construção civil, o que provavelmente está relacionado ao desconhecimento dos conceitos de *Lean Construction* por parte do Diretor e do Coordenador de Obras.

Como foi observado, o processo de planejamento da Empresa não envolvia a produção de planos de médio e curto prazo. Outras deficiências constatadas foram a indisponibilidade de tempo de trabalho, falta de envolvimento dos agentes da produção no processo de planejamento, controle informal, programação de recursos insuficiente e informações e instruções insuficientes.

Conclui-se, então, que o processo de planejamento físico atualmente adotado pela Empresa possui características que remetem ao pensamento tradicional da construção civil. A produção é interpretada como processos de conversão e o fluxo entre esses processos é praticamente ignorado. Isso acarreta certas características à execução de obras como grande variabilidade da produção, desperdícios de tempo causados pela programação ineficiente de insumos, tomada de decisões centralizadas, desconsideração dos diferentes agentes envolvidos na produção e redução de custos atrelado à qualidade inferior de produtos e serviços. Percebe-se, então, a necessidade de modernizar os processos de planejamento, alinhando-os aos princípios *lean*. O principal meio para essa modernização é a implementação de um Modelo do Processo do Planejamento Físico baseado no *Last Planner System*, como sugerido por esse trabalho.

A partir das deficiências constatadas, propôs-se ações corretivas a serem tomadas por meio da adoção de ferramentas que sistematizam o planejamento

físico da execução de obras. Essas ferramentas incluem a elaboração dos planos *lookahead* e Planejamento da Produção Semanal; a doção de índices de controle da produção, como o *Percent Plan Complete* e o registro de interferências; e o detalhamento da produção pelo Desenho do Processo de Produção.

Essas ferramentas vão de encontro dos princípios de *Lean Construction*, como verificado durante a revisão bibliográfica. Esses princípios incluem a identificação de valor e do fluxo de valor, a interpretação da produção como o conjunto de atividades de conversão e de fluxo, *pull planning* e perfeição. Assim, espera-se que os resultados da implementação do Modelo proposto levem às vantagens da adoção da filosofia *Lean*: aumento de produtividade e redução de custos.

No entanto, a implementação desse Modelo está longe de ser suficiente. Como comentado anteriormente, a adoção do LPS não pode ser igualada à adoção da filosofia *Lean Construction*. Essa adoção é tomada apenas como um ponto de partida. Assim como apontado por Ohno, a transformação deve partir daqueles que estão diretamente envolvidos com a produção, ou “de baixo para cima”. Sendo assim, torna-se lógico partir da modernização do planejamento da execução de obras, foco principal desse trabalho. Espera-se que adoção desse Modelo leve a Empresa a perceber as vantagens da adoção da filosofia *Lean*, servindo de incentivo para a extensão da sua implementação em todos seus ambientes, como visualizado por Womack e Jones (2004) por meio do *Lean Thinking*. Portanto, existe a abertura para o aperfeiçoamento de outros processos da Empresa, como o processo de planejamento desenvolvido pela Equipe de Projetos, e para a expansão da adoção da filosofia *Lean* para outros níveis.

REFERÊNCIAS

- ACKOFF, R. L. **A Concept of Corporate Planning**. John Wiley & Sons, INC. Estados Unidos da América. 1970.
- AHUJA, H. N.; DOZZI, S. P.; ABOURIZK, S. M. **Project Management: Techniques in Planning and Controlling Construction Projects**. Segunda Edição. John Wiley & Sons, INC. Estados Unidos da América. 1994.
- ARBULU, R.; ZABELLE, T. **Implementing Lean in Construction: How to Succeed**. International Group for Lean Construction Conference. 2006.
- BALLARD, G.; HOWELL, G. **Shielding Production: an Essential Step in Production Control**. Journal of Construction Engineering and Management. 1997.
- BALLARD, G.; KOSKELA, L.; HOWELL, G.; ZABELLE, T. **Production System Design in Construction**. International Group for Lean Construction Conference. 2001.
- BALLARD, H. G. **The Last Planner System of Production Control**. Tese de Doutorado. Universidade de Birmingham. Reino Unido. 2000.
- BERNARDES, M. M. S. **Desenvolvimento de um Modelo de Planejamento e Controle da Produção para Micro e Pequenas Empresas de Construção**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2001.
- BICHENO, J.; HOLWEG, M. **The Lean Toolbox: The Essential Guide to Lean Transformation**. Quarta Edição. PICSIE Books. Reino Unido. 2009.
- BULHÕES, I.; PICCHI, F. **Diretrizes para a Implementação de Fluxo Contínuo em Obras de Edificações**. Programa de Pós-Graduação da Engenharia da Produção – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2011.
- CANO, S.; DELGADO, J.; BOTERO, L.; RUBIANO, O. **Barriers and Success Factors in Lean Construction Implementation – Survey in Pilot Context**. International Group for Lean Construction Conference. 2015.

CARVALHO, L. S. **A Adoção de Princípios Lean pelo Setor da Construção Civil.** Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2013.

CHIRINÉA, M. L. B. **Redesenho do Sistema de Gestão da Produção em Empresa Construtora – Estudo de Caso com Foco no Planejamento Físico de Obra.** Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. 2018.

DE FILIPPI, G. A.; MELHADO, S. B. **Um Estudo Sobre as Causas de Atrasos de Obras de Empreendimentos Imobiliários na Região Metropolitana de São Paulo.** Universidade de São Paulo. 2015.

DE FILLIPI, G. **Método para Planejamento da Produção e Gestão de Prazos de Empreendimentos Imobiliários.** Tese de Doutorado. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. 2017.

DIEPENBRUCK, T. M. **Aprimoramento do Sistema de Gestão da Produção em Empresa Construtora Utilizando o Lean Thinking – Estudo de Caso.** Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. 2017.

FORMOSO, C. T. **A Knowledge Based Framework for Planning House Building Projects.** University of Salford. Tese de doutorado. 1999.

FOSSE, R.; BALLARD, G. **Lean Design Management in Practice with the Last Planner System.** International Group for Lean Construction Proceedings. 2016.

FRANCO, J. V.; PICCHI, F. A. **Lean Design in Building Projects: Guideline Principles and Exploratory Collection of Good Practices.** International Group for Lean Construction Conference. 2016.

HOWELL, G. A. **What is Lean Construction.** University of California, Berkley. International Group for Lean Construction Conference. 1999.

KALSAAS, B. T. **Work-Time Waste in Construction.** International Group for Lean Construction Proceedings. 2010.

KALSAAS, B. T.; BØLVIKEN, T. **The Flow of Work in Construction: A Conceptual Discussion.** International Group for Lean Construction Conference. 2010.

KALSAAS, B. T.; SKAAR, J.; THORSTENSEN, R. T. **Implementation of Last Planner in Medium Size Construction Site.** Annual Conference of the International Group for Lean Construction. 2015.

KOSKELA, L. **Application of the New Production Philosophy to Construction.** Stanford University. 1992.

KOSKELA, L. J.; LEINONEN, P. H. J. **Design Management in Building Construction: from Theory to Practice.** Journal of Construction Research. 2002.

KOSKELA, L. J.; ROOKE, J. A.; BØLVIKEN, T. **Which Are the Wastes of Construction?.** International Group for Lean Construction Proceedings. 2013.

Lean Construction Institute. <https://www.leanconstruction.org/about-us/what-is-lean-design-construction/>. Acesso em: 20/07/2018.

Lean Institute Brasil. <https://www.lean.org.br/o-que-e-lean.aspx#>. Acesso em: 10/07/2018.

LIMMER, C. V. **Planejamento, Orçamentação e Controle de Projetos e Obras.** LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora S.A. Rio de Janeiro. 1997.

MATTOS, A. D. **Planejamento e Controle de Obras.** Primeira Edição. Editora Pini Ltda. São Paulo. 2010.

McGRAW CONSTRUCTION. **Lean Construction – Leveraging Collaboration and Advanced Practices to Increase Project Efficiency.** 2013.

OHNO, T. **Toyota Production System.** Productivity Press, Cambridge. 1988.

PICCHI, F. A. **Oportunidades de Aplicação do Lean Thinking na Construção.** Revista Ambiente Construído. Porto Alegre. 2003.

Project Management Institute (PMI). Disponível em: <https://www.pmi.org/about/learn-about-pmi/what-is-project-management>. Acesso em 10/10/2018.

SCHMENNER, R. W. **The Merit of Making Things Fast.** Kelley School of Business, Indiana University. 1988.

SHINGO, S. **A Study of the Toyota Production System.** Productivity Inc. 1989.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. **A Mentalidade Enxuta nas Empresas.** 6ª Edição. Elsevier Editora. 2004.

ANEXO A

QUESTIONÁRIOS APLICADOS

Questionário A – Histórico e Cultura da Empresa
1) Quando a Empresa foi fundada?
2) Em que tipologias de obra atua?
3) Quais os serviços oferecidos pela Empresa?
4) Qual o tamanho médio dos empreendimentos?
5) Qual o número de projetos realizados?
6) Qual o número de obras em andamento?
7) A Empresa possui alguma certificação ou prêmio?
8) Quantos funcionários trabalham na Empresa?
9) Qual a estrutura organizacional da Empresa?
10) Qual a quantidade de funcionários/empregados contratados?

Questionário B – Processo de elaboração de planejamento físico
1) Existe um sistema padronizado para o planejamento de obras?
2) Como ocorre o planejamento físico anterior à obra?
3) Como ocorre o planejamento físico durante a execução da obra?
4) Quem está envolvido no planejamento físico da obra?
5) Qual o nível de detalhamento do cronograma?
6) Quais informações chegam à obra e quais não chegam?
7) O planejamento físico é baseado apenas na experiência dos gestores?
8) Existem algum banco de dados de informações ou registros de interferências?

Questionário C – Problemas e pontos críticos	Qde. De Respostas	
	Sim	Não
1) Quais são os maiores problemas identificados pela gerência?	–	–
2) Os problemas repetem-se nas obras?	4	0
3) Qual a maior demanda dos clientes?	–	–
4) Existe integração e coordenação entre as áreas da Empresa?	0	4

Questionário D – Conhecimento de conceitos <i>Lean</i>	Qde. De Respostas	
	Sim	Não
1) Você conhece os conceitos de <i>Lean Construction</i> ?	0	4